

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТІРЛІГІ

Қ. И. Сәтбаев атындағы
Қазақ ұлттық техникалық университеті

Р. С. Адамбаева

МЕТРОЛОГИЯ ЖӘНЕ МЕТРОЛОГИЯЛЫҚ ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ

Университеттің Ғылыми-әдістемелік кеңесі
оқу құралы ретінде ұсынған

Алматы 2014

ЖОК 006 (0758)

ББК 30.10 я 73

А 24

А 24

Адамбаева Р.С. Метрология және метрологиялық қамтамасыз ету: Оқу құралы. – Алматы: ҚазҰТУ, 2014. – 224 б.

Сурет 33. Кесте 11. Библиогр. – 41 атау.

ISBN 978-601-228-614-4

Оқу құралында метрология саласына арналған ғылыми, әдістемелік және ұйымдастыру жұмыстарын қамтамасыз ету мәселелері қарастырылған. Метрологиялық қамтамасыз етуді ұйымдастыруда, өлшем бірыңғайлығын және өлшем дәлдігін талап ететін әдістер мен құралдар жетістіктері көрсетілген. Оқу құралында кесте, сұлба және тапсырмалар ретінде көптеген мысалдар мен анықтамалық мәліметтер берілген.

Оқу құралы «Метрология, стандарттау және сертификаттау» бағыты бойынша және «Метрология және метрологиялық қамтамасыз ету» мамандығы бойынша жоғары оқу орындарымен колледж студенттеріне арналған. Сонымен қатар, магистранттар мен өндіріс мамандарына да қызығушылық туғыза алады.

ЖОК 006 (0758)

ББК 30.10 я 73

Пікір жазғандар:

Мендебаев Т.М., техн. ғыл. докторы, профессор, ҚазҰТУ

Абсадыков Б.Н., КБТУ Академиясының директоры, техн.

ғыл. докторы, доцент

Кулманова Н.К., техн. ғыл. докторы, профессор,

М.Тынышбаев атындағы ҚазККА

Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің
2014 ж. басылым жоспары бойынша басылды.

ISBN 978-601-228-614-4

© Адамбаева Р.С., 2014

© ҚазҰТУ, 2014

КІРІСПЕ

Қазақстан экономикасының қарқынды дамуын, ішкі және сыртқы нарықтағы отандық тауарлар және қызметтердің бәсекеге қабілеттігін арттырусыз елестету мүмкін емес. Заманауи шарттарды, бағалау бәсекелестігіне бағыттау нәтижесі, жетістікке жетуге кепілдік бермейді. Әлемнің барлық елдерінде тұтынушылар үшін сапа – анықтаушы. Әлбетте, өндірушілер шығаратын тауарлардың сапасына ұсынылатын талаптарды білуі қажет және меңгеруі тиіс. Бұл талаптар ережеге сай, тұтынушылардың әртүрлі топтары үшін бірдей емес және тұрғындардың сатып алу қабілеттілігі, бәсекелестік деңгейі, климаттық шарттар, мәдени дәстүрлер және көптеген басқа факторларға байланысты ажыратылады. Бұл өнім мен қызмет сапасын басқару қажеттігін, сандық бағалай білу және олардың көрсеткіштерін талдауды, оларға әсер етуші үрдістермен түрлендіре білу қажеттігін білдіреді.

Метрология – өлшеулер туралы ғылым, ал өлшеу танудың ең маңызды жолдарының бірі. Олар бүгінгі қоғамда үлкен рөл атқарады. Ғылым, өнеркәсіп, экономика және коммуникациялардың өлшеусіз пайда болуы мүмкін емес еді. Әлемде әр секунд сайын, нәтижесі шығарылатын өнімнің сапасы және техникалық деңгейін қамтамасыз ету, транспорттың қауіпсіз және апатсыз жұмысы, медициналық және экологиялық диагноздарды негіздеу, ақпараттық ағымдарды талдауда қолданылатын миллиардтаған өлшеу операциялары жүргізіледі. Тәжірибеде өлшеу нәтижелері, сынау және бақылау қарқынды қолданылмайтын адам қызметінің саласы жоқ. Оларды алуға миллиондаған адамдар және үлкен қаржы бөлінген. Қоғамдық еңбектің шамамен 15 %-ы өлшеуді жүргізуге жұмсалады. Сарапшылардың бағалауы бойынша, алдыңғы қатарлы индустриалды елдердің үштен тоғыз пайызға дейінгі (валды)

ұлттық өнімі, өлшеу және онымен байланысты операцияларға кетеді екен.

Қазіргі заманда өндірісті интенсификациялаудың жоғары қарқынмен, машина және аспаптардың өзара байланысқан жүйелерін пайдаланумен, заттар және материалдардың ауқымды номенклатурасын қолданумен сипатталатын, әлемдік қоғамдастықтың дамуында стандарттау саласындағы мамандарға талаптар айтарлықтай күшейді. Мұндай талаптарда ғылыми өңдеу, жобалау, өндіру, эксплуатациялау және утилизациялаудың барлық кезеңдерінде, өнім және қызметтің сапасы және техникалық деңгейін басқару жүйесінің маңызды буыны ретінде, стандарттау рөлі бірінші дәрежелі мәнге ие болды. Стандарттау, объективті техника-экономикалық заңдардың қызметін баяндайтын ережелер мен нормалардың өңдеу және қолдану мәселелерін қарастырады және өнеркәсіптік өндірістің дамуында үлкен рөл атқарады. Қоғамдық байлықтың өсуіне айтарлықтай үлес қосады, негізгі қорлар, табиғи байлықтарды қолдануды жақсартуға әсер етеді. Стандарттау өндірісті басқаруды жетілдіру, тауар және қызметтің барлық түрлерінің сапасын арттыруға тікелей қатысты.

Нарықтық экономиканың механизмдерін реттеуде сертификаттау үлкен мәнге ие болды. Ол өнім және үрдістің көптеген түрлері үшін міндетті болды. Сертификаттау стандартқа сәйкестіктің ресми расталуы ретінде қарастырылады және өнімнің бәсекеге қабілеттілігін анықтайды.

Оқу құралы «Метрология және метрологиялық қамтамасыз ету» жалпы кәсіптік пәні бойынша жоғары кәсіптік білімнің Мемлекеттік білім стандарттары талаптарына сәйкес, ғылыми-зерттеу нәтижелері және соңғы жылдардағы ҚР, сонымен қатар шетелде қарастырылатын саладағы практикалық тәжірибе қамтылған. Оқырмандарға ыңғайлы болуы үшін Қазақстан Республикасы, сонымен қатар шетелдердегі негізгі қолданыстағы заңдар және қаулылар, сондай-ақ метрология, стандарттау және әдістемелік жұмыстар, нұсқаулар және басқа анықтамалық материалдар қосымшада келтірілген.

Оқу құралы студенттерге және метрология теориясы мен тәжірибесі, метрологиялық қамтамасыздандыру жүйесі, стандарттау және сертификаттау мамандарына арналады.

1. МЕТРОЛОГИЯНЫҢ НЕГІЗГІ ТҮСІНІКТЕРІ МЕН ТЕРМИНДЕРІ. ФИЗИКАЛЫҚ ШАМА БІРЛІКТЕРІ ЖӘНЕ ӨЛШЕМ БІРЛІГІ

1.1. Метрологияның даму тарихы мен негізгі түсініктері

Метрология – өлшеу әдістері мен құралдарының бірлігін қамтамасыз ететін және қажетті дәлдікке жету тәсілдері туралы ғылым. Метрология грек тілінен аударғанда «метро» - өлшем, «логос» – білім деген мағынаны білдіреді.

Метрология ғылым және тәжірибелік қызмет саласы ретінде ерте заманда пайда болған. Ежелгі орыс өлшеу жүйесінің негізін ежелгі грек өлшем бірліктері салған, ал олар өз кезегінде Ежелгі Грек және Римнен алынған. Әрбір өлшем жүйесінің өзіндік ерекшеліктері болған, олар сол дәуірмен және ұлттық дәстүрмен байланысты болды [41].

Бірліктердің атауы мен олардың мөлшері бұрынғы Русьтағы әдіспен жүзеге асыру мүмкіндігіне сәйкес келген. Осылайша ұзындықтың негізгі бірліктері пядь және локоть (білек) қалыптасқан.

«Пядь» негізгі ежелгі ұзындық өлшемі болған және ересек адамның бас бармақ пен сұқ саусақтары ұштарының арақашықтығын білдірген. Уақыт өте келе, өлшемнің басқа түрі – аршин пайда болғаннан кейін, пядь (1/4 аршин) біртіндеп қолданыстан шыға бастады. «Білек» өлшемі Вавилоннан келген, ол шынтақ пен ортаңғы саусақтың ұшына дейінгі арақашықтықты білдіреді.

XVIII ғасырда сауда қарым-қатынастарының дамуына байланысты Ресейде Англиядан алынған дюйм, сондай-ақ ағылшын фут өлшемдері қолданыла бастады. Ерекше орыс өлшемі болып сажень саналды (ол үш білекке тең, шамамен 152 см).

I Петрдің жарлығы бойынша ұзындықтың орыс өлшемдері ағылшындықпен сәйкестендірілді және бұл ресейлік метрологияның еуропалықпен үйлесімділігінің бірінші сатысы болды.

Орта Азиядағы метрология – күрделі және аз зерттелген, өйткені арнайы өлшемдерге арналған ғылым кемде кем. Шығыс метрологиясы бойынша көп материалдар В. Хинцтың

«Мусульманские меры и веса с переводом в метрическую систему» оқу құралында жинақталған [31].

Таяу Шығыстың кейбір жерлерінде, ең алдымен Шығыс Араб елдерінде дән мен бұршақ дақылдарын өлшегенде салмағын таразыға салмай, алдымен көлемін өлшейтін. Көптеген зерттеулерде салмақты түрлі көлем өлшемдерімен өлшеген [2], бұл әдістер дәннің тек жуық салмағын анықтауға мүмкіндік берді. Әртүрлі жерлер және уақыттағы бірліктердің нақты мөлшерін анықтау кезінде, метрлік жүйеге айналдырғанда 65-77 кг бидай немесе 60-72 кг арпа 100 л алады деп есептелген.

Ертеде мұсылмандық кезеңде 1 васк немесе 1 «түйенің жүгі» – 252,342 литр-ге тең болған (немесе 194,3 кг бидайға), ал XIV ғ. Иранда 1 джариб 120 теб-риздік мандарға тең болған. Ал әрбір манн 260 дирхамға (3,2 г) тең, яғни 100 кг бидай 130 литрге тең.

Самарқандық Сағдада VI-VIII ғғ. 4,46 г-ға тең салмақ бірлігі қолданылған. Бұл Пенджикент қаласында жазуы бар дөңгелек кірлер табылуына байланысты анықталған. 4,46 г. салмақ бірлігі мұнда кейінгі жылдары да сақталды деп айтуға болады. Өйткені осындай мөлшердегі мискал орта ғасырларда Шығыс елдерінде пайдаланылған.

Соңғы орта ғасырда Бұқара қаласы үшін екі мискал анықталған: бірі 4,8 г. және екіншісі 5,0г. 4,8 г. мискал қымбат бағалы метал, асыл тас, бұйымдарды өлшеу үшін пайдаланылған, сонымен қатар тиындар жасауға негіз салған. Бұл мискал Бұхарада ғана емес, сондай-ақ Орта Азияның өзге қалалары мен аймақтарында қолданылған.

Арнайы өлшем – намданг, 4,8 г. мискалдың 1/12 бөлігін құрайды.

Құрғақ денелердің өлшемі – мут, Хуфадағы екі қол уысы, шамамен 500 г. тең. Бірліктерді алу кезінде бұл уыстарды әртүрлі адамдар өлшеуі тиіс болатын.

Салмақ бірлігі – пайс, Ферғана, Ходжентте кеңінен қолданылатын. XIX ғасырдағы мәліметтер көрсетіп отырғандай, пайстың мөлшері әртүрлі кезеңдерде бірдей болған жоқ. Ходжентте (1874) пайс 25,6 г. тең болады. Наманганда (1886) 6 алтынға, яғни Ходженттегідей 25,6 г, Қоқандта (1877) 5 алтынға

(ұн және жеміс-жидек базарларында) және 4,5 алтынға (ет, сабын сатушыларда) бағаланды.

Ұзындық өлшемі алшын (71,12 см орыс аршині) Хорезм, Бұқар және Орта Азияның барлық жерлерінде орыстардың жаулап алуына дейін қолданылды. Бірақ Хингоу өзені бойында алшын деп орыстың аршині саналмайтын, шынтақтан саусақтың ұшына дейінгі арақашықтық, яғни 45-50 см болатын.

Ангушт (саусак) – саусақтың ортаңғы буын сүйегінің еніне тең ұзындық өлшемі. Ангуштың дәл канондық мөлшері бір қатарға қойылған алты арпа дәндерінің жалпы ұзындығына тең. Ал әрбір дәннің жуандығы жылқы жалының алты талының жуандығына тең. Ангушт жеке өлшем ретінде де пайдаланылды. Өлшемді әдетте бірнеше адам немесе жұдырығы орташа деп танылған адам жасайды. Алынған нәтижені заң қызметкерлері эталондарда тіркеген.

Буын («бугун») – Ферғананың құрылысшы шеберлерінің ұзындық өлшемі, ол қолдың ортаңғы саусағының ортаңғы буын сүйегіне тең. Әйелдер мата өлшеген кезде бұл терминмен бас бармақтың бірінші буын сүйегін атаған.

Өлшемдердің метрлік жүйесі Францияда 1840 ж. енгізілген. Ресейде оны енгізудің маңыздылығын Д. И. Менделеев атап өткен. Ол метрлік жүйенің жалпы таралуының «халықтардың болашақтағы қаланатын жақындастығына» әсер ету құралы ретінде үлкен рөлі бар екендігін болжаған.

Ғылым мен техниканың дамуы жаңа өлшемдер мен жаңа өлшем бірліктерін талап етті, ол өз кезегінде іргелі және қолданбалы метрологияның жетілуін ынталандырды.

Бастапқы кезде ғалымдар макрообъектілер мен олардың қозғалысын зерттей отырып, өлшем бірліктерінің үлгісін табиғаттан іздеген. Осылайша, секунд деп, жердің ості айналу периодының бөлігі болып саналды. Біртіндеп зерттеулер атомдық және ядролық деңгейге ауысты. Осының нәтижесінде «ескі» өлшем бірліктері нақтыланды.

Осылайша 1983 ж. метрдің жаңа анықтамасы қабылданды. Ол жарықтың вакуумдағы $1/299792458$ с. ішінде жүріп өтетін жолының ұзындығы. Бұл анықтама жарықтың вакуумдағы жылдамдығын физикалық тұрақты шама ретінде қабылдағаннан

кейін мүмкін болды. Енді метрологиялық ережелер тұрғысынан метр – секундке тәуелді болды.

1988 ж. халықаралық деңгейде электрлік бірліктер мен шамалар, өлшеу саласында жаңа тұрақтылар қабылданды, ал 1989 ж. жаңа Халықаралық тәжірибелік температуралық шкала ХТШ – 90 (МТШ – 90) қабылданды.

Осы бірнеше мысалдардан көріп отырғанымыздай, метрология ғылым ретінде қарқынды даму үстінде болды. Ол барлық басқа ғылыми және қолданбалы салалардағы өлшемдер тәжірибесінің жетілуіне ықпал етуде.

Өлшемдердің саласы және дәлдігімен бірге мүлдем жаңа құрылғыларды, техниканың кез-келген аясы үшін өлшегіш құралдарды жасау мүмкіндігі пайда болды. Ол өлшемдер ғылым мен техниканың, яғни метрологияның даму қарқын-дылығын көрсетті. Іргелі және тәжірибелік метрологияның дамуымен бірге заңды метрологияның қалыптасуы жүріп жатты.

Өлшеу дәлдігі – өлшенетін шама нәтижесінің, оның шын мәніне жақындығымен сипатталады.

2001 жылдың 1 қаңтарынан Ресей және ТМД елдерінің аумағында МЕСТ 16263-70 орнына өлшеудегі үлесті, еселік және басқа бірліктердің қолданылуын реттейтін ИСО 31(0-13) және ИСО 1000 халықаралық стандарттарымен үйлесімделген метрология саласындағы негізгі терминдерді және анықтамаларды құрайтын 29-99 ұсыныстары енгізілді.

Осы құжаттарға сәйкес метрология – бұл өлшемдер, әдістер және олардың бірыңғайлығын қамтамасыз ететін құралдар және талап етілетін дәлдікке қол жеткізу әдістері туралы ғылым. Мақсатына байланысты метрология үш бөлімнен тұрады: теориялық, заңнамалық және қолданбалы.

Теориялық (іргелі) метрологияда ғылымның іргелі негіздері жетілдіріледі [14]. Теориялық метрология – метрологияның негізі, жаңа бірліктер жүйесі, физикалық өзгермейтін жаңа өлшеу әдістерін зерттеумен айналысатын тарау.

Метрология қажетті өлшеу дәлдігі, өлшем бірліктер, физикалық шама бірліктерін қамтамасыз етуге бағытталған өлшеу әдістері, эталондары, өлшеу құралдары және өлшеу зертханаларына қойылатын мемлекеттік талаптарды қарастырады.

Біріңғайлықты және қажетті өлшеу дәлдігін қамтамасыз етуге бағытталған физикалық шамалар бірліктері, эталондар өлшеу әдістері және құралдарын қолдану бойынша міндетті техникалық, заңды талаптардың орындалуы метрология пәні болып табылады.

Қолданбалы метрология теориялық өңдеудің тәжірибелік қолданылу және заңнамалық метрология күйінің сұрақтарын қамтиды. Қолданбалы метрология теориялық метрологияның өңдеулерінің іс жүзінде қолданылуы және заңдастыру метрологиясының шараларын жүзеге асыру жұмыстарын атқарады. Өнім мен шикізаттың саны мен сапасы, өндірістік және технологиялық процестер туралы ақпараттың болуы қажет.

Метрология объектілері [14] бірлік шамасы, өлшеу құралдары, эталондар, өлшеуді орындау әдістері.

Өлшеу бірыңғайлығы – өлшеу қателігі белгіленген мөлшермен айқындалып, заңдастырылған өлшем бірліктерімен көрсетілген өлшеу жағдайы.

Әртүрлі жерде, әртүрлі уақытта әртүрлі әдіс пен өлшеу құралдарын қолданып, алынған өлшеу нәтижелерін салыстыру үшін, өлшем бірліктері қажет. Метрологияның басты мақсаты – өлшем бірлігі мен қажетті дәлдікті қамтамасыз ету.

Өлшем – арнайы техникалық құралдар көмегімен, тәжірибе арқылы шама мәнін табу. Метрологияның бүгінгі күнгі дамуы эталондардың жақсартылуымен, өлшеу дәлдігі жаңа әдістерінің жетілуі, қажетті өлшеу бірлігі мен дәлдігін қамтамасыз ету жолында жүргізіліп жатқан шаралармен тығыз байланысты. Өлшеудің бірнеше түрі бар. Олардың жіктелуі өлшенетін шаманың уақытқа, өлшеу теңдеуінің түріне, өлшем нәтижесінің дәлдігін анықтайтын шартқа және осы нәтижелердің көрсетілу әдістеріне байланысты. Өлшенетін шама өзгеруі бойынша өлшену уақытына байланысты мына түрлерге бөлінеді:

а) статикалық – өлшенетін шама уақыт өткен сайын өзгермей, бір қалыпта қалады;

б) динамикалық – өлшеу барысында өлшенетін шама уақыт өткен сайын өзгеріп отырады, мысалы, дененің өлшемдерін өлшеу, қысымды өлшеу статикалық өлшемдерге, ал өзгеріп отыратын қысым, толқулар динамикалық өлшемдерге жатады.

Өлшеу принципі – өлшеу негізіндегі физикалық құбылыс немесе физикалық құбылыстар жиынтығы. Мысалы, массасына пропорционалды ауырлық күшін таразыға тарту арқылы дененің массасын өлшеу, термoeлектрлік әсерді пайдаланып, температураны өлшеу.

Өлшеу әдісі - өлшеу құралдары мен өлшеу принциптерін қолдану амалдарының жиынтығы. Мөлшерленген метрологиялық қасиеттері бар қолданбалы техникалық құралдарды өлшем құралдары дейміз.

Өлшем нәтижелерін алу әдістеріне байланысты (өлшеу теңдеулері бары-сында) тікелей, жанама, жиынтықты, біріккен өлшемдерге бөледі.

Тікелей өлшем кезінде қажетті өлшемдер мәнінің шамасын тәжірибе жүзінде аламыз. Тікелей өлшемдерді $Q=X$ формуласы арқылы табуға болады. Мұнда Q – өлшенетін шаманың мәні, X – шаманың тәжірибе кезінде алынған мәні.

Тікелей өлшеу кезінде өлшенетін шаманы тәжірибе жүзінде тексереміз де эталонмен салыстырамыз немесе өлшеу құралдарын қолданамыз. Мысалы, дененің ұзындығын масштабты сызғышпен, салмағын таразымен өлшеуді, т.б. айтуға болады.

Жанама өлшем – дегеніміз, қажетті деген шама мен тікелей өлшеу кезінде табылған шаманың өзара тәуелділігі арқылы анықталған өлшем. Жанама өлшем кезінде қажет шама мен тікелей қатынастағы басқа шамаларды өлшейді.

Өлшенетін шаманың мәнін $Q=f(X_1, X_2, X_3,...)$ формуласы бойынша табамыз, мұнда Q – жанама өлшеумен табылатын шаманың мәні, f – бітуі, іздеген шамамен тікелей байланыстағы шамалар; X_1, X_2, X_3 – тікелей өлшеумен табылған шама мәндері.

Жиынтықты өлшем – бір уақытта бірнеше аттас шамаларды өлшеп, қажет деген шаманы, тікелей өлшеу кезінде алынған шамалардың әртүрлі қисынын теңдеулер жүйесін қолдана отырып анықтау. *Біріккен өлшемдер* – екі немесе бірнеше аттас емес шамаларды бір уақытта өлшеп, олардың өзара тәуелділігін анықтау.

Метрология мәселелері. Метрологияның басты міндеті-өлшеулердің бірлігін қамтамасыз ету. Оны орындау үшін екі басты шартты орындау керек:

- өлшеу нәтижелері заңдастырылған бірліктермен көрсетілуі;
- өлшеу мен шектер нәтижелерінің белгіленген қателіктері берілген, ықтималдықтан шықпауы.

Өлшеу объектілері [15]. Жаратылыстану және техникалық ғылымдардың дамуы үшін өлшеудің мәні бар, ал өлшеу дәлдігінің жоғарылауы – адамзат дүние танымының, ғылымда жаңалықтар ашудың және тәжірибеде қолдану жолдарын жетілдірудің бір құралы. Америка ғалымы А. А. Майкельсонның жарық шығарушы және қабылдаушы арасындағы қозғалыстан пайда болатын интерференциялық ығысу көрінісін бақылау үшін жасаған тәжірибесі еш нәтиже бермеді. Осы тәжірибе нәтижесін А. Эйнштейн бүгінгі физиканың маңызды теорияларының бірі болып саналатын – ықтималдық теориясын құрғанда пайдаланған. 1932 ж. судың тығыздығын өлшеудің дәлдігін жоғарылатуда сутегінің ауыр изотопыдейтерийді табу жаңалығын әкелді, оның жай судағы өте аз саны судың тығыздығын еселейді.

Бүгінгі ғылыми-техникалық революция метрологияның дамуына себеп болды. Эталондардың жаңалануы, дәл өлшемдердің жаңа әдістерін шығару, өлшеуге қажет дәлдік пен бірегейлікті қамтамасыз ету шараларын жүзеге асырды. Метрологияның халықшаруашылығындағы тәжірибелік мәні зор. Ол өлшеу техникасының ғылыми негізі болып табылады. Өлшеу техникасына барлық өлшем жүргізетін техникалық құралдар мен өлшем жүргізу әдістері жатады. Сауда, өндіріс, көлік, байланыс, медицина және басқа да халықшаруашылық салаларында, материалдық және еңбек ресурстарында маңызды орын алады.

Өлшеудің негізгі сипаттамалары. Өлшеудің негізгі сипаттамаларына өлшеу принципі, өлшеу әдісі, қателігі, дәлдігі, дұрыстығы және ақиқаттығы жатады.

Өлшеу қателіктері – өлшеу кезінде алынған X' мәнімен өлшенген шаманың Q – нақты мәнінің айырмасы. Өлшеу қателігі Δ , $\Delta = X' - Q$ формуласымен анықталады.

Өлшеу қателіктері өлшеу әдістері мен құралдарының жетілмегендігі, бақылау шартының тұрақсыздығы, бақылаушы тәжірибесінің жетіспеуі және оның сезім органдарының ерекшеліктерінен құралады.

Өлшеу дәлдігі – нәтижелері өлшенетін шаманың нақты мәнге жуықтығын көрсететін өлшеу көрсеткіштері. Дәлдікті сан ретінде, ықтималды қателіктің модулін кері шамамен көрсетуге болады.

Өлшем бірлігі – нәтижелері көрсетілген шама бірліктерінде берілген өлшеу жағдайы, ал өлшеу қателігі берілген ықтималдылықпен қойылған шектен шықпауы керек.

Өлшем құралы – нормаланған метрологиялық сипаттаманы өлшеуге арналған техникалық құрал.

Өлшеу дұрыстығы – нәтижелердің жүйелік қателіктерінің нөлге жуықтығын көрсететін (шаманы қайталап өлшегенде, бірқалыпты қалатын немесе бір заңдылыққа сүйеніп өзгеріп отыратын қателіктер) өлшеудің сапасы ретінде анықталады. Өлшеудің дұрыстығы өлшеу жүргізілген бірліктің нақты өлшемінің шын өлшемнен (анықтама бойынша) айрықшылығына байланысты. Атап айтқанда, осы өлшеу түріне алынған өлшеу құралдарының тандалу дәрежесіне байланысты. Өлшеу сапасының маңызды бір көрсеткіші – оның ақиқаттығы, ол өлшем нәтижесінде сенімділікті сипаттайды және олар екі категорияға бөлінеді: сәйкес шамалардың шын мәнінен ауытқуы ықтималды сипаттамаларының белгілі немесе белгісіздігіне байланысты ақиқатты. Ақиқаттығы расталмаған өлшеу нәтижелері бағаланбайды.

Метрологияның Қазақстандағы даму тарихы. Қазақстан метрологтары 2003 ж. метрологиясының 80 жылдығын атап өтті. Өлшемдер мен өлшеу техникасының Қазақстандағы даму тарихы Ресейде метрологияның құрылу және даму кезеңдерімен тығыз байланысты [42].

1923 ж. Қазақстан жерінде Омбы тексеру палатасының Семей бөлімі ашылып, аспаптардың қолдануға жарамдылығын анықтау міндеті қойылды. Палатаның негізгі міндеттері: дәлдігі жоғары өлшем мен аспаптардың көмегімен сауда мен кәсіпорындарда қолданыста жүрген өлшем мен аспаптарды

тексеру, тексеру жүргізушілер – тексеру мекемесі деп аталатын болды.

1925 ж. тексеру мекемесі өзіндік жеке тексеру палатасы болып бөлек шығып, Семей мен Жетіғара облыстарына қызмет көрсетуге кіріседі.

1929 ж. Семейдің өлшем және салмақ палатасы Қазақтың аумақтық өлшем мен салмақтық тексеру палатасы деп аталып, Н. Э. Вильковский бастық болып сайланды. Кейінірек палата республика астанасына көшірілді.

1992 жылға дейін КСРО-да барлық 17 өлшеу түрінен өлшем бірліктерін метрологиялық институт қамтамасыз етіп, метрология саласындағы стандарттар мен нормативтік құжаттарды да зерттеп шығарумен айналысатын.

1993 ж. 18 қаңтарда, егеменді Қазақстан өлшеу деңгейін сақтау үшін Халық эталондық қоры және стандарттар мен нормативтік құжаттарды құру және дамыту үшін «Өлшеу бірыңғайлығы туралы» заң қабылданды.

Қазақстан 1994 жылдан бері Халықаралық заңды метрология ұйымының толыққанды мүшесі. Қазіргі кезде ИСО мүшесі және ТМД елдері қол қойған «Стандарттау, метрология және сертификаттау» саласында келісімді саясат жүргізу туралы келісімнің қатысушысы.

Өнім өндірісі және ғылыми зерттеулерде метрологияның атқаратын рөлі. Өлшем – нақты білім мен ашылуларды тәжірибеде жүзеге асыру, адамзаттың табиғатты танып білу жолдарын дамыту құралы болып табылады. Метрологияның бүгінгі күнгі дамуы эталондардың жақсартылуымен, өлшеу дәлдігінің жаңа әдістерін жетілдірілуі, қажетті өлшем бірлігі мен дәлдігін қамтамасыз ету жолында жүргізіліп жатқан шараларымен тығыз байланысты [42].

Кейбір өндіріс саласында бөлінген қаржының 30%-ы өлшеуге жұмсалынады. Дұрыс жасалынған сандық есептеу материалдық, энергетикалық (электр тогы, жылу, газ, су) ресурстардың үнемделуіне себеп болады. Бүгінгі күнгі салмақ өлшейтін аспаптардың қателіктерінен, мерзімді тексеруден өтіп, жарамды деген қорытынды алған күнде де жүк немесе өндіріс өнімдерінің 1 %-ы есепке алынбай жатыр. Электр санауыштарының

кателіктері 2 % және т.б. сондықтан өлшеу аспаптарының дәлдік дәрежесін көтеру әр кезде де маңызды шаруа.

Метрология өндірістің белгілі бір саласында, адам баласының өмірінде алатын орны зор. Қандай да болмасын бір өнімнің, қызметтің сапасын бірыңғай бағалаған кезде, олардың бәсекелестігі артады да, әр ел арасындағы сауда алмасуы да жоғарылайды деген сөз. Қазақстан экономикасының артуы үшін Дүние жүзілік сауда ұйымы кірудің маңызы бар. Ғылыми-техникалық прогресті ары қарай дамыту үшін метрология өзінің дамуында, ғылым мен техниканың басқа салаларына карағанда көш ілгері жүріп отыруы керек, өйткені нақты өлшемдер олардың дамуының бір жолы болып есептелінеді. Өндірістері жоғары дамыған елдердің ғылыми-техникалық потенциалының деңгейі олардың өлшеу техникасының даму деңгейімен бағаланады. Сондықтан, өндірісте теориялық және заңдас-тырылған метрологияның негізгі ережелерін жақсы білетін, оларды іс жүзінде қолдана білетін білгір маман-метрологтар кажет [6,19,42].

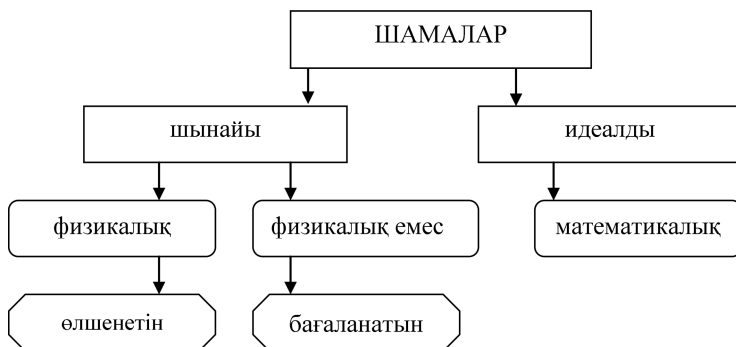
1.2. Физикалық қасиет, шама және шкалалар

Қоршаған ортаның барлық объектілері өзіндік қасиеттерімен сипатталады. Қасиет – объектінің басқа объектілерден (құбылыс, үрдістер) айырмашылығын немесе артықшылығын растайтын жағын білдіретін және объектінің басқа объектілерге катысында анықталатын философиялық категория. Қасиет – сапалық категория. Үрдістер және физикалық денелердің түрлі қасиеттерін сандық сипаттау үшін шама түсінігі енгізіледі. Шама – бұл басқа қасиеттердің арасынан бөліне алатын және сол немесе басқа әдіспен, сондай-ақ, сандық түрде бағалана алатын қандай да бір заттың қасиеті. Шама өздігінен туындамайды, ол берілген шамамен анықталатын қасиеттері бар объекті қаншалықты болса, соншалықты орын алады.

Шамаларды 2 түрге бөлуге болады: нақты және идеалды (1.1-сурет).

Идеалды шамалар негізінен математикаға жатады және нақты шынайы түсініктердің жалпылауы (моделі) болып табылады.

Нақты шамалар өз кезегінде физикалық және физикалық емес болып бөлінеді: физикалық шама (ФШ) жалпы жағдайда табиғи (физика, химия) және техникалық ғылымдарда зерттелетін материалдық объектілерге (үрдістер, құбылыстар) тән шама ретінде анықталуы мүмкін. Физикалық емес шамаларға қоғамдық ғылымдар – философия, социология, экономика, т.б. тән шамаларды жатқызуға болады.



1.1-сурет. Шамалардың жіктелуі

РМК 29-99 талаптарында физикалық шама сапалық қатынаста көптеген физикалық объектілер үшін ортақ болатын физикалық объекті қасиеттерінің бірі ретінде, ал сандық тұрғыдан – олардың әрбірі үшін жеке түсіндіріледі. Сапалық қатынаста өзіндік қасиет бір объекті үшін анықталған санда басқаға карағанда көп немесе аз болуы мүмкін мағынада түсіндіріледі. Осындай жолмен физикалық шама көмегімен зерттелуі мүмкін физикалық объектілер және үрдістердің өлшенген қасиеттері.

Физикалық шамаларды мақсатты түрде өлшенетін және бағаланатын деп екіге бөледі [15]. Өлшенетін физикалық шамалар өлшеудің белгіленген бірлігінің анықталған түрінде сандық анықталуы мүмкін. Соңғыларды енгізу және қолдану мүмкіндігі өлшенетін ФШ маңызды ерекшелейтін белгісі болып табылады. Сол немесе басқа себептермен өлшем бірліктері енгізілмейтін физикалық шамалар тек бағалануы мүмкін. Шамаларды шкалалар көмегімен бағалайды. Шама шкаласы –

нақты өлшеулердің нәтижелері негізіндегі келісім бойынша қабылданған мәндердің реттелген бірізділігі. Өлшем бірліктерін принципті түрде енгізбеуге болатын физикалық емес шамалар да, тек бағалануы мүмкін. Физикалық емес шамаларды бағалау теориялық метрологияның міндеттеріне жатпайтындығын ескерткен жөн. ФШ толығымен зерттеу үшін, оның жеке топтарының жалпы метрологиялық ерекшеліктерін көрсету және жіктеу қажет (1.2-сурет). ФШ құбылысы түрлері бойынша келесі топтарға бөлінеді:

– Заттық, яғни заттар, материалдар және олардан жасалған бұйымдардың физикалық және физика-химиялық қасиеттерін сипаттайтын шамалар. Бұл топқа масса, тығыздық, электрлік кедергі, сыйымдылық, индуктивтілік және басқалар жатады. Оларды өлшеу үшін өлшем ақпаратының сигналы қалыптасатын көмекші қорек көзін қолдану керек. Осы жағдайда, пассивті ФШ - өлшенетін активті ФШ-ға түрленеді.

– Энергетикалық, яғни түрлену беріліс және энергияны қолдану үрдістерінің энергетикалық сипаттамаларын сипаттайтын шамалар. Оларға ток, кернеу, қуат, энергия жатады. Бұл шамалар – активті шамалар. Олар энергияның көмекші көздерін қолданусыз өлшенетін ақпараттың белгісіне түрленуі мүмкін;

– Уақыт бойынша үрдістер ағымын сипаттайтын шамалар. Бұл топқа әр түрлі спектральдық сипаттамалар, корреляциялық функциялар, және т.б. жатады.

Физикалық үрдістер түрлі топтарға жатуы бойынша, ФШ кеңістікті – уақыттық, механикалық, жылулық, электрлік және магниттік, акустикалық, жарықтық, физика-химиялық, атомдық және ядролық физиканың иондаушы сәуле шығару шамалары деп бөлінеді.

Көрсетілген топтың басқа шамалардан шартты тәуелсіздік дәрежесі бойынша ФШ негізгі (шартты тәуелсіздер), туынды (шартты тәуелділер) және қосымша шамаларға бөлінеді. Қазіргі уақытта СИ жүйесінде негізгі шамалар ретінде таңдалған: ұзындық, масса, температура, электр тогы күші, жарық күші және зат саны, яғни 7 физикалық шамалар қолданылады. Қосымша физикалық шамаларға жазық және денелік бұрыштар жатады.

ФШ өлшемділік артықшылығына байланысты өлшемді, яғни өлшемге ие және өлшемсіз деп бөлінеді.

Өлшемдері бойынша әртүрлі бірыңғай шамаларды сипаттайтын Q санының жиынтығы, бірдей аталған сандардың жиынтығы болуы тиіс. Бұл атау ФШ бірлігі немесе үлесі болып табылады. Физикалық шаманың бірлігі [Q] – бұл бірге тең сандық мән шартты түрде берілген және бірыңғай ФШ сандық анықталуында қолданылатын, тіркелген өлшемнің физикалық шамасы.

Физикалық шаманың мәні Q – оған қабылданған бірліктердің қайсыбір саны түрінде шама өлшемінің бағасы. Физикалық шаманың сандық мәні q – шама мәнінің берілген ФШ сәйкес бірлігіне қатынасын білдіретін дерексіз сан. Төмендегі теңдік өлшеудің негізгі теңдігі деп аталады.

$$Q=q[Q] \quad (1.1)$$

Қарапайым өлшеудің мәні ФШ Q-ды реттелетін көп мәнді өлшемінің $q[Q]$ бастапқы шаманың өлшемдерімен салыстырудан тұрады. Салыстыру нәтижесінде $q[Q]<Q<(q+1)[Q]$ екендігі шығады.

Өлшем – берілген ФШ өлшем бірлігі ретінде қабылданған белгілі физикалық шамамен физикалық тәжірибе арқылы салыстырумен қорытындыланатын танымдық үрдіс. Тәжірибе жұмыстарында дене, зат, құбылыс және үрдістердің қасиеттерін сипаттайтын түрлі шамалардың өлшеулерін жүргізу қажет. Кейбір қасиеттер тек сапалық түрде, басқалары сандық түрде көрінеді. Кез келген қасиеттің әртүрлі көрінуі (сандық немесе сапалық), көптеген сандардың реттелуіне көрсетілетін көп элементтері немесе бірқатар жалпы жағдайда, шартты белгілерді осы қасиеттердің өлшеу шкалалары құрады. Сандық қасиеттің өлшеу шкаласы ФШ шкаласы болып табылмайды. Физикалық шаманың шкаласы – нақты өлшеулер нәтижелері негізіндегі келісім бойынша қабылданған, ФШ мәндерінің реттелген жүйелілігі. Өлшеулер шкаласы терминдері және теориялық анықтамалары МИ 2365-96 құжатында көрсетілген.

Тәжірибе жұмыстарын денелер, әртүрлі заттар, құбылыстар және процестердің қасиеттерін сипаттайтын әртүрлі шамалардың өлшемдерін жүргізу қажет. Бес өлшеу шкаласы қарастырылған:

1. *Атаулар шкаласы* (топтастыру шкаласы). Атаулар шкаласы бойынша объектілерді нөмірлеу мына принцип бойынша жүзеге асады: (бір цифрды әртүрлі объектілерге жазуға болмайды). Объектілерге жазылған сандар тек ықтималдықты анықтау үшін ғана қолданылады, бірақ оларды қосымша шығару немесе басқа математикалық процестерге пайдалануға болмайды. Бұл шкалалар тек эквиваленттілік қатынасымен сипатталса, онда оларға нөл, үлкен немесе кіші және өлшем бірліктері түсінігі болмайды.

Қасиеттері тек эквиваленттілік түзілетін эмпирикалық объектілерді топтастыру үшін пайдаланылады. Бұл қасиеттерді физикалық шама ретінде есептеуге болмайды, сондықтан мұндай түрдегі шкалалар ФШ шкаласы болып табылмайды. Бұл сапалық қасиеттерге атаулардың рөлін атқаратын сандар объектісін жазу кезінде, эквиваленттілік шкаланы дұрыс таңдау аса маңызды – оларды бақылаушы, сарапшы, берілген қасиетті бағалаушылар ажырату қажет.

2. *Реттік шкала* (ранктар шкаласы). Егер берілген эмпирикалық объектінің қасиеті эквивалент қатынасында және сандық қасиеттерінің пайда болуының кемуі немесе өсу тәртібі бойынша пайда болса, онда оған реттік шкала тұрғызылады. Ол монотонды негізделген ең қарапайым шкала типі.

Атаулар шкаласында көрсетілетін қасиетті эквиваленттіліктің сол немесе басқа класына қою адамның сезу мүшелерінің көмегімен жүзеге асады. Бұл көптеген сарапшылардың тоқтаған ең пара-пар нәтижесі өсетін немесе кемитін болып табылады және көрсетілген қасиетті сипаттайтын шамалардың арасына үлкен кіші қатынасты орналастырады.

Реттік шкалада нөл болады не болмайды, яғни оларға пропорционалдық қатынас орнатылмаған және қасиеттердің нақты пайда болуы қанша есе үлкен немесе кіші екендігін талқылау мүмкіндігі жоқ. Құбылыстарды тану деңгейі берілген сипаттама арасында кездесетін нақты қатынасты орната алмаса

немесе шкаланы пайдалану ынғайлы әрі жеткілікті болған жағдайда (империкалық) реттік шкалалар қолданылады.

3. *Шартты шкала* – бұл бастапқы мәндері шартты бірліктерде көрсетілген ФШ шкаласы. Мысалы, Энглердің тұтқырлық шкаласы, теңіз желінің күшін өлшеуге арналған Бофорттың 12 балдық шкаласы. Бетіне реперлік нүктелер түсірілген реттік шкалалар кең таралған. Мұндай шкалаларға, мысалы, қаттылықтың әртүрлі шартты сандары бар 10 тіректік (реперлік) минералдан құралған, минералдардың қаттылығын анықтайтын Маостың шкаласы жатады: тальк – 1, гипс – 2, кальций – 3, флюарит – 4, апатит – 5, ортаклаз – 6, кварц – 7, топаз – 8, карунд – 9, алмаз – 10. Минералды мұндай немесе басқа қаттылық градиациясындай апару сыналатын материалы тірекпен тырналатын тәжірибе негізінде жүзеге асады. Егер сыналатын минералды кварцпен тырнағаннан кейін оның бетінде із қалса, ал ортаклаздан соң қалмаса, онда сынылатын материалдың қаттылығы 6-дан көп, 7-ден аз шаманы құрайды. Мұндай жағдайда нақты жауабын беру мүмкін емес.

Шартты шкалаларда берілген шаманың өлшемдері арасында бірдей аралықтарға өлшемдерді көрсететін сандардың бірдей өлшемділігі сәйкес келмейді. Бұл сандардың көмегімен ықтималдық, мода, медиана, квантильдерді табуға болады, бірақ қосу, көбейту сияқты басқа да математикалық процестерді орындауға, қолдануға болмайды.

Шамалардың мәндерін реттік шкалалар көмегімен анықтауды өлшеу деп есептеуге болмайды, себебі бұл шкалаларға өлшем бірліктері енгізілмеген. Санды керекті шамаға жазу операциясын бағалау деп есептеу керек. Реттік шкала бойынша бағалау бір мәнді емес және толығымен шартты болып табылады.

4. *Аралықтық шкаласы* (айырмашылық шкаласы). Бұл шкалалар реттік шкаланың жетілдірілген жалғасы және қасиеттері эквиваленттілік, рет және аудиоактивтіліктің қатынасын қанағаттандыратын объектілер үшін қолданылады. Аралықтар шкаласы бірдей аралықтардан, өлшем бірліктерінен тұрады және тігінен (бойлық) таңдалған басы – нөлдік нүкте. Мұндай шкалаларға санақ басы әлем жаратылысы немесе христиандардың Рождествосы және т.с.с. ретінде қабылданған әртүрлі календар

бойынша жыл санаулар жатады. Цельсий, Фаренгейт және Реомюрдің температуралық шкалалары да аралық шкала болып табылады.

Шаманың аралық шкаласын Q тендеу түрінде көрсетуге болады.

$$Q=Q_0+q[Q]$$

мұндағы q – шаманың сандық мәні; Q_0 – шкаланың санақ басы; $[Q]$ – қарас-тырылатын шаманың бірлігі. Мұндай шкала толықтай шкаланың санақ басы Q_0 және берілген шаманың бірлігі $[Q]$ тапсырмасымен анықталады.

Шаманы екі жолмен көрсетуге болады. Бірінші жолында шаманың екі мәні Q_0 және Q_1 тандап алынады, олар физикалық түрде жүзеге асырылған. Бұл мәндер тірек нүктелері немесе негізгі реперлік деп аталады, ал аралық (Q_1-Q_0) негізгі интервал. Q_0 нүктесі санақ басы болып саналады, ал $(Q_1-Q_0)/n=[Q]$ шамасы Q бірлік ретінде қабылданады. Мұндай бірліктер бір аралық шкаланы $Q=Q_0+q_1[Q]1$ келесі аралық интервалға $Q=Q_0+q_2[Q]2$ аудару мына формула бойынша іске асады.

$$q_1=(q_2-Q_0-Q_1/[Q]) ([Q]1/[Q]2) \quad (1.2)$$

1.1-мысал. Фаренгейттің шкаласы аралық шкала болып табылады.

мұндағы Q_0 – мұздың қоспасының қайнатылған тұздың және нашатырдың i температурасы, Q_1 – адам денесінің температурасы.

Өлшем бірлік – Фаренгейт градусы: $[Q_F]=(Q_1-Q_0)/96=1$.

Мұз, тұз, нашатыр қоспаларының еру температурасы 32° болып шықты, ал судың қайнау температурасы – 212° Цельсий шкаласы $Q_0 - Q_1$ – судың қайнау температурасы, Цельсий градусы $[Q_C]=(Q_1-Q_0)/100=1$. Бір шкаладан келесі шкалаға өтуге арналған формуланы алу қажет. Шешуі: өту формуласы (1.2)-өрнегіне сәйкес анықталады.

Судың қайнау нүктесімен мұздың еру нүктесі арасында Фаренгейт шкаласы бойынша температуралар айырмасы $212^\circ\text{F}-32^\circ\text{F}=180^\circ\text{F}$ -ді құрайды. Цельсий шкаласы бойынша температуралар аралығы 100°C -ға тең. Соған сәйкес $100^\circ\text{C}-180^\circ\text{F}$ және бірліктердің өлшемдерінің қатынасы. Қарастырылып отырған

шкала бойынша Фаренгейт температурасымен өлшенген санақ басының арасындағы интервалдың сандық мәні 32-ге тең. Фаренгейт шкаласының температурасынан Цельсий шкаласының температурасына өту мына формула бойынша жүргізіледі: $T = 5/9(1-32)$. Екінші жолда бірлік тікелей аралық ретінде жүргізіледі: оның бірінші үлесі бірнеше аралық саны берілген шкаланың өлшемі, ал санақ басын зерттелетін құбылыстың нақты шарттарына байланысты әр кезде әртүрлі талдайды. Мұндай келтірулердің мысалы – уақыт шкаласы, мұнда осы жұқа екі деңгейдегі цезий аталуының негізгі күйі – 133 ауасына сәйкес келетін сәуленің периоды $1s = 9192\ 631\ 770\ 7$ санақ басы ретінде зерттелетін бастапқы құбылысты қабылдайды.

5. *Қатынас шкаласы* бұл шкалалар эквиваленттілік, реттік және аддитивтіліктің (екінші ретті шкалалар – аддитивті) қатынастарын қанағаттандыратын эмперикалық объектілердің қатынасын бейнелейді, ал пропорционалдық қатынас – бірінші ретті шкалалар. Оларға мысал (екінші ретті) массаның (бірінші ретті) термодинамикалық температураның шкаласы болып табылады. Қатынас шкалаларында нөлдік сапалық қасиеттер түзілуінің бір мәнді табиғи критерийі және өлшем бірлігі болады. Формальды көзбен қарағанда, қатынас шкаласы табиғи санақ басы аралығының шкаласы болып табылады. Бұл шкала бойынша алынған мәндерге барлық арифметикалық амалдар қабылданады, яғни физикалық шамалар өлшенген кезде маңызды мәнге ие. Заңдық метрологиясына мемлекетімізде қолданылатын өлшеу әдістері, өлшеу құралдары және өлшеу зертханаларына қойылатын мемлекеттік талаптар тағайындалады. Қолданбалы метрология теориялық метрология дайындалуының іс жүзінде қолданылуын және заңдық метрологиясының шараларын жүзеге асыру жұмыстарын атқарады. Өнім мен шикізаттың саны мен сапасы, өндірістік және технологиялық процестер туралы ақпарат барлық уақытта қажет.

Кейбір өндіріс саласында бөлінген қаржының 30%-ы өлшеуге жұмсалынады. Дұрыс жасалған сандық, есептеу, материалдық, энергетикалық (электр тогы, жылу, газ, су) ресурстарының үнемделуіне себеп болады.

1.3. Физикалық шамалар және олардың бірліктерінің жүйелері

Ғылым, техника және күнделікті өмірде адам бізді қоршайтын физикалық объектілердің әртүрлі қасиеттерімен кездеседі. Бұл қасиеттер объектілердің арасындағы өзара әрекеттесу үрдістерін бейнелейді.

Әр объект физикалық шамамен көрсетілетін қасиеттің сандық құрамында айырмашылықты орнату үшін метрологияға өлшемі, мәні және түсінігі енгізілген.

ФШ өлшемі – бұл «физикалық шама» түсінігіне сәйкес берілген объектіде қасиеттің сандық мазмұны. Мысалы, әрбір дененің анықталған массасы бар, қажет жағдайда денені массасы бойынша, яғни бізді қызықтыратын ФШ өлшемі бойынша ажыратуға болады.

ФШ мәнін оны өлшеу нәтижесінде немесе өзара ФШ мәнін Q , сандық мәні q , өлшеуге тандалған бірлікті $[Q]$ байланыстыратын $Q=q[Q]$ өлшеудің негізгі теңдігіне сәйкес есептеу нәтижесінде алады. Бірліктің өлшеміне тәуелді ФШ сандық мәні өзгеріп тұрады, ал өлшемі өзгеріссіз қалады. ФШ бірліктерінің өлшемдері мемлекеттік метрологиялық органдарымен, анықтауды бекіту жолымен заңды түрде орнатылады [22].

ФШ маңызды сипаттамасы берілген шаманың негізгі ФШ болып табылады.

$$\dim Q = L^{\alpha} M^{\beta} T^{\gamma} I^{\eta} \dots, \quad (1.2)$$

мұнда L , M , T , I – берілген жүйенің негізгі шамаларының шартты белгілері, α , β , γ , η – бүтін немесе бөлшек, оң немесе теріс заттық сандар. Негізгі шаманың өлшемділігі, енгізілген дәреже көрсеткішінің өлшемділік көрсеткіші деп аталады. Егер барлық өлшемділік көрсеткіштері нөлге тең болса, онда мұндай шаманы өлшемсіз деп атайды. ФШ өлшемділігі алдыңғы оның байланыс теңдігіне қарағанда бірдей өлшемділік, әртүрлі салалық табиғатқа ие және анықтайтын теңдік қалпы бойынша ажыратылатын шамаларға тән болу мүмкіндігіне байланысты, біршама жалпы сипаттамасы болып табылады. Мысалы, күш жұмысы FL қашықтықта $A_1=F*L$ теңдігімен сипатталады.

Массасы m , v жылдамдықпен қозғалатын дененің кинетикалық энергиясы $A_2 = m \cdot v^2 / 2$ тең. Бұл салалық әртүрлі шамалардың өлшем-діліктері бірдей. Өлшемділікпен көбейту, бөлу, дәрежеге шығару және түбірден шығару әрекеттерін жүргізуге болады.

Өлшемділік түсінігі кең қолданылады: бірлікті бір жүйеден басқа жүйеге өткізуде, теориялық қорытынды нәтижесінде алынған, күрделі есептік формулалардың дұрыстығын тексеруде, шамалар арасындағы тәуелділікті анықтауда, физикалық ұқсастық теориясында.

Берілген ФШ сипатталатын қасиеттің алдын-ала анықталған шамалар тілінде жүзеге асады. Бұл мүмкіндік шамалар тіліне өткізілгенде, физиканың берілген бөлімін сипаттайтын жиынтық түрінде теңдік жүйесін құратын модельдер болатын объектілер қасиеттерінің арасындағы объективті түрдегі өзара байланыстың артықшылығымен расталады. Мұндай теңдіктердің екі типін ажыратады:

1. Шамалар арасындағы байланыс теңдігі – әріптік символдар ретінде ФШ түсіндірілетін, табиғат заңдарын бейнелейтін теңдік. Олар ФШ кіретін өлшем бірлігінің жиынынан тәуелсіз түрде жазылуы мүмкін:

$$Q = K X^a Y^b Z^g \dots \quad (1.3)$$

K коэффициенті – өлшем бірлігін таңдаудан тәуелсіз, ол шамалар арасындағы байланысты анықтайды. Мысалы, үшбұрыштың ауданы S_L негізінің h биіктікке көбейтіндісінің жартысына тең. $K=0,5$ коэффициенті өлшем бірліктерін емес, фигуралардың пішінін таңдауға байланысты пайда болды.

2. Физикалық шамалардың сандық мәндерінің арасындағы байланыс теңдігі – әріптік символдар деп таңдалған бірліктерге сәйкес шаманың сандық мәні түсіндірілетін теңдік. Бұл теңдіктің түрлері таңдалған өлшем бірліктеріне тәуелді болады. Олар:

$$Q = K_e X^a Y^b Z^g \dots \quad (1.4)$$

түрінде жазылуы мүмкін, мұндағы K_e – таңдалған бірлік жүйесіне тәуелді сандық коэффициент. Мысалы, үшбұрыш ауданы және оның геометриялық өлшемдерінің сандық мәндері арасындағы байланыс теңдігі, аудан квадраты метрмен, ал негізі

және биіктігі сәйкес метр және килограммен өлшенетін шартты түрде болады:

$$S=0,5Lh,$$

яғни $K_e=1$ немесе

$$S=0,5 \cdot 10^{-6} Lh,$$

яғни $K_e=10^6 \text{ м}^2/\text{мм}^2$.

Қабылданған принциптерге сәйкес құрылатын ФШ жиынтығының бір шамалары тәуелсіз деп, ал басқалары олардың функциясы деп қабылдағанда физикалық шамалардың жүйесі деп аталады. Тиянақты, бірақ ерікті жолды негізгілер деп аталатын біршама ФШ таңдайды. Туынды деп аталатын қалған шамалар негізгілер арқылы, олардың арасындағы белгілі байланыс теңдігі негізінде анықталады. Туынды шамалардың мысалы болып, көлем бірлігінде бекітілген зат массасы ретінде анықталатын заттың тығыздығы, үдеу – жылдамдықтың уақыт бірлігінде өзгеруі және басқалары табылады.

ФШ жүйесінің атауында негізгі деп қабылданған шамалар символдарын қолданады. Мысалы негізгі шамалар ретінде ұзындық (L), масса (M) және уақыт (T) қолданылатын механика шамалар LMT жүйесі деп аталады. Қазіргі уақытта әрекет ететін СИ халықаралық жүйесі LMTIQN символдарымен: ұзындық (L), масса (M), уақыт (T), электрлік ток күші (I), температура (Q), зат саны (N) және жарық күшіне (J) сәйкес белгіленуі қажет.

Қабылданған принциптерге сәйкес құрылған ФШ негізгі және туынды бірліктерінің жиынтығы, физикалық шамалар бірлігінің жүйесі деп аталады. Негізгі ФШ бірлігі берілген жүйенің негізгі бірлігі болып табылады. Негізгі бірліктер ретінде метр, килограмм, секунд, ампер, кельвин, моль және канделла (1.1-кесте) қабылданған [31].

Өлшем мен салмақ жөніндегі Бас конференцияның шешімі бойынша негізгі бірліктердің анықтамалары:

Метр – $1/299792458$ секундтың үлесінде жарықтың вакуумда өткен жолының ұзындығына тең арақашықтық;

Килограмм – халықаралық килограмм массасының түпнұсқасына тең салмақ;

Секунд – цезий-133 атомының негізгі қалпында, өте жұқа деңгей арасындағы 9192631770 сәулулену кезеңіне тең уақыт;

Ампер – бір бірінен 1м қашықтықта орналасқан шексіз ұзын және дөңгелек қимасы өте кішкентай көлемді екі параллель түзу, вакуумда әр 1м аралықта өзара 2×10^{-7} Н әсер беретін күшке тең өзгермейтін токтың күшіне тең;

Кельвин – судың үш еселенген нүктесінің термодинамикалық температурасының 1/273,16 бөлігіне тең температура;

Моль – массасы 0,012 кг 12-көміртегіндегі атомдар құрамындағыдай элементтерден құрылған жүйе затының санына тең;

Кандела – жарық күшінің белгіленген бағытта шығарылатын монохроматикалық сәулеленуінің жиілігі 540×10^{12} Гц тең, осы бағыттағы жарықтың энергетикалық күші 1/683 Вт/ср тең жарық күші.

Халықаралық бірлік жүйесінде екі қосымша – жалпақ және дене бұрыштарын өлшейтін бірліктер бар. *Радиян (рад)* (жалпақ бұрыш өлшемі) – шеңбердің екі радиусының арасындағы бұрыштың, екеуінің арасындағы доғаның ұзындығы шеңбердің радиусының ұзындығына тең. Градуспен өлшесек, 1 радиан $57^{\circ}17'44,8''$.

Стерadian (ср) (дене бұрышының бірлігі) – бұрыштың төбесі сфераның ортасында орналасқан және сфераның бетінде қабырғасының ұзындығы сфераның радиусына тең квадраттың ауданын кесіп жататын бұрышты айтамыз. Дене бұрышын жалпақ бұрышты өлшеп, қосымша мына формула бойынша $\Omega = 2\pi(1 - \cos(a/2))$ есептеуге болады, Ω – дене бұрышы, a – сфераның ішіндегі берілген дене бұрышымен шығарылған конустың төбесіндегі жалпақ бұрыш. 1 ср дене бұрышына $65^{\circ}32'$ жалпақ бұрыш тең болады. 120° жалпақ бұрыш – 1 ср, 180° жалпақ бұрыш – 2 л ср бұрышқа тең. СИ жүйесінің қосымша бірліктері бұрыштық жылдамдықтың, бұрыштық үдемелі жылдамдық және басқа да шамалардың бірліктерін құрастыруға қажет. Радиян да, стерadian да көбіне теориялық есептеу мен сызбаларда қолданылады, ал тәжірибе жүзінде қажет емес.

Халықаралық бірліктер жүйесінің *шығарылған бірліктері* сандық коэффициенттері бірге тең шамалар арасындағы жай теңдеулер (анықтаушы теңдеулер) арқылы табылады. Мысалы, жылдамдықты табу үшін анықтаушы теңдеу жүзінде бір қалыпты түзу қозғалыстың жылдамдығының $V=S/t$ формуласын қолдануға болады. Белгілі бір уақыт ішінде t (секунд) жүріп

өткен жолдың ұзындығы (метрмен өлшенетін), жылдамдық метр/секунд (м/с) өлшеммен анықталады. Сондықтан да СИ жүйесінде жылдамдықтың өлшем бірлігі метр/секунд, бұл 1 с ішінде 1 м қашықтыққа бір қалыпты түзу жылжып отырған нүктенің жылдамдығы. Егер анықтаушы теңдеуге сандық коэффициент кірсе, онда шығарылған бірлікті шығару үшін теңдеудің оң жағына берілген шаманың сандық мәндерін, шығарылған бірлігінің сандық мәні 1-ге тең болатындай алу керек. Мысалы, $E=1/2mv^2$ қатынасындағы энергия бірлігін E құрай отырып, мұнда E – кинетикалық энергия, m – материалдық нүктенің массасы, v – жылдамдығы, 2 кг тең массаны, немесе жылдамдығы $\sqrt{2}$ м/с тең деп аламыз. Сондықтан да СИ жүйесінде кинетикалық энергияның бірлігі – килограмм шаршы метр секунд квадратына дегеніміз – бұл 1 м/с жылдамдықпен 2 кг массасы бар дененің кинетикалық энергиясы немесе 1 кг массасы бар дененің $\sqrt{2}$ м/с жылдамдықпен жылжыған дененің кинетикалық энергиясы. Бұл бірлік *джоуль* деп аталып, қысқаша Дж деп жазылады [13].

1.1-кесте

СИ жүйесінің физикалық шамаларының негізгі және қосымша бірліктері

Шама			Бірлік		
Атауы	Өлшем бірлігі	Ұсынылған белгіленуі	Атауы	Белгіленуі	
				орысша	Халық-аралық
Негізгі					
Ұзындық	L	L	Метр	м	M
Масса	M	M	Килограмм	г	Kg
Уақыт	T	T	Секунд	с	S
Электр тогының Күші	I	I	Ампер	A	A
Термодинамика-лық температура	Q	T	Кельвин	K	K
Жарық күші	J	J	Кандела	кд	Cd
Заттың саны	I	N, v	Моль	м	Mol
Қосымша					
Жазық бұрыш	-	-	Радан	рад	Rad
Денелік бұрыш	-	-	Стерадан	ср	Sr

17 ғалымның аты беріліп шығарылған бірліктер бар, тек екеуі ғана басқаша аталынады: люмен, люкс. СИ жүйесінің шығарылған бірліктері негізгі бірліктермен қатар қолданыста болады. Өз аттары жоқ шығарылған бірліктерді белгілеуде мынадай ережелер белгіленген:

- көбейтіндіге кіретін бірліктердің әріп белгілері араларына көбейту белгісі ретінде нүкте қойылады, мысалы, Н·м (ньютон-метр) немесе лм·с (люмен-секунд);

- бір бірлікті екінші бір бірлікке бөлуден пайда болатын бірліктерді белгілеу үшін, горизонталь немесе көлденең сызық қолданамыз;

- көлденең сызық қолданғанда, күрделі бірліктің белгілері бір жолға орналасады, ал бөлгіштегі көбейтінді дөңгелек жақшаға алынады, мысалы, Вт/(м²К) ватт шаршы метрге бөлінген – Кельвин;

- оң немесе теріс дәрежелі көбейтінді түрінде белгіленген бірліктер, мысалы, Вт·м⁻²·К⁻¹ [5].

Туынды бірлік – бұл негізгі бірліктермен немесе негізгі және анықталған туындылармен байланыстыратын теңдік сәйкестігімен құрылған, бірліктер жүйесінің туынды ФШ бірлігі. Жеке атаулары бар СИ жүйесінің туынды бірліктері 1.2-кестеде келтірілген. Туынды бірліктерді орнату үшін: бірліктері негізгі ретінде қабылданатын, ФШ таңдау, бұл бірліктердің өлшемдерін орнату, негізгі бірлікпен өлшенетін шамаларды байланыстыратын анықтауыш теңдікті туынды бірліктер орнатылатын шамасымен таңдау. Сонымен қатар, анықтауыш теңдікке кіретін барлық шамалардың символдары шамалар сияқты емес, олардың аталған сандық мәндері ретінде қарастырылуы қажет, бірлікке (немесе басқа тұрақты санға) анық-тауыш теңдікке кіретін пропорционалдық коэффициентін K_e теңестіру. Бұл теңдеуді туынды бірліктің негізгілерден нақты функционалды тәуелділігі түрінде жазу қажет. Осындай тәсілмен орнатылған туынды бірліктер жаңа туынды бірліктерді енгізуде қолданылуы мүмкін. Сондықтан, анықтауыш теңдіктерге негізгі бірліктермен қатар, бірліктері алдын ала анықталған туынды бірліктің кіруі мүмкін.

Туынды бірліктер когерентті және когерентті емес болады. Когерентті деп сандық көбейткіші 1-ге тең деп қабылданған,

теңдік жүйесінің басқа бірліктермен байланысты ФШ туынды бірлігі аталады. Мысалы, жылдамдық бірлігін нүктенің түзу сызықты және бірқалыпты қозғалысының жылдамдығын анықтайтын, L – жүрілген жол ұзындығы, t – қозғалыс уақыты, сәйкес $v=L/t$ теңдігі көмегімен алады. L және t -ның орнына олардың бірліктерін қою СИ жүйесінде $v=1$ м/с береді, яғни сәйкес жылдамдық бірлігі когеренттік емес болып табылады. Егер байланыс теңдігінде бірліктен жақсы сандық коэффициент болса, онда СИ жүйесінің когерентті бірлігін алу үшін, теңдіктің оң жағына коэффициентке көбейтілген соң бірге тең жалпы сандық мәнді беретін, мәндері СИ бірліктеріндегі шамаларды қояды. Мысалы, энергияның когерентті бірлігін алу үшін $E=0,5 mv^2$, m – дене массасы, v – оның жылдамдығы, теңдігін қолданса, онда энергияның когерентті бірлігін екі жолмен алуға болады:

$$1. E=0,5(2mv^2)=0,5(1 \text{ м/с})^2=1 (\text{кг}\cdot\text{м}^2/\text{с}^2)=1 \text{ Дж},$$

$$2. E=0,5m(2v^2)=0,5(1\text{кг})*(2\text{м/с})^2=1 (\text{кг}\cdot\text{м}^2/\text{с}^2)=1 \text{ Дж}.$$

СИ когерентті бірлігі болып, метрге көбейтілген, ньютонға тең джоуль табылады. Қарастырылған жағдайларда ол массасы 2 кг, 1 м/с жылдамдықпен қозғалатын немесе массасы 1кг, 1м/с жылдамдықпен қозғалатын дененің кинетикалық энергиясына тең.

ФШ бірліктері жүйелік және жүйелік емес деп екіге бөлінеді. Жүйелік бірлік – қабылданған жүйелердің біреуіне кіретін ФШ бірлігі. Барлық негізгі, туынды, еселік, үлестік бірліктер жүйелік болып табылады. Жүйелік емес бірлік – қабылданған бірліктер жүйесінің ешқайсысына кірмейтін ФШ бірлігі. Жүйелік емес бірліктер СИ бірліктеріне қатысты 4 түрге бөлінеді. СИ бірліктерімен теңдей қолдануға болатын жүйелік емес бірліктер 1.2-кестеде келтірілген.

1.2-кесте

СИ бірліктерімен қатар қолданылатын жүйеден тыс бірліктер

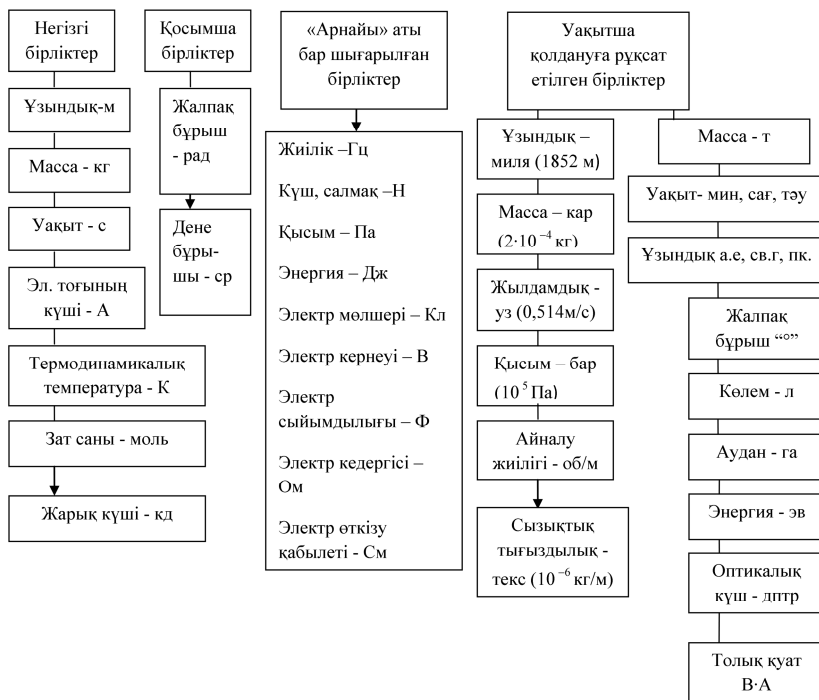
Шама атауы	Бірлік		
	Атауы	Белгіленуі	СИ бірлігімен қатынасы
Масса	Тонна	Т	10^3 кг
	Массаның атомдық бірлігі	А.е.м	$1,66057 \cdot 10^{-27}$ кг (жуықтағанда)
Уақыт	Минут	Мин	60с
	Сағат	Сағ	3600с
	Тәулік	Тәу	86 400с
Көлем	Литр	Л	10^{-3} м ³
Аудан	Гектар	Га	10^4 м ²
Толық қуат	Вольт-ампер	В*А	-
Реактивтік қуат	Вар	Вар	-

СИ бірліктерімен теңдей қолданылатындар: масса бірлігі – тонна, жазық бұрыш – градус, минут, секунд, көлем – литр, т.б. бірліктер.

Арнайы салаларда қолданылуға болатындар: астрономиялық бірлік, парсек, жарық жолы – астрономиядағы ұзындық бірлігі, диоптрия – оптикадағы оптикалық күш бірлігі, электрон-вольт – физикадағы энергия бірлігі, т.б.

СИ жүйесінде теңдей қолданылуға уақытша жіберіледі, мысалы: теңіз күші – теңіз кеме жүруінде, карат – зергерлік істегі масса, т.б. бұл бірліктер тұтынудан халықаралық келісімдерге сәйкес алынып тасталуы қажет.

Тұтынудан алынып тасталғандар: сынапты бағана миллиметрі – қысым бірлігі, аттың күші – қуат бірлігі, т.б. ФШ үлестік және еселік бірліктерін ажыратады. Еселік бірлік – бұл жүйелік немесе жүйелік емес бірлікті бүтін санмен арттыратын ФШ бірлігі. Мысалы, ұзындық бірлігі – километр – 10^3 м-ге тең еселік. Үлестік бірлік миллиметр – 10^3 м-ге тең, яғни үлестік болып табылады. Үлестік немесе еселік бірліктерді алуға арналған қосымшалар 1.3-кестеде келтірілген.



1.2-сурет. МЕСТ 8.417-2002 стандартына сәйкес физикалық шамалардың бірліктері

Еселі және үлес бірліктері. Үлкен және кіші бірліктер арасындағы ондық еселеу метрлік жүйедегі өлшем, еселі және үлес бірліктерін құраудағы ең алдыңғы әдіс болып келеді. 1960 ж. өткен өлшем мен салмақтың XI Бас конференциясының резолюциясына сәйкес, он еселі және үлес бірліктері СИ бірліктеріне қосымша тіркелуі арқылы шығарылады.

1.3-кестеде еселік және үлестік бірліктерді құрау үшін көбейтінді мен қосымша келтірілген.

1.3-кесте

Он еселік және үлестік бірліктерді құрау үшін көрсетілген
көбейтінді мен қосымша атаулары

Көбей- тінді	Қосым- ша	Қосымшаның белгіленуі		Көбей- тінді	Қосым- ша	Қосымшаның белгіленуі	
		Халық- аралық	Орыс- ша			Халық- аралық	Орыс- ша
10^{18}	Экса	Е	Э	10^{-1}	Деци	D	Д
10^{15}	Пета	P	П	10^{-2}	Сантис	C	С
10^{12}	Тера	T	Т	10^{-3}	Милли	M	М
10^9	Гига	G	Г	10^{-6}	Микро	μ	Мк
10^6	Мега	M	М	10^{-9}	Нано	N	Н
10^3	Кило	K	К	10^{-12}	Пико	P	П
10^2	Гекто	H	Г	10^{-15}	Фемто	F	Ф
10^1	Дека	Da	Да	10^{-18}	Атто	A	А

10^{12} -нен 10^{-12} дәрежесіне дейінгі еселік қосымшасы латын және грек тілдерінен алынған. Қосымша фемто (10^{-15}) және атто (10^{-18}) даниялықтардың тілінен алынған. СИ жүйесінде бірінші рет жазық және денелік бұрыштың бірліктері – радиан және стерadian жатқызылған, қосымша бірліктер түсінігі енгізілді.

1.4. Халықаралық бірліктер жүйесі (СИ жүйесі)

Бірыңғай халықаралық бірліктер жүйесі (СИ жүйесі) 1960 ж. өлшем және салмақ бойынша XI Бас конференцияда қабылданды. Біздің елімізде СИ бірліктер жүйесі 1982 жылдың 1 қаңтарынан, МЕСТ 8.417-8-ге сәйкес қолданылады. СИ жүйесі оның алдында болған СГС және МКГСС және басқа бірліктер жүйесінің логикалық дамуы болып табылады. Қазіргі уақытта СИ және СГС (симметриялық немесе гаустық) екі бірліктер жүйесі кең қолданылды. СГС жүйесі 100 жылдан артық өмір сүрсе де қазіргі уақытқа дейін нақты ғылымдар – физика, астрономияда қолданылады. Алайда, оны СИ жүйесі қабылдаған және әлем елдерінің ауруханаларында қолданылатын ФШ бірліктерінің жалғыз жүйесі ығыстыруда. Бұл оның бірліктердің басқа жүйе-

лерінің алдындағы беделі және артықшылығымен расталады, олар:

1. Әмбебаптығы, яғни ғылым және техниканың барлық салаларын қамту;
2. Өлшеудің барлық салаларының және түрлерінің унификациялануы;
3. Шамалар когеренттілігі;
4. Анықтамасына сәйкес жоғары дәлдікті бірлікті қайта қалпына келтіру мүмкіндігі;
5. Жіберілетін бірліктер санының азаюы;
6. Жеке атауларға ие, үлестік және еселік бірліктерді алудың бірыңғай жүйесі;
7. Көптеген бірліктер жүйесін және жүйелік емес бірліктерді зерттеуге қажеттіліктің болмауынан, орта және жоғары мектептердегі педагогикалық үрдістің жеңілдетілуі;
8. Әртүрлі елдердің арасындағы ғылыми-техникалық және экономикалық байланыстардың дамуында ең жақсы өзара түсінісу.

Тарихи тұрғыда, заңдық ғылыми негізделген байланыстар алдымен геометрия және кинематика кейін, динамика, термодинамика және электромагнетизм саласында орнатылды да сәйкес бірліктер жүйесі құрылды. Осыған байланысты, байланыс теңдігінің барлық жиынтығының жалпы шешімін болдырмауға, ал олардың шешімдерін физиканың сәйкес бөлімдерінде бірліктің жүйелі анықталуына жіберуге болар еді. Геометрия және кинематикада бірліктер арасындағы байланысты орнатуға

$$v = K_e \frac{dL}{dt}, \quad (1.5)$$

теңдігі жеткілікті. Мұндағы v – жылдамдық; K_e – пропорционалдық коэффициенті, L – ұзындық, t – уақыт.

Бастапқыда (1983 ж. дейін) негізгі шамалар ретінде ұзындық және уақыт өлшем бірліктері, ал туынды ретінде – жылдамдық ($n=1$) таңдалды. Сонымен $N-n=3-1=2$. 1983 жылы негізгі деп уақыт және жылдамдық өлшем бірліктері аталды, сондай-ақ, вакуумдағы жарық жылдамдығына принципті түрде ерікті $C_0=2\ 99\ 792\ 458$ м /с нақты мәні берілді.

Ұзындық және оның бірлігі метр-мәні бойынша туынды болды. Алайда, формальды түрде ұзындық СИ-де негізгі ФШ болып қалды және оның бірлігі метр келесі тәсілмен анықталады: метр – вакуумда жарық секундтың $1/299\,792\,458$ үлесінде өтетін қашықтық.

Секунд – цезий-133 атомының негізгі күйінің екі өте жіңішке деңгейлері арасындағы өтуге сәйкес келетін, сәуле шығарудың $9\,192\,631\,770$ периоды.

(1.3)-теңдігіндегі пропорционалдық коэффициенті 1-ге тең. Егер 1983 ж. бастапқыда метрдің («криптонды») анықтамасы сақталғанда және бір уақытта жарық жылдамдығының тұрақтылығы постулатталғанда K_e пропорционалдық коэффициентін 1-ге тең деп есептеуге болмас еді. Ол тәжірибелі анықталатын әлемдік константа ретінде шығар еді. Геометрия және кинематика саласында бірліктер жүйесін алу үшін (1.3)-теңдікке аудан (мысалы шаршы үшін), көлемі үшін (мысалы, куб), үдеу, т.б. үшін байланыс теңдігін қосу қажет. Теңдікті қосқанда әр ретте бір жаңа ФШ және сәйкес байланыс теңдігі енгізіледі, сондай ақ $N-n=2$ айырмашылығы сақталады және бірлік жүйесі тиімді.

Динамикаға өткенде (1.4)-теңдігі Ньютонның екінші заңы теңдігімен

$$F = k_1 m a \quad (1.6)$$

және бүкіләлемдік тартылыс заңымен

$$F = k_2 \frac{m_1 m_2}{r^2}, \quad (1.7)$$

толықтырылды, мұндағы k_1 , k_2 – пропорционалдық коэффициенттері, m , m_1 , m_2 – дене массасалары, a – үдеу; r – денелер арасындағы қашықтық. Екі байланыс теңдігі қосылады және екі жаңа ФШ – масса және күш енгізіледі, $N-n=2$ айырымы өзгермейді. Механиканың қысымға, жұмыс, қуат, т.б. арналған қалған теңдіктерін қосқанда қарастырылған айырым өзгермейді. (1.6) және (1.7)-теңдік-терінде $k=1$ деп қабылдауға болады, бұл жағдайда күш және масса туынды физикалық шамалар болады. (1.6) және (1.7)-теңдігінен $m=m_1=m_2$ есептегенде $m=a \cdot r^2$ теңдігін аламыз, яғни масса бірлігі бірлік

қашықтықта жататын кез келген басқа материалдық нүктеге бірлік үдеуді хабарлайтын материалдық нүктенің массасы болады. Мұндай массаның туынды бірлігі $\text{м}^3/\text{с}$ өлшемділікке ие және шамамен $1,5 \cdot 10^{10}$ кг-ға тең.

Масса бірлігінің қайта қалпына келтірілу дәлдігі, мұндай анықтауда төмен болатындығын ескерткен жөн. Сондықтан, ФШ бірлігін таңдаудың екінші, төртінші және бесінші критерийін назарға алып, «артық» негізгі бірлік-килограммды (масса бірлігін) енгізді. Ньютон заңдарының бірінде – екінші, бүкіләлемдік тарты-лыс заңында пропорционалдық коэффициентін сақтау талап етілді. Ол тәжірибеде аз қолданылатын бүкіләлемдік тартылыс заңында қалдырылды. Әлемдік константа – гравитациялық тұрақты $y = (6,6720 \pm 0,041) \cdot 10^{11} (\text{Н} \cdot \text{м}^2) / \text{кг}^2$.

Алынған ФШ бірлік жүйесі 1-ші критерий көзқарас тұрғысынан тиімсіз, бірақ тәжірибелік ыңғайлылық көзқарасынан – тиімді. Килограмм-платина және иридий қоспасынан жасалған цилиндр, килограммның халықаралық прототипінің массасы. Килограммға осылай анықтама бергенде физикалық шаманың негізгі бірліктер жүйесін таңдаудың үшінші базалық критерийі орындалмайтындығын ескерткен жөн. Килограмм эталоны СИ жүйесінің негізгі бірліктерінің барлық эталондары арасынан жалғыз жойылатын эталон болып табылады. Ол ескіруге ұшыраған және аса зор салыстырып тексеру сұлбаларының қолданылуын талап етеді. Ғылымның қазіргі дамуы жеткілікті дәлдік деңгейімен килограмды табиғи атомдық константалармен байланыстыруға мүмкіндік бермейді. Олардың жеке атаулары бар бір бөлігі 1.3-кестеде келтірілген. Жылулық үрдістерді сипаттағанда қолданылатын ФШ ең бастыларының бірі – температура. Оның бірлігі туынды ретінде келесі теңдіктердің негізінде ФШ қолданумен алынуы мүмкін. Олардың біріншісі Менделеев-Клапейрон заңы деп аталады.

$$pV = \frac{m}{M} RT,$$

мұндағы p – газ қысымы, V , m сәйкес көлемі және массасы, M – молярлық масса, R – универсал газ тұрақтысы, абсолюттік температураны қысымның бір моль газдың көлеміне көбейтіндісіне пропорционал шама ретінде анықтайды. Идеал газдардың

кинетикалық теориясының дамуы, температураны идеал газ молекуласының үдемелі қозғалысының орташа кинетикалық энергиясына W пропорционал шама деп қарастыруға мүмкіндік берді:

$$W = \frac{3}{2} k_B T.$$

мұндағы k_B – Больцман тұрақтысы. Стефан – Больцман заңы температураны электромагниттік сәуле шығарудың: $W_R = s \cdot T^4$, мұндағы s – Стефан-Больцман тұрақтысы, W_R – көлемдік тығыздығымен байланыстырады. Виннің ығысу заңы I_m толқын ұзындығының температурасы: $I_m = b/T$, мұндағы I – Вин тұрақтысы, максимум сәуле шығару көлемін сәуле шығарумен байланыстырады [14].

Термодинамикада келтірілген төрт формула термодинамикалық атауға ие болған сол бір температураны анықтайтындығы көрсетілген. Формулаларда қолданылатын R , k_B , s коэффициенттерінің кез келгенін бірге теңестіруге болады. Бұл температураның туынды бірлік ретінде түрлі өлшемділіктерін қамтамасыз етеді. Алайда, ғылымның тарихи дамуы, температура, қазіргі физика және техникада маңызды орын алатындықтан, оны негізгі шамалар қатарына бөлу мақсатты болды. «Артық» негізгі бірлікті енгізуге байланысты жаңа фундаментальды константа – Больцман тұрақтысы туады. Универсал газ тұрақтысы, Стефан–Больцман тұрақтысы және Вин тұрақтысы, Больцман тұрақтысы және басқа константалармен [31] анықталады.

Температура Кельвинмен өлшенеді. 1 Кельвин судың үштік нүктесінің термодинамикалық температурасының бөлігі $1/273,16$ -ға тең. Қалған жылулық бірліктер олардың арасындағы белгілі байланыс теңдіктері және алдынала енгізілген физикалық шамалар негізінде алынады.

Акустикалық шамаларды сипаттау үшін негізгі шамаларды енгізу талап етілмейді, сондықтан акустикада қолданылатын барлық ФШ туынды болып табылады.

Физикада электромагниттік құбылыстар механикасының теңдіктеріне қосу қажет: Кулон заңы теңдігі (электростатиканың негізгі заңы), электрлік ток және электрлік заряд арасындағы

байланыс теңдігі және Ампер заңы теңдігі (электро-динамика-ның негізгі заңы). Бұл теңдіктерде төрт негізгі физикалық шамалар: электрлік ток I , электрлік заряд q , магнит өтімділік m , m_0 және диэлектрлік өтімділік ϵ , ϵ_0 . Сәйкесінше бұл жағдайда $N=n=1$. ϵ және m деп қатысты өтімділіктер, ал ϵ_0 және m_0 деп – вакуумның абсолюттік өтімділіктері түсіндіріледі. Электро-магниттік бірліктердің тиімді жүйесін алу үшін, механикада таңдалған үш негізгі бірліктерге қайта енгізілген төрт шаманың арасынан таңдап, бір электромагниттік бірлікті қосу жеткілікті. Таңдауда маңызды факторлар қатары есепке алынды. Біріншіден, физикада СИ жүйесінің құрылуы кезінде электр және радиотехникада аталмыш тәжірибелік бірліктер: кулон, ампер, вольт, джоуль және т.б. кең қолданылды. Оларды сақтау қажет етілді. Екіншіден көрсетілген бірліктерді СГС жүйесінің механикалық және жылулық, еселік және үлестік бірліктермен біріктіріп, ғылымның барлық салаларына бірыңғай бірлік жүйесін құру қажет болды. СИ жүйесінде негізгі бірлік ретінде магнитті тұрақты деп аталған абсолюттік магниттік өтімділік $m_0=4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м бірлігі таңдалған. Алайда немқұрайлы түрде негізгі бірлік болып ампер саналады. Бұл негізгі бірлікті оның шын мәнін постулаттау жолымен таңдағанда, берілген бірлікті эталон түрінде заттандыруға болмайтындығымен байланысты. Сондықтан, мұндай бірліктің ұйымдастырылуы қандай да бір туынды арқылы жүзеге асырылады. Сонымен, жылдамдық бірлігі метр эталоны, ал магниттік өтімділік – ампер эталонымен заттандырылады. СИ жүйесінің электромагнетизм бөлімінде жүйе тиімді және «артық» бірліктері жоқтығына байланысты, әлемдік константалар жоқ. Анықтама бойынша ампер – екі параллель шексіз ұзын өткізгіштер бойынша және вакуумда бір-бірінен 1 м қашықтықта орналасқан, дөңгелек көлденең қиманың тым аз ауданымен өткенде, ұзындығы 1 м өткізгіштің әрбір бөлігінде $2 \cdot 10^{-7}$ Н-қа тең өзара әрекеттесу күшін тудыратын, өзгермейтін ток күші. СИ жүйесінде вакуумдағы жарық жылдамдығы 299 792 458-қа тең деп қабылданған, ол электрлік тұрақтысы деп аталатын вакуумның электрлік өтімділігі ϵ_0 -де нақты тұрақты болады: $\epsilon_0=1/(m_0 \cdot c_0^2)=8,854\,187\,187 \cdot 10^{-12}$ Ф/м [15].

Жарықтық өлшеулер, яғни толқын ұзындығы 0,38-ден 0,76 мкм-ге дейін электрмагниттік тербелістер параметрлерін өлшеу, онда жарық ағынын көзімен қабылдайтын адамның сезімі атқаратын ерекшелік, маңызды рөл атқарады.

Сондықтан, жарықтық өлшеулер толығымен объективті емес. Қадағалаушыны тек көзге тікелей әсер ететін, электрмагниттік тербелістер ағыны бөлігі қызықтырады. Осыған энергетикалық сипаттамалар мұндай өлшеулер нәтижесін сипаттауға қолайсыз болып табылады. Энергетикалық және жарықтық шамалар арасында бір мәнді өзара байланыс бар. Жарықтық шамаларды өлшеуді жүргізу үшін жаңа негізгі шаманың енгізілуі талап етілмейді. Алайда, тарихи қалыптасқан СИ жүйесінің туындауы кезінде ФШ негізгі бірліктерін есепке алып, сондай-ақ, жарықтық өлшеулер нәтижесіне айтарлықтай әсер ететін өлшеу субъектісі – адамды есепке алып, жарық күші бірлігі – канделланы енгізу шешімі қабылданды. Канделла – $540 \cdot 10^{12}$ Гц монохроматтық сәуле шығару көзінің тапсырылған бағытындағы, бұл ұмтылыстағы сәуле шығарудың энергетикалық күшін $1/683 \text{ Вт} \cdot \text{ср}^{-1}$ құрайтын жарық күші.

Жүргізілген зерттеулер адамның орташа көзі $540 \cdot 10^{12}$ Гц жиілікке сәйкес келетін, 0,555 мкм толқын ұзындығында біршама үлкен сезімталдыққа ие екендігін көрсетті. Бұл көз сезімталдығының сәуле шығарудың толқын ұзындығына тәуелділігін жарық ағынының (яғни, біздің көзімізбен бағаланатын сәуле қуаты) сәуле шығарудың толық ағынына (электрмагниттік сәуле шығарудың толық қуатына) қатынасына тең, абсолюттік жарық эффективтілігімен сипатталады. Жарық эффективтілігі деген энергетикалық шамалардан жарықтық шамаларға өтуге мүмкіндік беретін шама. Ол ватқа бөлінген люменмен өлшенеді. Максимальды жарық эффективтілігіне $K_M = 683 \text{ Лм/Вт}$, нақты мәні берілген, ол орнықты константалар рангына енгізілген. Осыған байланысты канделла жанама өлшеулер жолымен анықталады, сәйкесінше, формальды негізгі болып туынды физикалық шама табылады. Қалған жарықтық шамалар – туындылар және алдынала енгізілген ФШ арқылы анықталады. СИ жүйесінің соңғы негізгі бірлігі – моль жүйесіне 1971 ж. өлшем және салмақ бойынша XIV Бас конференцияда

алғашқы алты бірлікті енгізген соң 11 жылдан кейін қосымша енгізілген.

Моль – құрылымдық элементтері массасы 0,0012 кг көміртек 12 құрылымдық элементтеріне тең жүйенің зат саны. Мольді қолданғанда құрылымдық элементтер өзгешеліктері анықталған болуы қажет және атом, молекула, ион, электрон және басқа бөліктермен немесе бөлік тобы болуы мүмкін. Бұл бірлікті ғылым қоғамдастығы қабылдамады. Себебі, мольді енгізгенде физикалық шамалар жүйесін құру принциптерінен шегінуге жол берілді. Біріншіден, «зат саны» негіз құрайтын ұғымға нақты және бірмәнді анықтама берілмеді. Зат саны деп, сол немесе басқа заттың массасын, сондай-ақ, берілген заттың құрамындағы құрылымдық бірліктер санын түсінуге болады. Екіншіден, негізгі бірлік анықтамасынан, өлшеулер жолымен ФШ туралы объективті сандық ақпарат алу тәсілі анық емес. Осыған байланысты СИ негізгі бірліктерінің арасынан мольмен орындалатын функция туралы сұрақ туындайды. Кез келген негізгі бірлік екі функцияны жүзеге асыруға бағытталған. Эталон түрінде қайта қалпына келтірілгенде, ол тек жеке ФШ өлшем бірыңғайлығын ғана емес, өлшемділікті қалыптауға қатысатын туынды шамалардың өлшем бірыңғайлығын қамтамасыз етеді. Формальдық позициядан үлестік шамаларды алғанда моль өлшемділігіне кіреді. Сонда да үлестік шаманы туынды физикалық шамамен теңдестіру қажет емес. Олар масса бірлігі, немесе көлем бірлігі, немесе қарастырылған жағдайда – мольге жататын өлшенетін қасиеттің сандық аспектіні көрсетеді. Бұдан моль ФШ негізгі бірліктерінің басты функцияларының бірін орындамайтындығы шығады. Моль, сондай-ақ зат санының өлшем бірыңғайлығын қамтамасыз ету функциясын атқармайды.

Әдебиеттердің көпшілігінде моль есептік бірлік болып табылатындығы және оны қайта қалпына келтіру эталоны жоқтығы айтылады [5]. Мольді оның анықтамасына сәйкес өлшеуге арналған бірде бір әдіс және құрал жоқ. Мұның барлығы мольді ФШ негізгі бірліктері санынан алыну мүмкіндігін ескертеді. СИ жүйесіне екі қосымша бірліктер – радиан және стерadian енгізілген. Радиан жазық бұрышты

өлшеу бірлігі – доға ұзындығы радиуысына тең, дөңгелектің екі радиустары арасындағы бұрыш.

Тәжірибеде градус ($1^\circ=360=0,017453$), минут ($1'=1^\circ/60=2,9088 \cdot 10^{-4}$ рад) жә-не секунд ($1''=1'/60=4,8481 \cdot 10^{-6}$ рад) жиі қолданылады. Сәйкес $1 \text{ рад}=57^\circ 17' 45''=57,2961^\circ=(3,4378 \cdot 10^3)''=(28,0627 \cdot 10^5)''$.

Стерadian (бұрышты өлшеу бірлігі) – бір жағы сфера радиусының квадрат ауданына тең, бетінде ауданды қиятын сфераның ортасындағы сүйір бұрышы. Барлық бірліктер жүйесінде жазық f және денелік W бұрыштар

$$\phi = I/R; \quad \Omega = S/R^2$$

теңдігімен енгізіледі. Мұндағы, I – дөңгелектің радиусында R , орталық жа-зық бұрышпен j қиылатын доға ұзындығы, S – радиусы R шарда орталық денелік бұрышпен қиылатын аудан. Осы анықтамаларға сәйкес екі бұрыштың да кез кел-ген бірліктер жүйесінде : $[F]=L/L$; $[W]=L^2/L^2$ өлшемділіктері жоқ.

1.5. Физикалық шамалар бірліктерінің қайта қалпына келтірілуі және өлшемдерінің берілуі

Өлшемді жүргізгенде олардың бірыңғайлығын қамтамасыз ету қажет. Өлшем бірыңғайлығы деп, нәтижесі заңдастырылған бірлікпен берілетін, өлшемдері орнатылған шекте қалпына келтірілген шама өлшемдеріне тең, идеал өлшеу нәтижесі қателіктері берілген ықтималдықпен белгілі және орнатылған шектен аспайтын, өлшеу сапасының сипаттамасын айтады. «Өлшеу бірыңғайлығы» түсінігі өте сыйымды. Ол метрологияның маңызды мәселелерін қамтиды: физикалық шама бірлігінің сәйкестендірілуі, шамаларды жаңғырту жүйесін өңдеу және орнатылған дәлдікте олардың өлшемдерінің жұмысшы өлшем құралдарына берілуі. Өлшеу бірыңғайлығы білім және техникаға қажетті кез-келген дәлдікте қамтамасыз етілуі қажет. Өлшеу бірыңғайлығын қажетті деңгейге жеткізу және қолдауға байланысты ережелер, талаптар және нормалауға сәйкес жүргізілетін мемлекеттік және жергілікті метрологиялық қызмет түрлері бағытталған. Мемлекеттік деңгейде өлшеу

бірыңғайлығын қамтамасыздандыру қызметі, өлшеу бірыңғайлығын қамтамасыздандыру Мемлекеттік жүйесі стандарттарымен немесе метрологиялық қызмет органдарының нормативті құжаттарымен регламенттеледі. Өлшеу бірыңғайлығын қамтамасыздандыру үшін бір шаманың СИ бірліктері градуирленген бірліктер үйлесімділігі қажет. Бұған нақты қайта қалпына келтіру және физикалық шамалардың орнатылған бірліктерін мамандандырылған мекемелерде сақтау және өлшеу жүйесінде қолданылатын өлшемдерін беру жолымен қол жеткізуге болады.

Физикалық шама бірлігін қайта қалпына келтіру – мемлекеттік эталон немесе өлшеу жүйесі бастапқы үлгілі эталондары арқылы өте жоғары дәлдікте физикалық шама бірліктерін заттандыру бойынша операциялар жиынтығы. Бірліктердің негізгі және туынды қайта қалпына келтірілуін ажыратады.

Негізгі бірліктің қайта қалпына келтірілуі – бұл бірліктің, анықталуына сәйкес физикалық шама өлшемі бойынша тіркелген бірліктің құрылуы жолымен қайта қалпына келтірілуі. Ол мемлекеттік алғашқы эталондар көмегімен жүзеге асады. Мысалы, масса бірлігі – 1 килограммның (дәл) халықаралық эталоны ретінде өлшем және салмақтың Халықаралық бюросында сақталатын, платино-иридийлі гир түрінде қайта қалпына келтірілген. Өзге елдерге таратылған эталондардың номинал мәні 1 кг-ға тең. Соңғы халықаралық салыстыру (1979) негізінде Ресей Федерациясының мемлекеттік эталоны құрамына кіретін платино-иридийлі гир салмағы 1, 000000087-ға тең.

Туынды бірліктің қайта қалпына келтірілуі – бұл физикалық шама мәнін көрсетілген бірлікте, өлшенетін бірлікпен функционалды байланысты өзге шамаларды жанама өлшеулер негізінде анықтау. Осылай күш бірлігі – Ньютон қайта қалпына келтірілуі – механиканың $F=mg$, мұндағы m – масса, g – еркін түсу үдеуі болып табылатын белгілі теңдігі негізінде жүзеге асырылады.

Өлшем бірлігінің берілуі – бұл тексеруші өлшем құралымен сақталатын, тексеру немесе калибрлеуде жүзеге асатын, эталонмен қайта қалпына келтірілетін немесе сақталатын өлшем

бірлігіне келтіру. Өлшем бірлігі «жоғарыдан төменге қарай» – өлшеу жүйесі дәлдігі жоғарысынан төменірегіне беріледі.

Бірліктің сақталуы – берілген өлшеу жүйесіне тән, өлшем бірлігінің уақыт бойынша өзгермеуін қамтамасыз ететін, операциялар жиынтығы. Физикалық шамалар бірлігі эталонын сақтау, орнатылған шекте эталонның метрологиялық сипаттамаларын демеуге мүмкіндік беретін өзара байланысты операцияларды жүргізуді көздейді. Алғашқы эталонды сақтауда, оның уақытылы зерттеулері, бірлік қайта қалпына келтірілуі дәлдігін арттыру және оның өлшемдерін беру әдістерін жетілдіру мақсатымен өзге елдердің ұлттық эталондарымен салыстыруды қоса орындайды.

Эталон – бірлікті қайта қалпына келтіру және (немесе) сақтауға және оның өлшемдерін СИ тексеру сұлбасы бойынша дәрежесі төмендерге беруге арналған және орнатылған тәртіпте эталон ретінде расталған өлшеу құралы (немесе, өлшеу жүйесі СИ кешені). Эталондарды құру, сақтау және қолдануда жіктеу, тағайындау және жалпы талаптарды МЕСТ 8.057-80 орнатады.

Эталондар тізімі физикалық шамалар тізімін қайталамайды. Бірліктер қатары үшін эталондар физикалық шамаға сәйкес тікелей салыстыруға мүмкіндік болмағандықтан құрылмайды, мысалы, аудан эталоны жоқ. Эталондар физикалық шама бірліктері өзге физикалық шама салыстырмалы қарапайым өлшеу құралдары негізінде жеткілікті дәлдіктен жаңғыртылғанда жасалмайды. Эталон құрылысы, оның физикалық қасиеттері және бірлікті жаңғырту тәсілдері физикалық шамамен анықталады. Эталонның өзара байланысты қасиеттері: тұрақтылық, жаңғыртушылық және салыстырушылық.

Тұрақтылық – эталонның уақыттың ұзақ интервалы арасында онымен қайта қалпына келтірілген бірлік өлшемін өзгеріссіз ұстау қасиеті. Сонымен қатар сыртқы шарттарға тәуелді барлық өзгерістер, нақты өлшеуге жетімді шамалар функциясымен қатаң анықталуы қажет. Бұл талаптардың ұйымдастырылуы физикалық тұрақтыларға негізделген, түрлі шамалардың «шынайы» эталондарын құру идеясына әкелді.

Салыстырымдылық – эталонды өзге СИ тексеру сұлбасы бойынша төмен тұратын, бірінші кезекте өлшеу техникасына

арналған жоғары дәлдікті екіншілік эталондармен салыстыру мүмкіндігі. Бұл қасиет эталондар құрылысы және әрекеті бойынша салыстыру нәтижесіне қандайда бір бұрмалану келтірмейді және өздері салыстыру нәтижесінде өзгермейтіндігін көрсетеді.

Эталондардың келесі түрлерін ажыратады (РМГ 29-99):

- Алғашқы (өзге эталондармен салыстырғанда) өте жоғарғы дәлдікте сақталу және қайта қалпына келтіруді қамтамасыз етеді. Алғашқы эталондар – бұл күрделі өлшеу кешендерін ұсынатын, мүлтіксіз СИ, білім мен техниканың ең жаңа жетістіктерін есепке алумен құрылған эталондар. Олар өлшеу бірыңғайлығын қамтамасыз ету мемлекеттік жүйесі негізін құрайды;

- Халықаралық – ұлттық эталондармен қайта қалпына келтірілетін бірліктер өлшемдерін сәйкестендіруге арналған халықаралық негіз ретінде, халықаралық келісім бойынша қабылданған эталон;

- Мемлекеттік немесе ұлттық – бұл мемлекет үшін бастапқы ретінде ресми расталған алғашқы немесе арнайы эталон. Мемлекеттік эталондар елдің ғылыми метрологиялық институттарымен дайындалады, сақталады және қолданылады. Бірлік қайта қалпына келтірілу дәлдігі ең жақсы әлемдік жетістіктер деңгейіне сәйкес болуы және ғылым мен техниканың қажеттіліктерін қанағаттандыруы қажет. Мемлекеттік эталондар құрамына, көмегімен физикалық шама бірлігі қайта қалпына келтірілетін және (немесе) сақталатын, өлшеу шартын қадағалайтын және бірліктің қайта қалпына келтірілетін немесе сақталатын өлшемінің тұрақтылығын қадағалайтын, өлшем бірлігін беруді жүзеге асыратын өлшеу жүйесі СИ кіреді. Мемлекеттік эталондар өзге елдердің мемлекеттік эталондары-мен периодты салыстыруға жатады. «Ұлттық эталон» термині жеке мемлекеттерге қатысты эталондарды халықаралық эталонмен салыстырғанда немесе аталмыш елдер қатары эталондарын дөңгелектік салыстыруда қолданылады;

- Екінші ретті эталон – физикалық шамаға сәйкес алғашқы эталонмен салыстыру жолымен алынған өлшем бірлігін сақтайды. Екіншілік эталондар бірліктерді тәуелді сақтау

құралдарының және олардың өлшемдерін берудің бөлігі болып табылып, тексеру жұмыстарын жүргізетін ұйымға қажет болғанда, сондай-ақ, мемлекеттік эталонның сақталуы және төменгі тозуын қамтамасыз ету мақсатында дайындалады және расталады;

Екіншілік эталон құрамына физикалық шама бірлігі сақталады, сақтау шартын қадағалайтын және өлшем бірлігін беретін өлшеу жүйесі кіреді. Министрлік (жергілікті) үшін бастапқы болып табылатын екіншілік немесе жұмыс эталоны, кейде жергілікті эталон деп те атайды. Елдің өлшеу бірыңғайлығын қамтамасыздандыру негізі болып табылатын, мемлекеттік алғашқы немесе екіншілік эталондар жиынтығы елдің эталондар базасын құрайды;

– Салыстырып тексеру эталондары – бір-бірімен тікелей салыстырылмайтын эталондарды сақтауда қолданылады;

– Жұмыс эталоны – өлшем бірлігін өлшеуді жұмысшы құралдарына беруде қолданылады. Бұл ең кең таралған эталондар. Физикалық шаманы өлшеу дәлдігін арттыру мақсатында жұмысшы эталондар көптеген аумақтық метрологиялық органдарда және министрлік, әкімшілік зертханаларында қолданылады.

Эталон құрамына кіретін өлшеу жүйесі (СИ) санына байланысты келесі эталондарды ажыратады:

- Жеке эталон – бірлікті жаңғырту және сақтауға арналған бір өлшеу жүйесі СИ (өлшем, өлшеу аспабы, эталонды қондырғы) бар эталон;

- Топтық эталон – құрамына номинал мәнді немесе өлшеу диапазоны бір типті өлшеу жүйесі (СИ) жиынтығы кіреді.

Эталонды жиынтық – көрсетілген құрал диапазондарын біріктіруді ұсынатын, диапазонда бірлікті қайта қалпына келтіруге және (немесе) сақтауға мүмкіндік беретін өлшеу жүйесі (СИ) жиынтығынан тұрады. Мысалы эталондық ұсақ гирлер (эталондық гирлер жиынтығы), ареометрдің эталонды жұмыстары.

Егер эталон кейде арнайы құрылымы бар өлшеу жүйесін СИ тексеру (калибрлеу) орындарына тасымалдау немесе берілген бірліктің эталондарын салыстыруға арналған болса, онда тасымалданатын эталондар деп аталады.

Эталондар қателіктерін анықтау тәсілдері МЕСТ 8.381-80 бойынша анықталалы. Мемлекеттік алғашқы және арнайы эталондар қателігі анықталмаған жүйелік қателік және тұрақсыздықпен сипатталады. Анықталмаған жүйелік, қателік орналасатын шекаралармен анықталады. Кездейсоқ қателік тәуелсіз өлшеулер санын көрсетумен бірлікті қайта қалпына келтіру кезіндегі өлшеу нәтижесінің орташа квадраттық ауытқуымен (ОКА) анықталады. Эталонның тұрақсыздығы уақыттың анықталған аралығында, эталонмен қайта қалпына келтірілетін немесе сақталатын өлшем бірлігінің өзгерісі нәтижесінде болады.

Екінші эталон қателіктерін бағалау, олармен сақталатын өлшем бірліктерінің алғашқы эталонмен қайта қалпына келтірілетін өлшем бірлігінен ауытқуымен сипатталады. Екінші эталон үшін, салыстырмалы эталондардың кездейсоқ қателіктері және алғашқы (немесе дәлдігі жоғарырақ) эталоннан өлшем бірліктерін беру қателіктері, сондай-ақ, екіншілік эталон тұрақсыздығын қосатын суммарлы қателік көрсетіледі. Екінші эталонның суммарлы қателігі алғашқы эталонмен немесе тексеру сұлбасында жоғарыда тұрған екіншілік эталонмен салыстырғандағы өлшеу нәтижесінің орташа квадраттық ауытқуымен (ОКА) не қателіктің сенімділік ықтималдығы 0,99-ға тең сенімділік шекарасымен сипатталады [19]. Эталондардан физикалық шама өлшемдері бірліктерін өлшем және өлшеу құралдарына беру жұмысшы эталондар көмегімен іске асады. Осы уақытқа дейін біздің елімізде «жұмысшы эталондар» термині орнына өзге елдердің көпшілігінде қолданылмайтын «үлгілік өлшеу құралдары» термині қолданылды.

Жұмысшы эталондар қажеттілік туғанда 1, 2, т.б. тексеру сұлбасына сәйкес қатар бағыну (соподчинение) қатарын анықтайтын разрядтарға бөлінеді. Өлшеудің түріне, тәжірибе талаптарына байланысты, өлшеудің берілген түріне арналған тексеру сұлбасында стандарттармен анықталатын жұмысшы эталондар түрлі, разрядтар саны орнатылады.

Физикалық шама бірлігін дұрыс беруді қамтамасыз ету метрологиялық тізбектің барлық буындарында тексеру сұлбалары арқылы жүзеге асады.

Салыстырып тексеру сұлбасы – өлшем бірлігін эталон әдістерін және қателіктерін көрсету арқылы өлшеу жүйесі СИ жұмысшы эталонына қатысты және бекітіліген тәртіпте расталған өлшеу құралдарының қатар бағынуын орнататын нормативті құжат. Тексеру сұлбалары туралы негізгі жағдайлар МЕСТ 8.061-80, келтірілген. Тексеру сұлбалары мемлекеттік және жергілікті болып бөлінеді.

Мемлекеттік салыстырып тексеру сұлбасы елде бар, физикалық шамада берілген өлшеу жүйесінің СИ барлығына таралады. Ол тексеру сұлбасы сызбасынан және сызбаға түсіндірме беретін мәтіндік бөлігінен тұратын мемлекеттік стандарт түрінде жасалады.

Жергілікті салыстырып тексеру сұлбалары бірдей физикалық шама өлшеу жүйесіне СИ арналған мемлекеттік тексеру сұлбаларына қарама-қарсы болмауы қажет. Олар мемлекеттік тексеру сұлбасы жоқ кезде жасалуы мүмкін. Онда өлшеу жүйесінің СИ нақты типтерін (экземпляр) көрсетуге жол беріледі. Жергілікті тексеру сұлбаларын сызба түрінде топтастырады.

Тексеру сұлбасы бір немесе бірнеше өзара байланысты шамалардың өлшем бірліктерін беруді анықтайды. Ол өлшемді берудің кем дегенде екі сатысын қосуы қажет. Бірдей шаманың өлшеу диапазоны, қолданылу шарты және тексеру әдісі бойынша заттай айырмашылығы бар, өлшеу жүйесіне СИ арналған, сондай ақ, бірнеше физикалық шама өлшеу жүйесіне СИ арналған тексеру сұлбасын бөліктерге бөлуге жол беріледі.

Тексеру сұлбасының сызбасында көрсетілуі қажет: өлшеу жүйесі СИ атауы және тексеру әдістері, физикалық шаманың номинал мәндері немесе олардың диапазондары, өлшеу жүйесі СИ және тексеру әдісі қателіктерінің жіберілетін мәндері.

Тексеру сұлбасы параметрлерін есептеу ережелері және тексеру сұлбалары сызбаларын толтыру ережелері МЕСТ 8.061-80 және МИ 83-76 ұсынысында келтірілген.

Салыстырып тексеру – бұл өкілетті орган жүргізетін және тәжірибеде анықталған метрологиялық сипаттамалар және қойылатын талаптарға сәйкестігін бақылау негізінде өлшеу жүйесі СИ қолданылуға жарамдылығын орнатумен қорытындыланатын операция. Өлшеу жүйесін тексеруде анықталатын

метрологиялық сипаттаманың негізі болып оның қателігі табылады. Ол тексерілетін өлшеу жүйесін дәлдігі жоғарырақ өлшеу жүйесі СИ жұмысшы эталоны мен салыстыру негізінде табылады. Тексерудің келесі түрлерін: алғашқы, периодты, кезектен тыс, инспекциялық, кешенді, элементтері бойынша және таңдамалық (РМГ 29-99) ажыратады.

Өлшеу жүйесін тексеруді ұйымдастыру және жүргізуге қойылатын негізгі талаптар, ПР50.2.006–94 метрология бойынша ережелерде, сондай ақ, МИ 187-86 және МИ 188-86 ұсыныстарында келтірілген.

Тексеру құқығы берілген, метрологиялық қызметтермен орындалады. Қолдануға жарамды деп табылған өлшеу құралы тексеру жөнінде куәлікті беру, тексеру таңбасын енгізу немесе нормативті-техникалық құжаттармен орнатылған өзге әдістермен толтырылады. Тексеруді градуирлеу деп атайды. *Градуирлеу* – үлгілі өлшеу жүйесі СИ көрсеткіштеріне сәйкес белгілі шкалаға енгізу немесе оның көрсеткіштері бойынша жұмысшы өлшеу жүйесі СИ шкаласына енгізілген белгіге сәйкес шаманың нақтыланған мәнін анықтау.

Егер өлшеу жүйесі СИ міндетті метрологиялық бақылау және қадағалауға жатпаса, калибрлеуге жіберіледі. *Калибрлеу* – берілген өлшеу жүйесі СИ көмегімен алынған шама мәні және эталон көмегімен анықталған шама мәніне сәйкес арасындағы қатынасты орнататын операциялар жиынтығы. Калибрлеу нәтижесінде берілген өлшеу жүйесімен СИ көрсетілетін, өлшенетін шаманың нақты мәні немесе оның көрсеткіштеріне түзетулер анықталады. Өлшеу жүйесі СИ қателігін және өзге метрологиялық сипаттамалар қатарын бағалауға болады.

Өлшеу аспаптарын тексеру келесі әдістермен жүргізіледі: өлшенетін шама және дәлдік класына сәйкес үлгілі өлшеммен қайта қалпына келтірілетін шаманы тікелей салыстыру, өлшенетін аспап көрсеткіштерін және бірдей шаманы өлшеуде қайсыбір үлгілі аспап көрсеткіштерін тікелей салыстыру.

Көрсетілген әдістің негізі болып тексерілетін және үлгіленетін өлшеу жүйесі СИ физикалық шаманың бірдей мәнінде уақытылы өлшеу жатады. Осы аспаптардың көрсеткіштерінің түрлілігі

тексерілетін өлшем құралының абсолютті қателігіне тең. Тексерудің сирек қолданылатын әдістері де бар.

Салыстырып тексеру кезінде үлгілі және тексерілетін өлшеу жүйесі СИ жіберілетін қателіктері арасында қолайлы қатынасты таңдау маңызды болып табылады. Әдетте тексеру кезінде үлгілі өлшем құралы көрсеткішіне түзету енгізгенде, бұл қатынас 1:3-ке тең (мардымсыз аз қателік критериясынан шығады). Түзету енгізбесе үлгілі өлшеу жүйесі СИ 1:5 қатынасынан алынады.

Салыстырылып тексерілетін және үлгілі өлшеу жүйесі жіберілетін қателіктер қатынасы тексерудің қабылданған әдісімен, қателіктер сипатын, I және II түрдегі жіберілетін қателік мәнін есепке ала отырып орнатылады.

Өлшеу саласы қатары үшін және бірінші кезекте физика-химиялық өлшеу-лер үшін тексеру жұмыстары тиімділігін аса перспективті арттыру құралы болып стандартты үлгілерді (СҮ) қолданылу табылады. Стандартты үлгілермен жұмыс істеу ережелерін МЕСТ 8.315-97 орнатады. Бұл құжатқа сәйкес құрамның стан-дартты үлгісі және зат және материал қасиеттері – бұл құрамы немесе қасиеті аттестаттаумен орнатылған зат (материал) түріндегі өлшеу құралы. Басқалай анықтама берсек: стандартты үлгі – метрологиялық аттестаттау нәтижесінде осы заттың (материалдың) құрамы немесе қасиетін сипаттайтын бір немесе бірнеше шама мәндері орнатылған заттың (материалдың) үлгісі.

Стандартты үлгілерді өлшеу бірыңғайлығы және өлшеудің талап етілген дәлдіктері:

- Өлшеу құралын градуирлеу, метрологиялық аттестаттау және тексеру

- өлшеудің орындау әдісін метрологиялық аттестаттау
- өлшеу дәлдігінің көрсеткіштерін бақылау
- материал затының құрамы немесе қасиетін сипаттайтын, физикалық шаманы салыстыру әдісімен өлшеу арқылы қамтамасыз етуге арналған.

Тағайындалуына байланысты стандартты үлгілер өлшем рөлін орындайды, алайда «классикалық» өлшемге қарағанда ерекшеліктер қатарына ие. Мысалы өздері жасалған материалдың құрамы немесе қасиетін сипаттайтын физикалық шама мәнін қайта

қалпына келтіретін құрам үлгілері. Стандартты үлгілер ережеге сай бұйымға жатпайды, олар әдетте біртектес зат (материал) бөлігі немесе үлесі түрінде ұйымдастырылған сондай ақ, бұл бөлік қайта қалпына келтірілетін физикалық шама бірлігінің толыққанды бөлігі болып табылады. Үлгілердің бұл ерекшелігі олардың құрамы және қасиеті бойынша біртектілігіне қойылған талапта көрінеді. Үлгі жасалған материал біркелкілігі принциптік мәнге ие, бұл өлшем үшін екінші сатылы (второстепенный) болып табылады.

Құрам және қасиетінің стандартты үлгілері өлшемге қарағанда, ақпараттық емес параметрлер (қоспалар, материал құрылысы және басқалар) мәнді әсерімен сипатталады. Стандартты үлгілерді қолданғанда осы параметрлердің әсер ету функцияларын есепке алған жөн.

Әрекет ету аясы және қолданылу саласында тәуелді стандартты үлгілерді растау деңгейі анықталады. Осы белгі бойынша олар мемлекеттік, сапалық және кәсіпорындар стандартты үлгілері деп бөлінеді. Тексеру сұлбасына қосылған стандартты үлгілерге разрядтар енгізеді. Стандартты үлгілер типке бірігеді. Тип – бұл белгілі өздері дайындалған бірдей материал болып табылатын және бірыңғай құжатқа сәйкес орындалуымен анықталатын үлгілердің жіктеуіштік топтамасы. Стандартты үлгі типтері қолданылуға сәйкес реестрде тіркелгенде және расталғанда жол беріледі. Стандартты үлгінің әр типі үшін аттестаттау кезінде әрекет ету мерзімі (10 жылдан артық емес) орнатылады және олардың өңдеу және шығару үшін құжатта нормаланатын метрологиялық сипаттамалар анықталады. Оларға жатады:

- аттестатталған мән – үлгі сипаттамасының аттестатталған мәні;

- аттестатталған мән қателігі – өлшеу кезінде қолданылатын үлгі бөлігімен қайта қалпына келтірілетін шаманың шын және аттестатталған мәні айыр-масы;

- біркелкілік сипаттамасы – өлшеуде қолданылатын, оның түрі бөліктерімен қайта қалпына келтірілетін шама мәнінің тұрақтылығымен сипатталатын, үлгі қасиетінің сипаттамасы;

- тұрақтылық сипаттамасы – тапсырылған сақтау және қолдану шарттарын сақтап, куәлікте көрсетілген мерзім ішінде,

орнатылған шекте метрологиялық сипаттама мәнін үлгі қасиетінің сақтау сипаттамасы;

– әсер ету функциясы – үлгінің метрологиялық сипаттамаларының қолданудың тапсырылған шартында сыртқы әсер етуші шама өзгерісінен тәуелділігі [24].

1.6. СИ жүйесі өлшем бірліктерінің эталондары

Эталон базасы құрамында физикалық шама бірліктерінің 114 мемлекеттік эталондары (МЭ) және 250-ден аса екіншілік эталондары бар. Олардың 52-і Д. И. Менделеев атындағы (ВНИИМ, Санкт Петербург) метрологияның бүкілресейлік ғылыми-зерттеу институтында орналасқан, сондай-ақ метр, килограмм, ампер, кельвин және радиан эталондары, 25-і – бүкілресейлік физика-техникалық және радиотехникалық өлшеулердің ғылыми-зерттеу институтында (ВНИИФТРИ, Мәскеу), сондай-ақ уақыт және жиілік бірлік эталондары, 13-і – бүкілресейлік оптика-физикалық өлшеулердің ғылыми-зерттеу институтында канделла эталоны, 5 және 6 эталондар – Орал және Сібір ғылыми-зерттеу метрология институтында орналасқан.

Елімізде механика саласында 38 мемлекеттік эталондар, қолданылады, сонымен қатар бұл бірліктердің барлық ғылыми бағыттарда туынды бірліктер түзетуге қатысатындықтан, дәлдігі аса маңызды мәнге ие метр, килограмм және секундтың алғашқы эталондары құрылған.

Уақыт бірлігі – секунд алғаш рет Жердің өз осі немесе Күнді айналу периоды бойынша анықталады. Осы уақытқа дейін секунд сәулелік орта тәуліктің $1/86400$ бөлігіне тең болды. Орташа сәулелік тәулікке Күннің «орташа» кезектес кульминация арасындағы уақыт интервалы қабылданды. Алайда ұзақ уақыттан кейінгі зерттеулер Жердің айналуы оның уақыт бірлігін анықтауға арналған тұрақты табиғи негіз ретінде қарастыруға мүмкіндік бермейтін жүйелі тербеліс-терге ұшырағандығын көрсетті. Орта сәулелік тәуліктер 10^{-7} с. қателікке дейін анықталады. Бұл дәлдік техниканың бүгінгі қалпында мүлдем жеткіліксіз.

Жүргізілген зерттеулер атомдардың радиожиілік саласында екі энергетикалық жағдайдан өту уақытысында энергияны шығару

және жұту қабілетіне негізделген, секундтың жаңа эталонын жасауға мүмкіндік берді.

Жоғары дәлдікті кварцты генераторлар шығуымен және аралас радиобайланыс дамуымен жаңа секунд эталонын және әлемдік уақыттың бірыңғай шкаласын ұйымдастыруға мүмкіндік тудырды. XIII ғасырдың 1967 жылы өлшем және салмақ бойынша Бас конференция секундқа, сыртқы өріс әсері болмағанда цезий-133 атомының негізгі күйінің өте жіңішке құрылысы деңгейлері аралығында энергетикалық өтудің резонансты жиілігіне сәйкес, 9 192 631 770 тербелістер жасалатын уақыт аралығы ретінде жаңа анықтама қабылдады. Берілген анықтама жиілігі [22] цезийлік нүктелер көмегімен ұйымдастырылады. Репер немесе жиіліктің квантты стандартты деп атомдар, иондар немесе молекулалардың квантты өту жиіліктерін өлшеуге негізделген электромагнитті тербелістердің өте жоғары жиілікті және оптикалық спектрлерде жиілігін нақты жаңғыртуға арналған құрылғыны айтамыз. Пассивті квантты стандарттарда жұтудың спектрлік сызықты жиіліктері, ал активтіде – фотондарды бөліктермен мәжбүрлеп шығару қолданылады. Жиіліктің активті квантты стандарттары аммиак молекуласы шоғырында (аталмыш молекулярлы генераторлар) және сутегі атомдары (сутегі генераторлары) шоғырында қолданылады. Жиіліктің пассивті стандарттары цезий атомы шоғырында (жиіліктің цезийлік реперлері) орындалады.

Уақыт бірлігінің мемлекеттік алғашқы эталоны келесі өлшеу құралдары жиынтығынан тұрады:

- халықаралық бірліктер жүйесінде уақыт және жиілік бірліктері өлшемдерін қайта қалпына келтіруге арналған, жиіліктің метрологиялық цезийлік реперлері;

- бір уақытта уақыт шкаласы функциясын орындайтын, уақыт және жиілік бірліктері өлшемдерін сақтауға арналған, жиіліктің сутекті стандарттары. Сутекті реперлерді қолдану эталондар тұрақтылығын арттыруға мүмкіндік береді. Қазіргі уақытта 100 с-тан бірнеше тәулікке дейінгі уақыт аралығында ол аспайды $(1-5) \times 10^{-14}$ [37];

- уақыт шкаласын сақтауға арналған, квантты сағаттар тобы. Квантты сағаттар – жиіліктің квантты стандарттарымен

басқарылатын және жиілігі кварцты резонатормен қалыптан-
дырылған, генератордан тұратын, уақытты өлшеуге арналған құрал;

– синхронды лазерлер және өте жоғары жиілікті генераторлар
тобынан тұратын, оптикалық диапазонға жиіліктің бірлік
өлшемін беруге арналған аппаратуралар;

– тасымалданатын квантты сағаттар және тасымалданатын
лазерлерді қосатын, ішкі және сыртқы салыстыру аппаратуралары;

– қамтамасыздандыру құрал аппараттары.

Эталонмен қайта қалпына келтірілетін уақыт интервалдары
мәндерінің диапазоны $1 \times 10^{-10} \times 10^8$ с құрайды, жиілік мәнінің
диапазоны – 1×10^{-14} Гц. Уақыт бірлігінің қайта қалпына келтірілуі
үш айда 1×10^{-14} -тен аспайтын, өлшеу нәтижесінің орташа
квадраттық ауытқуымен қамтамасыздандырылады, шығарылмаған
жүйелік қателік 5×10^{-14} аспайды. Эталон жиілігінің тұрақсыздығы
1000 с, 10 тәулікке дейінгі уақыт интервалында 5×10^{-15} аспайды.

Метр эталондар енгізілген алғашқы бірліктер қатарында болды.
Бастапқыда өлшемнің метрикалық жүйесін енгізу уақытында
метрдің бірінші эталоны үшін Париж меридианының ұзындығы-
ның төрттен бір бөлігінің он миллионыншы бөлігі қабылданды.
1799 жылы оны өлшеу негізінде ені 25 мм-дей, ұштарының
аралығы 1м, қалыңдығы 4 мм-ге жуық сызғыш түріндегі,
платиналы ұштықты өлшем ретінде метр эталоны дайындалды.

XX ғасырдың ортасына дейін қабылданған эталонды нақтылау
жүргізілді. 1889 жылы платина және иридий қорытпасынан
штрихті өлшем түрінде эталон қабылданды. Ол қыры 20 мм-ге
тең, квадраттық көлденең қимасында Х әрпі пішіні бар
ұзындығы 10^{-2} мм платиноиридийлі брусок.

Ұзындық эталоны дәлдігін арттыруға талаптар (метрдің
платиноиридийлі прототипі 0,1-0,2 мкм-ден аса дәлдікті бере
алмайды), сондай-ақ табиғи және бұзылмайтын эталонды орнату
мақсаты 1960 жылы метр эталоны ретінде криптон–86
атомының (криптонды метр) $2p_{10}$ және $5d_5$ деңгейлері арасынан
өтуге сәйкес сәуле шығару вакуумындағы толқын ұзындығы 1
650 763, 73-ке тең ұзындықты қабылдауға әкелді. Бұл эталон
жеке метрологиялық зертханаларда жаңғыртыла алады, дәлдігі
платиноиридийлі прототипінен 1 саты жоғары болды.

Ары қарайғы зерттеулер тұрақтандырылған лазермен генерирленетін, моно-хроматты сәуле шығару вакуумындағы толқын ұзындығына негізделген метрдің дәлдігі жоғарғы эталонын жасауға мүмкіндік берді. 1983 жылы метр эталонына вакуумдағы секундтың $1/299\,792\,458$ үлесінде жарықтан өтетін қашықтық қабылданды. Метрдің берілген анықтамасы уақыт, жиілік және ұзындық бірыңғай эталондарын растаудан соң, 1985 жылы желтоқсанда заңды түрде бекітілді.

Механикадағы өзге маңызды негізгі бірлік болып килограмм табылады. Өлшемнің метрикалық жүйесінің орнатылуында масса бірлігі ретінде өте жоғары тығыздығында температураны 4°C -қа тең, бір куб дециметр массасы қабылданды. Килограммның алғашқы дайындалған прототипі – биіктігі 39 мм диаметріне тең, платиноиридийлі цилиндрлік гир түрінде болды. Килограмм эталонының берілген анықталуы әлі күнге дейін қолданыста.

Массаны өлшеу құралдарына арналған мемлекеттік алғашқы эталон және мемлекеттік тексеру сұлбасы МЕСТ 8.021-84 бойынша анықталады.

Термодинамикалық шамалар саласында әрекет етеді:

- температура бірлігі Кельвинді түрлі диапазонда: өте төменгі гелийлік температуралар, инфрақызыл және ультракүлгін сәуле шығару бойынша температуралар және сулы ортаның өзгермелі температурасында қайта қалпына келтіретін, екі алғашқы және бір арнайы эталондар;
- жылу физикасының 11 мемлекеттік эталондары – жылу мөлшері (саны), меншікті жылусыйымдылық саны (мөлшері), жылуөткізгіштік және т.б.

Судың қайнау нүктесін қайта қалпына келтіру қателігі $0,002-0,01^{\circ}\text{C}$, ал мұздың еру нүктесі – $0,0002-0,001^{\circ}\text{C}$ -ты құрайды. Қатты, сұйық және газ тәрізді фазаларда судың теңесу нүктелері болып табылатын үштік нүктесі қателігі $0,0002^{\circ}\text{C}$ -тан артық емес арнайы түтіктерде қайта қалпына келтірілуі мүмкін. 1954 жылы термодинамикалық температура анықтамасын T бір реперлік нүктеден – $273,16\text{ K}$ -ге тең судың үштік нүктесіне өткізу шешімі қабылданды. Цельсий градусында температура $t=T-273,16\text{ K}$ түрінде анықталды. Бұл жағдайда бірлік ретінде Кельвинге тең Цельсий градусы табылады. 1989 жылы қыркүйекте термометрия

бойынша Кеңестік комитеттің 17-ші сессиясында халықаралық тәжірибелік температуралық шкаласы МТШ-90 қабылданды.

Температураны өлшеу құралдарына арналған мемлекеттік тексеру сұлбасы МЕСТ 8.558-93 бойынша орнатылады.

Электрлік және магнитті шамаларды өлшеу саласында (радиотехникалықты қосқанда) 32 эталон құрылған және пайдаланылуда. Олар өлшенетін шамалар мәндерінің үлкен диапазонын, сондай ақ, ең алдымен ондаған гигагерцке жететін жиілікті өлшеудің кең спектрін жабады. Негізі бірлікті қайта қалпына келтіретін және қалпына келтірілген өлшем бірліктерді анықтайтын эталондар құрайды. Бұл ЭҚК, кедергі және электрлік сыйымдылық бірліктерінің алғашқы мемлекеттік эталондары. Олардың алғашқы екеуі жақын арада жасалған және Джозефсон мен Холдың эффектісіне негізделген.

Соңғы уақытқа дейін электрлік ток күші бірлігі – амперді тәжірибеде қоршаған ортаға зиян тигізетін әрекеттер, мысалы өткізгіш арқылы ток өткенде жылудың бөлінуі, электролит арқылы ток өткенде электродта заттардың тұнды-рылуы, тогы бар өткізгішке немесе магнитке токтың механикалық әрекеттері бойынша анықтауға тура келген.

Мемлекеттік алғашқы ампер эталоны магнит өрісінің квантталуы (Холл эффектісі) және Джозефсон квантты эффектісі негізінде орындалған аппаратура, кернеу өлшемі, электрлік кедергі өлшемі, өткізгіштігі жоғары (сверхпроводящий) ток компараторынан және ток реттеу көздерінен тұрады. 1979 жылы өлшем және салмақтың XVI Бас конференциясында жанама өлшеулер жолымен жаңғыртылатын жаңа анықтама қабылданды.

Канделланың заманауи мемлекеттік эталоны номинал мәндер диапазоны 30-110 кд, өлшеу нәтижесінің орта квадраттық ауытқуы – 1×10^{-3} кд, шығарылмаған жүйелік қателік $2,5 \times 10^{-3}$ канделланы құрайды.

Иондаушы сәуле шығару параметрлерін өлшеу саласындағындағы эталонды база 14 мемлекеттік эталоннан тұрады және сәуле шығару энергия өрісі экспозиционды, жұтылған және эквивалентті дозалы радий массасы және радионуклид белсенділігі секілді шамалардың қайта қалпына келтірілуін

камтамасыз етеді. Бұл облыстағы бірлікті қайта қалпына келтіру қателігі – 1 пайыздық үлесті құрайды.

Физика-химиялық өлшеулердің эталонды базасы газды орталарда компоненттердің молярлық үлесі, мұнай және мұнай өнімдерінің көлемді ылғал мөлшері, газ ылғылдылығына қатысты бірліктерді қайта қалпына келтіретін мемлекеттік эталоннан тұрады. Бұл облыстағы эталондар жүйесі біршама дамыған. Өлшеулер дәлдігі көп емес, яғни проценттер үлесін құрайды.

Жазық бұрышты өлшеуге арналған мемлекеттік алғашқы эталон және мемлекеттік тексеру сұлбасы МЕСТ 8.016-81–мен орнатылады. Алғашқы эталон шығарылмаған қателігі 0,02-ден аспайтын градусы қайта қалпына келтіруді қамтамасыз етеді.

Бақылау сұрақтары

1. Метрология дегеніміз не? Метрологияның даму тарихы.
2. Физикалық шамаға анықтама беріңіз. Механика, оптика, электр және магнетизмге қатысты физикалық шамаларға мысалдар келтіріңіз.
3. Физикалық шаманың межелігі дегеніміз не?
4. Физикалық шамалар және олардың бірлік жүйелеріне анықтама беріңіз.
5. ӨК жүйелерінің туынды бірліктерін атаңыз.
6. Өлшеу бірыңғайлығы дегеніміз не?
7. Физикалық шама бірлігінің эталоны дегеніміз не?
8. Эталондардың қандай түрлерін білесіз?

2. ТЕХНИКАЛЫҚ ЖҮЙЕ ПАРАМЕТРЛЕРІН ӨЛШЕУ ТЕХНИКАСЫНЫҢ НЕГІЗІ

2.1. Мемлекеттік өлшеу жүйесі және метрологияның негізгі постулаттары

ҚР мемлекеттік өлшеу жүйесі (ҚР МӨЖ) бұл – өлшем бірлігін қамтамасыз ету жөніндегі субъектілер, нормалар, құралдар мен әрекет түрлерінің мемлекеттік басқару жүйесі.

Мемлекеттік өлшеу жүйесін 1966 ж. КСРО-ның стандарттау және метрология жөніндегі комитеті қабылдады, ал 1971 ж. өлшемді жүргізу әдісінің метрологиялық аттестациясы, өлшем құралдарын мемлекеттік және ведомстволық тексеру мен сынауды өткізу тәртібі және ұйымдастыруды анықтайтын МӨЖ нормативтік құжаттары шықты. ҚР МӨЖ объектілері: шама бірліктері, шама бірлік эталондары, өлшем құралдары (ӨҚ), өлшеу нәтижелері мен әдістерінің және өлшем құралдарына талап қою, өлшемді жүргізу әдістемесі (ӨЖӘ), нормативтік құжаттар (НҚ).

ӨЖӘ – өлшеулерді жүргізу әдістері салаларда қолданылатын мемлекеттік метрологиялық қадағалаумен жүзеге асырылады (ҚР «Өлшем бірлігін қамтамасыз ету туралы» заң) және оларды орнатылған тәртіппен стандарттау, метрология және сертификаттау жөніндегі өкілетті органмен аккредиттеледі, өлшемді жүргізу әдістерін аттестациялау және жасауды жүзеге асыратын Метрологиялық қызмет ҚР МӨЖ-нің реестріндегі метрологиялық аттестаттау мен тіркеуден өтуі керек. ҚР МӨЖ қажетті өлшеу дәлдігі мен бірыңғайлыққа қол жеткізу, оны қолдауға арналған ұйымдастырушылық, техникалық және нормативтік негіздердің жиынтығы болып саналады. ҚР МӨЖ ұйымдастыру негізін метрологиялық қызмет құрайды.

Өлшеу бірыңғайлығын қамтамасыз ету үшін сынақ пен метрологиялық аттестаттаудан өткен өлшем құралдарын қолданып қана қоймай, аттестаттаудан өткен өлшем жүргізу әдістемесін де қолдану қажет. 1972 жылы «МӨЖ. ӨЖӘ стандарттау және аттестациядан өткізу» МЕСТ 8.010-72 бекітілген. Сол кезден бастап ӨЖӘ ұғымы пайда болды. Содан

кейін, әртүрлі ӨЖӘ стандарттары мен құжаттары пайда бола бастады.

1993 жылдың 18 қаңтарында ҚР «Өлшеу бірыңғайлығы туралы» заңы қабылданып, ӨЖӘ-сін міндетті түрде аттестаттаудан өткізу туралы айтылды. «Өлшеу бірыңғайлығын қамтамасыз ету» туралы заңында ӨЖӘ-не 12 бап арналған:

- мемлекеттік метрологиялық бақылауға жататын салаларда қолданылатын өлшеу жүргізу әдістері міндетті метрологиялық аттестациядан өтуі және МӨЖ реестрінде тіркелуі қажет;

- ӨЖӘ-сін жасау және аттестаттаудан өткізу ретін стандарттау, сертификаттау және метрология өкілетті органы анықтайды;

ӨЖӘ-ге қойылатын талаптар ҚР «Өлшеу жүргізу әдістемесі. Жасау, аттестаттаудан өткізу және қолдану реті» СТ 2.18-2001 және «ҚР аккредиттеу жүйесі. Метрологиялық қызметтің өлшеу жүргізу әдістемесін аттестаттаудан өткізу құқығын аккредиттеу реті» СТ 7.6-2001 көрсетілген.

ӨЖӘ – қабылданған әдіске сәйкес ережелер мен операциялар жиынтығы өлшемдер нәтижелерінің белгіленген дәлдікпен орындалуын бекіткен. Бұл талаптар ҚР СТ 2.18-2001 стандартында берілген. ӨЖӘ дегеніміз құжатталынған өлшеу реті. ӨЖӘ күрделілігі мен қолданылатын саласына байланысты мынадай түрде беріледі: бөлек құжат (стандарт, сипаттама т.б.), стандарт тарауында, техникалық құжаттың бөлімінде (техникалық шарт, паспорт), бағдарлама және сынақ әдістемесі, бұйымды қолдану туралы тәсілнама, технологиялық карта. Құжат ӨЖӘ тағайындамасы, өлшеу шарттары, өлшеу қателіктерінің талаптары, өлшеу әдісі, өлшеу құралдары, көмекші құрылғылар, материалдарға қойылатын талаптар, өлшеу нәтижелерін есептеу және өңдеу, операторлардың іскерлік дәрежесіне қойылатын талаптар, жасалынатын жұмыстардың қауіпсіздігі және экологиялық тазалыққа қойылатын талаптарды қамтиды.

ӨЖӘ жасау жұмыстарымен өлшеу дәлдігіне қойылатын негізгі талап. Өлшеу дәлдігіне қойылатын шарттың бірі, неғұрлым көп тараған түрі – рұқсат етілген өлшеу қателігі, берілген ықтималдылық пен шек жіберісінің арасында орналасуы. ӨЖӘ-сін тағайындау аттестаттаудан өткізуді қарастырады.

ӨЖ-не қойылатын метрологиялық талаптар сәйкестігінің орындалуы мен дәлелденуін реттеу. Технологиялық процестерді жете зерттеп енгізу немесе бұйымды жасау және сынау кезінде өлшеу бірыңғайлығын қамтамасыз ету жұмыстарының бір бөлігі ӨЖӘ-сін жасау болып саналады. Өлшеу қателіктеріне әсер ететін факторлар санының көбеюімен, өлшеу дәлдігіне қойылатын талаптар деңгейінің жоғарылауына байланысты, жанама өлшеу әдістеріне сүйеніп, өлшеу жүйесі мен кешенін қолданып, ӨЖӘ-сін жасау қажеттілігі туып отыр. Өлшеу дәлдігінің мөлшері өлшеу жүйесінің әдістемесін жасаудан бұрын беріледі, ал ӨЖӘ-нің нағыз дәлдігі метрологиялық ізденістер берілген талапқа жауап беретін өлшеу құралдары мен әдістерін алдын ала таңдайды.

ӨЖӘ жасау үшін шығатын өлшемдерді қалыптастыру: ӨЖӘ өлшеу арқылы анықталады. ӨЖӘ-сін аттестаттау үшін кәсіпорындар өз күштерімен мамандарды дайындауды, ӨЖӘ аттестаттаудан өткізетін метрологиялық қызметті аттестаттау құқығын аккредиттеу жұмыстарын жоспарлауы қажет.

ӨЖӘ құжаттары. ӨЖӘ анықтамасы ҚР СТ 2.1-2000 «ҚР МӨЖ. Терминдер мен анықтамалар» стандартында берілген. Жобалаушы технологиялық құжаттарда өлшеу әдісі, құралы, шарттары және алгоритміне қойылатын талаптар МЕСТ 8.010-99 және ҚР СТ 2.18-2001 стандарттарына сәйкес болуы керек.

ӨЖӘ жасауда мына операциялар реті орын алады: ӨЖӘ жасауға қажет мәліметтер айқындалады, ӨЖӘ үшін өлшеу құралы мен әдістерін таңдау, өлшеу қателіктерін бағалау, ӨЖӘ құжаттарын жасау, ӨЖӘ метрологиялық аттестаттаудан өткізу, метрологиялық сараптау және МӨЖ реестріне кіргізу.

Кейбір технологиялық процестерде өлшеу құралдарын қолдану туралы сипаттамалар техникалық құжаттарда көрсетілген. Машина жасау саласында НҚ, РД 50-98-86 «Ұзындық өлшемі 500 мм-ге дейінгі әмбебап өлшеу құралдарын таңдау» стандартына сүйенеміз (МЕСТ 8.051-81 қолдануы бойынша). Егерде нақты ӨЖӘ-сін жасау үшін мұндай құжаттар жоқ болған жағдайда, берілген шарттарда қолдануға болатын өлшеу құралдары, жіберілетін қателіктер шегі, өлшеу объектісінің сипаттамасы, өлшеу шарты, өлшеу нәтижелерін тіркеу, пішіні,

өлшеу жүргізген кездегі қауіпсіздікке қойылатын талаптар, бекітілген өлшеу құрал түрлері және ӨҚ салыстыруға арналған эталондар, операторлардың іскерлігіне қойылатын талаптар т.б. болуы шарт.

ӨЖӘ үшін ӨҚ мен әдістерін таңдау: өлшеу қателіктерін алдын ала бағалау, есептеу арқылы жасалынады – егер өлшеу қателіктері шақтама шегінен аспаса немесе кем болса, онда өлшеу қателігі қанағаттандырылғыш болады және оның сипаттамасы берілген ӨЖӘ-де тіркеледі. Егер өлшеу қателіктерінің бағаланған сипаттамалары шақтама шегінен кем болса, онда таңдап алынған әдіс пен ӨҚ экономика жағынан тиімсіз деп табылады. Өлшеу қателіктерін бағалауды жаңадан таңдап алған, дәлдігі төменірек әдіс пен ӨҚ арқылы қайтадан бастаймыз. ӨҚ түрлерін Мемлекеттік реестр бекіткен ҚР Мемстандарты шығаратын басылымдардан алып қолдану қажет.

Өлшеуді дайындағанда және жасағанда, өңдеу кезіндегі операциялар тізбегі мен мазмұны: объектіні өлшеуге дайындауды алдынала қарастыру (үлгі немесе сынаманы іріктеу, оларды анық бір уақытта немесе анық бір шартта ұстау) немесе дайындау жұмыстары (әсер етуші шамалардың мәндерін анықтау, құрастыру және сұлбаларды құру т.б.), өлшеу жүргізу, санау реті, есептеу формулаларының алгоритмін анықтау қажет.

Өлшеу қателіктерін бағалауды, өлшеу қателіктерінің көзі мен бөліктерін талдаудан бастайды:

а) жанама өлшеу әдісіндегі өлшенетін шаманы ӨҚ «кірер» шамасымен жалғайтын функция аргументтерінің алынған мәнінен ауытқуы, сынамаларды іріктеу және таңдау кезінде туатын қателіктер – өлшеу қателіктерінің әдістемелік бөлігі;

б) өлшеу қателіктерінің құралдық бөлігі (ӨҚ динамикалық қателігі);

в) оператор жіберетін қателіктер (субъективтік қателіктер, шкала мен диаграммадан өлшеу шамаларының мәнін алғандағы жіберілетін қателіктер).

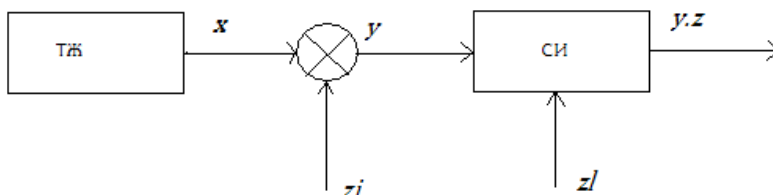
Өлшеу қателіктерінің мүмкін деген көзі мен бөліктерін талдаған соң, есепті тәжірибелік қателік бағалау ретін таңдайды:

– тәжірибелік әдісті қолдану мүмкіндігі жоқ жерде бағалаудың есептеу әдісі қолданылады;

– өлшенетін шаманың сырттан әсер ететін шамалар мен мәндерінің бар қисындарын орнатуы мүмкін болған кезде – тәжірибелік әдіс қолданылады;

– нақты жағдайда өлшеу қателігін бағалау, тәжірибе жолымен мүмкін емес болған жағдайда есепті-тәжірибелік әдіс қолданылады.

Өлшеу үлгісі және метрологияның негізгі постулаттары. р пайдаланудың техникалық жүйелерінің (ТЖ) техникалық күйін бағалау үшін, оның шығатын параметр өлшеулерін жүргізеді және өлшеу мәліметтері негізінде ТЖ-нің одан әрі пайдалануға жарамдылығы туралы немесе профилактикалық (жөндеу) әсерлердің қажеттілігі туралы шешім қабылдайды.



2.1-сурет. Өлшеу үлгісі

Қарапайым жағдайда өлшеу үлгісі (2.1-сурет) y шығу белгісінің x кіру белгісінен функционалды тәуелділігімен сипатталынуы мүмкін, яғни $y=f(x)$.

Бірақ өлшеу нәтижесінде қателіктер енгізетін әртүрлі ішкі және сыртқы кедергілер z , z' – пайда болады. Әрбір құраушылар өзіндік ықтималдылық тығыздықтарына $Ax) > Ay) > Az)$ ие. Бұл бірыңғай x шамаларды бірдей жағдайларда бірдей өлшеу құралдарымен көп ретті өлшеу кезінде ереже бойынша өлшеулер нәтижелері өзара ерекшеленетіндігін және физикалық шаманың x_k шын мәніне сәйкес келмейтіндігін анықтайды.

$$Y_1 \neq y_2 \neq \dots \neq x_u$$

Физикалық шаманың шынайы мәні ретінде нақты үлгі мен ТЖ негізгі қасиеттеріне сәйкес оның шығу параметрінің сапалық және сандық қасиеттерін сипаттайтын мәні айтылады. Шын мән идеалды мән болғандықтан оған біршама жақын

тәжірибелік әдіспен, дәлдігі жоғары ӨҚ көмегімен табылған x_n нақты мәнді қолданады.

Өлшеу жолымен алынған мәлімет халық шаруашылығының барлық басқару органдарына негізделген [35]. Бірақ бұл өлшем бірлігінің шарты кезіндегі өлшеу мәліметі (өлшеу нәтижесі), оның дәлдік көрсеткіш мәнінің бағалауы мен бекітілген бірлік түрінде берілсе ғана мүмкін. Осының нәтижесінде өлшеу мәліметінің анықтау, қамтамасыз ету бірдейлігі мен дұрыстығына бағытталған метрологиялық әрекет өлшем бірлігін қамтамасыз ету ретінде анықталады. Әрбір өлшеу шкала қатынасы арқылы белгісіз өлшемді белгілі бір өлшеммен салыстыруды және біріншісін екінші бір өрнек арқылы еселеп, немесе бөлік қатынаста шамалайды. Физикалық шаманы өлшерде белгілі өлшем есебінде Халықаралық жүйе бірлігін аламыз. Сондықтан белгісіз шаманы белгілі шамамен салыстыру, бірін екіншісімен еселі немесе бөлік қатынасында көрсету үшін былайша жазылады: $Q[Q]$.

Салыстыру ретін нақты жағдайда өлшеу деп аталатын іс-әрекет бейнелейді. Өлшеу ретінің негізгі ерекшелігі кездейсоқ қосындының қайталануы арқасында қатынас шкаласындағы есептеу әр кез басқа болып тұрады. Бұл жағдай табиғат заңына жатады. Жүргізілген өлшеулер арқасында жинаған тәжірибеге сүйене отырып, *метрологияның негізгі постулаттары* (дәлелсіз қабылданатын пікір) деп аталатын тұжырымға келеміз: санау кездейсоқ сан болып келеді.

Анықталатын шаманың шын мәні болады (ол тұрақты). Өлшенетін шаманың шын мәндерін табу мүмкін емес. Осыдан өлшеу нәтижесі – у ережесі бойынша, өлшенетін шама ықтималды тәуелділікпен математикалық байланыста екендігі шығады. Ары қарай «өлшеу», «бақылау», «сынау» және «диагностикалауды» ажырату қажет. *Бақылау* – жеке өлшеу жағдайы және ол өлшенетін шаманың тапсырылған шақтамаға сәйкестігін орнату мақсатымен жүргізіледі. Бақылау сонымен қатар баптау, реттеу және техникалық жүйе жеке блоктарын орнатуда (ауыстыруда) қолданылады. Біршама күрделі метрологиялық операция тапсырылған реттілікпен анықталған әсерлердің, объект реакциясын өлшеудің, олардың тіркелуіне

берілген әсерге қайта қалпына келтіруден тұратын сынау болып табылады.

Жүйені диагностикалау – бұл уақыттың берілген кезеңінде осы жүйенің элементтерінің күйін тану үрдісі. Диагностикалау нәтижесі бойынша жүйе элементтерінің одан әрі пайдалану күйін болжауға болады.

Техникалық жүйелерді бақылау, диагностикалау немесе сынау мақсатында өлшеулерді жүргізу үшін, өлшеулерді жобалауды анықтайтын іс-шараларды іске асыру қажет; қателіктің мүмкін болатын көзін анықтаумен өлшенетін тапсырманы талдау; өлшеу дәлдігі көрсеткіштерін таңдау; өлшеу санын, әдістерді және ӨҚ таңдау, бастапқы қателік мәндерді есептеу үшін формалау, жеке құрастырушы және жалпы қателіктерді есептеу; дәлдік көрсеткіш есебі және оны таңдалған көрсеткіштермен салыстыру.

Жалпы бұл сұрақтар өлшеуді орындау әдістемесінде (ӨӨӘ) баяндалуы қажет. Есептің инженерлік (қарапайым) әдісіне назар аударған жөн, бірақ ӨӨӘ күрделілік деңгейі бастапқы мәндерден нақты еместігін ескерген жөн. Дәл осы сұрақтар төменде қарастырылатын болады. Сонымен қатар өлшенетін шамалар және қателіктердің, келісімдік критерийі бойынша сенімділігін бағалауды, аппроксимирлейтін функцияларды анықтау және осы аппроксимациялар дәлдігін реттеу заңдарын бағалау әдістері қарастырылады. Айтылған сұрақтар сенімділік теориясы және математикалық статистика бойынша жұмыстарда толығымен жазылған, және зерттеулік (зертханалық) өлшеу әдістеріне жатады [35].

2.2. Өлшеу түрлері және әдістері

Өлшемдер мынадай сипаттары бойынша ажыратылады: ақпаратты алу әдісі, өлшем процесіндегі өлшенетін шаманың өзгеру сипаты, өлшенетін ақпарат саны, негізгі бірліктерге қатыстылығы.

Ақпаратты алу әдісі бойынша өлшемдер: тура, жанама, жиынтық және қатар болып жіктеледі [2,18].

Тура өлшемдер – бұл физикалық шаманы оның өлшемімен тікелей салыстыру. Мысалы, заттың ұзындығын сызғышпен

анықтау кезінде ізделінген шама өлшеммен, яғни сызғышпен салыстырылады.

Жанама өлшемдер тура өлшемдерден ерекшеленеді, мұнда ізделінетін шаманың мәні өзара байланысатын шамалардың тура өлшемдерінің нәтижелерімен анықталады. Осылайша, егер ток күшін амперметр, ал кернеуді вольтметрмен өлшесек, онда барлық үш шаманың функционалдық өзара байланысы бойынша электрлік тізбектің қуатын анықтауға болады.

Жиынтық өлшемдер бірнеше біртекті шамаларды бір мезгілде өлшеу нәтижелері бойынша жасалынған теңдеулер жүйесін шешумен байланысты. Теңдеулер жүйесінің шешімі ізделінген шаманы табуға мүмкіндік береді.

Қатар өлшемдер – екі немесе одан да көп біртекті емес физикалық шамаларды, олардың арасындағы байланысты анықтау үшін жасалынатын өлшемдер.

Жиынтық және қатар өлшемдер көбінесе электртехника саласында түрлі параметрлер мен сипаттарды өлшеуде қолданылады.

Өлшенетін шаманың өзгеру сипаты бойынша динамикалық және статикалық өлшемдер болады.

Статикалық өлшемдер кездейсоқ үрдістердің сипаттамаларын анықтаумен байланысты, мысалы дыбыстық белгілердің, шуылдар деңгейін.

Статикалық өлшемдер өлшенетін шама тұрақты кезінде пайдаланылады.

Динамикалық өлшемдер өлшеу процесінде қандай да бір өзгерістерге ұшы-рап отыратын шамалармен байланысты.

Статикалық және динамикалық өлшемдер таза түрде сирек кездеседі. Өлшенетін ақпарат саны бойынша өлшемдер: дара және көп еселі болып ажыратылады.

Дара өлшемдер – бұл бір шаманың бір өлшемі, яғни өлшемдер саны өлшенетін шама санына тең. Өлшемдердің мұндай түрінің қолданылуы үнемі көп қателермен байланысты болады, сондықтан кем дегенде үш еселі өлшеулер жасап, соңғы нәтижені орташа арифметикалық мән ретінде анықтау қажет.

Еселі өлшемдер өлшемдер санының өлшенетін шамалар санынан артық болуымен сипатталады. Әдетте мұндай жағдайда өлшемдердің минимальды саны үштен көп болады. Еселі

өлшемдердің артықшылығы – кездейсоқ факторлардың өлшем кателіктеріне әсерінің төмендеуінде.

Негізгі бірліктерге қатыстылығы бойынша өлшемдер абсолютті және салыстырмалы болып бөлінеді. *Абсолютті өлшемдер* деп бір негізгі шаманың тура өлшемі және физикалық тұрақты пайдаланылатын өлшемдер аталады. Осылайша, Эйнштейннің белгілі $E=mc^2$ формуласында масса (m) – негізгі физикалық шама, ол тура жолмен есептелуі мүмкін (салмағын өлшеу арқылы), ал жарық жылдамдығы (c) – физикалық тұрақты.

Салыстырмалы өлшемдер өлшенетін шаманың бірлік ретінде қолданылатын біртекті шамаға қатынасын орнатуға негізделеді. Ізделінетін мән қолданылатын өлшем бірлігіне байланысты болады.

Өлшемдер «өлшем шкаласы», «өлшем қағидасы», «өлшеу әдісі» сияқты түсініктермен байланысты болады.

Өлшемдер шкаласы – физикалық шаманы өлшеу оның мәндерінің реттелген жиынтығы негізгі шкала болып табылады. Бұл түсінікті температуралық шама мысалында түсіндірейік. Цельсий шкаласында санақ басы ретінде мұздың еру температурасы алынған, ал негізгі интервал ретінде – судың қайнау температурасы. Бұл интервалдың жүзден бір бөлігі температура бірлігі (Цельсий градусы, °C) болып табылады. Фаренгейттің температура шкаласында санақ басы ретінде мұз бен мүсәтір спиртінің қосындысының еру температурасы алынған, ал негізгі интервал ретінде – сау адамның дене температурасы. Температура бірлігі ретінде (Фаренгейт градусы °F) негізгі интервалдың тоқсан алтыдан бір бөлігі саналады. Бұл шкала бойынша мұздың еру температурасы +32°F, ал судың қайнау температурасы +212°F. Осылайша, Цельсий шкаласы бойынша судың қайнау және мұздың еру температураларының айырмасы 100°C болса, Фаренгейт бойынша ол 180°F-ке тең. Бұл мысалдан біз қабылданған шкаланың рөлін өлшенетін шаманың сандық мәнінен де, өлшемдердің бірлігін қамтамасыз ету аспектісінде де көріп отырмыз. Бұл жағдайларда өлшемдердің нәтижелерін салыстыруға болатындай бірліктер мөлшерінің қатынасын табу қажет, яғни $t^{\circ}\text{F}/t^{\circ}\text{C}$.

Метрологиялық тәжірибеде шкалалардың бірнеше түрлері бар: атаулар, реттік, интервал, қатынастар шкаласы және т.б. [26].

Атаулар шкаласы – сандық емес, сапалық шкала, онда нөл және өлшембірлік жоқ. Мысалға бояу түрлерінің атласын (түстер шкаласы) келтіруге болады. Өлшеу процесі боялған затты түстер үлгілерімен (түстер атласының эталондық үлгілерімен) визуалды (көзбен) салыстырудан тұрады. Әрбір түстің бірнеше нұсқасы бар болғандықтан, мұндай салыстыруды тек тәжірибелі маман жасай алады.

Реттік шкала өлшенетін шаманың мәнін балмен сипаттайды (жер сілкіністері, жел күші, физикалық денелердің қаттылығының шкаласы).

Интервалдардың шамасы шартты нөлдік мәнге ие, ол интервалдар сәйкестендіру бойынша белгіленеді. Мұндай шкала болып уақыт шкаласы, ұзындық шкаласы табылады.

Қатынастардың шкаласы табиғи нөлдік мәнге ие, ал өлшемдер бірлігі сәйкестендіру бойынша белгіленеді. Мысалы, масса шкаласы нөлден басталуын талап ететін өлшем дәлдігіне байланысты әртүрлі бөлінуі мүмкін (тұрмыстық және аналитикалық таразыны салыстырыңыз). Квалиметрияда өнімнің сапасын анықтау үшін, сапа көрсеткіштерін осы өнімнің басқа түрлері үшін сол көрсеткіштердің мәндерімен салыстыру қажет (мысалы, кокс сапасы, матаның сапасы).

2.3. Өлшеу қателіктері

Әртүрлі өлшеулердің тәжірибеде қолданылуында олардың дәлдігін бағалау маңызды болып табылады. “Өлшеу дәлдігі” термині, яғни өлшеу нәтижелерінің кейбір нақты мәнге жақындау дәрежесінің қатаң анықтамалары болмайды және өлшеу операциялары сапалы салыстыру үшін қолданылады. Сандық бағаны анықтау үшін “өлшеу қателігі” түсінігі қолданылады (қателік қаншалықты аз болса, соншалықты дәлдігі жоғары болады). Өлшеу қателіктерін бағалау – өлшеу бірлігін қамтамасыздандырудың маңызды шараларының бірі болып табылады [27].

Өлшеу дәлдігіне әсер ететін факторлар саны жеткілікті, яғни өлшеу қателігі жіктелуі белгілі өлшемде шартты, сол

сияқты әртүрлі қателіктердің әртүрлі топтағы өлшеу процесі шартына тәуелділігінен айқындалады. Сондықтан тәжірибелік мақсатта жалпы қателіктің кездейсоқ және жүйелік құраушыларын, түзулік, жанамалық, жиынтықты және тең дәл өлшеулердің абсолюттік және салыстырмалы бірлікте өрнектелуі жеткілікті.

Өлшеу қателігі $\Delta x_{\text{өлім}}$ – өлшеу шамасының нақты мәнінен x_d өлшеу нәтижесінің x ауытқуы:

$$\Delta x_{\text{өлім}} = x - x_d$$

Өрнектің формасына байланысты абсолюттік, қатынасты, салыстырмалы өлшеу қателіктерін танып біледі. Абсолюттік қателік $\Delta = x - x_d$ және $\Delta = x - x_{\text{и}}$ айырмасы түрінде, ал салыстырмалы қателік қатынас түрінде анықталады:

$$\delta = \pm \Delta / x * 100\%$$

немесе

$$\delta = \pm \Delta / x_d * 100\%$$

Келтірілген қателік $\gamma = \pm \Delta / x_N * 100\%$, мұндағы x_N – нормалық шама мәні. Мысалы $x_N = x_{\text{max}}$, мұндағы x_{max} – өлшеу шамасының максимальдық мәні.

Нақты мәннің сапасын анықтауда, бірнеше өлшеу параметрлерінің орташа арифметикалық мәні $\bar{x}$ алынады:

$$x_{\text{и}} \approx \bar{x} = 1/n \sum x_i \quad (2.1)$$

X шамасы $x_{\text{и}}$ -ге кездейсоқ жуықтауы болып табылады. $x_{\text{и}}$ -ден мүмкін ауытқуларының бағасын, оның орта квадраттық ауытқулары (ОКА) арқылы анықтайды.

$$\sigma_x = \sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 / n(n-1)} \quad (2.2)$$

Орташа $\bar{x}$ салыстырмалы өлшеу x_i шашырау бағасының жеке нәтижелерін ОКА анықтайды:

$$\sigma_x = \sqrt{1/n \sum (x_i - \bar{x})^2}$$

болса, онда $n \geq 20$ немесе

$$\sigma_x = \sqrt{1/n-1 \sum (x_i - \bar{x})^2} \quad (2.3)$$

болса, онда $n \geq 20$.

Ескерту. (2.3) формуласында өлшеу процесінде өлшеу шамаларының тұрақтылық шарты заңды түрде қолданылады. Егер өлшеу шамасы өзгерсе, онда суыған металл температура-сын өлшеуде немесе өткізгіштің потенциалдары ұзындығы тең кесінділері арқылы, онда (2.3)формуласынан сапасына қарай x тұрақты шамасын алу керек, мысалы бастапқы есептеу.

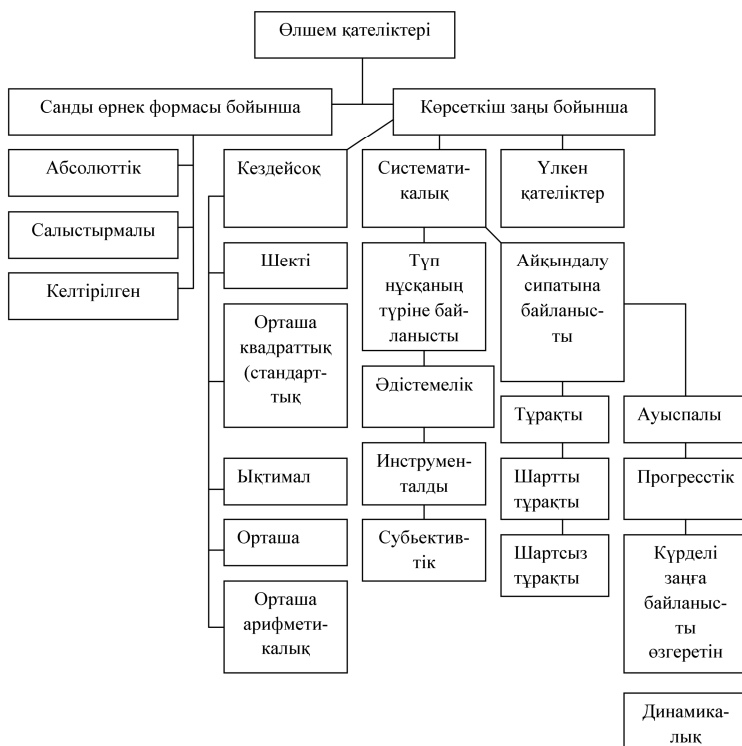
Түзету – қарама-қарсы таңбамен алынған абсолюттік қателік.

Өлшеу қателіктері [33] екі құраушыдан тұрады:

1) *жүйелік қателік*;

2) *кездейсоқ қателік*.

Жүйелік қателік деп белгілі бір шаманы қайталап өлшегенде тұрақты болатын немесе белгілі заңдылықпен өзгертін қателіктерді айтады.



2.2-сурет. Өлшеу қателіктерінің жіктелуі

Жүйелік қателіктердің мысалы ретінде аспап шкаласын бөліктеу, яғни аспаптың шкаласына бөлік сызықтарын түсіру кезінде жіберілген қателікті айтуға болады, ондай қателікті анықтап, түзету енгізу арқылы жоюға болады. Жүйелік қателіктер пайда болу себептеріне байланысты әдістемелік, аппаратуралық және субъективтік (жеке адамға тән) болып бөлінеді:

Әдістемелік қателіктер. Бұлар берілген шаманы өлшеу үшін дайындалған әдістің жетілмегендігін, жобалап шығарылған өрнектердің дұрыс еместігі, өлшеу денесіне (объектісіне) өлшеу құралының әсер етуінен резонанс құбылысы әсерінен пайда болып отырады.

Аппаратуралық қателіктер. Олар өлшеу құралдарының жетілмегендігінен (қоректену кернеуі немесе қоршаған орта температурасының өзгерістеріне байланысты көрсетулерінің өзгеруі, градуировканың дәлсіздіктері, аспаптың дұрыс қойылмауы (көлбеу қоюдың орнына тікелей қойылуы), бір аспаптың екінші аспапқа әсерінен (мысалы, жұмыс істеп тұрған генератордың сезімтал вольтметрге әсерінен) болады.

Субъективтік қателіктер (жеке адамға тән қателіктер). Олар адам жүйелік қателіктің осы құрастырушысы әдетте үлкен емес, ал сандық (цифрлық) аспаптарды қолданғанда болмайды. Субъективтік қателікке оператордың дұрыс істемеуінің негізінде пайда болатын, былайша айтқанда "мүлт кеткенді" айтады (мысалы, көрсетілген өлшеу емес, басқа өлшеу жазылады немесе үтірден қателеседі). Мүлт кету еске алынбай, өлшеу қайта жүргізіледі.

Жүйелік қателік тұрақты және айнымалы болуы мүмкін. Тұрақты жүйелік қателік көп кездеседі. Ол өлшеу мерзімінде тұрақты болып қалады және оны тауып, шығарып тастау оңай. Тұрақты жүйелік қателікті табу мен анықтаудың ең қарапайым түрі – берілген жұмыс аспабын тексеру. Бір шаманы – жұмыс және үлгілі аспаппен бір уақытта өлшегенде $X_{жұм}$ және $X_{үл}$ көрсетілетіндерін алады, екеуінің айырмасы жұмыс аспабының абсолюттік қателігі болып табылады.

$$\Delta X = X_{жұм} - X_{үл}$$

Өлшеу нәтижесін ыңғайлы түрде жазу үшін түзету C кіргізіледі, ол теріс мәнді абсолюттік қателікке тең: $C = -\Delta$. Сөйтіп өлшеу нәтижесі ретінде жұмыс аспабының көрсетуі мен түзетудің қосындысын алады: $A = X_{\text{жұм}} + C$.

Күрделі аспаптың жүйелік қателігін кішірейту үшін оны сыртқы немесе ішкі белгілі көрсеткіштері бар калибрленген белгі көзі арқылы калибрлеу мүмкіндігі көзделген. Жалпы жағдайда тұрақты жүйелік қателікті азайтуды ауыстыру және таңба бойынша компенсациялау әдістері бойынша жасау мүмкіншілігі бар. Күшелерінің мүлде жетілмегендігі (көзі, құлағы, иіс сезуі мұрнымен) туындап, бақылаушының жеке ерекшеліктері мен қабілетіне байланысты болады. Бірақ ықтимал және статикалық сипаттамалары белгілі болуы тиіс (үлестірім заңы, математикалық күту заңы, орта квадраттық ауытқу (ОКА), сенімділік ықтималдығы және сенімділік интервалы). Параметрлерді тарату заңын бағалау үшін салыстырмалы көлемді орта квадраттық ауытқу (ОКА) – вариация коэффициентін қолданады: $v_x = \sigma_x / \bar{x}$ немесе $v_x = (\sigma_x / \bar{x}) 100\%$.

Мысалы, $v_x \leq 0,33 \dots 0,35$ болған жағдайда, кездейсоқ шаманы тарату қалыпты заңға бағынады.

Егер P – $\acute{x}$ -ның ықтималдығын көрсетсе, $\acute{x}$ өлшем нәтижесі нақты шамадан Δ ерекшеленеді: $P = \acute{\alpha} \{ \acute{x} - \Delta < x_n < \acute{x} + \Delta \}$

мұндағы P – сенімді ықтималдық, ал $\acute{x} - \Delta$ -дан $\acute{x} + \Delta$ арасындағы сенімді интервал. Бұл жағдайда кездейсоқ қателік сипаттамасына екі сан тапсыру керек – қателіктің өз шамасын және сенімді ықтималдылықты кездейсоқ қателіктің таралымы қалыпты заңға бағынады, онда Δ белгісінің орнына σ_x көрсетілді (2.1-кесте). Бір уақытта бұл сенімділік ықтималдылығы P -ны анықтайды. Мысалы: егер $\Delta = \sigma_x$ болса, мәні $P = 0,68$ болады, егер $\Delta = 2 \sigma_x$ болса, мәні $P = 0,95$ болады, егер $\Delta = 3 \sigma_x$ болса, мәні $P = 0,99$ болады.

(2.2) және (2.3)-формулаларынан ықтималдықтар теориясының орталық шеткі теоремасына сәйкес келеді, яғни

$$\delta_x = \sigma_x / \sqrt{n} \quad (2.4)$$

Әрбір нақтылы өлшемнің қателігі, орташа арифметикалық өлшеулер қатарынан әрқашан аз қателікті алады. Бұл (2.4)-

формула қателік теориясының іргелі заңы болып табылады. Егер нәтиженің дәлдігін 2 рет жоғарылату керек болса, он-да өлшеу санын 4 рет жоғарылату керек, ал егер дәлдікті 3 рет жоғарылату керек болса, онда өлшеу санын [34] 9 рет жоғарылату керек және т.б. δ_x және δ_x қолданылуын айқын түрде шектеу керек: δ_x шамасы нақты нәтиже қателік бағасына қолданылады, ал δ_x – өлшеу әдісі қателігі бағасына қолданады.

Әсер ету сипаттамасы тәуелділігіне, пайда болуы және жоюдың мүмкіндіктеріне байланысты жүйелік және кездейсоқ және дөрекі құраушы қателіктері болып бөлінеді.

Жүйелік Δ_c құраушысы қайталап өлшеулерде бір параметрге байланысты заң жүзінде өзгеріп немесе өзгеріссіз қалады.

Кездейсоқ Δ құраушы қайталап өлшеулерде бір параметр кездейсоқ түрде өзгеріп отырады.

Дөрекі қателіктер (мүлт кетулер) оператордың қате әрекетінен, ОҚ жөнделмейтінінен немесе өлшеу шарттарының тез өзгерістерінен болады. Дөрекі қателіктер арнайы белгілер көмегімен өлшеу нәтижелерді өңдеудің нәтижесінде білінеді.

Кездейсоқ және жүйелік өлшеу қателіктері бір уақытта айқындалады, сондықтан жалпы қателік $\Delta = \Delta_c + \Delta$ немесе ОКА арқылы да анықталады.

Кездейсоқ қателік мәнін алдын ала біле алмаймыз, ол дәлелденбеген факторлардың жиындарынан пайда болады.

Кездейсоқ қателікті толығымен шығарып тастауға болмайды, бірақ өлшеу нәтижелерін өңдеу жолымен оның ықпалын азайтуға болады. Бұл үшін ықтималдылық және жүйелік сипаттамалары белгілі болуы керек (тарату заңы, математикалық күтімнің заңы, ОКА, сенімді ықтималдық және сенімді интервал). Тарату заңы параметрін алдын ала бағасын жиі түрде анықтау үшін ОКА келтірілген шамасын қолданады – вариация коэффициенті:

$$v_x = \delta_x / X$$

немесе

$$v_x = (\delta_x / X) 100\% \quad (2.5)$$

мысалы $v_x < 0,33 \dots 0,35$ бойынша тарату заңы кездейсоқ шамаларда нормалы заңға бағынатынын көруге болады.

Егер α ықтималдығын P көрсетсе, x өлшеу нәтижесі Δ шын шамасынан айырмашылығы болады, т.с.с.

$$P = \alpha \{ \bar{x} - \overset{\circ}{\Delta} < x_u < \bar{x} + \overset{\circ}{\Delta} \} \quad (2.6)$$

Бұл жағдайда P – сенімділік ықтималдылығы, ал $\bar{x} - \overset{\circ}{\Delta}$ және $\bar{x} + \overset{\circ}{\Delta}$ интервалдары – сенімділік интервалдары. Бұл түрде кездейсоқ қателіктер сипаттамаларына 2 санды міндетті беру керек – сенімділік интервалы және сенімділік ықтималдығы.

Егер кездейсоқ қателіктің таратылуы нормалы заңға бағынса, онда Δ мәні δ тең болып табылады. Бір уақытта P сенімділік ықтималдығын да анықтайды. Мысалы $\Delta = \delta$ болса P мәні 0,68-ге тең, $\Delta = 2\delta$ болса P мәні 0,95, $\Delta = 3\delta$ болса P мәні 0,99-ға тең.

Сенімділік ықтималдығы (2.6) – формула бойынша жеке өлшеулер x_i шын мәннен Δ ауытқымайтындығын сипаттайды. Өлшеу қатарынан орташа арифмети-калық шын мәні ауытқуын білу маңызды.

ОКА бағасы осы уақытқа дейін “қажетті” өлшеу саны болып қаралды. Бұл жағдайда δ^2 бас дисперсия деп аталады. Ішінара дисперсиялар деп аталатын өлшемдердің аз санында алады δ^2 (10^{-20} кем). Яғни $\delta^2 = \delta^2$ болса, онда n азаюмен жүреді, ал P сенімділік ықтималды мәні өседі. Сондықтан өлшеу саны n шектеулі түрде t_p Стьюдент коэффициенті ендіріп, өлшеу саны және қабылданған сенімділік ықтималдығы P арнайы кестедегі тәуелділік арқылы анықталады.

Онда өлшеудің орташа нәтижесі берілген ықтималдықта $PJ = x \pm t_p \delta_x / \sqrt{n}$ интервалында болады және де нақты мәннен келтірілген шамаға $\epsilon = \Delta / \delta_x = \Delta \sqrt{n} / \delta_x$ ажыратылады.

Кездейсоқ қателікті азайтудың 2 жолы бар: өлшеу дәлдігін жоғарылату және (2.4) байланыстың қолдануының мақсаты бар өлшемдерінің n санының үлкеюі. Өлшеу техникасының барлық мүмкін болатын жағдайларын қарастырдық енді, екінші жолды қараймыз. Бұл жағдайда өлшеудің жалпы қателігі толығымен жүйелік құраушы Δ арқылы анықталмайды деп, кездейсоқ құраушы қателікті орнымен азайтамыз. Егер жүйелік қателік Θ_K

дәлдік класымен $\Delta_{\text{си}}$ (немесе $\gamma_{\text{си}}$) анықталса, онда сенімділік интервал $\pm t_p \delta_x / \sqrt{n}$ айтарлықтай аз болуы қажет.

Әдетте $\Delta < \Delta_c / 2$ -дан $\Delta < \Delta_c / 10$ дейін $P=0,95$ болса қабылдайды. Бұл жағдайды орындау мүмкіндігі болмаған жағдайда, онда қатынасты өлшеулер әдістемесін түбірімен өзгерту қажет. Бір немесе бірнеше сандарға үлестірілуді апаратын тығыздықтар, кездейсоқ қателікті тарату заңының әртүрлі көрсеткіштерімен салыстырып қолдану міндетті. Бұл сандарда сапа шығады және ОКА, сенімділік интервалы және сенімділік ықтималдығы.

ОКА сенімділігі мына шамамен сипатталады:

$$\Delta_\delta = \delta / \sqrt{2n} \quad (2.7)$$

Егер $\delta_\delta < 0,25\delta$ болса, онда дәлдік бағасы сенімді. Бұл шарт $n=8$ болған жағдайда орындалады. Тәжірибелік мақсатта өлшеу дәлдігі талаптарын дұрыс сипаттау маңызды. Мысалы егер жасаудың мүмкін қателігіне $\Delta=3\delta$ қабылданса, бақылауға талапты күшейте отырып, жасау технологиясын сақтап бұзылу ықтималдығы жоғарылайды.

Мүмкін қателік ықтималдығы Δ_B жеке өлшеулерде мына формула бойынша анықталады:

$$\Delta_B = 0,67 \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \cong \frac{2}{3} \delta \quad (2.8)$$

Бұл формуладан талдап көретініміз n үлкейсе Δ_B шамасы тез азаяды $n=5, \dots, 10$. Бір тәртіп бойынша өлшеу саны орынсыз жоғарылайды $5 \dots 10$, сенімді шаманы δ_δ алу шартына сәйкес келеді.

Өлшеу санын 2.1-кесте бойынша немесе мына формуланың бірімен алуға болады:

$$n = (t_p \delta_x / 0,5 \Delta_c)^2$$

$$n > 2(1 - n_{\text{от}}) / (1 - P)$$

мұндағы $n_{\text{от}}$ – тәжірибе нәтижесінен алынып тасталған саны. Есептеуде Стюдент коэффициентін жеке өлшеудегі $\delta_t = t_p \delta_x / x$ келтірілген қателікті орташа мәнімен $\delta_x = t_p \delta_x / x \sqrt{n}$ бағалауға болады.

Ережеге сәйкес жүйелік қателік шығарылуы да мүмкін. Нақты шарттарда жүйелік қателікті толығымен шығару мүмкін емес. Әрқашан шығарылмаған шекарасын бағалайтын қалдықтар қалады. Ол да жүйелік қателік өлшеуі болып табылады. Негізінен, көрсетілген бөлуге тек қана өңдеу және өлшеу нәтижелері ұсыныстың орналастырылған дәстүрлерімен шартталған жүйелік қателік те кездейсоқ болып табылады.

2.1-кесте

Кездейсоқ шаманың нормалы тарату заңына сәйкес өлшеудің қажетті саны ($P=0.95$)

Салыстырмалы қателік δ	Вариация коэффициенті v			
	0,2	0,25	0,3	0,35
0,05	61	96	140	190
0,10	18	26	34	47
0,15	11	13	18	23
0,20	6	8	11	14
0,25	5	6	8	10

Егер кездейсоқ құраушы вариация нәтижесін шақырса, қалған табылмаған жүйелік құраушылар кездейсоқтықтан қауіпті, онда жүйелік оларды сенімді түрде бұрмалайды (орнынан түсіреді). Кез келген жағдайда жүйелік қателіктің жоқтық немесе шамалылығын дәлелдеу керек (жаратпау мақсатпен).

Шындығында, егер біз өлшеудің екі қатарынан бірдей шаманы алсақ, онда ереже бойынша олардың орташа нәтижесі әртүрлі болады. Бұл айырмашылық жүйелік және кездейсоқ құраушылармен анықталуы мүмкін. Қателік сипаттамасын анықтау әдісі келесідей болады:

1. Екі n_1 және n_2 қатарынан өлшеулеріне тәуелсіз орташа арифметикалық x_1 және x_2 шығады.

2. Мәнін анықтаймыз:

$$S = \sqrt{\frac{1}{n_1 + n_2 - 2} \left[\sum_{i=1}^{n_1} (x_i - \bar{x}_1)^2 + \sum_{i=1}^{n_2} (x_i - \bar{x}_1)^2 \right]} \quad (2.9)$$

3. Есептейміз:

$$\sigma = S \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}$$

айырмасы кездейсоқ шаманы білдіріп, $P(|\bar{x}_1 - \bar{x}_2| > \epsilon) = 1 - P_{tp.n}$ теңдігімен анықталады. Мұндағы $t_p = |\bar{x}_1 - \bar{x}_2| / \delta$, $n = n_1 + n_2 - 2$.

Р шамасын Стьюдент кестесінен анықтаймыз. Егер алынған ықтималдық $P > 0,95$, онда $|\bar{x}_1 - \bar{x}_2|$ айырымы жүйелік сипаттаманы береді.

2.1-мысал. Есептік мәні $t_p = 3$ және $n = 15$ құрайды. Стьюдент кестесі бойынша $n - 1 = 14$ және $t_p = 2,98$ болады, ал Р шамасы $0,99$. Онда $P = 0,99 > 0,95$ жүйелік сипаттама қателігін растайды.

Кездейсоқ қателікке қарағанда ол тәуелділік негізінен дерек көзінен айқындалған, жүйелі қателік бойынша құрайтын дерек көзі оның пайда болуына байланысты қаралады және де әдістемелік, аспаптық және субъективті қателіктерді танып біледі.

Субъективті жүйелік қателіктер оператордың ағымдағы ерекшеліктерімен тығыз байланысты. Ереже бойынша, бұл қателік есептеу көрсеткішінің қателігіне және оператордың тәжірибесіздігіне байланысты туады. Негізінен жүйелік қателік әдістемелік және аспаптық құраушылар арқылы пайда болады.

Әдістемелік құраушы қателіктер өлшемдер әдісінің жетпегенімен шартталған ӨҚ қолданулар қабылдауларымен, есептеу формуласы және нәтижелердің дөңгелектеулері арқылы жүзеге асады.

Аспаптық құраушылар ӨҚ негізгі қателіктерінен пайда болып, дәлдік класын анықтап, нәтижеге ӨҚ ықпалының және шектелген рұқсат етілген ӨҚ қабілеттіктерінен тұрады.

Жүйелік қателіктің әдістемелік және аспаптық құраушыларға бөліну орындылығы келесі жағдайларда анықталады:

– Өлшеу дәлдігін жоғарылатып шектейтін факторларды белгілейміз, демек дәл ӨҚ таңдауы немесе әдістемені жетілдіруде шешім қабылдауға болады;

– Уақыт бойынша немесе ішкі факторларды жоғарылатқаннан жалпы құраушы қателікті анықтайтын мүмкіндік туады, демек мерзімді тексеру және іскерлік сараптауды мақсатты жүзеге асыруда жүреді;

– Аспаптық құраушылар әдістемелік өңдеулерде бағалануы мүмкін, ал потенциалдық дәлдік мүмкіндікті таңдау әдістерін әдістемелік құраушылар анықтайды, яғни құраушы қателіктерінің барлық түрін ең бірінші талдап, одан соң сипаттамасына тәуелділігінің суммасын анықтап, негізгі тапсырмасы өңдеу және өлшеудің орындалуы әдістемесін аттестациялау.

Жүйелі қателік бір қатар жағдайда жою есебінен дерек көзі қателігі өлшемдердің басталуына дейін шығара алады, ал өлшемдердің процесі – өлшемнің нәтижесінің белгілі түзетулерді енгізу жолымен анықталады.

Қателік профилактикасы – оның төмендетуіне тиімді әдіс және ықпалдың жоюында болады, мысалы температуралар, магниттік өрістер, діріл және т.с.с. Сол сияқты реттеу, жөндеу және ӨҚ тексерісі жатады.

Тұрақты жүйелі қателіктердің өлшемдерінің процессіндегі ерекшелік салыстырудың әдістерімен жүзеге асырады (орнын басу, қарсы қоюлар), таңба бойынша өтем (екі бақылау жүргізіліп, ол қателіктің нәтижесі әртүрлі белгіге сәйкес болады), жылдам үдейтін айнаымалы ерекшелік-симметриялық бақылаулардың әдістері немесе бақылаумен жартылай период арқылы анықталады.

2.2-мысал. Периодты қателік заң бойынша өзгереді.

$$\Delta = A \sin \frac{2\pi}{T} * \varphi$$

Мұндағы φ – тәуелсіз шама, Δ тәуелді болады (уақыт, бұрылу бұрышы және т.б.); T – қателіктің өзгеру периоды.

Егер $\varphi = \varphi_0$ шамасы $\Delta_0 = A \sin \frac{2\pi}{T} * \varphi$. Қателік шамасын $\varphi = \varphi_0 + \varepsilon$ табамыз, мұндағы ε – $\Delta_\varepsilon = A \sin \left(\frac{2\pi}{T} * \varphi + \pi \right) = -A \sin \frac{2\pi}{T} * \varphi = -\Delta_0$ кезіндегі интервал.

ε интервалы неге тең екендігін анықтаймыз.

Шешім. интервал үшін шартқа сәйкес ε

$$2\pi / T * \varepsilon = \pi \text{ және } \varepsilon = T/2$$

Бұл жағдайда $\Delta_0 + \Delta_\varepsilon / 2 = \Delta_0 - \Delta_0 / 2 = 0$.

Периодтық қателік орташа екі бақылауды алған жағдайда шығарылады, бірі екіншісінен интервал арқылы пайда болған теңдей жартылай периодқа тәуелсіз айнымалы периодтық қателік мәні арқылы анықталады және де осындай көптеген жұптарға бақылау жүргізіледі (мысалы эксцентриситетінен бұрышты өлшегіш ӨҚ қателігі).

2.4. Қателіктерді мөлшерлеу және өлшеу нәтижелерін көрсету формалары

Қателіктерді мөлшерлеудің [10] негізгі тапсырмалары қателікті сипаттайтын көрсеткіштерді таңдау және сол көрсеткіштердің шекті мәндерін орнату болып табылады. Бұл тапсырмалардың шешімі өлшеу мақсатымен және нәтижелерді қолданумен анықталады. Мысалы, егер өлшеу нәтижелері басқаларымен бірге қандай да бір тәжірибелік сипаттаманы есептеуде қолданылса, онда жеке құрамалардың қателіктерін олардың орта квадраттық ауытқу, ОКА-ын қосу жолымен есепке алу керек.

Егер шақтама [11] шегінде бақылау туралы сөз болатын болса және параметрдің үлестірім заңы туралы ақпарат болмаса, онда сенімді ықтималдылығы бар сенімді интервалмен шектелген жеткілікті. Бұл көрсеткіштер нәтижелерді әрі қарай өңдеу қарастырылмаған кезде өлшеу нәтижелерімен бірге жүреді.

Айтылғандарға сүйенсек, өлшеу қателіктерін бағалау үшін келесілер қажет: өзіне тән қасиеттерімен бірге қателіктің үлгісінің түрін анықтау, үлгінің сипаттамалары бойынша өлшеу дәлдігінің көрсеткішін бағалау.

Қателіктің үлгісін орнату кезінде типтік статистикалық тапсырмалар туындайды: үлестірім заңының параметрлерін бағалау, болжамдарды тексеру, тәжіри-бені жоспарлау және басқалары.

МИ 1317–86 сәйкес өлшеу дәлдігі келесі тәсілдердің бірімен көрсетіледі:

1. келтірілген ықтималдылығы бар өлшеудің қосынды қателігі бар аралықпен;

2. келтірілген ықтималдылығы бар өлшеу қателігінің жүйелік құрамасы бар аралықпен;

3. өлшеудің кездейсоқ құраушы қателігінің үлестірім функциясының стандартты аппроксимациясымен және өлшеудің кездейсоқ құраушы қателігінің орташа квадраттық ауытқуымен;

4. өлшеудің кездейсоқ құрама және жүйелік қателіктерінің үлестірім функциясының стандартты аппроксимациясымен және олардың орташа квадраттық ауытқуымен және өлшеудің кездейсоқ құрама қателігі мен жүйелік қателігінің функцияларымен.

Инженерлік тәжірибеде негізінен бірінші тәсіл қолданылады ($x=a\pm\Delta$ немесе Δ , $\Delta_{\min}$ -нан $\Delta_{\max}$ -ға дейін, $P=0,90$). Мысалы, шекті ауытқумен құрылған шақтама жүйесі $P=0,95$ болғанда $\Delta_n=\pm 2\sigma$ (МЕСТ 8.051-81).

Өлшеу нәтижесінің сандық мәні Δ ауытқу мәні сияқты разряд санымен аяқталуы керек.

Нәтиженің құрама қателіктерінің үлестірім функциясының түрі туралы берілгендердің болмауы жағдайында және нәтижені одан әрі өндеудің қажеттілігі немесе қателіктерді талдау қажеттілігі болмаған жағдайда өлшеу нәтижелерін α , σ , n , Δ_c формаларында көрсетеді. Егер шектегілмеген жүйелік қателіктің шекарасы есептелінген болса, онда сенім ықтималдығын қоса көрсету керек.

2.5. Өрескел қателіктерді (ағаттық) анықтау және жою

Өрескел қателіктер (ағаттықтар) $\bar{x}$, σ және сенімділік интервалын қатты бұрмалауы мүмкін, сондықтан оларды өлшеулер топтамасынан шығарып тастау міндетті. Әдетте олар алынған нәтижелер қатарында бірден көрінеді, бірақ әр нақты оқиға үшін оны дәлелдеу қажет. Ағаттықтарды бағалаудың критерийлері бар [36; 37].

3 σ критерийі. Бұл жағдайда $P \leq 0,003$ ықтималдықпен пайда болған нәтиже нақтылығы аз және оны ағаттықпен квалификациялауға болады, яғни x_l күдікті нәтиже лақтырылады, егер $|\bar{x} - x_l| > 3\sigma$ болса. $\bar{x}$ және σ шамалары x_l -ді есепке алусыз есептеп шығарылады.

Берілген критерий өлшеу саны $n \geq 20, \dots, 50$ болғанда сенімді. Егер $n < 20$ болса, онда *Романовский критерийін* қолдану орынды. Мұнда $\left| \frac{\bar{x} - x_i}{\sigma} \right| = \beta$ қатынасын есептейді және β -ның табылған мәнін 2.2-кесте бойынша P мәнділіктің таңдалатын дәрежесі кезіндегі β_T теориялықпен салыстырады.

2.2-кесте

$\beta_T = f(n)$ мәнділігінің дәрежесі

P ықтималдық	Өлшеу саны						
	N=4	n=6	n=8	n=10	n=12	n=15	N=20
0,01	1,73	2,16	2,43	2,62	2,75	2,90	3,08
0,02	1,72	2,13	2,37	2,54	2,66	2,80	2,96
0,05	1,71	2,10	2,27	2,41	2,52	2,64	2,78
0,10	1,69	2,00	2,17	2,29	2,39	2,49	2,62

Әдетте $P=0,01-0,05$ таңдайды және егер $\beta \geq \beta_T$ болса, онда нәтижені лақ-тырады.

2.3–мысал. Автомобильдің отын жүйесін [21] диагностикалауда отын шығынын бес рет өлшеудің нәтижесі 22, 24, 26, 28 және 48 л/100 км құрайды. Соңғы нәтижені күдікті деп қоямыз.

$$\bar{x} = \frac{22 + 24 + 26 + 28}{4} = 25 \text{ л/100км};$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{3^2 + 1^2 + (-1)^2 + (-3)^2}{4 - 1}} = 2,6 \text{ л/100км.}$$

$n \geq 20$ болғандықтан Романовский критерийі бойынша $P=0,01$ және $n=4$ кезінде $\beta_T = 1,73$:

$$\beta = \frac{|25 - 48|}{2,6} = 8,80 > 1,73$$

Соңғы нәтижені лақтыру керектігін критерийден көре аламыз.

Егер өлшеу саны аз болса (10-ға дейін), онда *Шовине критерийін* қолдануға болады. Бұл жағдайда x_i нәтижесі ағаттық

болып есептеледі, егер $|\bar{x} - x_i|$ айырмасы өлшеу санына байланысты төменде келтірілген σ мәнінен асып кетсе:

$$|\bar{x} - x_i| > \begin{cases} 1,6\sigma & \text{кезінде } n = 3; \\ 1,7\sigma & \text{кезінде } n = 6; \\ 1,9\sigma & \text{кезінде } n = 8; \\ 2,0\sigma & \text{кезінде } n = 10; \end{cases}$$

2.4-мысал. Ток күшін өлшеу нәтижелері келесідей болды: 10,07; 10,08; 10,10; 10,12; 10,13; 10,15; 10,16; 10,17; 10,20; 10,40 А. 10,40 А мәні ағаттық болып табыла ма, соны тексеру.

Шешуі. Берілгендерді өңдеп, келесі мәндерді аламыз:

$$\bar{x} = 10,16 \text{ А}, \sigma = 0,094 \text{ А}.$$

Шовине критерийі бойынша $|10,16 - 10,40| = 0,24 > 2 \cdot 0,094$. Сондықтан 10,40 нәтижесі ағаттық болып табылады.

2.6. Өлшеулердің сапасы

Қажетті түрде және белгіленген мерзімде талап етілетін дәлдік сипаттамасы бар нәтижелерді алуды қамтамасыз ететін қасиеттердің жиынтығын өлшеу сапасы деп түсінеді. Өлшеу сапасы дәлдік, дұрыстық және сенімділік сияқты көрсеткіштермен сипатталады. Бұл көрсеткіштер дәлелділіктің, ығыспаушылық пен тиімділіктің талаптары қойылатын бағалар бойынша анықталуы қажет.

Өлшенетін шаманың шын мәні орташа мәннен Δ_c жүйелік кателіктің шамасына ажыратылады, яғни $x = \bar{x} - \Delta_c$. Егер жүйелік құраушы жойылған болса, онда $x = \bar{x}$. Бірақ, бақылаудың саны шектеулі болғандықтан, $\bar{x}$ -ті нақты анықтау тағы мүмкін емес. Бұл мәнді тек бағалауға және мәннің белгілі ықтималдылықпен үйлесімді қосылу интервалының шекарасын көрсетуге болады.

x таралу заңының сандық сипаттамасының $\bar{x}$ бағасын – сандық өсте кескінделген нүктені *нүктелік баға* деп атайды. Бағаның сандық сипаттамасынан айырмашылығы кездейсоқ шама болып табылады. Олардың мәні n бақылау санына тәуелді болады.

Ықтималдылығы бойынша бағаланатын шамаға дейін баратын бағаны *қисынды* деп атайды, яғни $n \rightarrow \infty$ болғанда $\bar{x} \rightarrow x$.

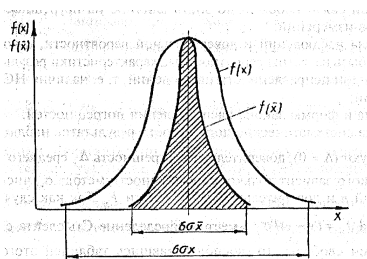
Математикалық күтілімі бағаланатын шамаға тең болатын бағаны *ығыспаған* деп атайды, яғни $\bar{x} = x$.

Дисперсиясы ең аз болатын $\sigma_x^2 = \min$ бағаны *тиімді* деп атайды.

Берілген талаптарды n бақылау нәтижелерінің x арифметикалық ортасы қанағаттандырады. Осылайша, жеке өлшеудің нәтижесі кездейсоқ шама болып табылады. Онда *өлшеудің дәлдігі* – өлшеу нәтижелерінің өлшенетін шаманың шын мәніне жақындығы.

Егер жүйелік құраушы қателіктер ерекше болса, онда $\bar{x}$ өлшеу нәтижесінің дәлдігі оның мәнінің шашырау дәрежесімен сипатталады, яғни дисперсиясымен. Жоғарыда көрсетілгендей (2.4-формула), орта арифметикалықтың σ_x^2 дисперсиясы жеке бақылау нәтижесінің дисперсиясынан n есе аз.

2.3-суреттегі штрихталған аудан орта мәннің таралу ықтималдығының тығыздығына жатады.



2.3-сурет. Жеке және қосынды өлшеулер нәтижесінің таралу тығыздығы

Өлшеу дұрыстығы жүйелік қателіктің нөлге жуықтығымен анықталады.

2.7. Қателіктерді қосындылау

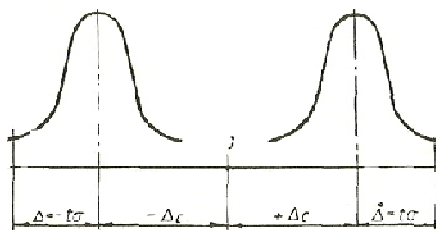
Құрамаларының белгілі бағалаулары бойынша нәтижелік қателіктің бағалауын анықтау қателіктерді қосындылау деп аталады. Қосындылау кезінде пайда болатын басты мәселе барлық құрама

қателіктер [27] кездейсоқ шамалар ретінде қарастырылуы тиістігі болып табылады. Ықтималдықтар теориясы тұрғысынан олар өздерінің тарату заңдары арқылы сипаттала алады, ал олардың бірлескен әрекеті – сәйкес келетін көп өлшемді тарату арқылы сипатталуы мүмкін. Алайда, мұндай тапсырма кезінде қателіктерді қосындылау бірнеше ондаған құрамалар емес, бірнеше құрамалар үшін іс жүзінде шешімі жоқ болып табылады.

Берілген қателіктерді қосындылау [34] тапсырмасының іс жүзіндегі оңтайлы жолы қателіктердің құрамындағы көп өлшемді тарату функцияларын пайдалану мен анықтаудан бас тарту арқылы жүзеге асады. Құрамалардың сипаттамалары үшін сәйкес келетін нәтижелеуші қателіктердің сәйкес келетін сандық бағалауларын алуға мүмкіндік тудыратын сандық бағалауларды таңдап алған дұрыс. Сонымен бірге төмендегіні ескеру қажет:

– жекелеген құрама қателіктер өз араларында модельденуі мүмкін;

– кездейсоқ шамаларды қосындылау кезінде олардың тарату заңдары айтарлықтай деформацияланады, яғни қосынды заңының формасы құрамаларды тарату заңының мүмкін болғанда, қосындылау тапсырмасы неғұрлым қарапайым түрде шешіледі, яғни құраушылардың үлестіру заңының қалыпынан бірден ерекшеленуі мүмкін. Өлшемдерді нәтижелердің қателігі толығымен ӨҚ шектік қателігі түрінде жүйелі қателіктері арқылы анықталатындай ұйымдастыру.



2.4-сурет. Қателіктердің құрамаларын қосындылау

Бұған кездейсоқ қателікті көп ретгі өлшемдер жүргізіп төмендету арқылы қол жеткізуге болады, алайда мұны өлшеулердің өндірістік сипаттамаларына, олардың ұзақтылығы

мен бағасына байланысты іс жүзінде жүзеге асыру мүмкін бола бермейді. Сондықтан жалпы жағдайда жүйелі және кездейсоқ құрамалардың бар болуын болжағанда, нәтижелеуші абсолют қателік мына қосындыға тең болады:

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_{C\Sigma} + \overset{\circ}{\Delta}_{\Sigma} \quad (2.10)$$

мұнда $\Delta_{C\Sigma}$ және $\overset{\circ}{\Delta}_{\Sigma}$ – сәйкес келетін жүйелі және кездейсоқ құрамалардың топталған қосындылары.

Мұндай қосындылау механизмі 2.4-суретте көрсетілген, мұнда жүйелі қателік Δ_{Σ} - t_{Σ} σ_{Σ} кездейсоқ қателіктің сенімді интервалдық мәні арқылы ғана қосындылануы мүмкін екендігін көруге болады, мұнда t_{Σ} және σ_{Σ} – сәйкес келетін Стюдент коэффициенті және кездейсоқ қосынды қателіктердің орта квадраттық ауытқуы (ОКА).

Ықтималдықтар теориясы жағдайынан кездейсоқ қателіктердің қосындылануы кездейсоқ шамалар сияқты кездейсоқ қосынды қателіктің құрамаларының өзара байланысының деңгейіне байланысты әртүрлі жүзеге асады. Егер бірнеше құрамалар арасында өзара байланыс болмаса, онда яғни корреляция коэффициенті $r=0$ болса, онда геометриялық қосындылау қолданылады:

$$\sigma_{\Sigma} = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \dots + \sigma_n^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \sigma_i^2} \quad (2.11)$$

Егер мұндай байланыс болса, онда корреляция коэффициенті $r \neq 0$ болады деп есептелініп, арифметикалық қосындылау қолданылады

$$\sigma_{\Sigma} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \sigma_i^2} \quad (2.12)$$

Корреляциялық қателіктер деп бір ортақ себепке байланысты туындаған қателіктерді айтады (температураның өзгерісі, желідегі кернеу, дірілдер, магниттік өрістер және т.б.).

Стюдент коэффициентін $r=0,9$ сенімді ықтималдық деңгейінде $t=2$ деп қабылданған. Егер Δ_1 кездейсоқ қосынды қателіктердің әрбір құрамасы бойынша сенімділік интервалдары белгілі болса, онда:

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\sum_{n=i}^n \sigma_i^2}$$

Нәтижелендіруші жүйелі қателіктерді бағалау кезінде оларды арифметикалық қосындылау айтарлықтай жоғарылатылған нәтижелерге алып келеді, өйткені осы қателіктерді өздерінің максимальды мәндері мен ықтималдығы аз болатын бір белгі арқылы көрінуі мүмкін болады. Бұл тәсіл "жоғарыдан" кепілдендірілген бағалау маңызды болатын SIN бір жағдайында өз міндетін атқарды. Сондықтан, жүйелі қателіктің құрамаларын өзара тәуелсіз деп есептей отырып, (2.49)-формулаға ұқсайтын геометриялық қосындылау формуласын пайдалануға болады. Жүйелі қателіктер белгілі шамада кездейсоқ себептерге байланысты анықталатынын ескере отырып, (2.49)-формуласына Р сенімді ықтималдыққа тәуелді болатын түзету коэффициенті енгізіледі:

$$\Delta_{\Sigma} = K_p \sqrt{\sum_{n=i}^n \sigma_{Ci}^2} \quad (2.13)$$

$$\delta_{C\Sigma} = K_p \sqrt{\sum_{n=i}^n \sigma_{Ci}^2} \quad (2.14)$$

мұнда K_p (2.10)-формулада келтірілген мәндер қатарынан таңдалып алынады.

(2.52)-формуласы жүйелі қателікті жүйелік құраманың рандомизациясын жүзеге асыратын кездейсоқтар разрядына өткізеді. Рандомизацияның маңызы келесіге негізделеді. Мысалы, ӨҚ жүйелік қателігі бір көшірмеден екінші көшірмеге өзгереді. Осы түрдегі және класстағы ӨҚ барлық жиынтығы (партиясы) тығыздық функциясымен, ОКА немесе ӨҚ жүйелік қателігі орнатылған ықтималдылық бойынша интервал арқылы сипатталады. Сондықтан ӨҚ деректерімен жұмыс істеу кезінде нақты көшірменің қателіктері туралы ақпараттың болмауы барлық жиынтық үшін қателіктерді таратуды пайдаланады, яғни іс жүзінде жүйелік қателіктерді кездейсоқ қателік ретінде қарастырады.

Жуықтау қателігінің белгісі мен шамасы туралы ақпарат та белгісіз болған кезде оны есептеу кезінде нәтижелерді жуықтауға қатысы бар болады. Сонда өлшеудің жүйелік қателігі үш құрама

арқылы анықталады. ӨҚ қателіктері, әдістің қателіктері және нәтижелерді жуықтау қателіктері болса, онда:

$$\sigma_{\Sigma C} = \sqrt{\sigma_{CH}^2 + \sigma_M^2 + \sigma_{окр}^2}$$

мұнда σ_{CH}^2 – ӨҚ-ң ОКА қателіктері (қателік бойынша шектік мәні $\Delta_{пр}$ белгілі болған кезде $\sigma_{CH}^2 = \Delta_{пр}^2/3$ ретінде анықталады), $\sigma_{окр}^2$ – нәтижелерді жуықтаудың ОКА қателіктері (C шкаласының бөлу бағасы белгілі болған кезде $\sigma_{окр} = C\sqrt{I_2}$ ретінде анықталады), σ_M^2 – өлшеу әдістемесінің орта квадраттық ауытқуы (ОКА) қателіктері.

Іс жүзінде барлық $\sigma_i < 0,3\sigma_{max}$ (мұнда σ_{max} – барлық әсер ететін шамалардың ең үлкені) жойылады.

Қателіктерді геометриялық түрде көбейтуден (2.49) байқайтынымыз жалпы нәтиже σ_i төмендеу шамасы бойынша тез төмендейді. Егер негізгі және қосымша қателіктер белгіленген болса, онда нәтижелеуші қателік (2.52)-формула бойынша анықталады.

2.12-мысал. Қондырғының электрлік параметрлерін өлшеу кезінде нәтижелердің жалпы қателігі төрт құрама арқылы анықталатыны бекітілген: $\delta_{CH} = \pm 1\%$ КИ негізгі қателігі және қосымша (желі қоректенуінің кернеуінің өзгерісіне байланысты $\delta_C = \pm 0,5\%$, температуралық режимнің өзгерісіне байланысты $\delta_i = \pm 0,45\%$ және электрлік өрістің әсеріне байланысты $\delta_n = \pm 1\%$) қателіктер арқылы анықталады.

Өлшеудің жалпы қателіктерін бағалау.

Шешімі: $P=0,9$ тең деп қабылдап, (2.52)-формула бойынша төмендегіні аламыз:

$$\delta_{\Sigma} = 0,95\sqrt{1^2 + 0,5^2 + 0,45^2 + 1^2} = 1,49 = 1,5\%$$

Өзгерістің кейбір диапазондары аясында, оның ішінде ондық диапазонда нәтижелеуші қателіктің өлшенетін шамасының өзгерісі түзу сызық арқылы немесе қарапайым қисық (парабола, гипербола) сызық арқылы белгілі деңгейдегі нақтылықпен көрсетілуі мүмкін. Бұл нәтижелеуші қателікті сызықты немесе сызықты емес екі түйінді формула арқылы сипаттауға мүмкіндік береді.

2.13-мысал. Өртүрлі өлшеу диапазондары кезіндегі Е7-14 маркалы цифрлық микропроцесорлы өлшегіштің кедергісін өлшеудің негізгі рұқсат етілген қателігі (2.5-кесте) келтірілген.

2.5-кесте

Кедергіні өлшеудің негізгі рұқсат етілген қателігі

Диапазон	Ақырғы мәні	Рұқсат етілген шек
0,1...1000 мОм	1	$10^{-3} (1+Q)R+3 \cdot 10^{-4} R_k$
0,001...10 Ом	10	$10^{-3} (1+Q)R+2 \cdot 10^{-4} R_k$
0,01...100 Ом	100	$10^{-3} (1+Q)R+2 \cdot 10^{-4} R_k$
100...1000 Ом	1000	$[10^{-3} (1+Q)R+2 \cdot 10^{-4} R/R_k]R$
1...10 кОм	10000	$[10^{-3} (1+Q)R+2 \cdot 10^{-4} R/R_k]R$

Өлшенетін шаманың үлкен өзгерісі кезінде барлық диапазон шектік қателіктер анықталатын бөліктерге бөлінеді.

Тарату заңдарының формаларына деформацияның әсерін болдырмау үшін барлық қосындылаушы құрамалар бастапқыда өздерінің ОКА арқылы беріледі және есептеуші қосындылардың барлық операциялары тек соларда ғана жүргізіледі. Қосындылаушы құрамалар арасындағы өзара корреляциялық байланыстарды есептеу қатты және әлсіз корреляцияланған құрамалар үшін қосындылаудың түрлі ережелерін пайдалану жолымен жүзеге асады. Бұл ережелер ары қарай қарастырылатын болады.

ОКА құрамаларын қосындылау нәтижесінде нәтижелеуші қателіктің аддитивті, мультипликативті немесе сызықты емес құрамаларға сәйкес орташа квадраттық ауытқулар пайда болады. Нәтижелеуші қателіктің аддитивті құрамасының ОКА диапазон басындағы нәтижелеуші қателікті сипаттайтын болады. Диапазон соңындағы аддитивті және мультипликативті құрамаларының ОКА қосындысы диапазон соңындағы нәтижелеуші қателікті сипаттайды. Егер бірнеше бөліктен тұратын болса, онда қосындылау барлық бөліктерде де жүргізіледі, ал артынан нәтижелеуші қателіктерді сипаттау әдістері туралы шешім қабылданады.

Нәтижелеуші қателікті сенімділік интервалы түрінде өрнектеген дұрыс. Оны алынған ОКА бойынша есептеу теория тұрғысынан қарағанда қателіктерді қосындылау кезіндегі ең күрделі операция болып табылады. Бұл сенімділік интервалы есептелген ОКА мен нәтижелеуші қателіктің тарату заңына тәуелді болатын көбейткіштің туындысына тең болатындығымен байланысты. Сол уақытта барлық пайдаланылған әдістеме басынан бастап барлық құрамалардың нәтижелеуші тарату заңын нақты анықтаусыз өткізуге мақсатталған болатын.

Нәтижелеуші қателіктің есептеуіш қосындылаудың іс жүзіндегі ережесі келесілерден тұрады:

1. ОКА қосынды мәнін анықтау үшін әртүрлі құрама қателіктердің корреляциялық байланыстары ескерілуі керек. Осыған байланысты неғұрлым нақтырақ есептеулер үшін бастапқы мәліметтер кейбір қосынды қателіктердің бағалаулары емес, нақты барлық жеке құрама қателіктердің бағалаулары болу керек;

2. Әрбір құрама үшін ОКА табылуы тиіс. Көптеген жағдайларда ол үшін оны тарату заңдарының түрлері туралы болжам немесе білім болуы қажет;

3. Барлық қосындыланатын қателіктер әрқайсысы өз алдына жеке-жеке қосындыланатын аддитивті және мультипликативті құрамаларға бөлінеді;

4. Көптеген жағдайларда ρ корреляция коэффициенттерінің нақты мәнін табу мүмкін емес болғандықтан, барлық қателіктер шартты түрде мынандай түрлерге бөлінулері керек:

– $0,7 \leq \rho \leq 1$ болғанда қатты корреляцияланатын, олар үшін корреляция коэф-фициентінің таңбасына байланысты $\rho = \pm 1$ деп есептейді;

– $0 \leq |\rho| \leq 0,7$ болғанда әлсіз корреляцияланатын, олар үшін $\rho = 0$;

5. Қосыланатын құрамалардың өзара қатты корреляцияланған қателіктерінің екі тобы бар және осы топтардың ішінде олардың бағаларын алгебралық түрде қосындылау жүргізіледі;

6. Қатты корреляцияланған қателіктердің топтарын алгебралық түрде қосындылағаннан кейін топ бойынша қосындылар және топқа кірмейтін қалған қателіктерді корреляцияланбаған деп

есептеп, геометриялық қосындылау ережесі бойынша орналас-тыруға болады.

Өлшенетін шамалардың бастапқы мәндері кезінде қосынды қателіктің ОКА анықтау үшін тек қана аддитивті құрамалар таңдалып алынады, ал өлшенетін шаманың өзгеру диапазонының соңында қателіктің ОКА анықтау үшін барлық жоғарыда қосындыланған құрамаларды таңдап алады;

7. Қателіктің ОКА-нан сенімділік мәніне өту үшін нәтижелеуші қателіктің тарату заңының формасы туралы пікір білдірілуі керек, осылайша кванттық көбейткіштің мәнін таңдап аламыз. Аталған әдістемені аздап жеңілдетуге болады. Ондағы ең күрделісі барлық құрамалардың олардың белгілі интервалдық бағала-ры бойынша ОКА табу және алынған ОКА арқылы нәтижелеуші қателіктің интервалдық бағалауларын анықтау болып табылады. Екі жағдайда да қателіктердің таратылу заңдарын білу қажет. Қосындылау әдістемесін жеңілдету осы өтулерді мүмкіндігінше қарапайым етуге негізделеді. Мұндай нұсқалардың бірі келесі болып табылады. Орталық шектік теоремаға сәйкес егер қосындыланатын тәуелсіз құрамалардың саны үлкен (іс жүзінде $\tau > 5$) болатын болса және осы құрамалардың ішінде басқаларынан айтарлықтай артық болатыны жоқ болса, онда таратудың нә-тижелеуші заңы қалыптыға жақын деп айтуға болады. Алайда тарату заңының қалыптыға жақындығы туралы болжам сәйкес келетін талдау болмаса қатерлі болады, тіпті қосындылаушы құрамалар саны үлкен болса да. Онымен қоса уақыт жетіспеген кезде және алынатын нәтижелердің нақтылығына қойылатын талаптар жоғары болмаса, нәтиже-леуші қателіктің тарату заңының қалыптылығы туралы болжам жасау әбден мүмкін болады. Бұл жағдайда сенімділік интервалы $\Delta = Z_p, S_\Sigma$ болады, мұндағы Z_p – Лаплас функциясы арқылы анықталатын кванттық көбейткіш, S_Σ – қосынды ОКА немесе оның бағалануы. Мұндай тәсіл есептеулердің күрделілігін айтарлықтай төмендетеді, бірақ егер шынайы тарату қалыпты жағдайдан қатты ерекшеленетін болса, онда үлкен қателер енгізуі әбден мүмкін. Мысалы нақты арксинусоидалық тарату кезінде қателік 180%-ға жетуі мүмкін [12]. Сондықтан оны абайлап пайдалану керек.

Нәтижелеуші қателіктің ОКА-нан оның интервалдық бағалануына өтуді жеңілдетудің басқа да жолдары ретінде $P = 0,9$ тең болатын сенімділік ықтималдығын пайдалану мүмкіндігін атап өту қажет, ол кезде түрлі таратулардың үлкен топтары үшін төмендегі қатынас орын алады:

$$\Delta = 1,6S_{\Sigma} \quad (2.15)$$

Шын мәнінде, [28] көрсетілгендей симметриялы жоғары энтропиялық ($\kappa > 1,7$) кеңейтілген класс үшін, нақтырақ айтсақ бір өлшемді, үш бұрышты, трапециялық, қалыпты, $a > 2/3$ дәрежелі көрсеткіші бар экспоненциалды, антимодаль-лық тереңдігі 1,5 аз болатын екі модалы, 0,05 және 0,95 аймағындағы $F(x)$ интегралды қисықтар, олар өзара $X/S = 1.6 \pm 0.05$ мәнінде өте тар интервалда қиылысады. Сондықтан 0,055 қателік арқылы 0,05 және 0,95 кванттары осы таратулардың кез келгені үшін $X_{0,5} = X_c - 1,6S$ және $X_{0,95} = X_c + 1,6S$ ретінде табыла алады деп есептеуге болады, мұнда X_c – тарату орталығының координатасы, S – оның ОКА. Осы жер-ден (2.53)-формула арқылы табылған сенімділік интервалының мәні аталған таратулардың кез келгені үшін сенімділік ықтималдығы 90% болатын интервал болып табылатындығы шығады. $P_p > 9$ болған кезде әртүрлі тарату заңдары үшін интегралды қисықтар өзара тез таратылады. Бұл жағдайда сенімділік интервалын $\Delta = z_p S_{\Sigma B}$ [28] табу үшін көптеген әртүрлі таратулардың кванттар кестесінің орны-на жақын орналасқан тарату кластары үшін аппроксимирлеуші $z_p = f(\epsilon, p)$ өрнекті табу ұсынылады, мұнда ϵ – тарату экспресі.

Динамикалық қателіктер қосымша болып табылады және басқаларымен қосындыланбайды, жай ғана сәйкес келетін жұмыс жиіліктер диапазонын көрсету арқылы шектік шаманың жиіліктік диапазонын шектейді. Жоғарыда айтылған жағдай өлшемдерді жүргізу кезінде пайдалануға болатын бірнеше тәжірибелік кеңестер беруге мүмкіндік береді:

1. Есептеулердің барлық жағдайында абсолютті өлшем бойынша өлшеулер қателіктері өлшенетін шамадан айтарлықтай аз деп есептелінеді;

2. Кездейсоқ қателіктерді қосындылау кезінде корреляция коэффициентінің аралық мәндері 0-ден бастап 1-ге дейін іс

жүзінде есепке алынбайды, $p > 0,7$ болғанда қатты байланыстың болуын немесе $p < 0,7$ болғанда оның толығымен жоқтығын қабылдайды;

3. Кездейсоқ қателіктер келесі аксиомалар арқылы сипатталады:

а) шамасы бойынша аз кездейсоқ қателіктер үлкен шамалы қателіктерге карағанда жиі кездеседі;

б) шамалары бойынша тең болатын қарама-қарсы немесе пайдалы қателіктер жиі кездеседі;

в) бұйымды даярлау әдісінің әрқайсысы үшін қателіктер мүлдем кездеспейтін өз шектері болады.

Кездейсоқ қателіктерді " δ " аксиомасының нәтижесінде орташа арифметикалық түрде бағалау мүмкін емес болып табылады, себебі ол қателіктер саны артқан сайын нөлге ұмтылады. Сондықтан кездейсоқ қателіктерді ОКА арқылы немерсе шектік қателік ($\Delta_{\text{пр}} = \pm 3\sigma_x$) арқылы бағалайды;

4. Математикалық модельдің шынайы өлшеу нысанына сәйкес келмеуінің қателігі берілген өлшеу қателігінен 10% артық аспауы керек. Нәтижелер қателігі ең үлкен D_{max} қателікке ие болатын құрама арқылы анықталатын болғандықтан, басқа құрамаларды төмендетуге талпынудың еш мәні жоқ. Ең алдымен D_{max} төмендетуге талпыну керек. Мысалы, жанама өлшеудің қателігі сәйкесінше ӨҚ қателігінен 3-4 есе жоғары болады. Бұл жағдайларда ӨҚ метрологиялық сипаттамаларын жақсарту өлшеудің нәтижелелеуші қателігін айтарлықтай төмендете алмайды, мысалы өлшеу әдістемесін өзгерту керек. Бұл жағдай ӨҚ қолдану кезінде жанама өлшеу әдістемелерінен тікелей өлшеу әдістемелеріне өтуге тырысқанда көптеген стандартталмаған ӨҚ болуын түсіндіреді;

5. Өлшеу уақыты аралығындағы өлшенетін параметрдің тұрақсыздығы өлшемнің берілген қателігінен 10% аспауы керек. Дәлірек айтсақ, тек қана тұрақты шамаларды өлшеуге болады. Егер айнымалы шамаларды өлшеу туралы сөз болатын болса, онда осы шамалардың тұрақты параметрлерін өлшеу немесе оларды нақтыланған уақыт сәттерінде өлшеу туралы болады.

6. Тарату заңдарына деформацияның әсерін болдырмау үшін құрамаларды ОКА арқылы қосындылау қолайлы болып табылады.

7. Сандық материалды өңдеу нақтылығы өлшеу нақтылығымен сәйкес болуы керек. Ондық таңбаларының саны көп болғанда есептеу көп уақыт шығындарын талап ете отырып, нақтылықтың жоғарылауы туралы жалған түсінік қана береді. Нәтижелерді жуықтау кезінде математика ережелерін пайдаланады.

Негізгі ережені пайдаланған дұрыс: есептеулер нәтижесінде алынған қателік өлшеудің қосынды қателігінен бір қатарға (10 есе) аз болуы керек;

8. Өлшеу шарттарына, нысанның қасиеттеріне, оснастикаға, акпаратты өңдеу алгоритмдеріне байланысты бір ғана параметрдің бір ғана КИ көмегімен өлшеу қателігі бірнеше есе ерекшеленуі мүмкін. Толығымен алғанда техниклық өлшеу қателіктері құрал-жабдықтық және әдістемелік құрамалар арқылы анықталады. Өлшеулердің әр түрі үшін әдістемелік құраманың үлесі 5%-дан 80% дейінгі аралықта өзгеріп отырады. Динамикалық өлшеулер кезінде бұл нәтиже жоғарырақ болады;

9. Өлшеулер қателіктерінің барлық түрлерін екі топқа бөлу керек:

I. ӨҚ тәуелді емес *әдістемелік* (жанама өлшеулердің қателіктері, ӨҚ-ң нысанға дұрыс қосылмауының (орнатылмауының) салдарынан өлшемді тарату қателігі, өлшеу нүктелерінің саны шектелгендіктен болатын қателіктер, мысалы өрістерді өлшеу кезінде, есептеу операцияларының қателіктері).

II. ӨҚ байланысты болатын *құрал-жабдықтық* (ӨҚ өздерінің қателіктері, ӨҚ нысанмен өзара әрекеттесуі салдарынан болатын қателіктер, ӨҚ рұқсат етілген қабілеттерінің шектелуі салдарынан болған қателіктер).

Өлшемдерді жүргізу кезінде ӨҚ қателігі [34] ғана белгілі болады. Сондықтан аталған екі топты ерекшелеп көрсету төмендегілерге мүмкіндік береді:

– I топтың негізгі әдістемелік құрамаларын ерекшелей отырып, таңдалған әдістің потенциалдық мүмкіндіктерін бағалау;

– I және II топтар бойынша шектеуші факторларды анықтап, қажеттілік болған жағдайда өлшеу нақтылығын арттыру,

әдістеменің ары қарай дамуы туралы немесе неғұрлым нақты ӨҚ таңдау туралы шешім қабылдау;

– ішкі факторлардың өзгерісі кезінде қателіктердің қандай бөлігі артатынын және қашан жүйелі түрде аттестаттау керектігін бағалау;

– барлық қателіктерді 1 және 2 топтар бойынша бағалау, артынан оларды жоғарыда келтірілген ережелер бойынша қосындылау.

Бақылау сұрақтары

1. ҚР мемлекеттік өлшеу жүйесі дегеніміз не?
2. Өлшеу жүргізу әдістемелері (ӨЖӨ) қалай жүзеге асырылады?
3. ҚР-да ӨЖӨ қандай нормативтік құжаттарға негізделеді?
4. Өлшеу үлгісі және метрологияның негізгі постулаттары дегеніміз не?
5. Өлшеудің негізгі түрлерін атаңыз.
6. Өлшеудің негізгі әдістерін атаңыз.
7. Өлшеу дәлдігі дегеніміз не?
8. Өлшеу сапасы дегенді қалай түсінесіз?
9. Қателіктерді қосындылау дегеніміз не?
10. Қосынды қателіктердің орта квадраттық ауытқуына түсініктеме беріңіз.

3. ӨЛШЕМ ҚҰРАЛДАРЫНЫҢ МЕТРОЛОГИЯЛЫҚ СИПАТТАМАЛАРЫНЫҢ НОРМАЛАНУЫ

3.1. Өлшем құралдарының түрлері

Өлшем құралы (ӨҚ) – нормаланған метрологиялық сипаттамалары бар, физикалық шама бірліктерін тудыратын және сақтайтын, белгілі уақыт аралығы ішінде өлшемдері өзгеріссіз қабылданатын (қойылған қателік шектерінде) өлшем үшін арналған техникалық құралдар. Метрологиялық сипаттамалар (МС) деп ӨҚ келесі сипаттамалары түсініледі, яғни белгілі бір диапазонда анықталған дәлдікте өлшем үшін олардың қажеттілігі туралы талқылауға мүмкіндік береді. ӨҚ-на қарағанда нормаланған МС жоқ құралдар немесе бұйымдар индикаторлар деп аталады. ӨҚ – бұл метрологиялық қамтамасыздандырудың техникалық негізі[1,12].

Шамалар – бұл берілген өлшемнің физикалық шамасын тудыратын және сақтайтын ӨҚ. Шамалар физикалық шаманың бір ғана мәнін тудыратын болғандықтан бір мәнді бола алады (гир, берілген өлшемдегі калибр, қаттылық, кедірбұдырлықтың үлгілері, кедергінің катушкасы, қалыпты элемент, ЭҚК мәні) және көп мәнді – бір ғана физикалық шаманың мәндерінің қатарын тудыру үшін бірқалыпты немесе дискретті болады (айнымалы сыйымдылықтың өлшеу конденсаторы, шекті шамалардың жиыны, сыйымдылықтар дүкені, индуктивтілік және кедергі, өлшеу сызғышы).

Шамасы бар салыстыру әдісімен өлшеу арнайы техникалық құралдар – компараторлар көмегімен орындалады (тең мәнді салмақтар, өлшегіш көпір және т.б.).

Кейбір кезде компаратор ретінде адам болады, мысалы өлшеу кезінде ұзындықты сызғышпен өлшеу.

Өлшеу түрлендіргіштері – жіберу, ары қарай түрлендіру, өңдеу және сақтау үшін қолайлы формада, бірақ бақылаушының тікелей қабылдауы үшін рұқсат етілмеген өлшеу ақпаратының белгісін тудыру үшін арналған ӨҚ. Бұл термोजұптар, өлшеу трансформаторлары және күшейткіштер, қысым түрлендіргіштері.

Өлшеу тізбегінде алатын орны бойынша алғашқы, аралықты және т.с.с болып бөлінеді.

Конструктивті түрде олар жеке блоктармен немесе ӨҚ құрама бөлігімен орындалады. Өлшеу түрлендіргіштерін түрлендіргіш элементтермен салыстыруға болмайды. Соңғыларында метрологиялық сипаттамалары болмайды, мысалы, ток немесе кернеу трансформатор.

Өлшегіш аспап – бақылаушыға тікелей түрде сезіну үшін басқа, рұқсат етілген формада өлшеу ақпаратының белгісін өңдеу үшін арналған ӨҚ. Аспаптар тікелей әсерлі (амперметрлер, вольтметрлер, манометрлер) және салыстыру аспаптары (компараторлар) болып ажыратылады.

Өлшенетін шамаларды есептеу әдісі бойынша ӨҚ көрсететін (аналогтық, сандық), тіркейтін (қағазға немесе магнит таспасына) және т.с.с. болып бөлінеді.

Өлшегіш қондырғы – функционалды біріккен ӨҚ және бір жерде орналасқан қосалқы құрылымдардың жиынтығы. Мысалы, дәлдеу қондырғылары, электро-техникалық, магниттік және тағы басқа материалдарды сынауға арналған қондырғылар. Өлшегіш қондырғы өлшеудің анықталған әдісін ескеріп және өлшеу қателігін алдын ала бағалауға мүмкіндік береді.

Өлшеу жүйесі – бұл автоматты өңдеу, жіберу және (немесе) автоматты басқару жүйелерінде қолдану үшін қолайлы формада байланыс компоненттері (өткізгіш, теледидар және т. б.) бар ӨҚ және қосалқы құрылғылардың кешені.

Режимнің және жұмыс жасау шарттарының өзгеретінін көретін өлшеуіш қондырғыдан өлшеу жүйесінің айырмашылығы жұмыс тәртібіне әсер етпейді, тек қана ақпаратты жинау және сақтау үшін арналған.

Өлшеу жүйесінің жиі кездесетін жағдайлары ақпараттық-есептеу кешені (АЕК), ақпараттық-өлшеу жүйелері (АӨЖ) болып табылады. Соңғысына автоматты бақылау жүйесін, техникалық диагностикалаудың жүйелерін, түрлерді айырып танудың жүйелерін, өлшенбейтін мәліметтердің берілу жүйелерін жатқызуға болады. Жұмыстық ӨҚ тексерісін ұйымдастырған кезде әртүрлі эталондар және үлгілік ӨҚ қолданады.

ӨҚ ереже бойынша метрологиялық сипаттамалары болатын датчиктермен (өлшеу түрлендіргіштерімен) бірге жұмыс істейді.

3.2. Өлшем құралдарының метрологиялық сипаттамалары

ӨҚ-ның қажеттілігін сипаттау үшін өлшемге белгілі бір аралықта анықталған дәлдікпен ӨҚ-ның МС келесі мақсатта енгізіледі: өлшем дәлдігін анықтау мүмкіндігін қамтамасыз ету, ӨҚ-н алмасуына жету, ӨҚ-н бір-бірімен салыстыру және ӨҚ-н дәлдік және басқа да сипаттамалары бойынша керегін таңдау, ӨҚ кіретін МС негізінде өлшеу жүйелерінің және қондырысы-ның қателігін анықтау, тексеру кезінде ӨҚ-ның техникалық күйін бағалау [19,32,36].

МЕСТ 8.009-84 бойынша МС тізімі, оларды нормалау түрлері және ұсыну үлгілері қарастырылады.

Әрбір МС тағайындалуы бойынша өлшемнің өз түрлерінің бар болуымен және әсер ететін өлшемдердің өзгеруімен немесе кіріс сигналының ақпараттық емес параметрлерімен көрініс табуы мүмкін.

Ақпараттық емес деп өлшеу параметрімен функционалды байланыспаған өлшем құралының кіріс белгісінің параметрі аталады. Мысалы, айнымалы токтың амплитудасын өлшеген кездегі жиілік.

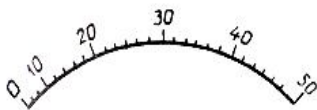
Қалыпты метрологиялық сипаттамалар құжат бойынша бекітіледі. Құжаттар бойынша анықталған МС нақты болып саналады [24].

Тәжірибеде өлшем құралдарының келесі МС кеңінен таралған:

Өлшеу диапазоны (аралығы) – өлшем құралдарының рұқсат етілген шекті қателіктері нормаланған өлшеу шамасының аймағы (түрлендіргіштер үшін – бұл түрлендіргіш диапазоны).

Өлшеу шегі – өлшеу диапазонының аз немесе көп мәні. Өлшеу шегі үшін бұл туатын шаманың номиналды мәні.

Мысалы 3.2-суретте көрсетілген межелікте алғашқы аймақ (-20%) қысылған, сондықтан бізге есеп жасау қолайсыз. Онда меже бойынша өлшем аралығы 50 бірлікті құраса, ал диапазон 10....50 бірлік аралығы болады.



3.1-сурет. ӨҚ бірқалыпты емес межелігі

Межеліктің бөліну бағасы – межеліктің көршілес екі белгісіне сәйкес келетін өлшеу шамаларының әртүрлілігі. Тең өлшемді межеліктері бар құралдар тұрақты бөліну бағасы, ал тең емес өлшемділерде ауыспалы бөліну бағасы болады (3.1-сурет). Бұл кезде бөлінудің минимальды бағасы нормаланады.

Сезімталдылық – ӨҚ шығысында өзгертін Δy белгінің өзгерісін тудырған кірісінде өзгертін белгіге Δx қатынасын білдіреді.

$$S = \Delta y / \Delta x$$

Мысалы бағытты ӨҚ үшін – бұл стрелканың соңы ауыстырылған dl -дың өзгерісін тудыртқан dx өлшемінің өзгеруіне әкеліп соғады.

$$S = dl / dx$$

Сонымен тең емес өлшемді межеліктер үшін өлшем $S = \text{var}$ және межеліктің теңсіздік дәрежесін коэффициент арқылы анықтайды.

$$J = S_{\max} / S_{\min}$$

Тең өлшемді межеліктер үшін $S = S_{\text{cp}} = \text{const}$ және $S_{\text{cp}} = l / x_N$, мұндағы x_N – өлшеу диапазоны.

X және y әртүрлі бірлікте өрнектелуі мүмкін, сондықтан S шамасы мына өлшемдерде болады $\left[\frac{\text{мм}}{A} \right], \left[\frac{\text{мм}}{B} \right], \left[\frac{\text{градус}}{B} \right]$ және т.б.

Сезгіштік туралы айтқанда токтың, кернеудің сезгіштігі және т.б. көрсетіледі.

Кейде өлшемсіз бірліктермен операция жасау үшін салыстырмалы сезгіштік ұғымы енгізіледі.

$$S = (\Delta y / y_0) / (\Delta x / x_0)$$

мұндағы x_0, y_0 – номиналдық (немесе орташа) шамалар.

Сезгіштікті сезгіштік табалдырығымен, яғни құралдың көрсетуінде айтарлықтай өзгеріс болдыратын, өлшенетін шаманың ең кіші мәнімен теңдестіруге болмайды.

Шаманы, кері сезгіштікті $C=1/S$ тұрақты құрал деп атайды. Ереже бойынша ӨҚ-ның шығыс белгісі шама бірліктеріндегі есептеу (көрсету) болып табылады. Осы жағдайда C тұрақты құралы бірдей баға бөлуіне тең. Сондықтан бірқалыпты емес шкаласы бар ӨҚ үшін сезгіштік – шама айнымалы.

Вариация (гистерезис) – шаманы өлшеу және өзгермеген сыртқы шарттар өскенде немесе кемігенде берілген нүкте арасындағы көрсеткіштердің айырмашылығы:

$$H=|x_v-x_y|$$

мұндағы x_v , x_y – x шамасының өсуі және кемуі кезіндегі үлгілік ӨҚ өлшеу мәндері.

ӨҚ-ның вариация көрсеткіштері кездейсоқ факторлармен шақырылғанымен, өзі – кездейсоқ емес шама. Тәжірибе жүзінде алынған ӨҚның кіріс және шығыс белгілерінің арасындағы тәуелділік градуирленген сипаттама деп аталады, ол аналитикалық, графикалық, кестелік түрде берілуі мүмкін.

Градуирленген сипаттама [18] ішкі және сыртқы себептердің әсерінен өзгеруі мүмкін. Мысалы, ӨҚ жылжымалы бөлігі тоқтың жылдам өзгерісі кезінде, инерция салдарынан ток өзгерісін “қадағалауға” үлгермейді. Бұл жағдайда градуирленген сипаттама дифференциалдық теңдеумен өрнектеледі.

ӨҚ метрологиялық сипаттама негізі – *ӨҚ қателігі* – ӨҚ көрсеткішімен және ФШ тура мәні арасындағы айырмашылық. Барлық ӨҚ қателіктері [27] сыртқы шарттарға байланысты негізгі және қосымша болып бөлінеді.

Негізгі қателік – бұл эксплуатациялық қалыпты жағдайда жіберілген қателік. Қалыпты эксплуатациялық жағдайға: температура 293 ± 5 К немесе $20\pm 5^{\circ}\text{C}$, 20°C кезінде ауаның салыстырмалы ылғалдылығы $65\pm 15\%$, $50\text{Гц}\pm 1\%$ жиілігі бар қоректену желісіндегі кернеу $220\text{В}\pm 10\%$, атмосфералық қысым 97,4-тен 104 кПа-ға дейін, электрлік және магниттік өрісі болмайтын ортаны жатқызамыз. Сонымен қатар жанама қателіктер де қарастырылады.

Жұмыстық шарттарда ықпал ететін шамалардың нормалық кең диапазоннан айырмашылығы қажет кезде қосымша *ӨҚ қателігі* нормаланады.

ӨҚ негізгі қателігі 3 жағдайда нормаланады: барлық өлшеу диапазондарында тұрақты болып келетін рұқсат етілген абсолютті ($\pm\Delta$) немесе келтірілген ($\pm\gamma$) қателіктің шектерінің нормалануы, өлшеу шамасының функциясында рұқсат етілген абсолютті ($\pm\Delta$) немесе салыстырмалы ($\pm\delta$) қателіктердің шектерінің нормалануы, рұқсат етілген негізгі қателіктің тұрақты шектерін нормалау, олар бір немесе бірнеше учаскілердің барлық өлшеу диапазоны үшін әртүрлі.

Рұқсат етілген қателіктің шегі ретінде әсер ететін, шама тудыратын ең үлкен қателік көрсетіледі, осы кезде *ӨҚ* техникалық талаптар бойынша ғана қолданылуға жіберіледі. Бұл қосымша қателіктерге де арналған. Олар бұл кезде келесі жағдайлардан шығады: негізгі қателік (абсолютті, салыстырмалы, келтірілген) сияқты қосымша қателік те сондай түрге ие, әртүрлі ықпал ететін факторларға байланысты қосымша қателік бөлек нормалануы керек.

Әсер ететін факторлар кезінде *ӨҚ* абсолюттік қателіктерінің қосындысы жалпы түрде:

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_0 + \sqrt{\sum_{i=1}^n \Delta_i^2},$$

мұндағы Δ_0 – *ӨҚ* негізгі қателігі, Δ_i^2 – i -ші әсер ететін фактордың өзгерісінен туындаған қосымша қателік.

Кей жағдайда қосымша қателік коэффициент түрінде нормаланады, қателік номиналдық мәндердің ауытқуын “қанша” немесе “қаншада” өзгеретіндігін көрсетеді. Мысалы вольтметрдің температуралық қателігі $\pm 1\%$ -тен 10°C -қа дейінгіні көрсетеді, яғни бұл орта өзгерісінде әрбір 10°C сайын қосымша қателік 1% қосылады дегенді білдіреді. Бөлінудің күрделілігінің салдарынан қосымша және негізгі қателіктер нормалық шарттарда *ӨҚ* тексерісінде орындалады (тағы сол сияқты қосымша мәліметтерді шығарғанда).

ӨҚ жүйелік қателігі – жалпы қателіктің негізгі құрам бөлігі, бір шаманың бірнеше рет өлшеу нәтижесінде тұрақты және

зандық өзгерістерінен тұрақты қалады. ӨҚ кездейсоқ қателігі бір шаманың кездейсоқ түрмен қайталап өлшеуінен өзгеріп құраушы деп аталады.

Статикалық қателік тұрақты шамаларды өлшеу кезінде элементтердегі өту процесстерінің аяқтауынан кейін пайда болады. Динамикалық қателік – ӨҚ қателігінің динамикалық және статикалық қателіктерінің арасындағы қателік.

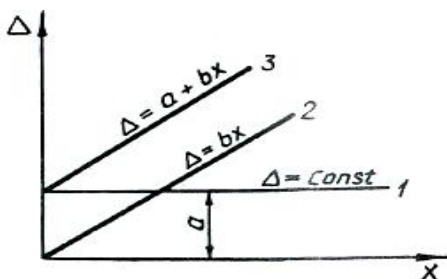
МЕСТ 8.401-80 бойынша абсолютті, салыстырмалы, келтірілген қателіктер, әртүрлі жағдайда жіберілетін негізгі шекті қателіктеріне байланысты қарастырылған.

Абсолюттік қателік – өлшенетін шамалар x және x_d көрсетулерінің ара-сындағы айырымға тең:

$$\Delta = |x - x_d|$$

x_d сапасы номиналдық мәнді (мысалы, өлшем) көрсетеді немесе нақты өлшенген ӨҚ (10 реттен аз емес), шама мәндерін көрсетеді.

Абсолюттік қателік физикалық шамалардың өлшем бірліктерінде мына түрде өрнектеледі: бір санмен (3.2-сурет, 1-сызық): $\Delta = \pm a$, сызықтық тәуелділік түрінде (2,3-сызық): $\Delta = \pm bx$; $\Delta = \pm(a + bx)$, график, кесте немесе функция $\Delta = f(x)$ түрінде.



3.2-сурет. Аддитивтік және мультипликативтік құраушы қателіктердің құрастырылуы

Егер қателік мәні барлық өлшеу диапазонда (1-сызық) өзгермейтін болса, мысалы, тіректердегі үйкелістер артынан, мұндай қателікті аддитивтік қателік деп атаймыз (немесе нөлдік қателік).

Егер қателік пропорционалдық өлшенетін шамада (2-сызық) өзгертін болса, онда мультипликативтік қателік деп атаймыз. Көп жағдайда аддитивті және мультипликативті құраушылар бір уақытта қатысады (3-сызық).

Абсолюттік қателік физикалық шамалардың абсолюттік бірліктерінде өрнектеледі, бұл жағдайда $\Theta\mathcal{Q}$ және әртүрлі физикалық шамалар өлшеулерін салыстыруға мүмкіндік бермейді. Бұл мақсатта салыстырмалы қателікті қолдану δ абсолюттік қателіктің нақты мәнге x_d қатынасын және пайыздық көбейтіндісін айтамыз.

$$\delta = \pm \Delta / x_o * 100\% \quad (3.1)$$

Бұл формуладан көретініміз $\Theta\mathcal{Q}$ үшін x_d өсуімен $k \rightarrow \infty$, $x_d \rightarrow 0$, δ азаяды. Бастапқы уақыт шкаласы өлшемінде бастапқы нөлдік қателік белгісінде керекті жоғарғы өлшемде болуы мүмкін. Сондықтан метрологияда $\Theta\mathcal{Q}$ шкаласы учаскілерінде өлшеуге тиым қағидасы орындалады. Өлшеу диапазоны өзгерісінің мінездемесі нормалық таңдау түріне тәуелді болып келеді. Егер $\Theta\mathcal{Q}$ тек аддитивтік құраушы ғана болса, онда абсолюттік қателікте жіберілетін шек $\Delta = \text{const}$, ал δ гипербола бойынша өзгеріп отырады. Бұл жағдайда абсолюттік $\Delta = \pm a$ және келтірілген қателіктерді $\Delta = \pm (a/x) = \text{const}$ нормалау ыңғайлы болып табылады. $\Theta\mathcal{Q}$ мультипликативті қателіктен салыстырмалы қателіктің $\delta = \pm c = \text{const}$ мүмкін шектеріне мөлшерлеу ыңғайлырақ. Бұл жағдайлар электроэнергия есептеуіштерінде, тұрақты көпіршені, айнымалы тоқты мөлшерлеу кезінде қолданылады.

Аддитивті және мультипликативті құраушылар қателіктерін нормалау кезінде күрделі тәуелділік (3.5-сурет) орындалады.

Шындығында $\Delta = \pm (a + bx)$, онда

$\delta = \pm \Delta / x = \pm a + bx = \pm (b + a/x)$ δ соңғы мән x_k шкаласымен байланыстыру үшін, соңғы теңдеуге қосып аламыз a/x_k (бұл жерде x_k модулі бойынша үлкен өлшеу шек-тері). Онда:

$$\delta = \pm (b + a/x_k - a/x_k + a/x)$$

$c = (b + a/x_k) = \text{const}$ және $d = a/x_k = \text{const}$ деп белгілейміз.

Бұл жағдайдан

$$\delta = \pm(c - d + x_k / x) = \pm[c + d(x_k / x - 1)]$$

Формуладан көретініміз минимальдық мәні $\delta_{\min}$ былай болады $x = x_k * I_c$ іс жүзінде δ басқа да алудың жағдайлары және белгілі орын алады. Сондықтан x_0 тиісті $\delta_{\min}$ мәндерді ендіреді, сонда

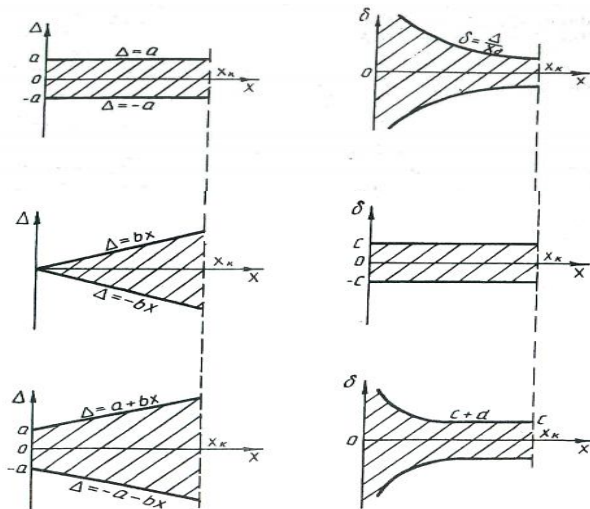
$$\delta = \pm[c + d(x_0/x - 1)]100\%. \quad (3.2)$$

мұндағы кемуде δ мәні жоғарылайды, сол сияқты жоғарылауда x шамасы x_0 салыстырмалы. Бастапқы диапазон қателігінің физикалық шамасы болып c болады $\delta_k = c$, d шамасы - соңғы диапазон қателігі $\delta_k = c$ өлшеулері, т.б.

$$c = \delta_n = \Delta_0 / x_k; \quad d = \delta_k = \delta_n + \delta_m; \quad \delta_m = \Delta(x) / x.$$

мұндағы Δ_0 – аддитивтік құраушы қателігі, x_k – өлшеу шектері, δ_m – мультипликативтік құраушы қателігі; $\Delta(x)$ – абсолюттік қателік мәні өлшенетін шамалардың ағымдағы өсетін пропорционалдық мәні x .

(3.4)-формула жоғарғы дәлдік ӨҚ қателіктерін нормалауда сандық, көп мәнді кедергі өлшемі және т.б. қолданылады.



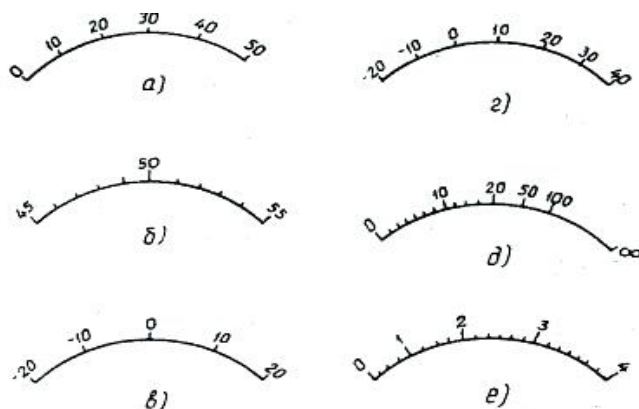
3.3-сурет. Аддитивтік және мультипликативтік құраушы қателіктерін нормалау

Әртүрлі шектегі ӨҚ өлшеу дәлдігімен абсолюттік қателікке нұсқау өзара салыстыруға келмейді, ал сол сияқты салыстырмалы қателіктің нұсқауы да шамалардың тұрақсыздығына δ байланысты шектелген (3.7б-суреттегі жағдайдан басқа). Сондықтан нормаға келтірілген қателік үлкен таратуының Δ нормаланған мәніне x_N қатынасына теңдігін аламыз (3.7в,%):

$$\gamma = \pm \Delta / x_N * 100\% \quad (3.3)$$

Нормаланған мән x_N түрдегі тәуелділікке және құрал межелігінің сипаттамасына байланысты таңдалады.

Бірқалыпты (3.4а, б, в, г-сурет) және бірқалыпты емес межеліктер деп ажыратылады. Соңғысы айтарлықтай бірқалыпты емес және дәрежелі деп бөлінеді.



3.4-сурет. ӨҚ межелігінің түрлері

Айтарлықтай бірқалыпты емес межеліктер қысылған бөлінулермен түсіндіріліп, жұмыс межелігінің бір бөлігінің бастапқы және соңғы мәнінің жарты сомасына байланысты, қай белгіде, яғни 65 және 100% аралығындағы жұмыс бөлігінің ұзындығына байланысты орналастырылған (3.4д-сурет.).

Дәрежелі межелік межеліктердің [22] созылған немесе қысылған бөлінулерінен түсіндіріледі, бірақ айтарлықтай бірқалыпты емес межелік анықтамасына сәйкес келмейді (3.4е-сурет.). Онда нормаланған мән x_N тең қабылданады:

– Межеліктің жұмыс бөлігінің соңғы мәні $x_N = x_K$, егер нөлдік белгі – сол аумақта немесе тыс межеліктің жұмыс бөлігі (бірқалыпты межелік 3.4а-сурет – $x_N = 50$, 3.4б-сурет – $x_N = 55$, дәрежелі межелік – 3.4е-сурет – $x_N = 4$);

– Межеліктің соңғы мәнінің сомасына (есепке алынбаған таңбаның), егер нөлдік белгі – шкала ішінде 3.4в-сурет, $x_N = 20 + 20 = 40$, 3.4г-сурет, $x_N = 20 + 40 = 60$;

– Межелік ұзындығына, егер ол бірқалыпты емес болған жағдайда. Бұл жағдайда қаншалықты ұзындық миллиметр ретінде өрнектелсе, онда абсолюттік қателік те миллиметр ретінде өрнектелуі керек (3.4д-сурет).

Номиналдық мән ретінде x , егер ӨҚ өлшенетін шаманың номиналдық мәненен өлшеу ауытқуына арналған.

3.3. Өлшем құралдарының дәлдік кластары

Метрологиялық сипаттама (МС) номенклатурасы алдыңғы параграфта келтірілген, белгілі мағынада МС өлшеу құралы катал мөлшерлеуді болжайды, жоғарғы дәлдік зертханалық өлшеуде және метрологиялық аттестаттауда, басқада өлшем құралында қолданылады.

Техникалық өлшемдер, қарастырылмаған кездейсоқ және жүйелік болып бөлінеді, өлшем құралының серпінді қателігі маңызды емес, яғни ықпал ететін факторларды есепке алынбайтын болғанда және т.б., дәрежілеу мөлшерлеумен қолдануға болады – ӨҚ иемденуімен нақтылы МЕСТ 8.401-80 дәлдік кластары арқылы.

Дәлдік кластары – бұл МС-мен қорытылған, әртүрлі ӨҚ қасиеттерін анық-тайды. Мысалы электроөлшегіш құралының көрсеткіші дәлдік кластары негізгі қателіктен тысқары, ал электрлік шаманың өлшемі – тұрақсыз шама (1 жылдағы пайыздық өзгеріс мәні). Дәлдік класы ӨҚ-ның жүйелік және кездейсоқ қателігін қамтиды. Кейде ол тікелей сипаттамамен өлшеу дәлдігі болып табылады, ӨҚ ар-қылы атқарылады, өлшеу дәлдігі өлшеу әдісіне байланысты, өзара әрекеттесулер ӨҚ-ның объектісімен, өлшеу шарттары және т.б. байланысты.

Жеке алғанда, яғни шаманы өлшеу дәлдігі 1%-ға дейін, ӨҚ-ның жеткіліксіз таңдау қателігі 1%. ӨҚ таңдалған қателіктен әлдеқайда аз болу керек, өйткені әдістің қателігі минимум болуы ескерілуі керек. Кейбір жағдайда қарама-қарсы жағдай болуы мүмкін, яғни өлшеу қателігі құрал қателігінен аз болды (нөлдік өлшеу әдісінде). Мысалы, өлшеу сұлбасы былай тұрғызылған, нөл индикатордың тілшесі өлшеу шамасы айырымдардың жанында 1% тең, толық ауысу 100-ге бөлінеді. Нөл индикатор қателігі [8] бір бөлуге тең. Осы жағдайда өлшелетін бір пайызды айырымдарының бір пайызы бір бөлуге тең, сонымен бірге қалдық баланстан шығуы мүмкін. Өлшемнің салыстырмалы қателігі сонда 0,01 пайыз шектен шықпайды, яғни нөл индикатор жүзінші салыстырмалы қателікті құрайды. Дегенмен, қарастырылған жағдай ортақ ережеге жатқызуға болады.

ӨҚ сияқты бәрі бір бірімен тығыз байланысты, сонымен қатар МС, МЕСТ 8. 401-80 дәлдіктің кластарын тағайындаудың бірнеше әдістерін орнатады. Осы негізге келесі жағдайлар: құрайтын жүйелі түрде және кездейсоқ рұқсат етілген қателіктердің шектері нормалар ретінде қызмет көрсетеді, негізгі $\delta_{\text{осн}}$ және қосымша қателіктің барлық түрлері $\delta_{\text{доп}}$ жеке мөлшерлейді, бірінші жағдай қажеттілік туралы мәні бойынша ортақ қателіктің бір рет көрсеткіштерді есептеуі есепке алуы бар ӨҚ өңдеуге куәландырады, екінші жағдай ӨҚ максимал біртектілігінің қамтамасыз етуіне бағытталған.

Мысалы $\delta_{\Sigma} = (\sum_{i=1}^n \delta_i^2)^{1/2}$ қамтамасыз етуге болады, кез келген мән δ_i . Дегенмен ӨҚ бір алмастыруы басқаға әрдайым баламалы болады, қаншалықты бір ӨҚ үлкен температуралық қателікті алады, басқасы – жиілікті, яғни нақты өлшемі белгісіз.

Дәлдік класын есептегенде, рұқсат етілген негізгі қателіктің шектері $\delta_{\text{осн}}$ ең алдымен мөлшерлейді. Рұқсат етілген қосымша қателіктің шектері (еселі) бөлікті мәннің $\delta_{\text{осн}}$ түрінде орнатылады.

Дәлдік кластары ӨҚ-ның нәтижелері бойынша мемлекеттік қабылдау сынақтарына тағайындайды. Егер ӨҚ бір және сондай физикалық шамалар үшін арналса, бірақ әртүрлі диапозонда немесе әртүрлі физикалық шаманы өлшеу үшін онда ӨҚ әртүрлі дәлдік кластары диапозон бойынша тағайындай алады, сонымен

қатар физикалық шама өлшеуде. Пайдаланылатын ӨҚ бұл дәлдік кластарымен сәйкес келуі қажет. Кейде пайдаланылатын дәлдік кластарының талаптары сәйкес болған жағдайда өндірісте тағайындалғаны, пайдалануды төмендете алады. Негізгі рұқсат етілген шектер және салыстырмалы қателіктерді абсолюттік формада білдіреді, салыстырмалы және келтірілген қателіктер. Қателіктер өрнектерінің тәсілі өлшеу диапазоны бойынша қателіктер өзгерісінің сипатына тәуелді, ӨҚ тағайындау және қолданудың шарттары.

Егер қателік мәнін өлшеу белгілі аймақты өлшеуін білдіруге қабылдаған бірлік өлшеу шамасы немесе шкаланың бөлінуі болса, онда абсолюттік қателіктің формасы қабылданады (өлшеулер, физикалық шаманың номиналды жиынтығы). Егерде абсолюттік қателіктері диапазон шектерінде әрдайым тәжірибелік өлшеу болса, онда өткізілген қателік формасы қабылданады, ал, егерде бұл шекара тұрақсыз деп есептесе, онда салыстырмалы қателік формасы қолданылады.

Сондықтан МЕСТ 8.401-80 сапа негізінде ӨҚ дәлдік класының үш түрін орнатады: рұқсат етілген абсолюттік қателіктердің шектері үшін бірлік өлшеу шамасы немесе шкала бөлінісі, рұқсат етілген салыстырмалы қателіктердің шектері үшін сандар қатарының түрі:

$$\delta = \pm A \cdot 10^n \quad (3.4)$$

$A=1; 1,5; (1,6); 2; 2,5; (3); 4; 5$ және 6 ; мәні $1,6$ және 3 – жіберілетіндері, бірақ кеңес берілмейтіні, $n=1, 0, -1, -2, \dots$, рұқсат етілген келтірілген қателіктердің шектері үшін сондай қатармен (3.4): $\gamma = \pm A \cdot 10^n$.

Абсолюттік қателік өзгермейтін шек кезінде бір ғана мәнмен көрсетілуі мүмкін $\Delta = \pm a$, екі мәнмен $\Delta = \pm (a + vx)$ - абсолюттік қателік шегінің сызықтық өзгеруі кезінде, яғни, аддитивтік және мультипликация құраушыларының бірге пайда болуы кезінде (3.4-суреттен қара) немесе кесте түрінде, график функциясы сызықтық емес өлшеу шекарасы (мысалы 3.1-кестеде).

ӨҚ дәлдігі бойынша екі жағдайда таңдалынады: құрылғылардың көрсеткіштерін өлшеу үшін және көрсеткіштерін бақылау үшін.

3.1-кесте
Өлшеу құралдарының дәлдік класының белгіленуі

Рұқсат етілген қателік шегін анықтайтын өрнек	Рұқсат етілген негізгі қателік шегі мысалдары	Дәлдік класының белгіленуі		Ескерту
		құжаттарда	өлшеу құралдарында	
$\Delta = \pm a$	-	М дәлдік класы	М	-
$\Delta = \pm (a + bx)$	-	С дәлдік класы	С	-
$\gamma = \Delta / X_N - \pm p$	$\gamma = \pm 1,5$	1,5 дәлдік класы	1,5	Егерде X_N шама бірлі-гімен берілсе
	$\gamma = \pm 0,5$	0,5 дәлдік класы	0,5	Егерде X_N ме-же ұзындығымен анықталса
$\delta = \Delta / X = \pm q$	$\delta = \pm 0,5$	0,5 дәлдік класы	0,5	-
$\delta = \Delta / X_D = \pm [c + d (X_k / X - 1)]$	$\delta = \pm [0,02 + 0,01 (X_k / X - 1)]$	0,02/0,01 дәлдік класы	0,02/0,01	-

3.2-кесте

М-366 вольтметрдің рұқсат етілген абсолюттік қателік шектері

ӨҚ көрсеткіші, В	0	10	20	30	40	50	60	70	75
Қателік Δ , В	-0,20	-0,10	0	0,10	0,20	0,35	0,45	0,55	0,70

ӨҚ дәлдік класы, абсолюттік қателік арқылы сипатталады, латын әріптерімен немесе рим сандарымен жазылып белгіленеді. Бұнда алфавит әріптерінің қатары алыстай берген сайын, рұқсат етілген абсолюттік қателік көп болады.

Мысалы ӨҚ класындағы С дәлдігі, МӨҚ класынан жоғары, т.б, бұл сан – шартты мағынада және қателік мәнін есептейді.

Дәлдік класы салыстырмалы қателік арқылы ӨҚ екі тәсіл тағайындалады.

1. Егер ӨҚ қателігі негізін мультипликация құраса, онда рұқсат етілген негізгі салыстырмалы қателік мына формула арқылы есептеледі:

$$\delta = \Delta/x * 100\% = A * 10^n = \pm q \quad (3.5)$$

Осылай дәлдік класы айнымалы көпірше токты білдіреді, электроэнергия есептегіштері, бөлгішті кернеулер, өлшеу трансформаторлары және т.б.

2. Егер ӨҚ мультипликация ретінде болса, сондай-ақ аддитивті құралса, онда дәлдік класы екі санмен беріледі, с және d сәйкес формула арқылы:

$$\delta = \pm [c + d(|x_0/x| - 1)] \quad (3.6)$$

Бұл жерде с және d сондай қатар арқылы өрнектеледі (3.4) және де әдеттегі-дей, $c > d$. Мысалы дәлдік класы 0,02/0,01 білдіреді, $c=0,02$, ал $d=0,01$, яғни алынған мән салыстырмалы қателіктің алғашқы өлшеу диапазоны $\gamma_n=0,02\%$, ал соңғысы $\gamma_k=0,01\%$. Бұдан басқа МЕСТ 22261-94 рұқсат етілген негізгі қателік шектері салыстырмалы қателік түрінде, децибел арқылы өрнектеледі (дБ):

$$\delta = A' \lg(1 + \Delta/x)$$

$A=10$ энергиялық шаманы өлшеуде (куат, энергия, энергия тығыз-дығы), $A=20$ электромагнитті шаманы өлшеуде (кернеу, ток күші, өрістің кернеуліктері).

Егер екі құрал сезгіштіктері әртүрлі болса $S_1=-100$ дБ/Вт және $S_2=-95$ дБ/Вт, онда ӨҚ-ның екіншісінің сезгіштік мәні жоғары, біріншісіне қарағанда, яғни $-95 > -100$. Өте кең тарату (әсіресе ӨҚ-ның аналогы үшін) келтірілген қателікті дәлдік класының мөлшерлеуін алды:

$$\gamma = \pm \Delta/x_N 100\% = \pm A * 10^n \quad (3.7)$$

Дәлдік класының шартты мағынасы мөлшерлеуге байланысты x_N , яғни ӨҚ шкаласына байланысты. Егер x_N бірлік өлшеу шамасы ұсынылса, онда дәлдік класы сан арқылы жіберілген келтірілген қателік шектері сәйкес келеді. Мысалы класс 1,5 береді, яғни $\gamma=1,5\%$. Егер x_N – шкала ұзындығы болса (мысалы амперметрде), онда класс 1,5 береді, яғни $\gamma=1,5\%$ шкала ұзындығы.

Сирек жағдайда дәлдік класы санды білдіреді, жіберілетін қателік шектерін көрсетеді. Жеке алғанда кейбір бірөлшемді электрлі шама өлшемі тұрақсыздықты сипаттайды, бір жылдың ішінде қанша пайызға өзгередінін білдіреді.

Қателіктерді салыстыру тәсілін өрнектеу, кейбір пікірлерді айтып шығуға мүмкіндік береді. Белгілі бір ӨҚ дәлдік класы, γ келтірілген қателік арқылы бей-неленген және ӨҚ абсолюттік қателігі S сезгіштігінен $\Delta=\gamma x_N/100S_1$ тұрады, салыстырмалы белгіде x сәйкес келеді, $-\delta=\gamma x_N/100S_2$. (3.6) және (3.7)-формуларды салыстырғанда бірінші формула гиперболалық қамтып көрсетеді, ал екіншісі – сызықтық тәуелділікті көрсетеді. (3.6) өрнектің абсолюттік қателігі мына түрде болады:

$$\Delta = \frac{x_0}{100} \left[c \frac{x}{x_0} + d \left| 1 - \frac{x}{x_0} \right| \right]$$

Егер $x > 3x_0$ болса, онда шкала кенеттен сызықтық емес болады және бұл ау-мақта қолайлы болмайды. Есептелген коэффициенттер c және d қабылданғанға дейін дөңгелектенеді (3.4), келтірілген қателікпен γ дәлдік класына байланысы 3.3-кестеде берілген. Дәлдік класымен γ және коэффициенттердің c/d байланысы.

3.3-кесте

Келтірілген қателікпен γ дәлдік класына байланысы

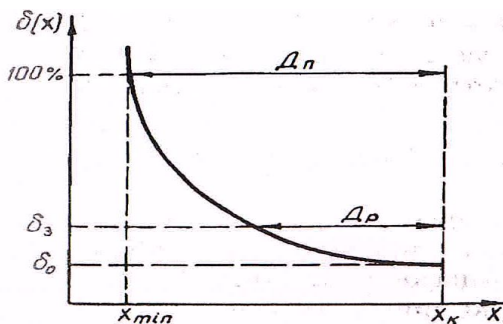
Дәлдік кластары	1,0	1,5	2,5	4,0
Коэффициенттер c/d	4/1,0	6/1,5	10/2,5	15/4,0

Аддитивтік құрайтын қателіктің теріс ықпалы қортылады, яғни бір және сондай ӨҚ жоғарғы өлшеу үшін арналмаған және кішкене шама үшін де. Сондықтан бастапқы шкала бөлігіне ӨҚ өлшемі ереже бойынша кешірілмейтін.

Салыстырмалы қателік формуласынан $\delta = \Delta/x$ оның мәні x -қа кері пропорционал және гиперболо болып өзгереді екендігі белгілі (3.5-сурет), яғни салыстырмалы қателік ӨҚ δ_0 класына тең, тек соңғы шкала бөлінісіндей ($x=x_k$). Кеміген өлшеу шамасы x_{min} -ға дейін салыстырмалы қателігі 100% жетеді. Мұндай өлшеу шамасын *сезгіштік шегі* деп атайды. Бұл шама бүкіл төмен диапазонды D_n өлшеу шамасынан шектейді. Жоғарғы шегі D_n өлшеу шегінен x_c шектейді.

$D_n = x_k / x_{min}$ қатынасы толық динамикалық өлшеу диапазоны деп те аталады.

Ендеше, бірқатар салыстырмалы қателік δ_3 мәнін беріп, (мысалы $\delta_3 = 5, 10$ және 20%), төменгі жұмыстық диапазонымен $D_{ж}$ шектейді (3.5-сурет), яғни кез келген $D_{ж}$ шамасы жеткілікті белгіленеді.



3.5-сурет. Сезгіштік шегінің бағасы

Қорыта айтқанда, егер ӨҚ дәлдік класы біршама рұқсат етілген келтірілген қателіктің мәні орнатылады (3.7-формула), ал қателікті бағалау [34] үшін нақты өлшемі осы нүктеде абсолюттік немесе салыстырмалы қателікті білуге қажет, онда бұл жағдайда ӨҚ алынады, мысалы, 1 класс ($\gamma=1\%$) салыстырмалы қателікті өлшеу үшін $\pm 1\%$ дұрыс болады, егер жоғарғы шек x_N ӨҚ-ның өлшенген шамасы x мәнге тең болса. Қалған жағдайларда салыстырмалы қателік өлшемі мына формула арқылы есептеледі

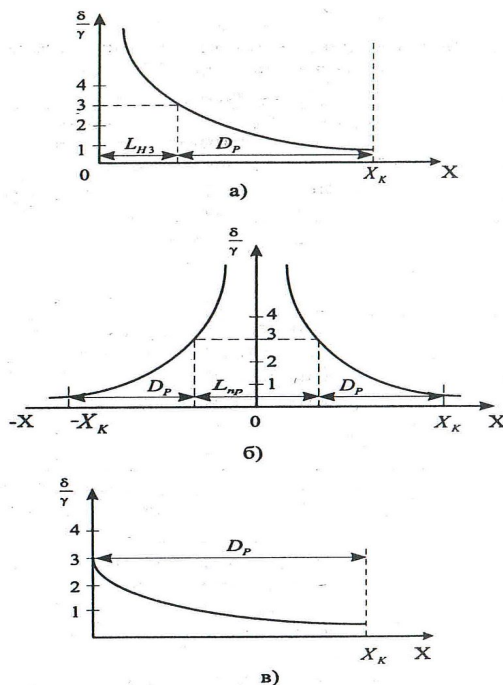
$$\delta_{\text{өлш}} = \gamma \left(\frac{x_n}{x} \right) \quad (3.8)$$

Осындай жағдайда, көрсеткішті түсіру өлшеу деген сөз емес. Өлшеу қателігін тағы бағалау керек, есепке ала отырып, кездейсоқ қателік сенімсіз нәтиже береді, ал систематикалық – дұрыс емес. Рұқсат етілген салыстырмалы қателік шамасы ӨҚ талаптар дәлдігімен $\delta_{\text{өлш}}$ есептеліп, өлшенеді. Тұрақты ықтималдылықтың абсолюттік қателігі барлық нүктеде (3.10)-формула бойынша ең үлкен болуы мүмкін. Әдетте салыстырмалы қателік жұмыстық шкала шегі келтірілген қателіктен 3 есе жоғары болуы мүмкін емес. Бұл шарттың орындалуы қатынас бойынша ӨҚ-ның тең өлшемді шкаланың, яғни бірқалыпты жұмыстық шкала диапазоны $D_{\text{ж}}$ соңғы 3, 4 оның ұзындығын алады (3.6а-сурет), екі жақты шкала сондай диапазонда бірде 3 (3.6б-сурет), нөлдік емес шкалада $D_{\text{ж}}$ барлық ұзындық шкаласы болуы мүмкін (3.6в-сурет) яғни жұмыстық емес шкала $L_{\text{ж.е}}=0$.

Бірқатар ӨҚ үшін салыстырмалы қателік өлшеу шамасынан немесе фактор атына қиын бағынышты, яғни логарифмикалық мінездеме нүктесімен жүргізіледі. Негізі бұл кеңдиапозонды ӨҚ, сандық жиілік өлшегіштер және т.б. Олар үшін МЕСТ 8.401-80 жіберілетін мөлшерлі дәлдік класы үш бөлімді формуламен өрнектеледі

$$\delta(x) = x_{\text{min}}/x + \delta_3 + x/x_K \quad (3.9)$$

x_{min} және x_K – табалдырық және сезгіштік шегі; δ_3 – салыстырмалы қателік; төменгі жұмыстық диапазонды шектейді, 3.6-сурет берілген.



3.6-сурет. Жұмыстық ӨҚ зонасының бағасы

Мысалы кең диапазонды көпірше кедергісі техникалық құжатта көрсетілген, салыстырмалы қателіктен диапазонның мәндері болмайды:

$$10^2, \dots, 10^4 \text{ Ом} - 0,5\%; 5, \dots, 10^5 \text{ Ом} - 1\%$$

$$0,5, \dots, 10^6 \text{ Ом} - 5\%; 0,2, \dots, 2 \cdot 10^6 \text{ Ом} - 10\% \text{ ж - е } 0,1, \dots, 4 \cdot 10^6 \text{ Ом} - 20\%$$

$$\delta_{(x)} = 0,5\%, x_{\min} = 0,02 \text{ Ом ж - е } x_k = 20 \cdot 10^6 \text{ Ом}$$

кез келген x салыстырмалы қателік тұрады.

$$\delta_{(x)} = [0,02 / x + 0,5 / 100 + x / 20 \cdot 10^6] \cdot 100\%$$

3.1-мысал. Құралдың шкаламен есептеу, өлшеу шегі 0–50А және тең өлшемді шкаламен 25А құрайды. Басқа түрдегі өлшеу қателігін ескермей, рұқсат етілген абсолюттік қателік шегін

бағалау осы әртүрлі ӨҚ-ның дәлдік кластарын есептейді:
0,02/0,01, 0,5 және 0,5.

Шешуі.

1. ӨҚ дәлдік класы үшін 0,02/0,01:

$$\delta = \frac{\Delta}{x} = \pm \left[c + d \left(\left| \frac{x_k}{x} \right| - 1 \right) \right]$$

онда

$$x=25; x_k=50; c=0,02; d=0,01 \text{ және } \delta\text{-в}\%$$

$$\Delta = \pm \left[0,02 + 0,01 \left(\frac{50}{25} - 1 \right) \right] = \pm 0,008A$$

2. ӨҚ 0,5 дәлдік кластары үшін:

$$\delta = \pm \frac{\Delta}{x}; \Delta = \pm 0,01 \cdot 25 \cdot 0,5 = \pm 0,185A$$

3. ӨҚ 0,5 дәлдік кластары үшін:

$$\gamma = \pm \frac{\Delta}{x_n}$$

мұнда $x=50$, онда

$$\Delta = \pm 0,01 \cdot 50 \cdot 0,05 = \pm 0,25A$$

3.4. Өлшеу жүйесінің қателігін есептеу

Өлшеу жүйесін анықтау бойынша келтірілген (3.1) ұғыну үшін арналған, өңдеулер және өлшеулік ақпардың сақтаулары барлық жағдайда әртүрлі физикалық шама әртүрлі өлшегіш арналар (ӨА).

Сондықтан өлшеу жүйесінің қателігін есептеу қателікті бағалаумен және бөлек өлшегіш арналарымен жүргізіледі.

(3.6)-формулаға сәйкес қорытындысы салыстырмалы қателік ӨА тұрады

$$\delta_{HK}(x) = \pm \left[\delta_K + \delta_H \left(\left| \frac{x_n}{x} \right| - 1 \right) \right] \quad (3.10)$$

x – ағымдағы өлшеу шамасының мәні, x_n – берілген диапазонның өлшеу арнасындағы шегі, яғни салыстырмалы қателік минимальды, δ_k , δ_n – салыстырмалы қателіктер, диапазонның басында және соңында сәйкесінше есептелген.

Қаншалықты ΘA тізбек бар екенін әртүрлі қабылдайды, сіңіре және есепке алатын буындар болса, онда $\delta_{\Theta A}$ есептеу үшін, (x) ең алдымен бағалауға керек ОКА қателігі осы m буынның σ_i .

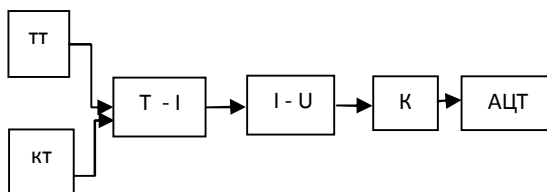
Ендеше қорытынды орташа квадраттық ауытқу (ОКА) қателігі ΘA болады:

$$\sigma_{ИК} = \sqrt{\sum_{i=1}^m \sigma_i^2 + \sum_{i=1}^m \sigma_{идоп}^2} \quad (3.11)$$

$\sigma_{кос}$ – n факторіне әсер ететін қосымша қателік; $\sigma_i = \delta_i / k_i$; δ_i – жіберілген негізгі шектік қателік, k_i – квантты қателік, анықталатын тарату заңдары және берілген интервалдағы тапсырмаларды сенімді ықтималдығы.

3.2-мысал. Күш өлшемінің арна қателігін есептеу 3.7-сурет құрылымдық сұлбада көрсетілген. Мұнда ТТ және ТК – трансформатор тоғына және кернеуге сәйкес, PP_{p1} және PP_{IU} – күштердің және тоқтың өзгеруіне сәйкес, коммутатор – К, САТ – сандық-аналогты түрлендіргіш.

Шығу мәліметтері: ТТ салыстырмалы қателік, өлшемнің бас диапазонын келтірген, $\delta_{ТТК}=0,1\%$ тұрады, ал соңы – $\delta_{ТТК}=0,5\%$, салыстырмалы қателік ТН $\delta_{ТН}=0,5\%$, ОКА қателігі өзгергіш күштердің бес құрамынан тұрады, негізгі қателіктер (1%) , пульсацияның қателігі $(0,2\%)$, қосымша қателіктер өзгерісінен $\cos\varphi(0,15\%)$, кернеу тербелісінің қоректену қателіктері (1%) және қоршаған ортаның температура тербелісінен $(0,6\%)$, $\cos\varphi=0.85$, $\delta=0.06\%$ және қоршаған ортадан температура өзгерісі, коммутатор қателігі 128 арнада үш құрамнан тұрады: ашық кілт кернеуінің берген қателіктері [1] $(0,4\%)$, жабулы кілтпен 127 каналдардың әрбіріне тоғының жүруі $(0,13\%)$ және жүк көтергіш жиіліктің пульсациясы $(0,06\%)$; $\delta_{КАТ}=0,2\%$; $\delta_{КАТ}=0,3\%$.



3.7-сурет. Күшті өлшеу үшін арналар

Шешуі.

1. Есепке ала, заң үлестірім қателіктері белгісіз, бір қалыпты оны қабылдаймыз ($k=1,73$) және (3.11)-формула бойынша $\delta_{ТТН}=0,29\%$ және $\delta_{ТТК}=0,6\%$ табамыз;

2. Трансформатор кернеуі үшін $\delta_{ТТН}=\delta_{ТТК}=0,5\%$. Алдыңғы шартты қабылдай отырып $\delta_{ТТН}=\delta_{ТТК}=0,29\%$;

3. Кернеу тербелісі үшін $\delta_{PIU}=\delta_{PIK}=\delta_{PI}$.

Онда $\sigma_{PI} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \sigma_i^2} = \sqrt{1^2 + 0,2^2 + 0,15^2 + 0,1^2} = 1,06\%$.

Мұнда төңіректегі температура тербелістерінің қателігі есептік емес, бұл қатты түзеген қателік ($\rho=1$) түрлендіргіш қателікпен ПР ол $\sigma_{PI} = 0,06\%$ тұрады. Бұл жағдайда ОКА қателігі алгебралық қалыптасады $\sigma_{доп} = \sigma_{PI} + \sigma_{PI} = 0,66\%$ және бұл түрлендіргіштердің жиынтық қателігінде енді есепке алынады.

Сондықтан ПР басқа қателігі болмайды, онда барлық түрлендіргіштердің қателігін құрайды:

$$\sigma_{ПП} = \sqrt{\sigma_{PI}^2 + \sigma_{доп}^2} = \sqrt{1,06 + 0,66} = 1,3\%.$$

4. Коммутатор үшін $n=1$ шартын қабылдай отырып

$$\sigma_K = \frac{1}{1,73} \sqrt{0,4^2 + 0,13^2 + 0,06^2} = 0,24\%.$$

Осыдан, $\sigma_K = \sigma_{КН} = \sigma_{КК}$.

5. САТ бойынша салыстырмалы қателіктер. Заң бойынша олардың бір қалыпты үлестірілуін аламыз

$$\sigma_{АЦПН} = 0,2/1,73 = 0,13\%; \sigma_{АЦПК} = 0,3/1,73 = 0,17\%.$$

6. Нақты ОКА ӨА диапазон соңында тұрады

$$\sigma_{HK_{\Sigma}} = \sqrt{0,06^2 + 0,29^2 + 1,30^2 + 0,24^2 + 0,13^2} = 1,37\%,$$

Ал басы үшін

$$\sigma_{HK_{\Sigma}} = \sqrt{0,29^2 + 0,29^2 + 1,30^2 + 0,24^2 + 0,17^2} = 1,71\%.$$

7. Квантты коэффициентті қолданып $k=1,95$ сенімді ықтималдықтар $P=0,95$, нақты басы және соңғы диапазон үшін ӨА аламыз $\delta_{\Sigma}=1,95*1,37=2,66\%$ және $\delta_0=1,95*1,71=3,32\%$.

$$\delta_{HK}(x) = \pm \left[2,5 + 3 \left(\left| \frac{x_{\Pi}}{x} \right| - 1 \right) \right].$$

Бұл қателіктердің есептік мәні қор коэффициентіне [12] көбейту шығады, ӨА элементтердің есепке алатын ескіруі. Әдетте ӨА қаралған буыны үшін ескіру жылдамдығы жоғарыламайды жылына 0,1% .

3.5. Сандық өлшем құралдарының метрологиялық сипаттамасы

3.5.1. Жалпы жағдайлар

Сандық өлшем құралдары [8] (СӨҚ) түсінігінде көрсеткіштің сандық есебін қарастыратын немесе өлшем ақпараттарының сандық түрлендіргіштерінің құралдарын айтады: сандық өлшем құрылғылары (құралдар) – СӨҚ, ақпараттық есептеуіш кешендер – АЕК, сандық өлшеу түрлендіргіштері – СӨТ.

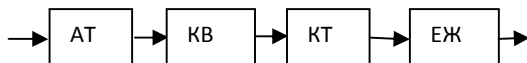
СӨҚ-ның метрологиялық сипаттамасының кешені олардың тағайындалуына байланысты қойылады. Егер ол ӨҚ-на жатса, онда оның негізінде МЕСТ 8.900-84, МЕСТ 8.401-80, РД 50-453-84 жатуы керек. Егер ӨҚ автоматтандыру құралы бо-лып табылса, онда басқа стандарттар қолданылады.

Сандық өлшем құралдары көбіне өлшем шамаларының сызықтық түрлендіргіштері сипаты, яғни СӨҚ-ның көрсеткіштері өлшем шамасының сандық мағынасына немесе берілген

шамадан ауытқуына пропорциональды болып келеді. Түзу, жанама немесе жиынтық өлшемдер үшін ӨҚ бір шекті, көп шекті және аралас болып бөлінеді.

СӨҚ-ның қорытылған құрылымды сұлбасына (3.8-сурет) аналогты түрлендіргіш (АТ), түрлендіргіш (Т) және есептік құрылғы (ЕҚ) кіреді.

Сұлбада (3.8-сурет) сандық өлшем құралдары (СӨҚ)-ы жұмысының берілген сапасын қамтамасыз ететін қажетті синхрондаушы блок, басқару, жад және басқа блоктар мен құрылғылар көрсетілмеген. Ерекше жағдай кванттаушы аналогты квант белгісін деңгейіне (немесе уақытына) байланысты жүзеге асырады.



3.8-сурет. Сандық өлшем құралының блок сұлбасы

Негізінен алғанды сандық өлшеу құралдары шаманы өлшеуді үш операциялық жолмен жүргізеді – деңгей бойынша кванттау, уақытты дискретизациялау және кодтау. Деңгей бойынша кванттаудың мәні сонда, ол x_n (төменгі), x_v (жоғарғы мәні) қаралатын диапазондағы белгінің шексіз көп нүктелерінде түпкі және есепті көп кодтар сәйкесінше қойылады [8;55].

Уақытқа байланысты дискретизацияның артықшылығы сонда – ол берілген уақыт моментімен периодты (дискретті) түрде жүзеге асады. Мысалы цикл генераторы. Белгінің берілу моментінен кодты алған моментке дейінгі уақыт шегін уақыт циклі деп атайды.

СӨҚ-ның іс-әрекет принципі оның кванттаушының іс-әрекет принципімен анықталады: уақыт – импульсті СӨҚ уақыт кванттаушы шегінен тұрады, жиілік – импульсті СӨҚ кванттаушы жиіліктен тұрады, импульсті код (немесе разрядты теңесу) СӨҚ тұрақты ток немесе кернеудің квантаушысынан тұрады. Кванттаушылардың комбинациялары да кездеседі.

Негізгі жағдайда СӨҚ құрылғысының есебі көрсетілген.

$$y=qu \quad (3.12)$$

мұндағы q – (квант, деңгей) өлшем шамалары бірлігінің квантты қадамы. Константа q – x өлшем шамасының, кіріс кодының және СӨҚ-ты анықтайтын сезімталдылықтың арасындағы байланысты орнататын СӨҚ-ның маңызды метрологиялық сипаттамасы ($S=1/q$).

q шамасын код разрядының ең кіші шамасының номиналды бағасы деп те атайды. Әдетте:

$$q=k10^m$$

мұнда k – 1,2 немесе 5; m – кезкелген сан (оң және теріс) немесе нөл.

Мұндай атау әдетте квантты $q=\mu$ деңгейдің номиналды мәні $k=1$ кезінде болады, осында μ - N кіріс кодының ең кіші разряд бірлігінің бағасы. Мысалы, $k=2$ кезінде, өлшеу нәтижесін көрсететін ең кіші ондық разряд санында тек төрт сан мен нөл көрсетіледі. Егер $k=5$ болған жағдайда тек 0 мен 5 көрсетіледі. $k=5$ болған кезде квант ең кіші разрядты бірлік санынан 5 есе көп болады ($q=5\mu$).

Әрбір ӨҚ СӨҚ-ында 0 және 9 сандарына сәйкес келетін кіріс белгісінің мүмкін болатын жағдайын көрсететін ондық разрядының нақты мөлшері көрсетілген. Онда ЕЖ-де пайда болатын ең үлкен сан $N_{\max}$ сол разрядтарда 999-ды құрайды, ал төрт кезінде 9999 және т.б. Бағыттаушы ӨҚ-ның аналогы бойынша $N_{\max}$ санын ұзын сандық шкала деп атайды екен.

N_q кванттар саны $k=1$ болған кезде $N_{\max}$ мен сәйкес болады. Сонымен $N_q=1k$ және N_q сандарын СӨҚ қасиеттеріне рұқсат берушілер дейді, яғни ол 1:999 сияқты қатынасты құрайды. $N_{\max}$ шамасы үлкен разрядты толық қолданған кезде де СӨҚ-ның разрядтылығын анықтайды:

$$N_{\max}=c^n-1$$

мұндағы c – санаудың негізгі жүйесі, n – разрядтар саны. Мысалы $c=10$ және $n=4$ кезінде $N_{\max}=10000-1=9999$.

$X_{\max}$ өлшеу диапазонының жоғарғы шегінде берілген кезде

$$N_{\max}=X_{\max}$$

СӨҚ-тың қателіктерін есептеу анализінде статистикалық және динамикалық екі режим қарастырылады [10,55].

Динамикалық режим кезіндегі қателікті есептеу тек СӨҚ қасиеттеріне ғана емес өлшеу белгісінің қасиеттеріне, мысалы СӨҚ-ға берілетін өзгері спектрінің $x_{\text{вх}}$ жиілігіне де байланысты. Сондықтан, динамикалық режимдегі өзгеру қателігіне СӨҚ динамикалық режимнің әсері кезінде динамикалық қателік түсінігі қолданылмайды, ал оның ауыспалы сипаттамасын беретін, СӨҚ-ның өзінің динамикалық сипаттамасы қаралады.

3.6. Метрологиялық сипаттамаларды нормалау (МСН) модельдері.

Метрологиялық сипаттамаларды нормалау жүйесінің негізінде өлшеу қателіктерін және оның нақты мәнін адекватты бағалау принципі жатыр, ол нақты бағасы «жоғарғы баға» шарты бойынша жүзеге асырылады. «Төменгі баға» әрқашан қауіпті, өлшеу ақпаратының сенімсіздігіне алып келеді. Мұндай жолды былайша түсіндіруге болады, МС дәл нормалау көптеген ескерілмейтін әсер етуші факторларға (олардың білмеушілігі және оларды анықтайтын аспаптың жоқтығы салдарынан) бола мүмкін емес екендігін еске алу керек. Сондықтан белгілі дәрежедегі нормалау сипаттаманың толық сипатталуын болдыру және мұны жүзеге асыру мүмкіндігі аралығында ымыраға келуде ерікті актпе, нақты шарттарда белгілі тәжірибелі-теориялық шектеулер және оңайлық пен инженерлік әдістердің көрнекілігі талаптарында іске асыру болып табылады. Басқаша айтқанда МС нормалау және күрделі сипаттау әдістері өмірге кабілетсіз [28,30].

Тұтынушы орталықтандырылған мәліметтерге НТҚ-дан типтік МС туралы мәлімет алады және де өте сирек, ерекше жағдайларда өз бетімен ӨҚ жеке сипаттамаларына тәжірибелік зерттеу жүргізеді. Сондықтан да ӨҚ МС мен өлшеулердің аспаптық қателіктері арасындағы өзара байланысты білу өте маңызды. Бұл ӨҚ МС бір кешенін білу арқылы, ортақ өлшеу қателігін құрайтын күрделі мәселелері мен өте қиын есептеулердің қосындысының біреуін алмағанда өлшеу қателігін тікелей табуға мүмкіндік береді. Алайда оған нақты ӨҚ метрологиялық сипатта-масының көптеген ӨҚ метрологиялық қасиеттерінен

айырмашылығы кедергі болады. Мысалы берілген ӨҚ жүйелік қателігі детерминделген шама болып табылады, ал ӨҚ жиынттығы үшін – бұл кезкелген шама.

Кезкелген жағдайда метрологиялық сипаттамаларды нормалау (МСН) кешені ӨҚ өзгеруінің белгілі шарттарында өлшеу қателігінің аспаптық құраушыларын бағалауды және өлшенетін шаманың өзгері сипатын қамтамасыз ету керек. Олай болса, МСН кешені нақты ӨҚ қолданудың шынайы шарттардың талаптарына сүйене отырып орнатылуы керек. Осы негізде барлық ӨҚ екі функционалдық категорияға бөлеміз:

– басқа да өлшеу, түрлендіргіш, есептеуіш тіркеуші және басқарушы құрылғылармен біріге отырып қолданылатын ӨҚ.

Мұндай күрделі ӨҚ қателік өлшеу каналынан оның өту өлшемі бойынша бірқатар түрлендіруге ұшырайды.

– шығысына басқа құрылғыларды байланыстыруға болмайтын, көрсететін немесе тіркейтін аспап ретінде жекелей қолданылатын ӨҚ. Әлбетте МСН кешені осы категориялар үшін әртүрлі, өйткені, мысалы екінші категория үшін динамикалық сипаттамаларды нормалау артық. Онда МСН кешенін күрделендіру дәрежесін есепке ала отырып ӨҚ барлық түрін үш топқа сыныптауға болады:

а) Өлшемдер мен аналогті сандық түрлендіргіштер (САТ);

б) Өлшегіш және тіркеуші аспаптар;

в) Аналогты (АТ) және сандық өлшеу түрлендіргіштері (СОТ).

ӨҚ бірінші және үшінші топтары үшін ӨҚ кірісі мен шығысына қосылған құралдармен өзара байланыс сипаттамалары және де шығыс белгісінің ақпараттанбаған параметрлері нормалануы керек. Сонымен қатар үшінші топ үшін түрлендірулердің (х) номиналды функциясы және толық динамикалық сипаттамалардың нормалануы қажет (ӨҚ екінші тобында оны талмастыратын шкала немесе басқа градуирленген есептік құрылғы).

Екінші топтағы ӨҚ үшін көрсетілген сипаттамалар тіркеуші аспаптарды қоспағанда, мағынасыз болып табылады, олар үшін толық немесе бөлшектік динамикалық сипаттамаларды нормалау лайықты.

Метрологиялық сипаттамаларды нормалау (МСН) сандық өлшеу құралы (СӨҚ) кешеніне кіреді:

I. СӨҚ (көрсеткіш немесе код) шығыс белгісі бойынша өлшенетін шаманың мәнін анықтауға мүмкіндік беретін сипаттамалар – сандық өлшеу құралдары (СӨҚ) коды немесе ең кіші көрсеткіштер разрядының μ бірлігінің номиналды бағасы.

II. СӨҚ қарапайым шарттарда өлшеу қателіктерін құрамдарын есептеуге (бағалауға) мүмкіндік беретін сипаттамалар. Бұл квантталудың номиналды деңгейі q (егер ол μ тең болмаса), негізгі қателіктің шақтама шегі Δ_{op} , жүйелік құраушылардың шақтама шегі A_{sop} , ОКА негізгі қателіктің кездейсоқ құраушылары τ_{op} шақтама шегі және қарапайым жағдайларда шақтама вариациясының H_{op} шегі.

III. Жұмыс жағдайындағы СӨҚ негізделген өлшеу қателіктерін құраушыларын есептеуге (бағалауға) мүмкіндік беретін сипаттамалар. Бұл әсер ету функциясы немесе қателіктің шақтама шегі, объектпен СӨҚ-дің өзара байланысының сипаттамасы, динамикалық сипаттамалар.

Δ_{op} және H_{op} сипаттамаларын x_k диапазонында жоғарғы шегінен пайызбен көрсету немесе квантталудың номиналды деңгей мөлшерімен көрсету қабылданған.

Кең таралған жазба формасы ЦСИ дәлдік класы болып табылады:

$$\delta_{op} = [\chi + \delta \left(\left| \frac{x_k}{x} \right| - 1 \right)] \quad (3.13)$$

мұндағы c және d – (3.6)-формула бойынша тұрақты коэффициенттер, x_k – өлшеу диапазонының ақырғы мәні, x – кезекті мән.

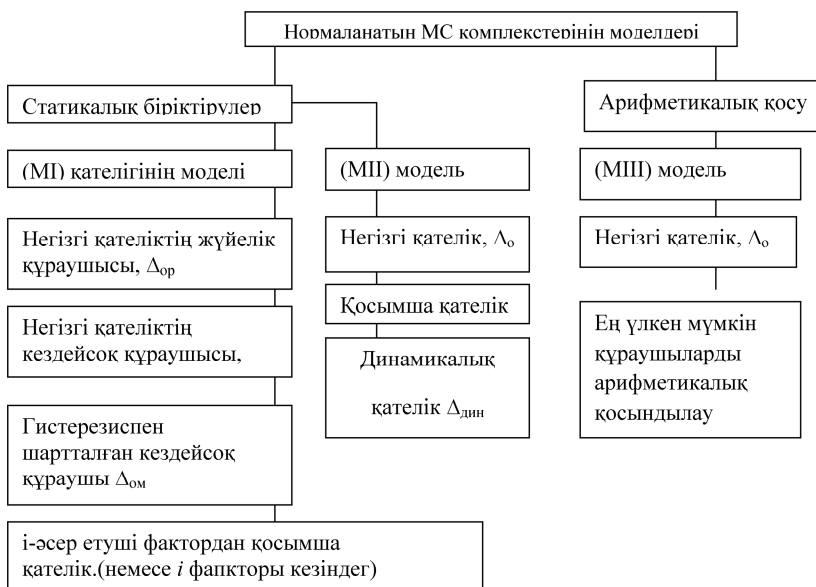
$$\delta_{op} = \pm [(a + b)x_k / x]$$

мұндағы $b=d$, $a=c-b$.

Шетелдік СӨҚ-ге сәйкес символдық жазба: $\Delta_{op} = \pm [a(\%)x + b(\%)x_k]$, оқылуы былай: қателік мәнінің шақтама шегі $a(\%)$ тең өлшенетін шаманың мәні $b(\%)$ қосылған өлшеу диапазонының жоғарғы шегінің мәні.

МЕСТ 8.009-84 МСН комплекстерінің негізгі екі формалау модельдерін (МІ және МІІ) қарастырады (3.9-сурет),

қателіктердің статистикалық біріктіруіне негізделген, ӨҚ қателігінің пайда болуының екі моделіне сәйкес.



3.9-сурет. МСН кешендерінің моделдері

II модель ӨҚ үшін қолданылады, кездейсоқ құраушы қателіктерді елемеуге болады. Бұл модель ӨҚ кездейсоқ құраушы қателіктердің есептеу шектерінде ең үлкен мүмкін мәндерін есептеуден $P=1$ ықтималдығын кепілдендіру үшін ӨҚ қателігінің шығысын болдырмаудан тұрады. II модель барынша жауапкершілікті өлшеулерде, техникалық және экономикалық факторларды, мүмкін апаттық жағдайлар, адам денсаулығына зияны және т.б. ескере отырып қолданылады. Егер құраушылар саны үштен асып кетсе, бұл модель дәрекі (сирек кездесетін құрау-шыларды қосу есебінен), бірақ ӨҚ негізгі қателіктерінің «жоғарғы» сенімді бағалауды береді.

I модель ӨҚ негізгі қателігін $P<1$ ықтималдығымен, сирек жүзеге асатын құраушы қателіктерді ескермегендіктен тиімді бағалай аламыз. Осылайша МСН кешені I және II моделдер үшін қателіктің мәнін ескере отырып, жекелей құраушыларын

статистикалық біріктіруді қарастырады. Бірақ кейбір ӨҚ-да мұндай ста-тистикалық біріктіру тиімсіз. Бұл үлгілік ӨҚ қалыптыға жақын жағдайларында ақырын өзгертін процестерді өлшейтін дәл зертханалық өндірістік (технологиялық процестерде) ӨҚ, оны қолдану кезінде орталандыру арқылы көпреттік бақылау жүргізілмейді. Аспаптық үшін (III модель) мұндай аспаптарда құраушы жекелей қателіктің ең үлкен мүмкін мәндері олардың негізгі қателігі немесе арифметикалық қосындысы қабылдануы мүмкін.

Құраушы қателіктің ең үлкен мәнін арифметикалық қосындылау, егер мұндай құраушылардың саны үштен кем емес болған жағдайда мүмкін. Мұндай жағдайда жалпы аспаптық қателікті бағалау статистикалық қосындалаудан мүлдем айырмашылығы болмайды. Осылайша ӨҚ МС екі тобын таңдауға болады:

Бірінші – I моделге сәйкес ӨҚ қателігі және бірден кіші (бірге жақын) ықтималдықта, өлшеу қателігінің құраушысы аспаптық интервалын есептеуге мүмкіндік береді;

Екінші – II және III моделдерге сәйкес келетін, бірге тең ықтималдықта есептеулер жүргізуге мүмкіндік береді.

МСН кешенін орнату ӨҚ қателігінің моделін таңдаудан басталады. МСН таңдауда сандық критерий бір модельге сәйкес оларды қолданудың нақты жағдайларына тәуелді орнатылады (3.9-сурет). Мұнда қосымша қателіктің өзі барлық жеке факторларға (шамаға) әсер етуші қосымша қателіктің қосындысы болып табылады.

Модельдің түріне байланысты өлшеудің құраушы қателігінің аспаптық есептеу әдістері қолданылады. Негізгі қателіктің ең үлкен мәні $\Delta_{0\max}$ тең:

$$\Delta_{0\max} = \Delta_{\text{osp}} + 2\sqrt{\sigma^2 \left[(\Delta_{\text{os}})^2 + \frac{H_0^2}{12} \right]}$$

мұндағы Δ_{osp} – негізгі қателіктің жүйелік құраушысының шақтама шегі, $\sigma^2 \left[\Delta_{\text{(os)}}^2 \right]$ – негізгі қателіктің кездейсоқ құраушы ОКА, H_0 – қарапайым жағдайлардағы вариация көрсеткіштері (гистерезис). Δ_{os} кездейсоқ қателігі гистерезистен қалыпты жағдайларда $\Delta_{\text{osmax}} = [0,5H_0]$ тең болатын, ең үлкен мәнге ие болады.

Δ_{OSP} шамасы I модель үшін нақты ΘQ мінсіз дәлдікте жасалуы мүмкін емес болғандықтан барлық жағдайда нормаланады.

Δ_1 құраушыларының бірі Δ_0 қателігі басқа Δ_2 -ден 20%-ға кіші болса (яғни $\Delta_1 < 0,2 < \Delta_2$), онда оны әрқашан ескермеуге болады. Олай болса, негізгі қателіктің құраушыларын жүйелікпен салыстыра отырып ескермеуге болады, егер де

$$0,2\Delta_{OSP} > 2 \sqrt{\sigma^2[\dot{\Delta}] + \frac{H_0^2}{12}}$$

Өз кезегінде түбірдегі кездейсоқ қателіктің құраушылары басқа құраушыдан 10%-ға кем болса, онда оны ескермеуге болады.

Көрсетілген жорамалдарға сүйене отырып, құраушы қателіктерді нормалау критерийлерін 3.4-кесте бойынша аламыз. Оған қоса 1-кестедегі бірінші теңсіздіктерге сәйкес сақталып, кез келген екінші теңсіздік орындалмаса, онда $\delta[\Delta]$ да, H_0 де нормаланбайды.

3.4-кесте

Құраушы қателіктерді нормалау критерийлері

Нормаланатын құраушылар	Аналогті ΘQ және САТ	СӨТ және АСТ
$\sigma[\dot{\Delta}_0]$	1) $\sigma[\dot{\Delta}_0] / H_0 \geq 0,9$; 2) $\sigma[\dot{\Delta}_0] / \Delta_{OSP} \geq 0,1$	$H_0 \leq 0,3q_{\sigma}$
H_0	1) $\sigma[\dot{\Delta}_0] / H_0 < 0,1$; 2) $H_0 / \Delta_{OSP} \geq 0,3$	$\sigma[\dot{\Delta}_0] \leq 0,1\sqrt{H_0^2 + q_{\sigma}^2}$
$\sigma[\dot{\Delta}_0]$ и H_0	1) $0,1 \geq \sigma[\dot{\Delta}_0] / H_0 < 0,9$; 2) $\sigma[\dot{\Delta}_0] / \Delta_{OSP} >$ $> \frac{1}{\sqrt{100 + 8,3(H_0 / \sigma[\dot{\Delta}_0])^2}}$	Егер шарттар орындалмаса

Б.СӨҚ және АСТ сандық тіркеуші және өлшеу аспаптары
Бұл ΘQ үшін:

$$\Delta_{0\max} = \Delta_{\text{osp}} + 2\sqrt{\sigma^2 [A_0] + \frac{H_0^2 + q_{\text{sf}}^2}{12}} \quad (3.14)$$

мұндағы q_{sf} – кванталудың номиналды деңгейі (код разрядының ең кіші бірлігі). Ол барлық жағдайда Δ_{osp} сияқты түгелімен нормаланады. Бірақ егер q_{sf} сәйкес келетін Δ_{osp} немесе H_0 кіші болса, онда ол сандық өлшеу түрлендіргіші мен аналогты сандық түрлендіргішті (АСТ) дұрыс таңдалмауын көрсетеді, өйткені бұл жағдайда квантталу өлшемі аналогты ӨҚ салыстырғанда тәжірибелік түрде олардың артықшылықтарын қолдануға мүмкіндік бермейді. Мұның себебі $\Delta_{\text{osp}} > 5q_{\text{sf}}$ шығыс кодының (көрсеткіштерінің) соңғы разрядтарының мәні болмайды.

Бұл модель кездейсоқ құраушылары аз ӨҚ үшін қолданылады.

Аналогты ӨҚ мен АСТ негізгі қателіктерінің сипаттамаларын нормалау кезінде оны қосымша қателік ретінде құраушыларға жіктемесе H_0 вариациясы шығады. Ондай жағдайда, негізгі қателіктің ең үлкен мәні

$$\Delta_{0\max} = \Delta_{\text{os max}} + H_0/2$$

мұнда $\Delta_{\text{os max}}$ – берілген ӨҚ түрі үшін мүмкін болатын қателіктің жүйелік құраушысының ең үлкен мәні, II модель үшін нормаланбайды.

Вариация $H_0 \geq 0,4 \Delta_{\text{os max}}$ болған жағдайда орындалады.

СӨҚ және АСТ үшін

$$\Delta_{0\max} = \Delta_{\text{os max}} + H_0/2$$

вариация орындалады, егер $H_0 \geq 0,2q_{\text{sf}}$.

Кіріс белгісінде формасы жиілік қасиеттері бойынша осы белгіні өзгертетін ақпараттанбаған параметрлерді ерекшелеуге болады. Мысалы импульстік вольтметрде – бұл импульстің ұзақтылығының қателігі, оның түсуі болып табылады. Осы қосымша қателіктер шектерінің көрсетуімен немесе ақпараттанбаған параметрге тәуелді түрінде, яғни өлшеу нәтижесіне түзету енгізу арқылы норма-лануы керек.

Қосымша қателіктер Δ_{gi} әртүрлі әсер етуші шамалармен шартталған, айырмашылықтары 30% жоғары емес болса шамалас болып табылады. Онда екі жағдайдың біреуі мүмкін болады:

- барлық қосымша қателіктердің $\Delta_{gi \max}$ ең үлкен мәндері бір бірімен шамалас болып келеді;
- қосымша қателіктердің арасында жеке, ең үлкен мәні 30% аз болатын мәндер кездеседі.

Бірінші жағдай үшін сезімталдық сипаттамаларын нормалау қажетті болады, егер жұмыс жағдайында барлық қосымша қателіктердің ең үлкен мүмкін мәндерінің қосындысы 20% тең немесе асып кетсе қалған құраушылылардың қосындысы:

$$\sum_{i=2}^n \Delta_{gi \max} \geq 0,17 \Delta_{Mi \max} \quad (3.15)$$

мұндағы $\Delta_{Mi \max}$ – қолданудың жұмыс жағдайында ӨҚ қателігінің мүмкін болатын ең үлкен мәні, негізгі, қосымша және динамикалық қателіктерді қосқанда n – қосымша қателіктердің саны.

Егер екінші жағдайда шамалас қателіктердің l қосындысы $\Delta_{gi \max}^H$ шартын қанағаттандырса

$$\sum_{i=2}^n \Delta_{gi \max}^H < 0,17 \Delta_{Mi \max}$$

онда олардың мәні аз болып табылады.

Ұқсас жағдайда ӨҚ динамикалық қателіктерін нормалау шарты мынадай түрде болғанда ескеріледі:

$$\geq 0,17 \Delta_{Mi \max}$$

3.7. Өлшем құралдарының динамикалық қателіктерін нормалау

ӨҚ динамикалық сипаттамаларын (ДС) нормалау белгінің кез келген өзгерістері кезінде өлшеу қателіктерін бағалауды жүргізуге мүмкіндік беруі қажет. Сонымен бірге, осы сипаттамалар жеткілікті түрде қарапайым тәсілдермен тексеріліп, қадағалануы

және тәжірбие жүзінде анықталуы керек. Алайда, ДС жауап беретін негізгі талаптары арқылы ӨҚ қолданудың жұмыс жағдайында өлшеудің динамикалық қателіктерін анықтай алу мүмкін болуы керек [33,34].

ӨҚ динамикалық қасиеттері өлшеу қателігінің динамикалық құраушыларына ғана әсер етпейді, сондай-ақ статистикалық қателіктерді өзгерте алады, мысалы өлшеу жүйелерін, егер ӨҚ олардың комплектіне кірген жағдайда.

МЕСТ 8.009-84 [7] нормаланатын ДС толық және жеке кешендерін орнатады (3.22-сурет). Толық ДС ретінде, сызықтық сияқты қарастырылатын ӨҚ үшін келесі сандардың біреуі таңдалынады.

Өтпелі $h(t) = \int_0^1 g(\tau) d\tau$, импульстік $g(t)=dh(t)/dt$, амплитуда-
 фазалық $G(j\omega) = \int_0^\infty g(t)e^{-j\omega t} dt$ немесе амплитудалық жиілікті $A(\omega)=G^{-1}(j\omega)\exp[j\psi/(\omega)]$, сипаттамалар, өткізгіш функция $G(S) = \int_0^\infty g(t)\exp(-St)dt$.

Осы сипаттамалар бір-бірімен өзара байланысқандықтан, әрбір жағдайда алуға және бақылауға жеңіл болатын біреуін ғана нормалайды. Тікелей әдістермен анықтаған өте жеңіл болып табылады. Бұл жағдайда стандартты сынау белгілерін пайдалану кезінде (деңгейлік, импульстік, гармоникалық) зерттелетін ӨҚ үндесуі өткізгіш импульстері немесе жиілікті сипаттамалармен сәйкес келеді. Тікелей әдістердің негізгі жетіспеушілігі алынған сипаттамалардың бағалауы аналитикалық сипаттаусыз графиктер мен кестелер түрінде.

Жанама әдістер нормаланған ДС үшін аналитикалық формула алуға мүмкіндік береді. Мысалы кірістік және шығыстық белгінің белгілі аппроксимациясы үшін импульстік өтпелі сипаттама мына теңдік арқылы анықталынады:

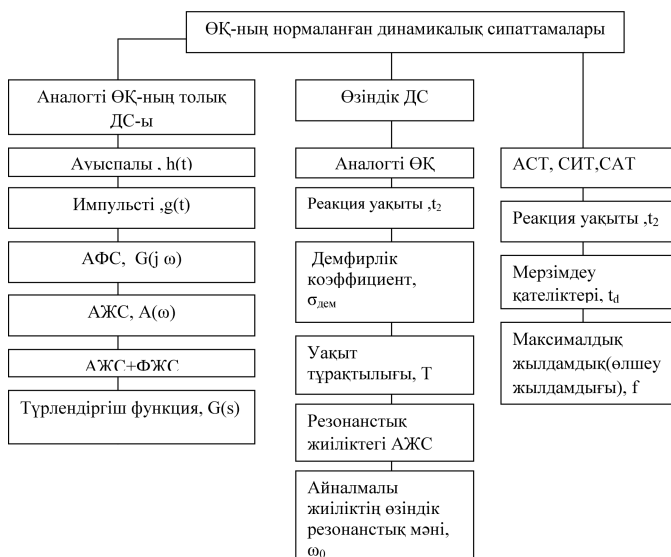
$$y(t) = \int_0^t g(t-\tau)x(\tau) d\tau$$

Алайда, бұл теңдікті шешу тұрақты емес: $x(\tau)$ белгінің аз мәнінде тіптен аз қателікте бағалау қателігін анықтау $g(t)$

мүмкін болады. Сондықтан импульстік функцияны бағалау негізінде (3.28)-формула бойынша жақындатылған есептеу арқылы сандық модельдеу кезінде қолданылады. Сандық болсын, аналогты болсын ӨҚ динамикалық құраушыларын модельдеу үшін амплитудалық фазалық сипаттамалар (АФС) және өткізгіш функциялар ең ыңғайлы болып табылады. Жеке алып қарағанда ӨҚ (күшейткіштер, коммутатор, АСТ және т.б.) бірізді байланыс кезінде ИС өлшеу каналының ИС есептеу үшін ИС өткізгіш функциясы ӨҚ өткізгіш функцияларының құраушыларының туындысы ретінде орналасады, параллель болса, олардың қосындысы ретінде, ал кері байланыстар болған жағдайда 2.5-кестедегі формула бойынша табылады. Бұл АФС-ға да қатысты.

ИС сипаттамасының импульстік өткізгіштігін [4] анықтау ӨҚ бірізді байланысы кезінде орамдар теңдеуі бойынша жүзеге асырылады, ал параллель болғанда – импульстік функциялардың қосынды теңдеуімен анықталады.

Толық ДС өзгеретін кіріс белгілерінің жұмысы үшін арналған ӨҚ барлық түрін нормалайды. Ерекшелікті электронды осциллографтар құрайды, олар үшін жеке ДС нормалануы рұқсат етіледі.



3.10-сурет. ӨҚ нормаланған динамикалық сипаттамалары

АСТ [8] сызықтық емес ӨҚ болып табылады, сондықтан олардың ДС кез келген бір толық ДС сипаттау сияқты сызықтық ӨҚ үшін де мүмкін емес. Жеке ДС барлық кешенін екі топқа жіктеуге болады. Бірінші топқа уақытша ДС түрлендіру процесінің ең үлкен ұзақтығын анықтайтын және АСТ дұрыс қолдану үшін өлшеу жүйелерінің құрамында: түрлендіру уақыты, іске қосудың кешігу уақыты t_3 (кірістік құрылғылардағы өткізгіш процес уақыты), кодтау циклінің уақыты t_k . Екінші топқа динамикалық режимде қателік шекараларын бағалауға мүмкіндік беретін ДС жатады: есептеудің кешігу (озу) уақыты, амплитуда-жиілікті сипаттамасының біркелкі еместілігі (АЖС). Келтірілген сипаттамалар жиынтығы кірістік белгі туынды түрі кезінде сызықтық емес ӨҚ динамикалық қателігін бағалау үшін толыққандылыққа ие болады.

Түрлендіру уақыты (немесе реакция уақыты, көрсеткіштерді орнату уақыты) T_{np} – кіріс кезіндегі белгінің статистикалық қателік мәні номиналдыдан аз болмаса көп болмайтын, ер тоқым тәріздес кіріс белгісі түрлендіргішінен бастап моментке дейінгі периодты. Бұл уақыт кодтау циклінің уақыты мен іске қосу уақытының кешігуінен туындайды (АСТ үшін). Кодтау циклінің уақыты кодқа аналогтық белгінің түрлену процесінің ұзақтылығын сипаттайды. Ол белгі сипатына тәуелсіз және тұрақты сынақ белгісі кезінде анықталады.

Белгінің лездік мәнінің бекітілуі кезінде түрлендіру нәтижесін (есептеу) нақты уақыт мезетіне (берілген есептеу мезеті) жатқызады. Алайда, нақты алынған код әрқашан басқа уақыт мезетіне сәйкес келеді (есептеу нақты мезеті).

Берілген мен нақты есептеу мезеті аралығындағы уақыт есептеудің $t_{3.0}$ кешігуінен (озуынан) танылады, ол белгінің өзгеру жылдамдығымен бірге белгінің өзгеруімен туындайтын қателік мәнін анықтайды. $t_{3.0}$ уақыты көп жағдайларда кіріс белгісінің өзгеру жылдамдығы мен диапазонына тәуелді болады; оны мақсатты түрде екі сипаттамалар кешенімен нормалау: жүйелік құраушы t_c (түзету аналогы), жоғарыда аталып өткен факторларға тәуелсіз, уақыт бойынша таза жылжудың физикалық мәніне ие, t_d мерзімдеу уақыты, уақыттық анықталмағандықты көрсетеді.

Сандық ӨҚ (СӨҚ) динамикалық қасиеттері екі жағдайда өлшеу нәтижесіне әсер етеді: уақыт бойынша кейбір шамаға тәуелді СӨҚ көмегімен зерттеу кезінде және өлшеу шамаларын коммутирленген СӨҚ жұмыс кезінде.

СӨҚ кіріс белгісінің түрленуінің соңғы уақытының болуы өлшеу нәтижесін жатқызатын уақыт мезетін бекітілуінің нақты еместігіне алып келеді. Ережеге сәйкес, нақты болмау цикл уақытынан асып кетеді, бірақ есептеуді мерзімдеу қателігі (немесе апертуралы уақыт) – динамикалық қателік тудырады.

Мерзімдеу қателігінің туындау принципі 3.11-суретте көрсетілген. Мұнда $x(t)$ – уақыт бойынша өзгертін өлшенетін шама; $t_1... t_n$ – СӨҚ іске қосу мезеті. Мерзімдеу қателігінің салдарында есептеу $t_1... t_n$ уақыт мезеттерінде жүзеге асады, ол $\Delta_1.... \Delta_n$ өлшеу қателіктеріне алып келеді.

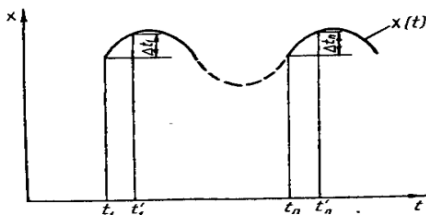
$$\Delta_i = |x(t) - x(t_i)|; \dots; i = |x(t) - x(t_n)|$$

Әрбір СӨҚ көшірмесінде есептеуді мерзімдеу қателігі оны нормалау кезінде статистикалық сипаттамаларын мақсатты түрде көрсетпесе тұрақты бола алмайды. Әдетте, іске қосу жиілігін $\omega_z > 1/T_{\text{пр}}$ ретінде таңдайды, олай болса, $t_{3.0}$ берілген t_0 мен нақты t_0 аралығындағы уақыт интервалын есептеу моментін сипаттайды (3.11-сурет).

Динамикалық қателік (δ_g) – бұл көрсетілген уақыт аралығында белгінің өзгеруі:

$$\delta_g \leq \frac{t_d x(t_0)}{x(t_0) + \Delta_n} 100\%$$

мұндағы $x(t_0)$ - t_0 уақыт мезетіндегі белгі, жүйелік кешігуге түзету.



3.11-сурет. Мерзімдеу қателігін формалау

$$\Delta_n = t_{3,0} x(t_0)$$

Егер кіріс белгісінің $x_{\max}$ – ең үлкен мәні $x(t)$ белгілі болса және $x(t)$ функциясының спектралды тығыздығының жиілік қимасы белгілі болғанда, онда

$$\delta_g \leq \frac{\omega_c t_d |x_{\max}|}{x(t_0) + \omega_0 t_{3,c} |x_{\max}|} 100\%.$$

Келтірілген формулалар жоғары жиіліктегі аналогты элементтің фильтрле-нетін әрекетінің есебінен ΔA динамикалық қателігі аз болған жағдайда қолданылады. ΔA есебі үшін белгілі $f_0 - f_1$ жиілігі диапазоны қателіктер амплитудасы деген түсінік енгізіледі. Әдетте, бұл қателік t_0 мезеттерінде, қысқа $T/4$ кезінде анықта-лады (3.12-сурет). Сондықтан x_g өлшеу нәтижесі келеңсіз жағдайда моментке жататын болады

$$t_0 = \frac{T}{4} + 0,5t_d, \text{ где } x_g = (1 - 2 \frac{t_d}{T})$$

онда мерзімдеу қателігі туады $\Delta_d = A_m - x_g \leq \Delta_c$, мұндағы, Δ_c – түрлендірудің негізгі қателігі.

Немесе

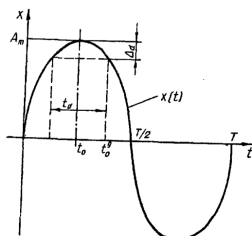
$$A_m [1 - \sin \frac{\pi}{2} (1 - 2 \frac{t_d}{T})] \leq \Delta_c$$

бұдан

$$f_{td} = (1/\pi t_d) \arccos(A_m - \Delta_c) / A_m \quad (3.16)$$

Яғни ΔA_f АЧХ біркелкілігі сияқты жиілік диапазонында кіріс-тік сызықтық құрылғылардың динамикалық қасиеттерін сипаттайды:

$$f_0 \leq f_x \leq f_{td}$$



3.12-сурет. Амплитуда қателігі

(3.29)-формула жиіліктер аумағында мерзімдеу қателігі негізгіден асып түссе, СӨҚ кіріс құрылғыларын АЖС біркелкі болмауы түсінігінің дұрыс емес болуына алып келуін болжамдауға негізделеді.

ДС қатысты толық ДС-ға қарағанда динамикалық құраушы өлшеу қателігін есептеуге болмайды. Оларды қолдана отырып, тек қана ӨҚ өлшеу шарттарымен динамикалық қасиетін шамамен салыстыруға болады. Сонымен қоса кейбір жағдайларда жеке ДС нормалау артығырақ. Мысалы тілшелі ӨҚ үшін тұрақты немесе асықпай өзгертін шамаларды өлшеуге арналған көрсеткіштерді есептеу уақытын реакция уақытының көрсеткішін оператор бағалуы жеткілікті болып табылады. Бұл сандық өлшеу құралдарын қолдану кезінде белгі берілген соң қанша уақыттан кейін көрсеткіштерді есептеуге болатынын білу керектігіне қатысты, сондай-ақ барлық ауыспалы процестер мен түрлендіру процестерін, яғни осы екі өлшеулер арасындағы уақыт интервалынан аз уақытта аяқталатын СӨҚ қатысты.

ӨҚ динамикалық қателіктерінің болуы туралы сұрақ қосымша қателіктерге аналогті шешіледі: олар мына шарт орындалса жүзеге асады

$$\Delta_{\text{динмах}} = M/\text{max}$$

мұндағы $\Delta_{\text{динмах}}$ – ӨҚ қолданудың жұмыс жағдайында динамикалық қателігінің ең үлкен мәні.

мұндағы $\Delta_{M\text{max}}$ – қолданудың жұмыс жағдайында ӨҚ қателігінің мүмкін болатын ең үлкен мәні, негізгі, қосымша және динамикалық қателіктерді қосқанда n-қосымша қателіктердің саны.

Қолдану кезінде ӨҚ аспаптық қателігін есептеудің тәжірибелік нұсқаулық-тары келесі шарттарға келіп тіреледі:

Өлшеу қателіктерін техникалық өлшеуді бағалау нормаланған МС бойынша өлшеудің өзін жүргізуге дейін болдыру қажет. Олар бойынша аспаптық құраушыларды ғана есептеп шығаруға болады. Ол үшін қателіктің I моделі қарастырылған.

Тәжірибе жүзінде сериялы шығарылатын РД 50-453-84 әдістемесі [17] бойынша есептеулер үшін жеткілікті болатын ӨҚ сипаттама кешендері сирек нормаланады. Ережеге сәйкес ӨҚ

құжаттары қолданылуда төмендегі нұсқалардың бір берілгенінен тұрады: негізгі қателіктің шақтама шегі, негізгі қателіктің жүйелік құраушысының шақтама шегі және негізгі қателіктің ОКА кездейсоқ құраушысының шақтама шегі, негізгі қателік шақтама шегі және негізгі қателіктің ОКА кездейсоқ құраушысының шақтама шегі.

Аталған сипаттамалардан басқа СӨҚ-та квантталу қадамын көрсетеді, ал кейде вариация (гистерезис) шегін, сонымен қатар әсер етуші факторлардың өзгеруінен болатын қосымша қателіктің шақтама шегі.

Бірінші және үшінші нұсқалар бойынша $P=1$ ықтималдығымен интервал шекараларын ғана есептеу мүмкін, яғни қателіктің жуықталған бағасы «жоғарғы».

Үшінші нұсқа қателіктің интервал шекараларын бірге жуық ықтималдықпен дұрыс бағалайды.

Бақылау сұрақтары

1. Өлшем құралдары дегеніміз не және не үшін қолданылады?
2. Өлшем құралдарының түрлерін атаңыз.
3. Өлшем құралдарының метрологиялық сипаттамалары дегеніміз не?
4. Өлшем құралдарының метрологиялық сипаттамаларын нормалау дегеніміз не?
5. ӨҚ қателіктерінің түрлерін атаңыз.
6. Сандық өлшеу құралдарына анықтама беріңіз.
7. Дәлдік класы дегеніміз не?
8. ӨҚ динамикалық қателіктерінің нормалануы қалай жүзеге асырылады?

4. ӨЛШЕМ ҚҰРАЛДАРЫНЫҢ МЕТРОЛОГИЯЛЫҚ СЕНІМДІЛІГІ

4.1. Метрологиялық сенімділік теориясының негізгі түсініктері

Қолдану процесі кезінде өлшем құралдарының параметрлері және метрологиялық сипаттамалары өзгерістерге ұшырайды. Бұл өзгерістер флуктурлы немесе біркелкі кездейсоқ сипатта болады және ӨҚ-ның бас тартуына, яғни ӨҚ өз функцияларын орындамауына алып келіп соқтырады. Бас тартулар метрологиялық және метрологиялық емес болып бөлінеді.

Метрологиялық емес бас тарту деп – ӨҚ-ның өзгерісі метрологиялық сипатқа байланысы жоқ себептермен шартталған бастартуды айтамыз. Олар негізінен түсінікті сипатта болып, кенеттен көрінуі мүмкін және тексерусіз табылуы мүмкін [13].

Метрологиялық бас тарту деп – МС рұқсат етілген шектен шығуымен байланысқан бас тарту түрін айтамыз. Зерттеулер көрсеткендей метрологиялық бас тартулар метрологиялық емес бастартулардан әлдеқайда жиірек кездеседі. Бұл метрологиялық бастартуды болжау және оларды табудың арнайы әдістерін жетілдіру қажеттілігін қанағаттандырады. Метрологиялық бастартулар кенеттен және біртіндеп пайда болатын бастартулар болып екіге бөлінеді [18].

Кенеттен пайда болатын бас тарту деп – бір немесе бірнеше МС ертоқым тәріздес өзгеруімен сипатталады. Бұл бас тартулардың кездейсоқтығына байланысты оларды болжау мүмкін емес. Олардың нәтижесі (көрсеткіштердің істен шығуы, сезімталдықты жоғалту және т.б.) құралды қолдану кезінде оңай табылады, яғни көріну сипатына байланысты олар айқын болып келеді. Кенеттен бас тартудың ерекшелігі – жиілік уақыт ішіндегі бас тартудың тұрақтылығы болып табылады. Бұл осы бас тартуларды зерттеу үшін сенімділік теориясының классикалық түрін қолдануға мүмкіндік береді. Осыған байланысты бұл типтес бас тартулар ары қарай қарастырылмайды. Біртіндеп бас тарту деп – бірнеше МС біреуінің біркелкі өзгеруімен сипатталады. Көріну сипатына байланысты біртіндеп бас

тартуды тек қана ӨҚ-ның жиі бақылау нәтижесінде анықтауға болады. Ары қарай осындай бас тартулар қарастырылады.

«Метрологиялық бас тарту» түсінігімен ӨҚ-ның «метрологиялық жөнделу» түсінігі тығыз байланысты. Бұл түсінікте ӨҚ жағдайы, яғни барлық нормаланған МС қойылған талаптарды қанағаттандыратыны түсіндіріледі. Қолдану шарттары мен белгілі режимде берілген уақыт ішіндегі ӨҚ метрологиялық жарамдылығын сақтау қасиеті – метрологиялық сенімділік деп аталады. Метрологиялық сенімділік мәселелерінің спецификасы оған бас тарту интенсивтілігі уақыты тұрақтылығының сенімділігінің классикалық теориясының негізгі жағдайларына қайшы келуінен тұрады. Қазіргі заманғы сенімділік теориясының екі сипаттамасы бар: жұмысқа қабілетті және жұмысқа қабілетті емес өнімдер. ӨҚ қателігінің біртіндеп өзгеруі өте көп жұмысқа қабілетті әртүрлі деңгейдегі функционалдау тиімділігі күйлерімен, шекаралық мәндерге жіберілген қателікті жақындату дәрежесімен анықталады.

Метрологиялық бастарту түсінігі негізінен белгілі дәрежеде шартты болып келеді, себебі МС рұқсатпен анықталады, ал ол белгілі бір шарттарда өзгеріп тұруы мүмкін. Сонымен қатар метрологиялық бастартудың көріну сипатының білінбестігіне байланысты пайда болуының дәл уақытын жазып алу мүмкін емес. Ал сенімділіктің классикалық теориясымен жұмыс атқаратын белгілі бастартулар пайда болу уақытында анықтылады. Осының бәрі ӨҚ метрологиялық сенімділігін зерттеудің арнайы әдістерін жетілдіруді қажет етеді [12,29,39].

ӨҚ сенімділігі [19] өзіне ұзақтылық, бастартпаушылық, тұрақтылық, жөндеуге жарамдылық (жөнделетін ӨҚ) және сақталатындық сияқты түсініктерді біріктіретін жалпы түсінік болып табылады және уақыт өте келе ӨҚ-ның сипаттайды. ӨҚ тұрақтылығы – МС кезіндегі оның өзгермейтіндігін көрсететін сипаттама. Ол ауытқуларды бөлетін заң параметрлерінің уақытша тәуелділігімен сипатталады. Метрологиялық сенімділік және тұрақтылық – ӨҚ ескіру процесінің әртүрлі қасиеттері болып келеді. Тұрақтылық ӨҚ қасиетінің тұрақтылығы туралы көбірек мәлімет береді. Бұл «ішкі» қасиет сияқты. Ал сенімділік керісінше «сыртқы» қасиет, себебі қолданылатын шектердің

мәндері мен өлшеулердің дәлдігіне және тұрақтылыққа байланысты.

РМГ 29-99 белгіленген уақыт интервалында МС өзгерісімен айқындалатын ӨҚ тұрақсыздығы деген ұғым енгізеді. Мысалы, кәдімгі элементтің тұрақсыздығы оның ЭҚК өзгерісімен бір жылда (2 мкВ/жыл) сипатталады.

ӨҚ бас тартпаушылығы дегеніміз ӨҚ белгілі бір уақыт ішіндегі жұмысқа қабілеттілігін үздіксіз сақтау қасиеті. Ол екі күймен сипатталады: жұмысқа қабілетті және жұмысқа қабілетсіз. Алайда күрделі өлшеу жүйелерінде одан да көп күйлер болуы мүмкін, себебі әр бір бастарту ӨҚ функционалдауының тоқтауына алып келмейді. Бас тарту ӨҚ жұмысқа қабілеттілігін тоқтатумен немесе бұзылуымен байланысты кездейсоқ жағдай. Бұл бастысы ӨҚ бас тартусыз жұмысының уақытын бөлу болып табылатын бастартпау көрсеткішінің байқаусыз табиғатын шарттайды.

Ұзақтылық дегеніміз ӨҚ шектік күйге жеткенге дейінгі жұмысқа қабілетті күйін сақтау қасиеті. Жұмысқа қабілетті күй – МС нормаланған мәндеріне сай болатын ӨҚ күйі. ӨҚ шектік күйі ӨҚ қолдану мүмкін емес күй.

ӨҚ метрологиялық бастартуынан кейін, ӨҚ тиісті жөндеулер жолымен рұқсат етілген диапазонға қайтып оралуы мүмкін. Жөндеулер жүргізу процесі ӨҚ конструкциясына, метрологиялық бастартудың сипатына және де басқа себептерге байланысты ұзақ немесе қысқа болуы мүмкін. Сондықтан сенімділік сипатына «жөндеуге жарамдылық» түсінігі енгізілген. Жөндеуге жарамдылық – бас тартудың пайда болу себептерін табу және алдын алуға үйрену, жөндеу және техникалық қызмет жасау жолымен ӨҚ жұмысқа қабілетті күйін сақтау және жаңғырту қасиеті. Ол ӨҚ метрологиялық бастартудан кейінгі қайта жөндеу және жұмысқа қабілетті күйін сақтауға кеткен уақыт құралы шығынымен сипатталады.

Ары қарай көрсетілгендей МС өзгеру процесі ӨҚ қолданылуына немесе қоймада сақталуына байланыссыз және үздіксіз жүреді. ӨҚ бас тартпаушылық, ұзақтылық және жөндеуге жарамдылық көрсеткіштерінің мәндерін тасымалдау, сақтау

және қолданудан кейінгі сақтау қасиеттері оның сақтаушылығы деп аталады.

ӨҚ метрологиялық сенімділігін сипаттайтын көрсеткіштерді қарастыруға көшпестен бұрын, МС кезіндегі оның сипатының өзгеруін анықтап білу қажет.

4.2. Өлшеу құралдарының ауытқуларының уақыт бойынша өзгерісінің математикалық модельдері

4.2.1. Ауытқу өзгерісінің сызықтық моделі

Жалпы түрде $\Delta_{0,95}(t)$ ауытқу моделі $\Delta_{0,95}(t) = \Delta_0 + F(t)$ түрде берілуі мүмкін, мұндағы Δ_0 - ӨҚ бастапқы ауытқуы, $F(t)$ - блоктар мен элементтердің ескіруі мен біртіндеп бұзылуының физика-химиялық процестерімен шартталған, берілген уақыт функция типінің ӨҚ біркелкілігінің кездейсоқтығы.

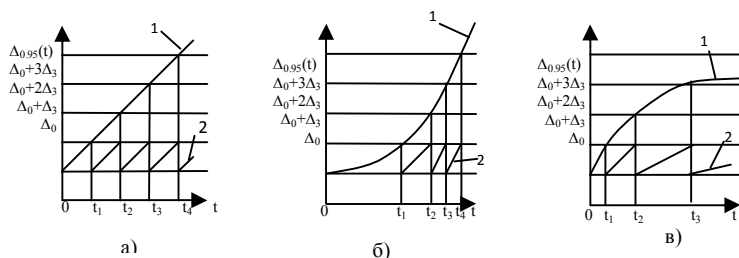
Ескіру процесінің физикалық моделінен шыға отырып $F(t)$ функциясының дәл мәнін алу мүмкін емес. Сондықтан берілген тәжірибелік зерттеулерге негізделі отырып, ауытқу өзгеріс $F(t)$ функциясының сол не басқа математикалық тәуелділігін болжайды.

Ауытқу өзгерісінің қарапайым моделі сызықтық болып табылады:

$$\Delta_{0,95}(t) = \Delta_0 + vt \quad (4.1)$$

мұндағы v – ауытқу өзгерісінің жылдамдығы. Өткізілген зерттеулер көрсеткендей, берілген модель 1-ден 5 жылға дейінгі жастағы ӨҚ ескіруін қанағаттандырлар сипаттайды. Оны басқа уақыт диапазондарында бастарту жиіліктерінің тәжірибелік мәндері мен анықталған формула арасындағы айқын қарсылықтары үшін қолдану мүмкін емес.

Метрологиялық бас тартулар анда-санда пайда болады. Олардың пайда болу уақыты 4.1a-суретте көрсетілген. Онда 1 түзу сызығымен сызықты заңдағы 95%-ды квантил өзгерісі көрсетілген.



4.2-сурет. (а) сызықтық және (б,в) экспоненциалды ауытқу өзгерісінің заңдары

Метрологиялық бас тарту кезінде $\Delta_{0,95}(t)$ ауытқуы $\Delta_{пр} = \Delta_0 + \Delta_3$ мәнінен асады, мұндағы Δ_3 – ӨҚ ұзақ уақыт жұмысқа қабілеттілігін қамтамасыздандыруға керекті ауытқу шегінің нормаланған қосалқы мәні. Әрбір бас тарту кезінде құралды жөндеу жүзеге асырылады және оның ауытқуы бастапқы мәнге Δ_0 қайтып орала-ды. Уақыт өте $T_p = t - t_{i-1}$ қайта бастарту болады (моменттер және т.б.), одан кейін қайта жөндеу жасалады. Сондықтан, ӨҚ ауытқуының өзгеру процесі 4.1а-суреттегі 2 сынық сызықпен сипатталады. Мынадай теңсіздікпен анықталады:

$$\Delta_{0,95}(t) = \Delta_0 + n\Delta_3 \quad (4.2)$$

мұндағы n – ӨҚ бас тартуларының саны (немесе жөндеу). Егер бас тартулар санын бүтін сан деп алсақ, онда бұл теңсіздік 1 түзуіндегі (4.1а-суретте) дискретті нүктелерді сипаттайды. Егер шартты түрде бөлшек санды да қабылдайды деп алсақ, онда (4.2)-формула бастартулар жоқ кезде $\Delta_{0,95}(t)$ ауытқуының өзгерісі бар-лық 1 түзуді сипаттайтын болады.

Метрологиялық бас тартулардың жиілігі жылдамдықтың өсуімен v үлкейеді. Ол сонымен қатар құралды жасап біту немесе жөндеу жұмыстарын жасап біткендегі Δ_3 ӨҚ ауытқуының фактикалық мәнінен Δ_3 ауытқу мәнінің нормаланған қосымшасына тәуелді. Негізінен v жылдамдығы өзгерісіне ықпал ету мүмкіндіктері Δ_3 ауытқуының қосымшасынан мүлдем бөлек. Ескіру жылдамдығы өндірістегі технологиямен анықталады. Бірінші жөндеу аралық интервалына арналған ауытқу қосымшасын ӨҚ жасап шығарған мекеме қабылдаған шешіммен анықталады, ал барлық келесі жөндеу аралық интервалдары тұтынушының

жөндеу қызметінің мәдениет деңгейімен тексеріледі. Егер өндірістің метрологиялық қызметі [2] ӨҚ жөндеу кезіндегі ауытқуды, жасау кезіндегі Δ_0 ауытқуға теңестірсе, онда метрологиялық бастартулар жиілігі аз болады. Егер де жөндеу кезінде тек $\Delta_0 = (0,9, \dots, 0,95)$ $\Delta_{\text{пр}}$ шарты орындалса, онда ауытқу рұқсат етілген шектен ӨҚ қолдану кезіндегі жақын айларда шығуы мүмкін және тексеру аралық интервалы кезінде ол өзінің дәлдік класынан асатын ауытқулармен қолданыста болады. Сондықтан ӨҚ ұзақ уақыт метрологиялық дұрыстығына қол жеткізу үшін негізгі тәжірибеде құрал ол, $\Delta_{\text{пр}}$ шегіне нормаланған мәнге жеткілікті қажетті қосымшаны қамтамасыздандыру болып табылады. Осы қосымшаны ақырындап үздіксіз шығындау ӨҚ метрологиялық дұрыс күйін белгілі бір уақытқа қамтамасыздандырады. Алдыдағы құрал жасайтын зауыттар $\Delta_3 = (0,4, \dots, 0,5) \Delta_{\text{пр}}$ қамтамасыздандырады, $v = 0,05 \Delta_{\text{пр}}$ орташа ескіру жылдамдығымен $T_p = \Delta_3 / v = 8, \dots, 10$ жыл жөндеу аралық интервал алуға және бас тартулар жиілігін $\omega = 1/T_p - 0,1, \dots, 0, 125 \text{ жыл}^{-1}$ алуға мүмкіндік береді. (4.1)-формулаға сәйкес ӨҚ ауытқуы өзгерсе, барлық жөндеу аралық интервалдар T өзара тең болады, ал метрологиялық бас тартулардың жиілігі $\omega = 1/T \cdot \Delta_3$ қолдану уақыты кезінде тұрақты болады.

4.2.2. Ауытқу өзгерісінің экспоненциалды моделі

Шын мәнінде кейбір құралдардың жөндеу аралық интервалы кішірейсе, басқаларда үлкейеді. Мұны ӨҚ ауытқуы уақыт өте экспоненциалды үлкеюімен немесе кішіреюімен түсіндіруге болады. Ауытқудың үдемелі өсуі кезінде (4.1б-сурет) әрбір келесі жөндеу аралық интервалы алдындағысынан қысқарак және метрологиялық бастартулардың жиілігі $\omega(t)$ уақыт өте келе өседі. Ауытқудың ақырын өсуі кезінде (4.1в-сурет) әрбір келесі жөндеу аралық интервалы алдындағысынан ұзағырақ және метрологиялық бастартулардың жиілігі уақыт өте келе нөлге дейін түседі. Қарастырылған уақыт өте ауытқу өзгерісінің кездері экспоненциалды модель негізінде сипатталады. Ондағы метрологиялық бастартулардың жиілігі:

$$\omega(t) = \omega_0 e^{at} \quad (4.3)$$

мұндағы ω_0 – $t=0$ кезінде өлшеу құралдарын дайындау моментіндегі метро-логиялық бастартулар жиілігі, жыл⁻¹, a – метрологиялық ескіру процесінің жақсы немесе жаман үдеуі, жыл⁻¹.

Бас тартулар саны $n(t)$ бастартулар жиілігі арқылы $\omega(t)$ анықталады және экспоненциалды өзгеру кезінде (4.3)-формулаға сәйкес есептелінеді

$$n(t) = \int_0^t \omega \tau d\tau = \int_0^t \omega_0 e^{a\tau} d\tau = \frac{\omega_0}{a} (e^{at} - 1)$$

Сонда ӨҚ уақыт бойынша өзгерісі (4.2)-формуланы ескере отырып мына түрде болады

$$\Delta_{0,95}(t) = \Delta_0 + n(t)\Delta_3 = \Delta_0 + \Delta_3 \frac{\omega_0}{a} (e^{at} - 1) \quad (4.4)$$

Берілген тәуелділік 1 қисықтарымен 4.2б және 4.2в-суретте көрсетілген.

Тәжірибелік түрде (4.4)-формуланы қолдану төрт параметрді: ауытқудың бастапқы мәнін, ауытқудың абсолютті қосымшасын, метрологиялық бас тартулардың бастапқы жиілігін және ескіру процесінің үдеуін білуді талап етеді. (4.4) алынатын теңсіздік айтылған параметрлерді анықтау үшін трансцендентті болады, ол оны қолдануды айтарлықтай қиындатады.

(4.4)-теңсіздігін жеңілдету мақсатымен экспоненциалды функцияны бір қатарға бөлу қажет және осы бөлудің алғашқы үш мүшесін алу керек. Нәтижесінде ӨҚ ауытқуының тәуелділігі уақыт бойынша мына түрде болады

$$\Delta_{0,95}(t) = \Delta_0 + \Delta_3 \omega_0 t + \Delta_3 \omega_0 a t^2 / 2 = \Delta_0 v t + a_{\Delta} t^2 / 2 \quad (4.5)$$

мұндағы v – ауытқудың өсуінің бастапқы жылдамдығы, %, a_{Δ} – ауытқудың үдемелі өзгерісінің абсолютті мәні, %. Бөлек жағдайда $a=0$ (4.5) болғанда (4.1) түрдегі сызықты теңсіздікке айналады.

(4.5)-формула анық физикалық мағынаға ие және ӨҚ ауытқуы туралы тәжірибелік мәліметтерді аппроксимация жолымен a_{Δ} және v коэффициенттерінің бағасын 15 жылға алуға болады, ал сол бойынша теңдеу параметрлерін (4.4)-түрінде есептеуге болады $\omega_0 = v / \Delta_3$ және $a = a_{\Delta} / (\Delta_3 \omega_0)$

Метрологиялық бас тартудың пайда болу уақытын есептеу $\Delta_{0,95}(t)$ қисығының тұрақты дәрежедегі $\Delta_0 + \Delta_3$, $\Delta_0 + 2\Delta_3, \dots, \Delta_0 + n\Delta_3$ қиылысу моменттерін анықтаумен қосылады. Олар (4.2) және (4.4)-теңдіктерін қоса анықтау жолымен табылуы мүмкін. n – бастарту моментін және сәйкесінше жөндеу аралық периодының ұзақтығын формулалар арқылы анықтауға болады

$$t_n = \frac{1}{a} \ln\left(\frac{an}{\omega_0} + 1\right); T_n = \frac{1}{a} \ln\left(1 + \frac{1}{\omega_0 / a + n}\right) \quad (4.6)$$

ӨҚ жұмыс істеу уақыты – жасау моментінен бастап аяғына дейін қолдануға кеткен күнтізбелі уақыт. Ескіру процесі жылдамдатылған кезде (4.2 б-суретте) жұмыс істеу уақытының өсуімен бастартулар жиілігі өседі және T_{cl} уақыт өткен-нен кейін оны өте жиі жөндеуге тура келеді, ал ол экономикалық жағынан тиімсіз болып табылады. Себебі жаңа құрал сатып алған арзанырақ болады. Жөндеудің экономикалық тиімділігі бір жөндеудің орташа бағасы c_p мен жаңа құралдың бағасы c_n , жөндеудің ықтималды тереңдігіне $c = c_p / c_n$ шаққандағы мәнімен анықталады. ӨҚ жұмыс істеу уақыты

$$T_{cl} = 1 / \sqrt{c \omega_0} a. \quad (4.7)$$

Алынған теңдікті бірінші формуламен (4.6) бірлесе шеше отырып, қолдану кезіндегі ӨҚ (жөндеудің) барлық бастартулар санын есептеп шығаруға болады.

4.1-мысал. 0,5 дәлдік класындағы магниттіэлектрлік жүйедегі электромеханикалық өлшеу құралдарының жөндеу тереңдігі $c=0.3, \dots, 0.4$ тең, жасау моментіндегі метрологиялық бас тартудың жиілігі $\omega=0,11$ жыл⁻¹, ескіру процесінің үдеуі $a=0.19$ жыл⁻¹.

Осындай құралдардың жұмыс істеу уақытын және жалпы бас тартулар санын анықтау.

Шешімі.

Құралдың жұмыс істеу уақыты (4.7)-формула бойынша есептелінеді:

$$T_{cl} = 1 / \sqrt{0,3 \cdot 0,11 \cdot 0,19} = 12,63 \text{ жыл}$$

Жалпы бас тартулар санын есептеу теңдігі мына түрде болады:

$$n_{\Sigma} = \frac{\omega_0}{a} [\exp(a/\sqrt{a \cdot c \cdot \omega_0}) - 1]$$

Оған сандық мәліметтерді қойып аламыз

$$n_{\Sigma} = \frac{0.11}{0.19} [\exp(0.19/\sqrt{0.19 \cdot 0.3 \cdot 0.11}) - 1] = 0.579(e^{5.8} - 1) = 5.8$$

есептеу нәтижесі тәжірибелік мәліметтерге сәйкес келеді, сәйкесінше жұмыс істеу уақытының орташа мәні 11-12 жыл, 4-6 рет жөндеу жүргізіледі.

Ескіру процесінің қарсы үдеуі кезінде ӨҚ жөндеу аралық кезеңі ұлғаяды. Бірнеше жөндеуден n_{Σ} кейін ол шексіз болады, метрологиялық бастартулар болмайды және ӨҚ моральды түрде ескірмегенше жұмыс істей береді. Мұндай жағдайда ($a < 0$) метрологиялық бастартулар саны

$$n_{\Sigma} = n_{\infty} = \lim_{t \rightarrow \infty} n(t) = \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{\omega_0}{a} (e^{at} - 1) = \frac{\omega_0}{a}.$$

ӨҚ ауытқуы (4.4) сәйкес шекке ұмтылады

$$\Delta_{0.95}(\infty) = \Delta_0 - \frac{\omega_0}{a} \quad \Delta_3 = \Delta_0 + n_{\infty} \Delta_3 \quad (4.8)$$

Ескіру процесінің экспоненциалды моделі ӨҚ ауытқуының өзгерісін оның жасының бір жылдан шексіздікке дейін сипаттауға мүмкіндік береді. Алайда берілген модельде бірнеше жетіспеушіліктер бар. ӨҚ ескіру процесінің қарсы үдеуінде ол ауытқуды шектік мәнге $t \rightarrow \infty$ ұмтылуын болжайды (4.8). Сонымен қатар модель ӨҚ қарсы емес үдеумен ауытқудың уақыт өте шексіз өсуін болжайды, бұл тәжірибеге қайшы.

Ескірудің экспоненциалды моделінің кейбір жетіспеушіліктерін логистикалық деп аталатын модель көмегімен, сонымен қатар полиноминалды және диффузионды марковты модельдермен немесе интегралданған сырғымалы ортаның авторегресті процесс негізіндегі модельдермен жоюға болады [12,39].

Техникада МЕСТ 27.002-89 [7] стандартында көрсетілген көптеген сенімділік көрсеткіштері қолданылады. Олардың негізгілері метрологиялық сенімділік теориясында қолданыс табады. Метрологиялық сенімділік көрсеткіштерін білу тұтынушыға ӨҚ оптималды түрде қолдануға, учаскідегі жөндеу қарқындылығын жоспарлауға, құралдардың резерфті қорының көлемін, тексеру аралық интервалдарын тағайындауға және ӨҚ жөндеу және техникалық қызмет ету іс шараларын өткізуге мүмкіндік береді. ӨҚ қолдану кезінде метрологиялық бастартулар қолданудың үшінші жылында 60% құраса, қолдану төрт жылдан асқан кезде 96% құрайды.

Жөндеуге жарамдылық көрсеткіші ретінде ӨҚ жұмысқа қабілеттілігін орнатуының орташа уақытын қолданады. Жұмыс қабілеттілігін орнату күйінің ықтималдығы деп ӨҚ жұмысқа қабілетті күйін қайта орнату белгіленген мәннен аспайтын ықтималдықты айтамыз. Ол уақытты бөлуді қайта орнату функциясын $t = T_{\text{зад}}$ – қайта орнатуға берілген уақытты көрсетеді. Жұмысқа қабілетті күйін қайта орнатудың орташа мәні деп қайта орнату уақытының математикалық күтімін айтамыз. Бөлу функциясына дейін анықталады.

4.3. Метрологиялық сенімділік және тексеру аралық интервалдары

ӨҚ метрологиялық түзету күйінде сақтаудың негізгі формасы периодты түрдегі тексеріс болып табылады. Ол арнайы нормативті-техникалық құжаттамада көрсетілген ережелерге сәйкес метрологиялық қызметтермен жүргізіледі. Ал тексеріс периоды ӨҚ сенімділігіне қойылған талаптарға сәйкес болуы тиіс. Тексерісті қолайлы түрде таңдалынып алынған, тексеріс аралық интервал (ТАИ) деп аталатын, интервал аралығында өткізілуі керек.

Метрологиялық бас тартудың болған моментін тек ӨҚ тексеру шығара алады. Тексеріс нәтижесі бастарту екі соңғы тексеріс аралығындағы периодта болғанын нақты айта алады. ТАИ көлемі оптималды болуы керек, себебі жиі тексеріс олардың мекемелеріне және жұмысына материалды және еңбек

шығындарына алып келеді, ал сирек тексеріс метрологиялық бастарту үшін өлшеу ауытқуларының өсуіне алып келуі мүмкін.

Қолданылу жиілігіне байланыссыз және ескіруімен шартталған метрологиялық сипаттың өзгерісі, ТАИ ӨҚ арналған күнтізбелі уақытта орнатылады. Нәтижесінде ӨҚ элементтерінің тозуы болып табылатын МС өзгерісі, қолданылу интенсивтілік тәуелділігіне байланысты, ТАИ жетілдіру мәнінде тағайындалады.

ТАИ табылған кезде, өлшеу құралының метрологиялық түзету күйін анықтайтын МС таңдалынады. Мұндай сипаттамалар ретінде негізінен негізгі ауытқу, ауытқуды құрайтын кездейсоқ ОКА және т.б. қолданылады. Егер метрологиялық түзету күйін бірнеше МС анықтаса, онда олардың ішінен ең үлкен тексеру және брак пайызын қамтамасыздандыратын сипат таңдалынып алынады.

ТАИ ұзақтығына негізделген таңдау сұрағына көптеген жұмыстар арналған, мәліметтерді қарау [12]. Қазіргі таңда оларды анықтаудың негізгі 3 жолы бар:

- Бастартулар статистикасы негізінде;
- Экономикалық критерий негізінде;
- ӨҚ қызмет ету уақытында келесі жөндеулермен, бастапқы ТАИ өздігінен қою.

ТАИ ұзақтығын анықтаудың нақты әдісін таңдау ӨҚ сенімділігі мен тұрақтылығы жайындағы бастапқы мәліметтер болуына тәуелді. Егер метрологиялық сенімділік көрсеткіші белгілі болса, онда бірінші әдіс тиімді болып табылады. Мұндай тектегі толығырақ мәліметтер ӨҚ уақыт өте МС өзгерісімен сипатталатын модельдерде болады. Бұл модельдер (4.3) қарастырылған. ОКА модельдерінің белгілі параметрлері нормаланған, берілген ӨҚ шақтамасының ауытқуының шығу моментімен анықталады. Алайда осындай модельдер көмегімен ОКА есептегенде үлкен ауытқуға алып келетін ӨҚ ескіру процесінің сипаттамалары мен параметрлерінің шашырауы болады.

ОКА есептеу әдістемесін қолдану, айқын және жасырынды статистикаға негізделген, әртүрлі типтегі өлшеу құралдарының уақыт бойынша МС өзгеру процесінің үлкен көлемде экспериментті мәлімет болуын қажет етеді. Мұндай түрдегі зерттеулер көп еңбек талап етеді және көп уақыт алады. Осыдан әр типтегі өлшеу құралдарының ескіру процесі туралы жарық

көрген статистикалық мәліметтері өте аз екені түсіндіріледі. ӨҚ техникалық сипаттауда әдетте бастартуға дейінгі жетілдіру, орта немесе гамма - пайызды ресурс және қызмет ету уақыты келтіріледі. Бұл ОКА есептеуге айқын жеткіліксіз.

Тексеру аралық интервалды экономикалық критерийден анықтау, ӨҚ қолданудағы шығынды кішірейтуге болатын таңдалынатын интервал мәселесін шешу және өлшеу ауытқуларымен шақырылған мүмкін қателіктердің нәтижесін жою болып табылады. ОКА анықтаудағы бастапқы мәлімет болып ӨҚ тексеру мен жөндеуінің бағасы туралы мәлімет, сонымен қатар метрологиялық жарамсыз құралды қолданыстан алып тастаудағы зардап болып табылады. Бұл әдісті қолданудағы негізгі қиындық келесіде айтылады. ӨҚ тексеру мен жөндеуге кеткен шығындар нормативтік құжаттар арқылы оңай анықталады. Олардан басқа жасырын метрологиялық бастартуы бар құралдарды қолдану үшін жоғалту, әдетте, тәжірибеде белгісіз. Сондықтан сол немесе басқа құралды жоғалту функциясы түрінде жасырын метрологиялық бас тартуы бар ӨҚ қолданудағы шығынды сипаттайтын жақынырақ модельдерге жүгінуге тура келеді.

Бақылау сұрақтары

1. Бас тарту дегеніміз не?
2. Метрологиялық бас тартудың метрологиялық емес бас тартудан айырмашылығы қандай?
3. Өлшем құралдарының метрологиялық сенімділігі дегеніміз не?
4. Метрологиялық жөнделу түсінігіне анықтама беріңіз.
5. Өлшем құралдардың ұзақтылығы, бас тартпаушылығы және жөндеуге жарамдылығы дегеніміз не?
6. Қателіктердің өзгеруінің сызықтық моделі дегеніміз не?
7. Қателіктердің өзгеруінің экспоненциалдық моделі дегеніміз не?
8. Тексеру аралық интервалдарын таңдаудың қандай әдістері бар?

5. ӨЛШЕМ ҚҰРАЛДАРЫН ТАҢДАУ

5.1. Динамикалық өлшеу кезінде өлшем құралдарын таңдау

Динамикалық өлшеулерге арналған ӨҚ физикалық табиғаты әртүрлі сигналдарды электр белгілеріне (ток немесе кернеу) түрлендіретін құрылғылармен (датчиктермен) бірге жұмыс істейді, өйткені осы барлық аспаптар тек электр белгілерін ғана тіркейді. Бұл кезде осындай аспаптарға қойылатын талаптардың бірі – шамалардың абсолют мәндері үлкен болған кездегі олардың аз ауытқуын өлшеу мүмкіндігі [3,25].

Егер статикалық орныққан процестерді өлшеген кезде өлшеу дәлдігі толығымен ӨҚ класымен анықталса, онда уақыт бойынша өзгеретін динамикалық процестерді тіркегенде, өлшеу дәлдігіне әсер ететін бірқатар себептер туындайды. Мысалы, деректерді өңдеу дәлдігі процесті жазу масштабына едәуір тәуелді, оның ішінде жазу еніне (қалыңдығына).

Қабылдағыштың жұмыс режиміне әсері әртүрлі көрсетілуі мүмкін. Егер нысаннан қабылдағыш тұтынатын энергия оның жұмыс режимінен тәуелсіз болса, онда бұл ықпалды сыртқы әсер сияқты қарастыруға болады – өлшеу нысанына келтірілген тұрақты шама ретінде. Бұл өлшенетін шаманың кейбір өзгерістерін туғызады, ол статикалық сипаттаманы анықтау қателігіне кіреді, бірақ динамикалық қасиеттердің нәтижесіне әсер етпейді (тәуелсіз ықпал).

Сызықты нысаннан қабылдағыш тұтынатын энергия мөлшерінің өлшенетін шама мәніне тәуелді болған жағдайды қарастырайық:

$$D(P)Y=KX+f(Y)$$

мұндағы $D(P)$ – нысанның сипаттамалық теңдігі, K – күшейту коэффициенті, X пен Y – сәйкесінше кіріс және шығыс белгілері, $f(Y)$ – қабылдағыш ықпалымен туындаған әсер. Өлшенетін шаманың аз ауытқуларында бұл тәуелділікті сызықты деп санауға болады:

$$D(P)Y = KX + \left[\frac{df(Y)}{dY} \right]_{Y_0} Y$$

мұнда $\left[\frac{df(Y)}{dY} \right] = k_b$ – эсер ету коэффициенті.

Егер нысанның қуаты өлшем құралдың пайдаланатын қуаттан бірнеше есе үлкен болса, онда k_b шамасы елеусіз аз болып қалады.

Қабылдағышты таңдау кезінде негізгі көңілді сезімталдылық шегіне бөлу керек, ол өлшеу қателігінен асып кетпеуі керек. Қабылдағыштың инерциялығы да минимальды болуы тиіс. Қабылдағышты таңдағаннан кейін тіркейтін аспапты таңдау іске асырылады, оның сипаттамасы паспорттық деректерде келтіріледі. Бағдарламалық бағалау үшін 5.1-кестедегі деректерді пайдалану керек.

5.1-кесте

Тіркеуші ӨҚ жиіліктерінің жұмыстық диапазоны

Тіркеуші ӨҚ аталуы	Жиілік шегі, Гц	
	төменгі	жоғарғы
Автоматты электрондық көпірлер	0	0,15
Магнитті-электрлік осциллографтар	0	20-200
Электрмагниттік құрылғылар	0-20	10^4 - $2 \cdot 10^4$
Электрондық құрылғылар	0-15	$25 \cdot 5 \cdot 10^5$ және одан жоғары

Жоғарыда көрсетілгендей, ӨҚ өлшеу жүйесінің және өлшенетін процестің инерциялығы әртүрлі энергия (механикалық, отындық, электрлік және т.б.) түрлену процесінің ақырғы уақыты салдарынан динамикалық өлшеу қателігіне әкеледі. Тез өзгергіш процестер кезінде динамикалық қателіктер көп орын алады және қауіпті (өлшенетін ақпараттың бұрмалануы) болады. Мысалы, іштен жану қозғалтқыштарының цилиндрлерінде

қысымның өзгеру жылдамдығы $100000 \text{ кг/см}^2 (\sim 10^{11} \text{ Па/с})$ құрайды, ал дизельдердің отын тасымалдушы құбырларында – $500\,000 \text{ кг*с/см}^2 (\sim 5/10^{11} \text{ Па/с})$. Сондықтан бұл өзгерістерді тіркейтін сәйкес аспаптарды таңдаудың маңызы зор.

Динамикалық режимде тұрақты жүктемені енгізгенде жүйе ауытқуының максималь амплитудасы $Z_{\text{max.дин}}$ статикалық амплитудадан $Z_{\text{max.ст}}$ динамикалық өлшеу қателігінің амплитудалық шамасымен ерекшеленеді:

$$M_a = Z_{\text{max.дин}}/Z_{\text{min.ст}} = \frac{1}{\sqrt{(\lambda_k^2 - 1) + 4\beta_3^2 \lambda_k^2}} \quad (5.1)$$

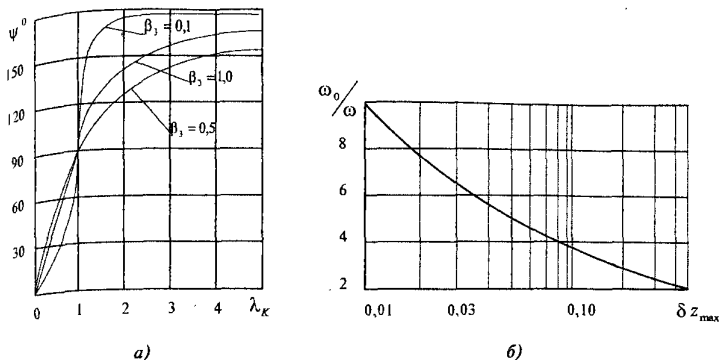
мұндағы $\lambda_k = \omega/\omega_0$ – еріксіз ω және еркін ω_0 өшпейтін тербелістердің бұрыштық жиіліктерінің қатынасы, β_3 – өшу коэффициенті (тынышталу, тербелістің демпфирленуі).

Фазалық өлшеу қателігі келесі бұрышпен анықталады:

$$\psi = -\arctg \frac{2\beta_3 \lambda_k}{\lambda_k^2 - 1} \quad (5.2)$$

Бұл қателіктердің сәйкес графиктері 5.1-суретте келтірілген, (5.1) және (5.2)-формулалардан егер $\lambda_k=0$ болса, онда β_3 өшу коэффициентіне тәуелсіз $M_a=1$, $\varphi=0$ және динамикалық қателік болмайды. $\lambda_k=1$ және $\varphi=90^\circ$ кезінде $M_{\text{рез}}=1/2\beta_3$ резонанс орын алады. β_3 аз мәндерінде амплитудалық қателіктің максималь мәні резонанс кезінде, $\lambda_k=\omega/\omega_0=1$ болғанда туындайды.

Амплитудалық қателіктің шамасы [27, 29] өшу коэффициентінің шамасына байланысты статикалық қателіктен үлкен де, кіші де болуы мүмкін. Негізінен, егер $\beta_3>0$ болса, онда $M_{\text{рез}} \rightarrow \infty$ болады және өлшеу жүйесі істен шығуы мүмкін, ал $\lambda \rightarrow M_{\text{рез}} \rightarrow \infty$ және $\varphi \rightarrow 180^\circ$ кезінде өлшеу жүйесінің жылжымалы бөлігі ауытқушы күшке әсер беруін тоқтатады. Осылайша өлшеудің динамикалық қателіктерін азайту үшін ӨҚ жылжымалы бөлігінің ω_0 еркін тербеліс жиілігі жоғарырақ болуы қажет ($M \rightarrow 0$ кезінде $\lambda_k \rightarrow \infty$, ал $\lambda_k \rightarrow \infty$ кезінде $\omega_0 \rightarrow \infty$).



5.1-сурет. Фазалық (а) және амплитудалық (б) динамикалық өлшеу қателіктері

Динамикалық қателікті толық жою мүмкін болмағандықтан, өлшеу жүйесі олардың мүмкін болатын шамасы бойынша таңдалады. Ол үшін шекті салыстырмалы амплитудалық қателік есептелінеді

$$\delta Z_{\max} = \frac{\lambda_k^2}{1 - \lambda_k^2}$$

5.1б-суретте келтірілген жиіліктердің мүмкін болатын қатынасын анықтайды

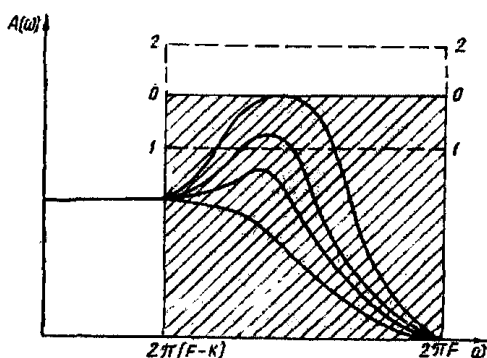
$$\frac{1}{\lambda_k} = \frac{\omega_0}{\omega} = \sqrt{1 - \frac{1}{\delta Z_{\max}}} \quad (5.3)$$

5.1б-суретінен деңгейі 1-2% болатын динамикалық амплитудалық қателікті алу үшін ӨҚ еркін тербелісінің жиілігі өлшеу жиілігінен 7-10 есе артық болуы керек. Практика жүзінде қажетті нәтижені $\frac{\omega_0}{\omega} > 2-3$ кезінде алынады. Өшу коэффициентінің $\beta_3 = 0,6-0,7$ мәнінде амплитудалық қателік минималь болады.

$\beta_3 = 0,6-0,7$ кезінде φ фазалық қателік жиілікке сызықты тәуелді, сондықтан әр жиілік үшін өлшенетін шаманың өзгеруінен ӨҚ жылжымалы бөлігі шығаратын тербелістердің кешігуі уақытқа тәуелді болмайды.

Осылайша, динамикалық процестерді өлшеу үшін ӨҚ таңдау кезінде максималь жиілік бойынша ӨҚ өткізу жолағы тіркейтін параметр жиілігі бойынша өткізу жолағын қамтуы қажет. Бұл кезде процестің іске асатын АЖС 0–0 сызығы бойымен штрихталған облыс шекарасынан шықпағаны жөн (5.2-сурет). Қарсы жағдайда процесс жайындағы ақпарат «қиып алынуы» (1–1 сызығы) немесе «шулар» – ескерусіз қалған факторлардың әсерімен шартталатын қосымша тербелістер тіркелуі мүмкін (2–2 сызығы), бұл қосымша ескерілмеген динамикалық қателіктерді туғызады.

Қарапайым өлшем құралдары үшін (мембраналар, серіппелер, т.с.с) ω_0 жиілігін есептік жолмен табуға болады, бірақ шекаралық шарттарды қалыптасты-рудың қиындықтарына байланысты мұндай есептеулердің дәлдігі төмен болады. Күрделі көп салалы өлшеу жүйелері үшін есептік әдістердің тиімділігі төмен. Сондықтан динамикалық тарирлеу жолымен ω_0 жиілікті тәжірбиелік анықтау ең сенімді әдіс болып табылады.



5.2-сурет. ӨҚ өткізу жолағының қалыптасуы

Сондай-ақ, келесі әдістер де жиі қолданылады.

Бірінші әдісте жүйеге жүктемені әкеліп және оны алып тастау арқылы қоз-дыру жүйенің жылжымалы бөлігіне жиілігі ω_0 болатын еркін өшетін тербелістерді жасауға мәжбүрлейді. Бұл тербелістердің амплитудасы

$$\xi = \xi_0 \exp\left(-\frac{2\theta}{T} t\right) \quad (5.4)$$

мұндағы Z_0 – $t=0$ кезіндегі бастапқы амплитуда, T – тербеліс периоды, θ – өшудің логарифмдік декременті, ол жарты периодқа қалып отыратын екі қатар максималы амплитудалар қатынасының натурал логарифміне тең.

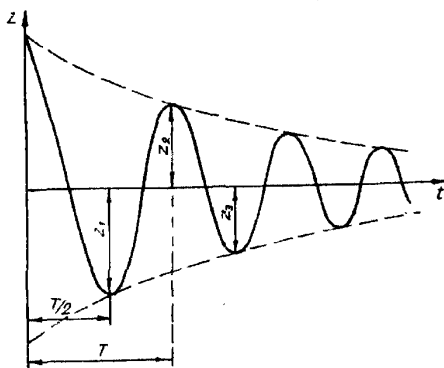
θ бағасы кезінде есептеу дәлдігін жоғарылату үшін үш координаттар әдісін пайдаланады:

$$\theta = \ln(z_1 + z_2) - \ln(z_2 + z_3)$$

мұндағы z_1 , z_2 және z_3 – бір-бірінен жарты периодқа қалып отыратын кез келген үш тізбектелген максималы ординаттар (5.3-сурет). Онда өшу коэффициенті

$$\beta_3 = \frac{\theta}{\sqrt{\theta^2 + \pi^2}}$$

еркін тербеліс жиілігі

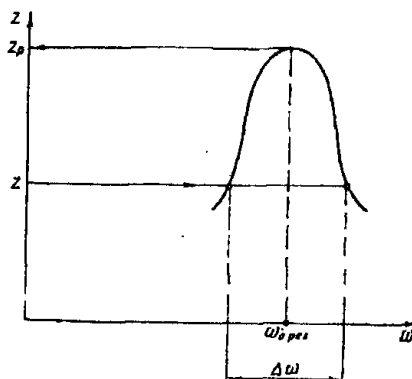


5.3-сурет. Үш координаттар әдісі бойынша дәлдікті бағалау

$$\omega_0 = \frac{\omega_0^f}{\sqrt{1-\beta}} \quad (5.5)$$

мұнда $\omega_0^f = 1/T$ типтік график жазбасы бойынша табады (5.3-сурет). Егер жүйенің тез әрекеттілігінен жазу қиынға соқса (өшу жылдамдығының жоғары болуы) басқа әдіс қолданылады.

Оның мәні – жиіліктері әртүрлі жүйенің еріксіз тербелістерін туғыза отырып, максималь амплитуданы тіркеу және резонанстық сипаттаманы алу (5.4-сурет).



5.4-сурет. ӨҚ резонанстық сипаттамасы

Бұл сипаттама үшін $Z < Z_{\text{рез}}$ кездейсоқ амплитудасын анықтай отырып, $\Delta\omega_0$ жиіліктер айырымын табады, ол резонанс қисығының екі тармағындағы амплитудалар тепе-теңдігіне сәйкес келеді. Онда өшу коэффициенті келесі формуламен анықталады:

$$\beta_3 = \frac{\Delta\omega}{2\omega_{0\text{рез}}} \sqrt{\frac{Z^2}{Z_{\text{рез}}^2 - Z^2}}$$

ал еркін тербеліс жиілігі (5.5)-теңдігімен анықталады.

Екінші әдіс қарапайымдау, өйткені стандартты тербеліс генераторларын (электромагниттік, ультрадыбыстық және т.б.) қолдануға мүмкіндік береді. ӨҚ немесе қабылдағыштың жиіліктік сипаттамасын ω_0 пайдалана отырып, өлшенетін процестің ω жиіліктің кез келген мәні үшін γ_ω жиіліктік қателіктерді табуға болады:

$$\gamma_{\omega} \approx \left(\frac{\omega}{\omega_0} \right)^7 \frac{1}{1 - 2\beta_3^2}$$

Өшу коэффициенті жоқ болған жағдайда ($\beta=0$), көбіне таратқыштарға тән, жиіліктік қателік

$$\gamma_{\omega} \approx \left(\frac{\omega}{\omega_0} \right)^2 \quad (5.6)$$

Егер өлшеуіш апериодикалық (тербеліссіз) түрленулердің (мысалы, термопаралар, кедергі термометрі және т.с.с.) Т уақыт тұрақтысы белгілі болса, онда жиіліктік сипаттаманың қимасын

$\omega = \frac{1}{2\pi t}$ анықтай отырып, жиіліктік қателікті келесідей бағалауға болады:

$$\gamma_{\omega} \approx -0,5 \left(\frac{\omega}{\omega_0} \right)^2 \quad (5.7)$$

немесе

$$\gamma_{\omega} \approx -2 \left(\frac{\pi \tau}{T} \right)^2 \quad (5.8)$$

мұндағы γ – зерттелетін процестің периоды.

5.1-мысал. Температураның периодтық ауытқуы уақыт тұрақтысы $\tau=60$ с кедергі термометрінің көмегімен өлшейді. Осы таратқыштың жұмыстық диапазоны қандай?

Шешімі. Динамикалық қателік 5%-дан аспауы керектігін ескеріп, (5.7)-өрнек бойынша $\gamma_{\omega}=0,5\%$ мәні $T=20$ мин кезінде алынады (сәйкесінше $T=30$ мин кезінде $\gamma_{\omega}=0,2\%$, $T=60$ мин кезінде $\gamma_{\omega}=0,5\%$).

Айтылғандар синусоидалық тербелістер [14,15] жағдайына жатқызылады. Егер тербелістер синусоидалық емес болса, тез өзгертін процесті гармоникалық қатарға жіктеп, ω_0 процестің ең жоғары гармоника жиілігі ретінде қабылдап, ал γ_{ω} орнына

оның тіркелуінің мүмкін амплитудалық қателігін қабылдайды, аспапты таңдауды жүзеге асырады.

5.2-мысал. Тез жүргіш іштен жану двигателінде отын жанғанда қысымның өзгерісін дұрыс бағалау үшін 150-ге дейінгі ретті гармоникаларды тіркеу қажет. Біліктің айналу жиілігі $\omega_0=200$ мин⁻¹ кезінде қателігі $\gamma_\omega < 2\%$ сәйкес аспапты таңдау керек

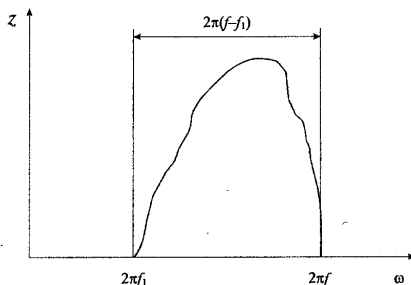
Шешімі. Қос контактты қозғалтқыш жағдайында 150-ші гармоника жиілігі $150 \frac{2000}{60} = 5 \text{ кГц}$ 5.15-сурет бойынша ӨҚ еркін

тербелістерінің жиілігін табамыз, ол $\omega_0 = (7 - 10) \cdot 5 = 35 - 50 \text{ кГц}$.

Механикалық ӨҚ жоғары динамикалық қасиеттерін алу мүмкін емес. Сондықтан электрондық өлшеу жүйелерін пайдалану қажет.

Динамикалық қателікті дискреттік есептеу бойынша кірмелік белгінің іске асырылуын қалпына келтіру қателігі ретінде қарастырған жөн. Котельников теоремасы бойынша мұндай қалпына келтіруді (қателіксіз дерлік) $0 - \omega$ жиілік аралығында $\Delta t = 1/2 \omega$ уақыт интервалынан кейін іске асыруға болады. Егер белгі спектрі нөлден басталмаса, $\omega_1 - \omega$ диапазонында орналасады (5.5-сурет), белгіні қалпына келтіруді $\Delta t = 1/2 \omega_1 - \omega$ интервалынан кейін іске асыру қажет.

Басқаша сөзбен айтқанда динамикалық өлшеулер кезінде ӨҚ-ны таңдау уақыт бойынша белгіні дискреттеу жиілігімен байланысты. Мұндай дискреттеу кезіндегі динамикалық қателіктердің туындауы 5.5-суретте келтірілген.

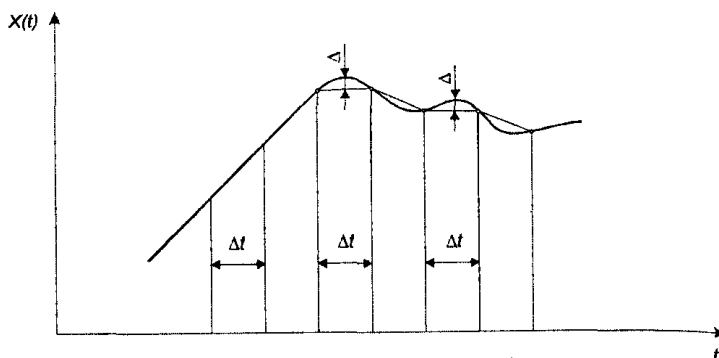


5.5-сурет. Белгі спектрінің кездейсоқ орналасуы

5.6-суреттен дискреттілігі Δt тіркеу нүктелері бойынша кірмелік белгінің сызықтық интерполяциясы кезінде ең үлкен қателік $x(t)$ қисықтың иілген жерлерінде (төмпешіктер мен ойықтарда) туатыны көрініп тұр. Қисықтың иілген жерлерінде абсолютті қателік парабола мен хорда айырмасы болып табылады.

Интерполяция интервалының ортасында параболаның хордадан Δ_m ең үлкен ауытқуы болады.

$$\Delta_m = \frac{\ddot{x}(t)\Delta t^2}{8}$$



5.6-сурет. Динамическая погрешность дискретизации

мұндағы $\ddot{x}(t)$ - $x(t)$ қисығының екінші ретті туындысы.

Қателіктің келтірілген мәніне $\gamma_\omega = \Delta_m / x_k$ (мұндағы x_k – өлшеу шегі) өте отырып, дискреттеудің максималь мүмкін Δt_0 периодын аламыз, бұл кезде қалпына келудің динамикалық қателігі γ_ω шамасынан аспайды.

$$\Delta t_0 = \sqrt{\frac{8x_k}{\ddot{x}(t)}} \gamma_\omega$$

Синусоидальк процесс үшін негізінен

$$\Delta t_0 = \frac{T}{\Delta t_0} \geq \frac{\pi}{\sqrt{2\gamma\omega}}$$

Т периодта тіркеу процесіндегі n нүкте саны

$$n=T/\Delta t_0 \geq \pi / \sqrt{2\gamma\omega} \quad (5.9)$$

Соңғы қатынас бойынша (5.9) тіркеу қателігінің процесс периоды кезіндегі санау нүктелерінің санымен байланысын бағалауға болады: біртекті дискретизация кезінде қателігі 1% дейін синусоидалық процесті қалпына келтіру үшін Т периодта 22 санағы болуы тиіс, ал қателік 0,1% болса – 70 кем емес. Осыдан әр түрлі ӨҚ арқылы берілген максималь γ_{ω} қателікпен тіркелуі мүмкін процестің минималь периодын есептеуге болады. Мысалы бағдарлық ӨҚ дискретизация уақыты көрсеткіштерді орнату уақыты (~4с) оларды жазып алу уақытымен (~2с) анықталады, яғни $\Delta t_0=6$ с.

Ұқсас немесе сандық тіркеушісі бар өлшеу каналдарының динамикалық қателіктері басқа қателіктермен қосылмайды, тек оның жоғары жиіліктер облысындағы өлшенетін шамасының жиіліктік диапазонын шектейді.

5.3-мысал. Жиіліктердің жұмыстық диапазонын бағалау және реостаттық таратқыштан алынатын кернеуді өлшеу үшін ӨҚ таңдау. Каналдың негізгі келтірілген қателігі – 200 мВ өлшеу шегінде 1,5%.

Шешуі. Балама ӨҚ ретінде электрондық автоматты өздігінен жазатын 0,5 класты потенциометрді (барлық шкаланың тіркеушісімен өту уақыты 0,5 с құрайды) және өлшеу мәліметтерін секундына 5 рет жиілікпен тіркейтін ПЛ-150 перфараторлы 0,2/0,1 Ф 203 класының сандық вольтметрді қарастырайық. Осындай тіркеушінің бағасы сандық тіркеушіден арзан.

Ұқсас СМ үшін $x=200$ мВ өлшеу шегінде барлық шкаланың өту уақыты 5 с кезінде кернеудің уақыт бойынша өзгеру жылдамдығы $x_m=200$ мВ/0,5 с=400мВ/с. Егер өздігінен жазушы аспапқа берілген дыбыс өзгерісінің абсолют жылдамдығы x_m кем болса, онда тіркеу бұрмалаусыз жүргізіліп, динамикалық қателік нөлге тең, яғни x_m потенциометрдің жиіліктік диапазонын шектеуші болып табылады.

Кірмелік синусоидалық белгі $x=x_m \sin \omega t$ кезінде оның өзгеру жылдамдығы $x_m=\omega x_m \cos \omega t$, бұл жылдамдықтың максималь мәні $x_m=\omega x_m=2\pi f x_m$, осыдан тіркеудің шекаралық жиілігі

$$f_{\Gamma p} = x_{\Gamma} / (2\pi x_{\Gamma}) = 400 / (2\pi \cdot 200) = 0,32 \text{ Гц}$$

Сондықтан ӨҚ динамикалық қателігін (5.9)-формула бойынша дискретті санау бойынша бағалаймыз. Дискреттеу периоды $\Delta t = 1/5 = 0,2$ с болғанда, есептеулер келесідей болады.

Жүргізілген есептеулерден белгінің ақырын өзгеруінде ($T \geq 20$ с) жиіліктік қателік каналдың негізгі қателігінің мәніне жетеді. Сондықтан сандық тіркеудің жиіліктік диапазоны 0-ден 0,27 Гц дейін болуын қамтамасыз етеді, бұл ұқсас тір-кеуші мүмкіндігінен аз (0,32 Гц).

5.2-кесте

T, с	20,0	10,0	5,0	3,6	2,0
F, Гц	0,05	0,10	0,20	0,27	0,50
$\gamma_{\text{с}}$, %	0,05	0,20	0,80	1,50	5,00

Осылайша, автоматты өздігінен жазатын потенциометрді таңдаған жөн, оның үстіне оның бағасы да төмен.

5.2. Метрологиялық сипаттамалар бойынша сандық өлшем құралдарын (СӨҚ) таңдау

СӨҚ динамикалық қасиеттері өлшеу нәтижесіне екі жағдайда әсер етуі мүмкін: СӨҚ көмегімен параметрдің уақыттан тәуелділігі зерттелінгенде және СӨҚ өлшенетін шамалардың коммутаторымен жұмыс істегенде.

Барлық СӨҚ екі топқа бөлінеді: 1 топ – өлшенетін шаманың лездік мәніне әсер береді, 2 топ – түрлену уақытында өлшенетін шаманың орташа мәніне әсер береді (уақыт – жиі импульсті ӨҚ).

Кванттаудың берілген интервалы q мен $T_{\Gamma p}$ түрлену уақытында өлшенетін шаманың жылдамдық өзгерісі мына мәннен аспауы тиіс:

$$v_{\max} \leq 0,5q/T_{\Gamma p}.$$

Түрленудің ақырғы уақытының болуы процестің іске асырылу нүктесінің уақыт бойынша тіркелуінің $x(t)$ араласуына әкеледі (кейде оны температуралық уақыт деп те атайды), бұл санақты мерзімдеу жүргізудің динамикалық қателігін туғызады. Бұл қателіктің туу механизмі 5.7-суретте келтірілген. Мұнда СӨҚ іске қосу белгілері $t_1, t_2, \dots, t_n$ мезеттерінде туады.

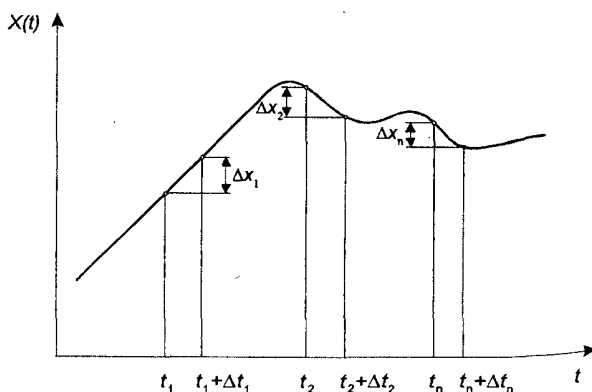
Түрлену уақыты жетіспегендіктен $x(t)$ процесті тіркеу $\Delta t_1, \Delta t_2, \dots, \Delta t_n$ ығысумен жүреді, бұл келесі қателікті туғызады:

$$\Delta x_1 = x(t_1) - x(t_1 + \Delta t_1)$$

$$\Delta x_2 = x(t_2) - x(t_2 + \Delta t_2)$$

Әрине, бұл қателіктерден тек $\Delta x_{\max}$ қызығушылық туғызады. СӨҚ таңдауда, ең алдымен кванттаудың деңгей санына (немесе екі еселенген разряд саны n) және T_{np} уақытымен шартталатын тез әрекеттілікке назар аударылады.

n және f_{np} әдістемелік қателігін анықтайды – процесс белгісінің деңгей және уақыт бойынша дискретизация қателігі.



5.7-сурет. Мерзімдеу қателігінің қалыптасуы

n және f_{np} мәні СӨҚ жетілдіру деңгейінің сипаттамасы болып табылады. СӨҚ қолданғанда келесі шарт орындалуы тиіс:

$$nf_{np} \leq c$$

мұнда c – мәліметтерді жіберу каналының өткізгіштік қабілеті, бит/с. Өлшеу тізбегінде жауап алуға арналған коммутатордың болуы, мысалы, таратқыш, бір каналды сұрастыруға кеткен уақыт T_k әлдеқандай шамасымен шектелуі мүмкін. Онда іске қосылу уақытының ұсталынуын ескере отырып, келесі шарт сақталуы тиіс:

$$T_{33} + T_{пр} \leq T_k$$

Таңдалынатын СӨҚ белгі/шу қатынасының шектелуіне жауап беру керек. Ішкі және сыртқы шу көздері болмайтын идеал жүйе болған жағдайда белгі/шу арақатынасы келесі өрнекпен анықталады:

$$\rho_0 = 10 \lg(D_x/D_q) \text{ дБ} \quad (5.10)$$

мұнда D_x – көрсеткіштік белгінің қуаты (дисперсиясы), $D_q = q^2/12$ – кванттау шуының қуаты (дисперсиясы). Реалдық жүйелерде

$$\rho = 10 \lg \frac{D_x}{D_q + D_{ш}}$$

мұнда $D_{ш}$ – кванттауға дейінгі жүйе каналындағы шу қуаты.

Кванттау шуын СӨҚ разрядтылығын өсіре отырып төмендетуге болады. алайда егер $D_{ш} > D_q$ болса, келесі арақатынас кезінде D мәнін түсірудің еш мағынасы болмайды:

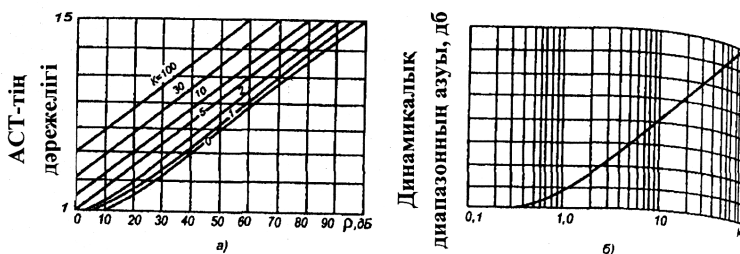
$$\sqrt{D_m} = K \sqrt{D_q}$$

$$\frac{\sqrt{D_x}}{q} = 2^n - 1 \text{ деп белгілесек, } \rho = 10 \lg \frac{12(2^n - 1)}{K^2 - 1} \text{ дБ аламыз.}$$

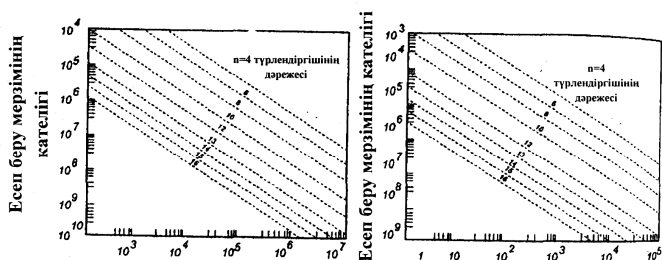
Осы тендеу негізінде 5.8а-суретінің номограммасы тұрғызылған, оның көмегімен белгі/шу берілген қатынасында және қабылданған K мәнінде СӨҚ разрядтылығына талаптарды анықтауға болады.

5.8б-суреттегі график K мәні өскенде берілген разрядтылықты СӨҚ динамикалық диапазонының нашарлауын көрсетеді. Графиктерді пайдаланғанда түрленудің мүмкін қателігін $2q$ деп

алсақ графиктер бойынша алынған мерзімдеу қателігі екі есе өзгеруі тиіс және т.б.



5.8-сурет. Аналогты-сандық түрлендіргіш таңдау графиктері (АСТ)



Өзгеру жылдамдығы $1/x_m \cdot dx/dt$, ед/с кат. Синусойдалы белгінің жиілігі, Гц

5.9-сурет. Санақты мерзімдеу қателігі бойынша АСТ таңдау графиктері

Жиілік спектрі және шектік жиілігі біртекті белгі үшін санақты мерзімдеу қателігінің қалыпты τ_{gmin} және τ_{gmax} шекаралық мәндері келесі түрде анықталады:

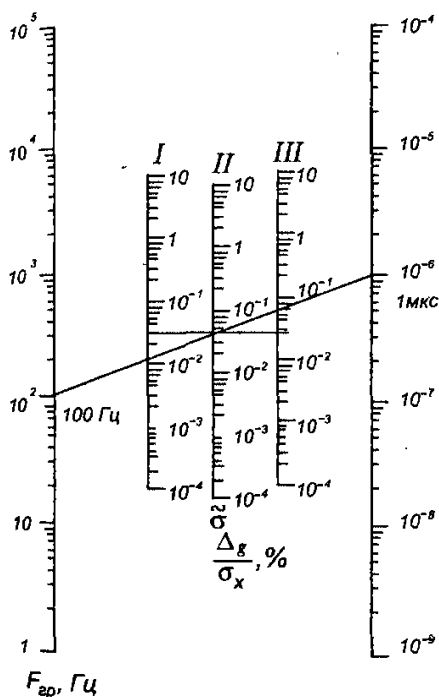
$$\sigma_{\Delta}^2 = \frac{\sigma_x^2}{3} 2\pi F_{cp} \Delta \tau_g \quad (5.11)$$

(5.11)-формуласы бойынша белгі түрленуінің салыстырмалы динамикалық қателігін бағалауға мүмкіндік беретін номограмма (5.9-сурет) тұрғызылған. Бұл үшін F_{cp} және Δt белгілі мәндерін қосатын түзу жүргізіледі. Бұл түзудің $\frac{\sigma_{\Delta g}}{\sigma_x}$ шкаласымен қиылысуы динамикалық қателік пен белгі

мәндерінің ізделінген арақатынасын береді. Бұл номограмма мерзімдеу қателігі бойынша СӨҚ талаптарын анықтау үшін қажет болуы мүмкін.

5.10-мысал. $F_{zp}=100\text{Гц}$ біртекті спектрлі белгі СӨҚ түрленеді. Егер $\frac{\sigma\Delta_g}{\sigma_x}=0,095\%$ шарты берілсе, СӨҚ қателігіне талаптарды анықтау керек.

Шешуі. Мәні белгілі $\frac{\sigma\Delta_g}{\sigma_x}$ және F_{zp} арасынан түзу сызық жүргізіп, намограмманың $\Delta\tau_g$ шкаласы бойынша (5.19-сурет) $\Delta\tau_g=1$ ай екенін анықтаймыз. Осыған сәйкес қажетті СӨҚ таңдалынады.



5.9-сурет. Кездейсоқ белгілерді зерттеуде жүйе каналының динамикалық қателігін бағалау намограммасы

Бақылау сұрақтары

1. Динамикалық өлшеу кезінде өлшеу құралдарын таңдау қалай жүргізіледі?
2. Динамикалық өлшеу кезінде ӨҚ таңдаудың ерекшеліктері неде?
3. Фазалық және амплитудалық динамикалық өлшеу қателіктерінің бір-бірінен айырмашылығы қандай?
4. Сандық ӨҚ таңдаудың ерекшелігі не?
5. Өлшеу құралдарының резонанстық сипаттамасы дегеніміз не?

6. МЕТРОЛОГИЯЛЫҚ ҚАМТАМАСЫЗДАНДЫРУ ПРИНЦИПТЕРІ

6.1. Метрологиялық қамтамасыздандырудың негіздері

Метрологиялық қамтамасыздандыру (МҚ) түсінігінде өлшем бірлігі мен талап етілген дәлдігіне қол жеткізу үшін қажетті ғылыми-ұйымдастырушылық негіздерді, техникалық құралдарды, ережелер мен нормаларды қолдану және орнату болып табылады. Бұрын қолданылған салыстырмалы түрдегі бірлікті қамтамасыз етудің аз мәселесінен және өлшеудің талап етілген дәлдігінен, өлшеу сапасын қамтамасыз етудің жаңа мәселесіне ауысу метрологиялық қамтамасыз етудің дамуының негізгі тенденциясы болып табылады. Өлшеу сапасы – өлшеу дәлдігіне қарағанда өте ауқымды мағына береді. Ол белгіленген уақытта өлшеу нәтижелерінің талап етілген дәлдікпен (рұқсат етілген қателіктер өлшемімен), сенімділікпен, дұрыстығымен, үйлесуімен және орындаушылығымен алуды қамтамасыз ететін ОҚ қасиетінің жиынтығын сипаттайды.

«Метрологиялық қамтамасыз ету» түсінігі бірыңғай өлшеулерге қатысты (сынау, бақылау) қолданылады [36,37]. Сол сияқты «технологиялық процесті метрологиялық қамтамасыз ету (өндірісті, кәсіпорынды)» терминін қолдануға рұқсат етіледі, бұл жағдайда берілген процестегі, өндірістегі, кәсіпорындағы өлшемдерді метрологиялық қамтамасыздандыру (сынау немесе бақылау) деп түсіндіруге болады.

Метрологиялық қамтамасыз етудің объектісі өнімнің немесе қызметтің Өмірлік циклінің барлық кезеңі болады. Өмірлік цикл ұғымының түсінігі, тұтыну немесе пайдаланудың аяқталуына дейін жасау және өнім күйінің өзгерісінің біртіндеп өзара байланысқан процестерінің, оған қойылған бастапқы талаптарының құрастыруының жиынтығы болып табылады. Сонымен өнімді өңдеу кезеңдерінде бұйымның жоғары сапасына қол жеткізу үшін бақыланатын параметрлер, дәлдік нормалары, шақтамалары, өлшем құралдары, бақылау мен сынауларды таңдау жүргізіледі. Сондай-ақ, конструкциялық

және технологиялық құжаттамаға метрологиялық сараптама жүзеге асырылады.

МҚ әзірлеу кезінде міндетті түрде жүйелік әдісті қолдану қажет, оның мәнінде өзара байланысқан процестердің жиынтығы сияқты көрсетілген қамтамасыз етуді қарастырудан тұрады, бұл өлшеулердің талап етілген сапасына қол жеткізу мақсатында біріктірілген. Осы процестерге мыналар жатады:

- процестерді басқару және өнімнің сапасын бақылау кезінде өлшелетін параметрлер және өлшеу дәлдігінің ұтымды нормаларының тиімді номенклатурасын орнату;

- ӨҚ (СИ) сынау мен бақылау, таңдау мен техника-экономикалық негізделу және олардың тиімді номенклатурасын орнату;

- стандарттау, унификациялау және қолданылатын бақылау-өлшеу техникасын агрегаттау;

- өлшеуді, сынауды және бақылауды жүргізудің заманауи әдістемесін (ӨЖӘ) дайындау, енгізу мен аттестаттау;

- өндірісте қолданылатын сынау, бақылау-өлшеу құрылғысын (БӨҚ) калибрлеу және тексеру, метрологиялық аттестаттау;

- өндіріске стандарттарды дайындау мен енгізуге қатысу;

- халықаралық, мемлекеттік және салалық стандарттарды, сонымен қатар, басқа да Мемстандарттың нормативтік құжаттарын енгізу;

- конструкторлық, технологиялық және нормативтік құжаттаманың жобаларына метрологиялық сараптама жүргізу;

- өлшеу күйіне анализ жүргізу, соның негізінде дайындау және МҚ жетілдіру бойынша іс-шараларды жүзеге асыру;

- қызметке сәйкес және кәсіпорын бөлімшелерінің жұмыскерлерін бақылап-өлшеу операцияларын орындауға дайындау.

Метрологиялық қамтамасыз [24,25] ету төрт негізге ие: ғылыми, ұйымдас-тырушылық, нормативтік және техникалық. Олардың мазмұны 6.1-суретте көрсетілген. МҚ жекелей аспектілері кішігірім кәсіпорындарды метрологиялық қамтамасыз ету бойынша МИ 2500-98 нұсқаулықтарында қарастырылған. МҚ іс-шараларын әзірлеу және жүргізу метрологиялық қызметке (МҚ) жүктелген. Метрологиялық қызмет – өлшем бірлігін қамтамасыз ету жұмыстарын атқару және метро-

логиялық бақылау мен қадағалауды жүзеге асыру үшін заң шығарумен сәйкес құрылатын қызмет болып табылады.

Өндірісті метрологиялық қамтамасыздандырудың негізгі тапсырмалары.

Өндірісті метрологиялық қамтамасыздандыру (ӨМҚ) – бұл ғылыми және техникалық құралдардың, ережелер мен нормалардың жиыны, ол стандарттардың талаптарына сәйкес өлшеудің бірлігіне және талап етілетін дәлдігіне қол жеткізу үшін қажет. ӨМҚ – стандарттаумен тығыз байланыс арқылы өзінің тапсырмаларын тиімді шешеді. Ол үшін өлшем бірлігін қамтамасыз ететін мемлекеттік жүйе стандарты (ӨМЖ) жасалған және «Өлшемнің бірлігін қамтамасыз ету» туралы заң қабылданған. ӨМҚ стандарттаудың бақылау әдістері және өнімді сынау деп аталатын объектермен өте тығыз байланысқан. Бұл объектер үшін бақылауға бірқатар метрологиялық параметрлерді орнату өте маңызды. Бұл өлшенетін параметрлердің номенклатурасын және өлшеудің дәлдік нормаларының тиімдісін орнату, дәлдікті талап ететін өлшеуді орнатудың әдісін жасау. Өлшемнің үлгілік, массалық әдістерін орындауда реттеудің тиімді жолы оларды стандарттау болып табылады.

Өлшеу үрдісі – ӨҚ қажетті өлшеу құралдары болмаған жағдайда мағынасыз. ӨҚ үлгілерін дұрыс таңдауды, олардың күйлерін бақылауды, олардың уақытында және объективті салыстырып тексерілуін қамтамасыз ету керек. ӨМҚ – метрологиялық қамтамасыздандырудың негізгі жағдайларын регламенттейтін стандарттаудың мемлекеттік жүйесімен регламенттеледі: негізгі жағдайлар ҚР СТ 2.0-2001, ҚР СТ 2.2-2001. ӨМҚ – бұл өлшеудің бірлігіне және талап етілетін бірлігіне қол жеткізу үшін ғылым және ұйымдастырушылық негіздері, техникалық құралдарды, ережелер мен нормаларды қолдануды орнату.

Өлшенетін ақпаратқа келесідей талаптар қойылады:

- Өлшеу шешімдері заңдандырылған бірлікте көрінуі тиіс;
- Өлшеудің ақаулары белгілі болу керек және ол шақтамадан аспауы керек.

ӨМҚ-ң ғылыми негізі – метрология. Ал ӨМҚ-ның ұйымдастырушылық негізі мемлекеттік және ведомствалық

қызметтер. ӨМҚ-ң техникалық негізі: физикалық шама бірліктерінің мемлекеттік эталон жүйесі, мемлекеттік сынау жүйесі және ӨҚ метрологиялық аттестаттау жүйесі, ӨҚ мемлекеттік және ведомствалық салыстырып тексеру жүйесі.

ӨМҚ негізгі тапсырмалары:

– Метрология дамуының негізгі бағыттарын және осы аумақтағы ғылыми және техникалық жетістіктерді пайдаланудың ең тиімді жолдарын анықтау, ғылыми-әдістемелік және ӨМҚ ұйымдастырушылық негіздерін дайындау. Әрқа-шан өлшеу дәлдігінің жоғарлауы талап етіледі. Бұл тапырманы шешудің бір жолы физикалық эталондардың иерархиялық принциптерінен автономдық принципке көшу. Автономдық – бұл өлшем құралдарында дәлдігі жоғары табиғи константтардың негізіндегі мөлшерді қолдану, олар жоғары фиксациялаушы қабілетке және тұрақтылыққа ие. Фундаментті табиғи константтар – бұл танымал формулаларға кіретін жарық жылдамдығы, электрон массасы, сандық коэффициенттер т.б. Бұл шамалар тәжірибиеде өзгермейтін яғни тұрақты болып табылады;

– Автономды мөлшерлер иерархиялық салыстырып тексеруді талап етпейтін жоғары дәлдікті ӨҚ конструкторлеуге мүмкіндік береді. Көбінесе қазіргі кезде электромагнитті сәулеленудің атом бөлшектерімен байланысына негізделген квантты метрология негізіндегі құралдар жасалуда. Бұл принципте ұзындық, уақыт, жиілік бірліктерінің эталондары жасалған;

– Физикалық шама бірліктерінің мемлекеттік эталон жүйесін құру.

Мемлекеттік эталондар – барлық өлшемдердің негізі. Қазіргі уақытта Республиканың эталондық базасы 24 мемлекеттік эталондарды (масса, ұзындық, қысым, кернеу, өзгермелі ток, рН бірлігі, температура, уақыт, жиілік) құрайды, эталондық құралдың 63 бірлігін және үлгілі дәлдігі жоғары ӨҚ 13 мыңын құрайды:

• ҚР қолдануға рұқсат етілген, СИ мемлекеттік сынау, СИ үлгілерін бекіту, жоспарлау және жүргізу;

- СИ мемлекеттік салыстырып тексеру, СИ-ң өндіргіштігін, күй жағдайын, қолданылуын бақылау және метрологиялық ережелердің орындалуын қадағалау.

ӨМҚ аумағындағы стандарттаудың дамуы және жақсаруы. Метрология аумағындағы халықаралық бірлестік жұмыстарын ұйымдастыру.

– Стандарттаудың халықаралық ұйымы (ISO). Бұл ұлттық нормативтік құжаттардың халықаралық талаптармен үйлесу мүмкіндігін береді және ол ҰСҰ (ВТО) кіруде міндетті шарт болып табылып, отандық тауар өндірушілердің өнімдерінің әлемдік саудаға шығуына көмектеседі.

– Заң шығаратын метрологияның халықаралық ұйымы (ММХҰ) - өлшем бірлігін қамтамасыз етудің ұлттық жүйесінің ережелері мен процедураларын, халықаралық ұйымдардың және басқа елдердің ұлттық жүйелерінің ұсыныстарымен үйлесу мүмкіндігін қамтамасыз етеді және осы аумақтағы жұмыс шешімдерін өзара мойындауға жағдай жасайды. Қазақстан Республикасымен бекітілген: ТМД елдерімен стандарттау, метрология және сертификаттау аумағында ынтымақтастық туралы өкімет аралық келісім, ұлттық органдар деңгейіндегі меморандумдар және Ислам Республикасы Иран стандарттар және өнеркәсіптік зерттеулер институты (ISIRI - Institute of Standards and Industrial Research of Iran), DIN нормалардың Неміс институты (Deutsches Institute für Normung), стандарттаудың түрік институты (TSE - Turkish Standards Institution), стандарттау, метрология және сертификаттау аумағындағы ынтымақтастық келісімі[6].

Өнімді бақылаудан бөлек ӨМҚ конструкторлық және технологиялық құжаттардың [3,4] бақылауын жүргізеді. Сараптама және метрологиялық бақылау – бұл өлшеуге, дәлдік нормасын орнатуға және бұйымды өңдеу үрдісін өлшеу әдістерімен және құралдарымен қамтамасыз ету параметрлерін талдау бойынша қабылданған шешімдерді талдау және бағалау.

Метрологиялық сараптама – бұйымды өңдеу, дайындау және жөндеу кезінде бақылап, оның өлшем тиімділігін қамтамасыз ету мақсаттарында жүргізіледі.

Метрологиялық сараптаманың негізгі тапсырмалары: өлшенетін параметрлердің үйлесімді номенклатурасын анықтау, конструкторлық бұйымның бақылауға жарамдылығын бағалау, өлшеу дәлдігінің көрсеткішін бақылаудың және өзара ауыстырымдылықтың тиімділік және анықтылық талаптарына сәйкестігін бекіту, өлшеу дәлдігінің көрсеткіштерінің, технологиялық үрдістердің, тиімді режимді қамтамасыз ету талаптарына сәйкестігін бекіту, дәлдікті сақтай отырып өлшеу операцияларының еңбек сыйымдылығының азаюын және арзандату мүмкіндігін анықтау, автоматтандырылған әдістерді қолдану. Өлшеу кезінде компьютерді қолдану мүмкіндігін анықтау.

Сараптама шешімдерін рәсімдеу МЕСТ 3.114-81 бойынша орындалады.

6.2. Метрологияның нормативті-құқықтық негізі

Өлшемдердің және өлшеу ақпараттарының мағыналығы мен жауапкершілігі құқықтық және нормативтік актілер мен жағдайлардың кешенін заң шығарушылық ретте орнатудың қажеттілігін растайды (6.1-сурет).

Метрологиялық қамтудың негіздері

Бүкіл метрологиялық қызмет конституциялық нормаға негізделеді, ол федералды енгізулерде стандарт, эталон, метрикалық жүйе және уақыттың есептелуі, сонымен қатар эталондар және олармен байланысты басқа да метрологиялық негіздер, физикалық шама бірлігі сияқты заңдық метрологияның негізгі сұрақтарын орталықтандырылған басшылық бекітеді. Осы конструкторлық норманың дамуына байланысты метрологиялық қызметтің бөлшектік негізі болып табылатын «Өлшем бірлігін қамтамасыз ету туралы», «Техикалық реттеу туралы» заңдар қабылданған [3,4,6].

«Техникалық реттеу туралы» Заң – стандарттаудың құқықтық негізін орнатады, міндетті түрде қолдануға жатады және стандарттау бойынша нормативтік құжаттардың қолданылуы мен өңдеу жолы арқылы мемлекет пен тұтынушылардың қызығушылығын мемлекеттік қорғауды анықтайды.

Стандарттау – жалпыға бірдей және бірнеше реттік қолдану үшін нақтылай немесе потенциалды мәселелерге қатысты жағдайларды орнату жолымен белгілі бір аймақтағы тиімді дәреженің жетістікке жетуге бағытталған қызмет.

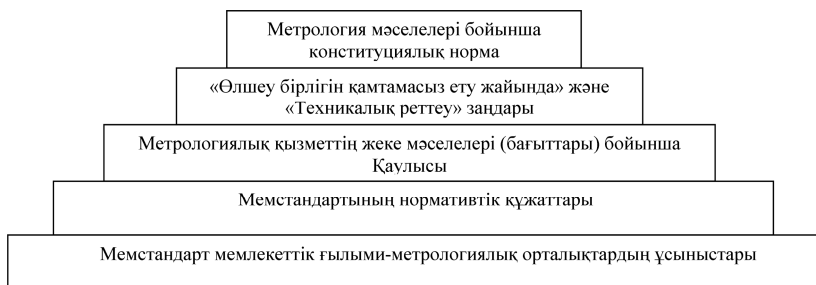


6.1-сурет. Метрологиялық қамсыздандыру негіздері

«Өлшем бірлігін қамтамасыз ету туралы» Заңның негізгі мақсаты болып: өлшем бірлігін қамтамасыз етудің құқықтық негіздерін орнату, өлшем құралдарын дайындау, шығару, қолдану, жөндеу, импорттау, сату сұрақтары бойынша заңды және жеке тұлғалармен мемлекеттік органдармен қарым-қатынасын реттеу, сенімсіз өлшеу нәтижелерінің теріс салдарынан экономикасы мен бекітілген құқықтық тәртібімен, азаматтардың құқықтарын және заңды қызығушылықтарын қорғау, ФШ бірлігінің мемлекеттік эталонын әзірлеу және қолдану негізінде дамуына әсер ету, өлшеу жүйесінің әлемдік тәжірибемен үйлесуі.

Осы Заң метрологияның бірқатар негізгі түсініктерін бекітеді. Оның ең бастыларының бірі *өлшеу бірлігі* – өлшеу күйі, өлшеу нәтижесі өлшем бірлігінің заңдастырылған түрде білдіреді және өлшеу қателіктері тандалған ықтималдықпен бекітілген шекарадан шықпайды. Сонымен қатар, Заңда өлшеу құралы, шама бірлігінің эталоны, метрологиялық қызмет, метрологиялық бақылау және қадағалау, өлшеу құралдарын калибрлеу мен тексеру, өлшеу құралдарын тексеру құқығын аккредиттеу, өлшеу құралдарын дайындауға (жөндеу, сату, жалға беру) лицензия деген сияқты ұғымдарға анықтама берілген. Келтірілген анықтамалар Заңдық метрологияның халықаралық ұйымының (МОЗМ) ресми терминологиясына сәйкес келеді.

Заңда өлшем бірліктерін қамтамасыз ету бойынша қызметті мемлекеттік басқару «Стандарттау, метрология және сертификаттау» Мемстандарт бойынша Комитеті айналысады деп бекітілген, сондай-ақ оның мақсатын, міндетін, компетенциясын, жауапкершілігін және өкілеттілігін анықтайды.



6.2-сурет. Өлшем бірліктерін қамтамасыз етуінің нормативтік базасы

Заң ЗМХҰ (МОЗМ) ұсынған Өлшем мен салмақтың басты конференциясында қабылданған, Халықаралық бірлік жүйесіндегі ФШ бірлігін қолдануға рұқсат екендігін анықтайды. Шама бірлігінің мемлекеттік эталоны олардың өлшемдерінің берілген шамаларының барлық өлшеу құралдарына берілуі үшін бастапқы болып қолданылады.

Заң өлшеу құралдарының Мемстандарттың ұсынысын негізге ала отырып жасалынатын, қойылған талаптар мен қолдану шарттарына сәйкес болуын талап етеді. Техникалық құрылғыны өлшеу құралына жатқызу, тексерістің аралық интегралдарын орнату туралы шешімді Ресей Мемстандарты қабылдайды. Өзгертулер аттестатталған бекітілген реттегі әдістемеге сәйкес жүзеге асырылуы қажет. Өлшеу жүргізу әдістемесін дайындау реті мен аттестаттау ретін де Мемстандарт бекітеді.

Заң, мемлекеттік басқару органдарындағы метрологиялық қызмет және заңды тұлғалар, олардың міндеттері мен өкілеттілігінің, өлшем бірлігін қамтамасыз етудің басқа да мемлекеттік қызметі мен мемлекеттік метрологиялық қызметті анықтайды. Одан басқа, Ресей Мемстандарты Мемлекеттік метрологиялық қызметі арқылы жүзеге асырылатын, мемлекеттік метрологиялық бақылау мен қадағалау жүргізілуінің реті, жауапкершілік аймағы, өкілеттілігі және түрін белгілейді. Бақылау мен қадағалауды қолданбайтын аймақтарда калибрлеу жүйесі енгізілген, талаптар мен ережелер қолданылады.

«Өлшем бірлігін қамтамасыз ету» туралы заң метрология саласында халықаралық бірлестік үшін құқықтық негізін бекітеді. Осы Заңның шарттары Өлшем бірлігін қамтамасыз етудің Мемлекеттік жүйесімен (ГСИ) кеңейтілді. Оның жағдайлары Мемлекеттің Мемстандартымен бекітілген аймақаралық және салааралық деңгейдегі нормативтік құжаттар кешенін сипаттайды, елдегі өлшеу бірлігін қолдау және соған қол жеткізуге бағытталған талаптар, нормалар, ережелерді орнатады. Өлшеудің мемлекеттік жүйесінің (ӨМЖ/ГСИ) негізгі объектілері:

- физикалық шама бірліктері;
- мемлекеттік эталондар және жалпы тексеру сұлбалары;
- ӨК өлшеу құралдарын тексеру әдістері және құралдары;
- ӨҚ метрологиялық сипаттаманың номенклатурасы мен нормалау тәсілдері;
- өлшеу дәлдігінің нормалары;
- өлшеу дәлдігінің көрсеткіштері және қабылдау нәтижесінің қалыбы мен берілу тәсілі;
- өлшеу жүргізу әдістемесі;

- сенімділікті бағалау әдістемесі және материалдар мен заттардың қасиетінің қалыбы;
- материалдар мен заттардың стандартты үлгілі қасиетіне талаптар;
- метрология саласындағы терминдер мен анықтамалар;
- СИ мемлекеттік сынау жүргізу реті мен ұйымдас-тырылуы, сынау құрылғысының және ӨҚ метрологиялық аттестаттауы мен тексерісі, ӨҚ калибрлеуі, нормативті-техникалық, жобалық, конструкторлық және технолоиялық құжаттамаға метрологиялық сараптама, сондай-ақ заттар мен материалдардың қасиетінің берілгендері мен сараптамасы.

Ағымдық метрологиялық қызмет Үкімет қаулыларымен реттеледі. Соңғы уақытта қабылданған Қаулылардың маңызды-лары келесілер: өнім мен қызметті сертификаттау, өлшем бірлігін қамтамасыз ету, стандарттау жұмыстары бойынша органдар туралы (1996 жылғы 12 қаңтардағы өзгерістермен), мемлекеттік стандарттың федералды қорын, техника-экономи-калық ақпараттың жалпы жіктеуішін, стандарттау бойынша халықаралық (аймақтық) стандарттарды, ережелер, нормалар мен нұсқауларды, шетелдің ұлттық стандарттарын пайдалану мен құру тәртібі туралы ережелер, техника-экономикалық ақпараттың жалпы жіктеуіші мен мемлекеттік стандарттарды жариялау тәртібі туралы ереже, мемлекеттік ғылыми метро-лоиялық орталықтар туралы ереже, заңды тұлғалар мен атқарушы үкіметтің метрологиялық қызметтің федералды органдары туралы ереженің бекітілу тәртібі, өлшем құралдарын тексеру құқығына метрологиялық қызметтің заңды тұлғаларын аккредиттеу реті, метрологиялық қамтамасыз ету туралы ереже, стандарттау және метрология бойынша Мемлекеттік комитет жөніндегі ереженің бекітілуі туралы Қаулысы (07.05.99 №498), «Өлшем бірлігін қамтамасыз ету» және «Техникалық реттеу туралы» заңдардың ережелерінің, сонымен қатар Үкімет Қаулыларының жүзеге асырылуы үшін заңға сәйкес акт, нормативті құжаттар әзірленіп, қабылданады, нормативті құжат әртүрлі жалпы міндеттер немесе сипаттамалар, ережелер орнататын құжат.

Мемлекетте жұмыс атқаратын метрология бойынша келесі нормативті құжаттар:

Стандарт – танылған органмен қабылданған және консенсус негізінде әзірленген, әртүрлі қызмет түріне немесе олардың нәтижелеріне қатысты жалпы міндеттер немесе сипаттамалар, ережелерді жалпылай және бірнеше рет қолдану үшін орнатылатын, белгілі бір саладағы реттілеуді ұтымды дәреженің жетістігіне жетуге бағытталған стандарттау бойынша нормативтік құжат.

Мемлекеттік стандарт – стандарттау бойынша атқарушы биліктің федералды органдарымен немесе құрылыс бойынша атқарушы биліктің федералды органдарымен қабылданған ұлттық стандарт.

Ұлттық стандарт – бір мемлекеттің стандарттау бойынша ұлттық органы-мен қабылданған стандарт.

Мемлекетаралық стандарт (МЕСТ) – стандарттау, метрология және сертификаттау саласындағы келісілген саясатты жүргізу туралы Келісімге мүше елдермен қабылданған және сол мемлекет тікелей қолданатын аймақтық стандарт.

Аймақтық стандарт – стандарттау бойынша аймақтық ұйыммен қабылданған және пайдаланушылардың көпшілігіне қол жетімді стандарт.

Халықаралық стандарт – стандарттаумен айналысатын халықаралық ұйым қабылдаған және тұтынушылардың қалың тобына және өзге де мүдделі тұлғаларға қол жетімді стандарт.

Салалық стандарт – атқарушы биліктің федералды органдарының құзырлы шегінде қабылданған стандарт.

Ғылыми–техникалық, инженерлік қоғамның және басқа да қоғамдық бірлестіктердің стандарты (ТҚС) – ғылымның әр саласында алынған дайындаулар мен сынаулар нәтижесін қолдану және динамикалық тарату үшін осы қоғамдық білестіктермен дайындалады және қолданылады.

Кәсіпорын стандарты (КС) – шаруашылық субъектімен қабылданған стандарт. «Техикалық реттеу туралы» Заңда кәсіпорын стандарты кәсіпорынның өз бетімен дайындалып бекітіледі делінген, өндірісті басқару және өнеркәсіпті жетілдіру мақсатында оларды қолдану қажеттілігі туындайды.

Кәсіпорын стандартына қойылатын талаптар шаруашылық қызметтің басқа да субъекттерімен міндетті орындауына жатады, егер дайындау келісімшартында, өнімді өндіру мен жеткізуінде, жұмысты атқару мен қызмет көрсетуге осы стандарттарға сілтеме көрсетілген. Біздің мемлекетте және шетелдерде қабылданатын стандарттардың көп мөлшері кейбірінің бір біріне сәйкестендіріліп, үйлесімделуін мәжбүр етеді.

Стандарттың үйлесімділігі – өнімнің (қызметтің) өзара ауыстырымдылығын, стандарт мазмұнындағы ақпараттар мен сынау нәтижелерінің өзара түсіністігін қамтамасыз ету үшін оның мазмұнының басқа стандартпен сәйкестендіру (ережеге сәйкес халықаралық) болып табылады.

Сәйкесінше үйлестірілген стандарттар стандарттаумен айналысатын ұйымдарда қабылданған, стандарттаудың сол бір объектілеріне таралатын және өнімнің, қызметтің, процестің өзара ауыстырымдылығын, ақпараттар мен сынау нәтижелерінің өзара түсіністігіне сәйкес берілетін стандарттар. Үйлестіру басқада нормативтің құжаттар бола алады.

Техникалық шарт (ТШ) – нақты өнімге, процестерге, көрсетілетін қызметтерге немесе өнімнің бірнеше түріне қойылатын техникалық талаптарды белгілейтін нормативтік құжат. Нақты өнімге (қызметке) техникалық шарт дайындау-шы кәсіпорынмен тапсырыс берушінің келісімімен бекітіледі (тұтынушы).

Стандарттау, метрология, сертификаттау және аккредиттеу бойынша ережелер (ПР) жоғарыда аталған салаларда жұмысты атқару әдісі, реті мен ұйымдастырушылық техникалық және жалпы техникалық ережелерді қолдану үшін орнатылатын нормативтік құжатты сипаттайды.

Стандарттау, метрология, сертификаттау және аккредиттеу бойынша нұсқаулықтар (Р) (оның ішінде РМГ мемлекетаралықта да бар) жұмысты атқару әдісі, реті мен ұйымдастырушы-техникалық және жалпы техникалық, сондай-ақ осы жұмыстарды атқарудың ұсынлған ережелерін қолдану үшін ерікті мазмұндалған нормативті құжат. Әдістемелік нұсқаулықтар (МИ) және басшылыққа алынатын құжаттар (РД) әдістемелік

мазмұндағы нормативтік құжаттар болып табылады, мем-стандарты мекемесіне қарасты ұйымдармен әзірленеді.

Регламент — билік органдарымен қабылданған және міндетті құқықтық нормалардан тұратын құжат. Техникалық регламент стандартқа немесе ережелерге тікелей не оларға сілтеме жасау арқылы, не осы құжаттардың мазмұнын енгізу арқылы міндетті талаптар белгілейтін нормативтік құжат. Белгіленген тәжірибе кодексі құрылғылар, бұйымдар мен конструкцияларды жобалау, дайындау, техникалық қызмет көрсету, жөндеу немесе пайдалану, рәсімі немесе ұсынылған ережелер мағынасын береді. Кодекс дербес құжат, стандарт немесе оның бөлімі болуы мүмкін.

Техникалық регламентке мыналар жатады: Үкімет Қаулылары мен заңдық актілері, техникалық сипаттағы ережелер және ережелер мен талаптар, міндетті талаптар бойынша мемлекеттік стандарттары, атқарушы биліктің федералды органдарының нормалары мен ережелері, оның құзырына Заң шығарумен сәйкес міндетті талаптарды орнатуы кіреді.

6.3. Метрологиялық қызметтер мен ұйымдар

6.3.1. Стандарттау және метрология бойынша мемлекеттік комитеті

Мемлекетте өлшем бірлігін қамтамасыз ету бойынша қызметті мемлекеттік басқаруды стандарттау мен метрология (Мемстандарты) бойынша Комитет жүзеге асырады [16,17]. Ол атқарушы биліктің федералды органы болып табылады, сала-аралық координацияны, сондай-ақ стандарттау, метрология және сертификаттау (СМС) саласындағы функционалдық реттеуді жүзеге асырады.

Өзінің қызметінде ол Конституциясын, федералды заңдарды, Президенттің нұсқаулықтары мен Жарлықтарын, Үкімет Қаулылары мен Жарлықтарын, сонымен қатар стандарттау және метрология бойынша Мемлекеттік комитет туралы Ережелерін басшылыққа алады. Мемстандарт арқылы СМС аумақтық орталықтар, оның қол астында болатын қызметтерді тікелей

жүзеге асырады, сондай-ақ өлшем бірлігін қамтамасыз ету және мемлекеттік стандартты қадағалау бойынша мемлекеттік инспекторлар.

Мемстандартын енгізуде:

- мемлекеттік метрологиялық қызмет (ГМС);
- жиілік пен уақыттың мемлекеттік қызметі және Жердің айналу параметрлерін анықтау – жиілік пен уақыт бірлігін сақтау мен қолдануға және олардың өлшемдерінің берілуіне жауапкершілік жүктелінетін, сонымен қатар халық шаруашылығында тұтынушыларды дәл уақыт ақпаратымен қамтамасыз ету, уақыт пен жиілікті белгіленген бірліктер мен шкалаларда өлшеуді орындауда ұйымдар желісі;

- заттар мен материалдардың құрылымы мен қасиетінің стандарттық үлгілерінің мемлекеттік қызметі (ГССО) – өлшем бірлігін қамтамасыз ету мақсатында заттар мен материалдардың құрылымы мен қасиетінің стандарттық үлгілерін енгізуді құруда жауапкершілік алатын ұйымдар желісі;

- заттар мен материалдардың қасиеті мен физикалық константалардың стандарттық анықтама берілуінің мемлекеттік қызметі (ГСССД) – жоғары жиілікті өлшеулер мен зерттеулерге негізделген, заттар және материалдардың қасиеті мен физикалық константалардың берілулеріне қызығушылық танытқан тұлғаларды ақпараттық қамтамасыз ету және қол жеткізуіне жауапкершілік танытатын ұйымдар желісі.

Метрология саласындағы Мемстандарттың негізгі міндеттері:

- СМС саласында мемлекеттік саясатты жүзеге асыру, стандарттарды, эталондар мен шама бірліктерін орнату мен қолдану және уақытты есептеу;

- тауардың (қызмет, жұмыс) қауіпсіздік талаптарын сақтауды бақылау саласындағы тұтынушылар мен мемлекеттің қызығушылығы мен құқықтарын қорғау шараларын қамтамасыз етеді;

- стандарттау жүйесін, өлшем бірлігін қамтамасыз етуді, сертификаттауды, аккредиттеуді, осы саладағы ғылыми-техникалық ақпараттың дамуын және функциясын қамтамасыз

ету, сонымен қатар оларды шетелдің халықаралық және ұлттық жүйелерімен үйлестіру;

- мемлекеттік қадағалау және бақылаудың Мемстандарт міндетті талаптарын, сертификатталған өнімге міндетті сертификаттау ережелері, сонымен қатар, мемлекеттік метрологиялық бақылау мен қадағалауды жүргізу және ұйымдастыру;

- федералды ақпараттық қорлардың федералды атқарушы билік органдары және СМС инфрақұрылымының, аккредиттеуінің, бақылау мен қадағалаудың классификациясы мен сапасының бірлесіп құрастырылуы.

Осы мәселелерді шешу үшін Мемстандарты:

- стандарттау бойынша жұмыстардың дамуының басым бағыттары туралы ұсынысты өндейді, олардың ғылыми, құқықтық, ұйымдастырушы-техникалық, әдістемелік, қаржылық және ақпараттық қамтамасыз ету жұмыстары, сондай-ақ сыртқы саудадағы «техникалық тосқауылдарды (барьер)» жою туралы ұсыныстарды өндейді;

- СМС бойынша федералды мақсаттық бағдарламаларды қоғамдық-эконо-микалық дамуын болжауларын дайындауға қатысады; осы бағдарламалардың тапсырма берушісі ретінде болады, сапаны бөлікті нормативтік қамтамасыз етуін және метрологиялық қамтамасыз етуде басқа федералды және мемлекетаралық мақсатты бағдарламаларды құрастыруға, іске асыруға қатысады;

- федералды мақсаттық бағдарламалар жобалары бойынша қорытындыны қарастырады, бағалайды және дайындайды;

- орнатылған тәртіпте Үкіметіке СМС сұрақтары бойынша федералды заңдар мен өзге де нормативті құқықты актілер жобасын дайындап, өткізеді, ол бойынша қорытынды береді;

- ғылыми-зерттеу және тәжірибелі-конструкторлық жұмыстарды қызметтің бекітілген саласында орындалуын ұйымдастырады, сонымен қатар СМС, аккредиттеу, салаға қарасты мемлекеттік бақылау мен қадағалау ережелерін орнатады, осы жұмыстарды әдістемелік басшылық жүзеге асырады;

– мекеме аралық өнімді бірегейлеу, бақылаудың әдістері, сынаулар және сынау жабдығы бойынша жұмыстардың өткізуін ұйымдастырады;

– стандарттарды өңдеу үшін стандарттау бойынша техникалық комитеттерді қалыптастырады, әдістемелік басқару және олардың қызметінің үйлестіруін жүзеге асырады. Жіктеуіштер мемлекеттік стандарттарын қабылдап, іске асырады, федералды заңға сәйкес СМС аумағындағы нормативтік құжаттары және тағы басқа мемлекеттік стандарттардың жобаларының сараптамасын жүргізеді;

– дайындау, пайдалану және өнімді қолдану кезінде техникалық және ақпараттық үйлесімдікті қамтамасыз ететін жалпы техникалық нормалар мен ережелерді орнатады;

– СМС, шетелдерді аккредиттеу және сапасы бойынша халықаралық стандарттар, ұлттық стандарттар, ережелер және ұсыныстардың қолдану тәртібін орнатады. СМС және аккредитация бойынша нормативтік құжаттардың мемлекеттік тіркеуін жүзеге асырады;

– физикалық шама бірліктерінің талондарын құру, бекіту, сақтау және қолдану ережелерін орнатады, сонымен қатар олардың мемлекеттік эталондарын бекітеді және соңғыларының сақталуын қамтамасыздандырады. Мемлекеттің эталондық базасын дамытады, Үкімет мемлекетте қолдануға болатын шама бірлігін бекіту бойынша ұсыныстар түсіреді;

– тексеруге жататын СИ топтарының тізімін бекітеді; техникалық құрылғының СИ-ге жататыны, сондай-ақ тексеру арқылы шешім шығарады, Ресей территориясында қолдануға рұқсат етілген өлшеу құралдарының Мемлекеттік реестрін жүргізеді, ӨҚ типін бекіту туралы ресми ақпараттың жариялануын жүзеге асырады.

Сонымен қатар, тексеру және калибрлеу жұмыстарын орындау ережелерін орнатады, осы жұмыстарды орындау құқығына ие заңды тұлғалардың метрологиялық қызметін аккредиттеу және өлшеу құралдарының типін, калибрлеу немесе калибрлеу белгісін енгізуді бекітеді;

– сертификаттау жүйесін және сәйкестік белгісін, жұмыс атқаратын сертификаттау, өлшеу және сынақ зертханалары

(орталықтары) бойынша аккредиттелген органдар, ресми ақпаратты жариялайды. Сертификаттау және аккредиттеу бойынша халықаралық және аймақтық ұйымдарда орнатылған ретте ақпаратты ұсынады және мемлекеттік тіркеу бойынша материалдардың архивте сақталуын жүзеге асырады [19,37,38];

- сәйкестігін растау бойынша жұмыстарды жүзеге асырады, міндетті сертификаттауға жататын өнім мен қызмет номенклатурасын орнатылған ретте анықтайды, сертификаттау жүйелерін құрады, сынық зертханаларын, сертификаттау бойынша орган ретінде заңды тұлғаларды аккредиттейді, шетел сертификатын, сәйкестік белгісін және сынақ нәтижелерін мойындау ережелерін орнатады, сертификаттауға қатысушылар мен объекттеріне мемлекеттік реестр жүргізеді, сертификатталатын өнім мен міндетті сертификаттау ережелерін сақтай отырып инспекциялық бақылау жүргізу ережелерін орнатады, сертификаттау сұрақтары бойынша апелляцияларды қарайды;

- өнім мен қызметті стандарттау және сертификаттау бойынша жұмыстарды орындауда өз үлесін қосады, сонымен қатар өлшем бірлігін сақтау, бұйымды унификаттау бойынша жұмыстарды жүргізуді жүзеге асырады;

- стандарттаудың, аккредиттеудің және сертификаттаудың өлшем бірлігін қамтамасыз етудің халықаралық жүйелері қосылу туралы ұсыныстарды дайындайды, сәйкес шетел мемлекеттерінің ұйымдармен сертификаттау нәтижесін мойындау туралы келісімді қорытындылайды;

- СМС, аккредиттеу мен сапа бойынша сұрақтармен айналысатын халықаралық ұйымдар мен комиссия жұмыстарына қатысады, ұлттық орган ретінде халықаралық ұйымдарға мүше болуды жүзеге асырады және осы ұйымдарда келісілген саясатты жүргізу бойынша атқарушы биліктің федералды органдарының жұмыстарын үйлестіреді.

- мемлекеттік метрологиялық бақылау [35,38,39,40] мен қадағалауды, міндетті сертификаттаудың ережелерін, мемлекеттік стандарттардың міндетті талаптарын орындауды мемлекеттік қадағалауды жүргізу ретін орнатады;

– мемлекеттік стандарттар мен жалпы жіктеуіштер, халықаралық стандарттар мен шет мемлекеттердің ұлттық стандарттарын, ережелерін, нормаларын және СМС бойынша ұсыныстардың федералды қорын жасайды және жүргізеді. Мемлекеттік бақылау мен қадағалау, аккредиттеу, СМС аумағындағы ақпараттар мен өнімдердің нормативті құжаттарын, жалпы ресейлік классификаторларын, ғылыми-техникалық терминологиясын, каталогтау деректер базасын қолдану және көркейту.

Мемлекеттік стандарт, заттар мен материалдар қасиеті мен құрамы жөнінде анықтамалық стандарттар, СМС, аккредиттеу бойынша нормативтік құжаттардың таралуы және ресми жариялануын жүзеге асырады, сонымен қатар стандарттарға сілтемелер, қолдануға жіберілген өлшеу құралдарының тізімі, халықаралық келісімге сәйкес мемлекетте қолданылатын шетел мемлекеттерінің стандарты.

Міндетті сертификаттау бойынша жұмыстардың кейбір түрлерін аккредиттеу ережелерін және рұқсат беруді жүргізуді орнатады (сәйкестік белгісін қолдануға лицензия), сертификаттау мен сынақ зертханаларына міндетті сертификаттау бойынша органдардың белгілі бір жұмыс түрін жүргізуге рұқсат пен жойылады, міндетті сертификаттау аумағында сынақ зертханалары мен міндетті сертификаттау орталықтарының қызметін лицензиялау құқықтарын жүзеге асырады [3,9].

Өлшеу құралдарын дайындау, жөндеу, сату мен жалға беру бойынша кәсіпкерлік қызметті жүзеге асыратын, заңды және жеке тұлғалардың қызметін лицензиялау ретін айқындайды. Өнім мен қызметті мемлекеттік стандарттың сәйкестік белгісімен таңбалау ретін орнатады, сонымен қатар, өнім мен қызметті осы белгі мен таңба бойынша қызметке лицензия беру ретімен, өнім мен қызметтің мемлекеттік стандартпен сәйкестік белгісімен таңбалануын, Мемлекеттік реестрін жүргізеді.

СМС пен аккредиттеу сұрақтары бойынша білімді басқарудың федералды билік органдарының функциясын атқарады, осы салада оқытудың әдістемелік басшылығын жүзеге асырады, қызметкерлердің біліктілігі мен компетенциясының деңгейіне талаптарды анықтайды, СМС, аккредиттеу, сапа жүйелері, сынық, мемлекеттік бақылау мен қадағалау сұрақтары

бойынша мамандардың біліктілікке дайындау, қайта дайындау және жоғарылатуды ұйымдастырады.

6.3.2. Мемлекеттік метрологиялық қызмет

Мемлекеттік метрологиялық қызмет (ММҚ) салааралық деңгейде мемлекетте өлшеуді метрологиялық қамтамасыз етуге жауапкершілікті мойнына алады және мемлекеттік метрологиялық бақылау мен қадағалауды жүзеге асырады. ММҚ құрамына мыналар кіреді:

- мемлекеттік ғылыми метрологиялық орталықтар (МҒМО), өлшеулерді бекітілген түрде өлшем бірлігін қамтамасыз ету бойынша нормативті құжаттарды дайындау және мемлекеттік эталондарды жасау, сақтауға заң шығару органдарымен сәйкес жауапкершілік жүктелінетін, метрологиялық ғылыми-зерттеу институттары;

- ММҚ органдары мемлекет территориясында, автономиялық аумақтарда, автономиялық округтерде, аймақтарда, облыстарда. ММҚ-ның негізгі қызметі елдегі өлшем бірлігін қамтамасыз етуге бағытталған. ММҚ мемлекеттік және екіншілік эталондарды құрудан, ФШ бірлігі өлшемдерін жұмысшы ӨҚ-на берілу жүйесін дайындаудан, ӨҚ өндірісін, оның күйін, қолданылуын, жөнделуін мемлекеттік қадағалаудан, құжаттаманың метрологиялық сараптамасынан және өнімнің негізгі түрлерінен, заңды тұлғалардың Метрологиялық қызмет әдістемелік басқарылуынан тұрады. ММҚ басшылығын Мемстандарт жүзеге асырады [23,24,25].

- мемлекеттік ғылыми метрологиялық орталықтар (МҒМО) Мемстандарттың кіргізуіне жататын өнеркәсіп ұйымдар санынан немесе шама бірліктерінің мемлекеттік эталондарын жасау, жетілдіру, сақтау және қолдану жұмыстарын атқаратын құрылымдық бөлімшелерден, сондай-ақ, өлшем бірлігін қамтамасыз ету бойынша нормативті құжаттарды дайындауды жүргізу және біліктілігі жоғары ғылыми кадрлардың болуы.

Нақты кәсіпорын ұйымына МҒМО статусын белгілеу жеке меншік формасы мен ұйымдастырушы-құқықтық формасын

өзгерте алмайды, мемлекеттік қорғаудың ерекше формаларын болжайтын объект категориясына жатқызуды білдіреді.

МФМО негізгі функциялары:

- шама бірлігінің мемлекеттік эталондарын жасау, жетілдіру, сақтау және қолдану;

- метрология саласында негіз қалаушы және қолданбалы ғылыми-зерттеу және тәжірибелік-конструкциялық жұмыстардың орындалуы, оның қатарында бірегей тәжірибелік орнатулар, межеліктер және өлшем бірлігін қамтамасыз ету үшін бастапқы өлшемдер бар;

- шама бірліктерінің өлшемдерінің мемлекеттік эталондардан бастапқы эталондарға берілуі;

- өлшеу құралдарын мемлекеттік сынауды жүргізу;

- ММҚ органдарын жабдықтау үшін қажетті құрылғыларды дайындау;

- мамандандырумен сәйкес өлшем бірлігін қамтамасыз ету бойынша қызметтің ғылыми, нормативті, ұйымдастырушылық және экономикалық негізін дайындау және жетілдіру;

- МЖ атқарушы биліктің федералды органмен, заңды тұлға болып табылатын өнеркәсіптер және ұйымдармен өзара қарым-қатынас;

- өлшем бірлігін қамтамасыз ету сұрақтары бойынша өнеркәсіптер мен ұйымдарды ақпараттық қамтамасыз ету;

- МУЖҚ, МСАБҚ және МСҮҚ қызметтерімен байланысты жұмыстарды жүргізу;

- федералды және басқа бағдарламаларын МҚ бөлімдеріне сараптама жүргізу;

- атқарушы биліктің тапсырмасы бойынша өлшеулер мен метрологиялық сараптама жүргізу;

- жоғары білікті кадрларды дайындау және қайта дайындау;

- мемлекеттік эталондардың басқа мемлекеттердің ұлттық эталондарымен бірігуіне қатысу, халықаралық ережелер мен нормаларды жасау.

6.3.3. ҚР басқарудың мемлекеттік органдарының және заңды тұлғалардың метрологиялық қызметі

Өнеркәсіпті МҚ үшін «Өлшем бірлігін қамтамасыз ету туралы» Заңға сәйкес уәкілдік пен білімге ие әкімшілік өкілінің басшылығымен қызмет құрылуы мүмкін. Салаларда жұмыс атқару кезінде Метрологиялық қызмет құру міндетті болып табылады, ондай қызмет салаларына жатады: денсаулық сақтау, ветеринария, қоршаған ортаны қорғау, еңбек қауіпсіздігін қамтамасыз ету, саудалық операциялар және сатушы мен сатып алушы арасындағы өзіндік есептеулер, оның құрамында ойын автоматтары мен құрылғыларын қолдану операциясы, мемлекеттік есептік операциялар, мемлекетті қорғау, геодезиялық және гидрометеорологиялық жұмыстар, банк, салық, кеден және пошталық операциялар, заң шығаруымен сәйкес мемлекеттік қажеттіліктер үшін келісімшарт бойынша жеткізілетін өнім өндірісі, мемлекеттік стандарттарының міндетті талаптарына сәйкестігін анықтау мақсатында өнімнің сапасын сынау және бақылау, өнім мен қызметті міндетті сертификаттау, мемлекеттік басқару органдары, сот органдары, прокуратура, арбитражды соттардың бұйрықтары бойынша жүргізілетін өлшеулер, ұлттық және халықаралық спорттық рекордтарды тіркеу.

Метрологиялық қызмет ғылыми техникалық және ұйымдастырушы әдістемелік басшылықтар үшін метрологиялық қызмет туралы Қаулыға сәйкес МҚ бойынша құрылады. Ол ПР 50-732-93 ережесі бойынша дайындалады. Бұл құжат Метрологиялық қызмет құрылымын және оның буындарын, міндеттерін, мақсаттарын және құқықтарын анықтайды.

Мемлекеттік басқару органдарының метрологиялық қызметі мыналардан тұрады: мемлекеттік органның орталық органдарында басты метрологтың құрылымдық бөлімшелері, басқару органымен тағайындалған салаларда метрологиялық қызметті бастапқы және базалық ұйымдастыру.

Кәсіпорындар, бірлестіктер, ұйымдар мен мекемелердің метрологиялық қызметі. Заңды тұлғалардың метрологиялық қызметі – дербес құрылымдық бөлімшелер, олардың құрамына

калибрлі және тексеру зертханалары кіреді, сондай-ақ ӨҚ жөндеу бойынша бөлімшелер. Метрологиялық қызмет ПР 50.2.013-97 сәйкес Мемстандарт органымен аккредиттелген болуы керек, онда өлшеу жүргізу әдістемесін аккредиттеу құқығына заңды тұлғалардың метрологиялық қызметінің аккредиттеу реті реттелінген.

Тексеруді аккредиттеуде өлшем бірлігін қамтамасыз ету саласында оған жүктелген міндеттерді жүзеге асыруда метрологиялық қызметтің техникалық құзыреттілігін қамтамасыз ететін шарттардың болуы қажет.

Аккредиттелу шартында болу керек:

- Аккредиттеу саласында жүргізілетін жұмыстар үшін қажетті құрылғылар;

- Аккредиттеу саласындағы МӨЖ нормативті құжаттары мен басқа да нормативті құжаттар;

- Метрологиялық жұмыстардың жүргізілу орындары.

Бес жылдан аспайтын мерзімде аккредиттеу жүргізіледі.

Заңды тұлғалардың аккредиттелген МҚ-нің тіркелуін РҒЗМҚИ жүзеге асырады.

6.3.4. Халықаралық метрологиялық ұйымдар

1875 жылы он жеті мемлекет Метрикалық конвенцияға қол қойды, қазіргі кезде оның құрамында 48 мемлекет бар. Конвенция мемлекеттердің және қол қойған елдердің халықаралық бірлестігін орнатады. Осы үшін Парижге жақын маңайда орналасқан Севр қаласындағы Өлшем мен салмақтың халықаралық бюросы (ӨСХБ) құрылды. ӨСХБ міндеті өлшемдердің халықаралық біркекілігіне және ӨҚ бірліктерінің Халықаралық жүйесіне сәйкестігіне кепіл беру. Осы мақсатта барлық мемлекетке ортақ ӨҚ жүйесінің ФШ бірліктерінің өлшемдерін беретін жүйе құрылды. Бұл міндет көп қырлы және эталондарды тікелей тарату жолымен (масса сияқты) немесе ұлттық эталондарды (ұзындық, электр, радиометр сияқты) халықаралық салыстыруды координациялайды. Бюро өлшемдерге қатысты зерттеулерді орындайды, ұлттық эталондарды халықаралық салыстыруды ұйымдастырады және мүше мемлекеттер үшін

калибрлеуді жүзеге асырады. ӨСХБ-де кейбір физикалық шамалардың эталон бірліктері мен өлшем қатарларының халықаралық прототипі сақталынады.

ӨСХБ қызметі Метрикалық конвенцияға мүше мемлекеттермен сәйкес қаржыландырады [6].

Конвенцияға сәйкес ӨСХБ қызметінің басшылығының жүзеге асырылуы үшін Өлшем мен салмақтың генералды конвенциясына жауапты Өлшем мен салмақтың халықаралық комитеті құрылған болатын. Өлшем мен салмақтың генералды конвенциясына ӨСХК мүше мемлекеттердің билік өкілдерінің төрт жылда бір рет болатын жиналыстарда мүшелерді таңдайды. Қазіргі уақытта ӨСХК жеті консультативтік комитет жұмыс атқарады: ұзындық, масса, уақыт бірліктері, электрлік шамалар, фотометрия және радиометрия бірліктері, иондалынатын сәулелену бірліктері мен химиялық шамалардың өлшемдерінің бірліктері.

Ескере кететін бір жайт МБВМ мен МКВМ халықаралық метрологиялық ұйымдармен тығыз байланыста жұмыс атқарады. Әсіресе Заңдық метрологияның халықаралық ұйымымен (МОЗМ) және техникалық комитетінің атынан ISO/TC12 «Шамалар, бірліктер, белгіленулері мен аудармалық көбейткіштер» Стандарттау бойынша халықаралық ұйымымен (ИСО) тығыз қарым қатынас орнатылған. Сонымен қатар Халықаралық электротехникалық комиссия (МЭК) және тағы да басқа бірқатар халықаралық ұйымдармен өзара қарым қатынастар жүзеге асырылуда. ӨСХБ мүшелері көптеген халықаралық кездесулер мен конференцияларға қатыса отырып халықаралық өлшемдерді координациялауда үлкен рөл атқарады.

ӨСХБ халықаралық ұйымдармен бірігіп «Өлшемдердің анықталмағандығын өрнектеу үшін басшылық» және «Негізгі және жалпы метрологиялық терминдердің халықаралық сөздігін» дайындап, жариялады.

Заңдық метрологияның халықаралық ұйымы (МОЗМ) (International Organization of Legal Metrology) 1955 жылы Метрологияның заңдық рәсімдерінің жалпы үндестірілуін қамтамасыз ету үшін және Метрикалық конвенцияға мүше мемлекеттерде жүргізілетін, өлшеу нәтижелеріне сенімділікті орнату мақсатында құрылды. Бұл үкіметаралық ұйым болып

табылады, оның құрамына жұмыс атқаратын – оның жұмысына белсенді түрде атсалысатын елдер, бақылаушылар болатын корреспондент мүше елдер. Қазіргі уақытта МОЗМ 80-ге жуық мемлекттің басын біріктіреді. МОЗМ-ның Жоғарғы органы төрт жылда бір рет жиналатын Заңдық метрологияның халықаралық конференциясы болады. МОЗМ шешімдері ұсыныстықтық сипатқа ие, олардың орындалуы нақты мемлекеттік еркіне тәуелді болады. Ол жұмыстық органдарға арналған халықаралық құжаттарды, мүше мемлекеттерге бағытталған халықаралық ұсыныстар шығара-ды. Жалпы МОЗМ – ИСО, МБМБ және басқа да ұйымдардың жұмыстарына белсенді араласады. Ресейді МОЗМ-ға Мемстандарт ұсынады.

Стандарттау бойынша халықаралық ұйым (ИСО) 1946 жылы стандарттау бойынша жиырма бес ұлттық ұйымдармен құрылған болатын, оның тізімінде КСРО да бар. ИСО мүшелері әлем мемлекеттерінің стандарттау бойынша ұлттық ұйымдары болады. 2000 жылдың басында ИСО мүшелері 135 мемлекет болатын.

ИСО қызмет сферасы МЭК айналысатын Электротехника, электротехника және стандарттаудан басқа, барлық аумаққа таралады. Кейбір аумақтарда ек ұйымдар бірігіп қызмет атқарады. ИСО-ның басты міндеті келесілердің дамуына көмектеседі:

- Тауар мен қызметтің халықаралық алмасуын қамтамасыз ету мақсатымен стандарттаудың, метрологияның, сертификаттаудың;

- Интеллектуалды, ғылыми-техникалық және экономикалық салалардағы қоғамдастықтар.

ИСО стандарттары әлемде кеңінен қолданылады, қазіргі уақытта олардың саны 12-ден асады, және де жыл сайын мыңға жуық стандарттар қабылданады немесе қарастырылады. Олар ИСО-ға мүше елдердің қолданылуы үшін міндетті болып табылады. Олардың қолданылуы туралы шешім нақты мемлекеттің еңбекті халықаралық бөлу және оның сыртқы сауда жағдайына қатысуының деңгейіне байланысты. Ресейде қазіргі кезде ұлттық стандарттау жүйесіне ИСО стандарттарын енгізудің белсенді үрдістері жүріп жатыр.

Халықаралық электротехникалық комиссия (МЭК) 1906 жылы құрылды. Екінші дүниежүзілік соғыстан кейін МЭК ИСО құрамындағы автономиялық ұйым болды. МЭК-тің құрылу мақсаты ИСО құрылу мақсатымен аналогті – халықаралық стандарттарды дайындау жолымен электротехника және радиотехника саласында стандарттау, метрология және сертификаттау бойынша халықаралық қауымдастыққа үлесін қосу.

МЭК-ке мүше көпшілік мемлекеттер өздерінің стандарттау бойынша ұлттық органдарымен ұсынылады. МЭК пен ИСО-ның белсенді қауымдастығы стандарттау, метрология, сертификаттау және сынақ зертханаларын аккредиттеудің көкейкесті сұрақтары бойынша ИСО/МЭК басқармаларының жариялануларынан көрінеді. МЭК-те тікелей екі мыңнан астам халықаралық стандарттар қабылданған, олар ИСО стандарттарынан объектке талаптардың едәуір нақтылығымен айыруға болды. Метрологияның жекелей сұрақтарымен Өлшеу техникасы мен аспап жасау бойынша халықаралық конференция (ИМЕКО), Телефон және телеграф бойынша халықаралық консультативті комитет (МККТТ), Азаматтық авиацияның халықаралық ұйымы, Халықаралық коммуникативті одақ, Халықаралық астрономиялық одақ, Геодезия мен географияның халықаралық одағы сияқты халықаралық ұйымдар айналысады.

ТМД шегінде стандарттау, сертификаттау және метрология сұрақтары үкіметаралық құжат болып табылтын, стандарттау, метрология және сертификаттау аймағындағы келісілген саясатты (1992) жүргізу Келісіміне сәйкес шешіледі. Оның негізінде ТМД стандарттау, метрология және сертификаттау бойынша Мемлекетаралық кеңес құрылды, онда осы мемлекеттердің стандарттау, метрология және сертификаттау бойынша ұлттық ұйымдар көрсетілген. Ол ИСО арқылы ТМД елдерінің стандарттау бойынша аймақтық ұйымы ретінде мойындалған.

Өртүрлі өнім мен қызметтің стандарттау мен сертификаттау бойынша үлкен жұмыстарын Кеңес атқарады. Олармен дайындалған стандарттар мен басқа да нормативті құжаттар ТМД елдеріне таралған. Бұл процесс ПМГ04-94 және ММГ05-94 ережелеріне сәйкес жүргізіледі.

6.4. Мемлекеттік метрологиялық қадағалау мен бақылау

6.4.1. Қадағалау мен бақылау түсінігі

Метрологиялық қадағалау мен бақылау – мемлекеттік метрологиялық қызмет (ММҚ) органымен жүзеге асырылатын қызмет немесе орнатылған метрологиялық ережелер мен нормаларды орындау үшін заңды тұлғаның метрологиялық қызметі.

Заңды тұлғалардың метрологиялық қызметтері метрологиялық қадағалау мен бақылауды келесі жолдармен жүзеге асырады:

- өлшеу құралдарын калибрлеумен;

- ӨҚ калибрлеу үшін қолданылатын, шама бірліктерінің эталондарымен, аттестатталған өлшеуді жүргізу әдістері, ӨҚ пайдалану және қадағалау күйімен, өлшем бірлігін қамтамасыз ету бойынша метрологиялық нормативті құжаттарды, ережелер мен нормаларды сақтаумен;

- метрологиялық ережелер мен нормалардың [32] алдын алуға, тоқтатуға немесе бұзулардың ескіруіне бағытталаған міндетті жазбаларды беру;

- ӨҚ түрін бекіту мақсатында сынауға өз уақытында ұсынуды, сонымен қатар, калибрлеуді тексеру.

МҚ заңды тұлғалардың қадағалау жүргізуге құқығын аккредиттеу МИ 2492-98 нұсқаулығына сәйкес жүзеге асырылады.

Мемлекеттік метрологиялық бақылау мен қадағалау, метрологиялық нормалар мен ережелерді сақтауды тексеру мақсатын жүзеге асыратын өмірлік маңызы бар мемлекеттік қызмет саласы үшін таралады, олар «Өлшем бірлігін қамтамасыз ету туралы» Заңда келтірілген.

Мемлекеттік метрологиялық бақылаудың құрамына: өлшем құралының түрін бекіту, өлшем құралдарын, эталондарды тексеру, өлшем құралдарын дайындау, жөндеу, сату және жалға беру бойынша заңды және жеке тұлғалардың қызметін лицензиялау.

Мемлекеттік метрологиялық қадағалау жүргізіледі:

- ӨҚ жағдайымен және қолданылуымен, аккредиттелген ӨЖӘ, шама бірлігінің эталондарымен, «Өлшем бірлігін қамтамасыз ету туралы» заңда анықталған салаға жататын

қызмет, кәсіпорындардағы метрологиялық ережелер мен нормалардың орындалуы;

- Сауда операцияларын жасаудағы бөлектелінетін тауар санымен. Қадағалаудың бұл түрі тауар санын сипаттайтын, масса, көлем немесе басқа шамаларды анықтау мақсатында жүргізіледі. Жүргізілу ретін заң шығаруымен сәйкес Мемстандарт орнатады;

- Орамадағы кезкелген буып түйілген тауарды орау мен сату санымен. Ол ораманың түрін ашу мен деформациясыз өзгеруге болмайды, ал тауар орамасында құрамының санын көрсететін масса, көлем, ұзындық, аудан немесе басқа шамалар қаптамада белгіленген. Мемлекеттік метрологиялық қадағалаудың жүргізілу ретін РФ заң шығаруымен сәйкес Мемстандарт орнатады;

- Қадағалаудың бірінші түрі ПР 50.2.002-94 ережесіне сәйкес жүргізеді. Қадағалаудың негізгі міндеттері: бекітілген түрге шығарылатын ӨҚ сәйкестігін анықтау, аккредиттелген ӨЖӘ бар болуы және дұрыс қолданылуы, ӨҚ күйі және дұрыс қолданылуы, сонымен қатар, қолданыстағы нормативті құжаттарға сәйкес метрологиялық ережелер мен нормаларды сақтауды бақылау.

Әрбір тексерудің нәтижелері сәйкес актпен рәсімделеді, акте тексерудің барлық сұрақтары бойынша жұмыстардың күйі көрініс табады, метрологиялық ережелер мен нормалардың анықталған себептері ашылады. Тексеру акті тексерілген кәсіпорын басшылығына беріледі, ал көшірмесі – ММҚ органына және қызығушылық танытқан органдарға беріледі. Тексерілген кәсіпорын басшылығы тексеру акті негізінде айқындалған бұзушылықтарды шеттетуге бағытталған, ұйымдастырушы-техникалық іс-шаралар жоспарын бекітеді.

Тексерулерді Мемстандарттың лауазымды тұлғалары – басты мемлекеттік инспекторлар және орнатылған ретте аттестатталған және сәйкес территорияларда қолданылатын өлшем бірлігін қамтамасыз ету бойынша мемлекеттік инспекторлар жүргізеді. Мемлекеттік инспекторлар қызметтік куәлікті көрсеткен жағдайда ешқандай кедергісіз мынадай құқыққа ие, яғни:

– ӨҚ пайдаланылатын, шығарылатын, жөнделетін, сатылатын, сақталатын, бағыныштық және жеке меншік формасына тәуелсіз, осы объекттерді қарау;

– пайдалануға рұқсат етілген қолданыстағы шама бірліктерін сәйкестікке тексеру;

– өлшеу құралдарын, олардың күйі мен қолдану шартын, сондай-ақ бекітілген типіне сәйкес болуын тексеру;

– аттестатталған ӨЖӨ қолданысын, ӨҚ тексеру үшін эталондардың күйін тексеру;

– сауда операцияларын атқаруда бөлектенген тауар санын тексеру;

– тауар мен өнім үлгілерін тандау, сондай-ақ қадағалауды жүзеге асыру үшін кезкелген түрдегі орамадағы буып-түйілген тауарларды тексеру;

– техникалық құралдарды қолдану және мемлекеттік метрологиялық қадағалау мен бақыланатын, объект қызметкерін қызықтыру.

Метрологиялық ережелер мен нормаларды бұзушылықтарды анықтаған жағдайда мемлекеттік инспектор төмендегі құқықтарға ие:

- ӨҚ-ның бекітілмеген типіне немесе бекітілген типіне сәйкес емес, сонымен қатар тексеру жүргізілмесе ӨҚ қолдануды немесе шығаруды тоқтатуға;

- ӨҚ қате көрсеткіш көрсетсе немесе кезекті тексеру мерзімі өтіп кетпесе, тексеру туралы куәлігін жою немесе тексеру таңбашасын өшіру;

- қажет жағдайда ӨҚ пайдаланудан алып тастау;

- ӨҚ дайындауға, жөндеуге, сатуға және жалға беруге талаптардың бұзылуы жағдайында лицензиясын жою бойынша ұсыныс беру;

- метрологиялық ережелер мен нормаларды шеттетуге мерзімін бекіту және міндетті ұйғарымдар беру.

Метрологиялық ережелер мен нормалар бойынша хаттама толтыру Мемлекеттік инспекторлар заңдары мен МӨЖ нормативті құжаттарын қатаң түрде сақтауға міндетті.

6.4.2. Өлшем құралдарын мемлекеттік сынау

Өлшем құралдарды мемлекеттік метрологиялық бақылау міндетті сынауларға жатады. ӨҚ типін бекіту мен сынау жүргізу реті келесілерден тұрады:

- типін бекіту мақсатында ӨҚ сынау. ӨҚ типін бекіту ММҚ құқықтық актісі болып табылады, ол сериялық шығару үшін ӨҚ типін мойындаудан тұрады;

- типінің бекітілуі туралы шешім шығару, мемлекеттік тіркелуі және берілуі;

- шет мемлекеттердің құзырлы органдарында жүргізілетін ӨҚ сынау нәтижелерін немесе бекітілген типін мойындау;

- өлшеу техникасының тұтынушыларын ақпараттық қамтамасыздандыру.

Көрсетілген сынауларды Мемлекеттік ғылыми-метрологиялық орталық және өлшем құралдарын мемлекеттік сынау орталықтары ретінде аккредиттелген басқа мамандандырылған органдар жүргізеді. ӨҚ үлгілерін сынау Мемстандартында орнатылған ПР 50.2.009-94 ережесінде жүргізіледі.

ӨҚ типін бекіту мақсатында сынау бекітілген МСО-ның бағдарламалары бойынша жүргізіледі. Олар мынадай бөлімдерден тұрады: техникалық құжаттаманы қарастыру, ӨҚ тәжірибелік сынау, сынау нәтижелерін рәсімдеу.

Бағдарламаларға талаптар МИ 2146-98 нұсқаулығында берілген. Сынау кезінде ӨҚ сипаттамалары мен құжаттамасының дайындау мәселесінің талаптары, техникалық шарттар мен оларға нормативтік құжаттар, тексеру әдістемесін қосқанда сәйкестігін тексеру қажет. ӨҚ типін бекіту туралы шешімді сертификатпен куәландыру және сынау нәтижелері бойынша Мемстандарт қабылдайды, оның қолдану мерзімін беру кезінде белгілейді. Бекітілген ӨҚ типі ПР 50.1.011-94 ережелеріне сәйкес Мемстандарт жүргізетін ӨҚ мемлекеттік реестріне тіркеледі. ӨҚ бекітілуі туралы және оны болдырмау туралы ақпарат Мемстандарттың ресми басылымдарында жарияланады. Бекітілген типті ӨҚ және пайдаланылатын құжаттарға орнатылған формадағы бекітілу белгісі енгізіледі.

Өлшем құралдарының бекітілген типке сәйкестігін мемлекеттік қадағалау органдары дайындаушылар мен қолданушылардың орналасу орынына байланысты бақылайды. Бақылау ӨҚ таңдалған үлгілерді сынау арқылы жүргізіледі.

ӨҚ бекітілген типке сәйкестігін сынау жүргізіледі:

- ӨҚ импортталатын немесе шығарылатын тауар сапасы төмендегені туралы ақпараттар болған жағдайда;
- Нормаланған МС әсер ететін, оларға конструкциялық немесе технологиялық өзгерістер енгізген жағдайда;
- Бекітілген типі туралы сертификаттың қолдану мерзімі өтіп кеткен жағдайда.

Сынау нәтижелері бойынша акт толтырылады.

Өнімді сынауды метрологиялық қамту. Сынау объектісі. Сынау құрылымының аттестаттауын ұйымдастыру мен жүргізу.

Сынау (МЕСТ 16504-81) – сынау объектісінің [9] сандық және сапалық сипатының құрамын, оны функциялау барысында оған әсерінің нәтижесі ретінде объект пен модельдеу болады.

Сынау, өлшеу, талдау, диагностикалау, орголептикалық әдістерді қолдану анықталған белгілі оқиғаларды тіркеу арқылы сынау барысында жүргізілуі мүмкін.

Объектінің құрамының сипаттамасы егер сынау есебі сандық немесе сапалық бағаны алу не бақылау болса, егер есебі тек берілген объектілер талаптары сипатына сәйкестігін орнату болса бағалануы мүмкін. Екінші жағдайда сынау бақылауға әкеледі. Мысалы, қабылдап-өткізу, периодтық, сертификаттаулық сынаулар.

Сынау нәтижелері бойынша нақты шешімдер қабылданады. Сынау мен зерттеу барысында сараптама мазмұны сәйкес келуі мүмкін, бірақ егер сынау сараптамасының мақсаты белгілі шешімдер қабылдау болса, онда шешімдер әр түрлі болуы мүмкін.

Зерттеу элементтері сынауларда, мысалы жаңа материалдарды дайындау үрдісінен тұруы мүмкін. Сынау белгілерінің бірі анық шарттар тапсырмасы – шынайы және модельденетін болып табылады. Сынау шарттарымен объект пен оның функциялау режимдері әсерінің үйлесімділігі ұғынылады. Объектіге әсер ету сыртқы әсер ету факторларымен (климаттық,

механикалық, электрлік, жылулық, радиациялық, химиялық және т.б.) табиғи және жасанды факторлармен анықталуы мүмкін. Сынау түрінің қатары объект төзімділігіне оған факторлардың әсерімен анықтау үшін қарастырылады. Объектті функциялаудан – подшипниктердегі қызу немесе объектіні қосуда токтың өтуі секілді ішкі факторлар орын алуы мүмкін.

Объектті функциялау режимі мен оны орнату, монтаждау, бекіту, орын ауыстыру жылдамдығы, арту әдістерінен тұрады.

Дәлдік нормалары мен шарттарын, сынау нәтижелерін беретін негізгі құжат болып оны жүргізу әдісі табылады.

Сынау объектісі – бұл сынауға ұшырайтын өнім. *Сынау үшін үлгі* - бұл өнім бірлігі немесе оның бөлігі, сынауда сараптама объектісі болып табылатын сынама. Мысалы, өнім партиясы немесе сынау объектісі болып барлық партия алынады. Сынау үрдісінде өнім немесе сынамалар таңдамалы партияларының сынау үлгілері болатын сипаты ғана бағаланып немесе бақыланады, мұнда олардың табылған сипаты сынау объектісінің толығымен нәтижесін алу үшін қолданылады.

Сынау объектісінің негізгі белгісі – сынау нәтижелері бойынша осы объект бойынша шешім қабылданады (оның жарамды немесе жарамсыздығы, келесі сынауларға ұсыну мүмкіндігі, сериялық шығарылым жайлы және т.б.). Өнім түрлі және сынау бағдарламасына байланысты сынау объектісі болып жалпы немесе таңдамалы бақылауға ұшырайтын бірлікті немесе партиялы бұйым, проба өнімі немесе проба алынатын партия болуы мүмкін.

Сынау объектісі болып бұйым макеті немесе моделі, сынау нәтижесі бойынша шешім тікелей макет немесе макетке жатуы мүмкін.

Сынаудың техникалық базасы болып – техникалық құрылғылар, материалдар, заттар сынауды жүргізуге қажетті, сынау әдістері табылады.

Сынау әдістерінің маңызды түрі, өлшеу әдістерімен қатар, сынау құрылғысы – оның функциялауы режимдері мен объектіге әсер ету сынау шарттарын іске асыруға арналған құрылғылар. Бұл арнайы стендтер, сынау машиналары, орнатулар, климаттық камералар мен т.б. ішінде сынау шарттарын іске

асырылатын – температура, ылғалдылық, қысым, электромагнитті және радиациялы әсер, механикалық ауырлық, діріл және т.б.

Сынаулар сапасының сипаты болып сынау нәтижелерінің дәлдігі мен іске асушылығы табылады. Сынау нәтижелерінің – анықталған праметрлер мәні мен олардың анықталған шарттарындағы шынайы мәндерін сынау барысында алынатын сипаттар жақындығы.

Сынау объектісінің анықталатын сипаты бірлік объектісінің сипаты секілді – партиядан үлгі болуы мүмкін болса, солай үлгілер партиясының статистикалық болуы мүмкін. Сынау нәтижелері сынау объектісіне жататындықтан, ал осы объектіден алынған сынау үлгісіне сынау нәтижесіз болса, онда сынау нәтижесі үлгі сипатының өлшеу дәлдігімен сәйкес келмеуі мүмкін.

МЕСТ 16263–70 бойынша өлшеу сапасының критерийі болып іске асушы-лығы мен сәйкес келушілігі табылады [20].

Іске асушылық – бұл сынау объектісінің қайталмалы нәтижелерінің жақындығы. Сәйкес келушілік – бұл қайталмалы өлшемі нәтижелерінің бірдей шарттарда орындалатын жақындық.

ИСО 5725 Халықаралық стандарты нақты көшірме шарттарында іске асырылған сынау сипаты ретінде сәйкес келушілік терминіне сәйкес қайталықты анықтайды. Іске асырушылық шектемелерсіз орнымен, шартпен, әдіспен, сынау жүргізу уақыты шартымен анықталады, бірақ біздің МЕСТ-тен айырмашылығы, бірдей сынау әдістерін қолданумен жүргізулері.

Сынау әдісі сынауды қолдану дәрежесін, қажетті сынау әдістерін, берілген сынау шарттарын, сипаттамасын анықтау бойынша орындау алгоритмін, операторлар квалификациясына талаптар, берілгендерді ұсыну пішіні және сынау нәтижелерінің дәлдігі мен нақтылығын бағалау, еңбек қауіпсіздігі мен қоршаған ортаны қорғауға талаптарды орнатады. Сынау әдісі сынау жүргізудің технологиялық үрдісін жүргізудің үйлесімділігі мен режимін анықтайды. Сынау әдісі зерттелген, тексерілген және аттестатталған болуы тиіс.

Сынау нәтижесін берілген ауытқудан аспайтын ауытқуымен қамтамасыздандыруға бағытталған сынау әдісіне маңызды талап болып келесілер сипатталады:

- Сынау нәтижелерінің іске асушылығы мен сынау барысындағы бақылау нақтылығы дәлдік нормаларына;
- Сынау үшін үлгі не пробаны таңдау әдістеріне;
- Сынау мәліметтерін өңдеу мен сынау нәтижелерін ұсыну пішіндерінің әдістеріне;
- Сынау шарттарын іске асыру дәлдігі мен диапазондарына (сынау объектісінің сыртқы әсері мен режимдер функциялары);
- Аттестатталған сынау құрылғысы мен тексерілген өлшеу әдістерін қолдануға.

Сынау әдістемесі бір немесе бірнеше өзара байланысқан сынау объектісі құрамы сипатының анықталу ережелерін орнатады.

Сынау әдістері типтік және жұмыстық болуы мүмкін.

Типтік әдіс біртекті өнім үшін дайындалып, сынау жүргізуге жалпы талаптардан тұрып, жұмыстық сынау әдістерінің мазмұнына жалпы талаптарды мазмұндайды.

Жұмыс әдісі өнімнің белгілі түріне немесе жекелеген бұйымды сынау үшін дайындалады.

Сынау әдістерін аттестаттаудың негізгі принциптері. Механикалық сынау құрылғыларын аттестаттау.

Сынау құрылғысының аттестаттауын ұйымдастыру мен жүргізу.

Жалпы талап МЕСТ 24555-81 реттеледі.

Сынау құрылғыларының нормаланған дәлдік сипаттамалары бұл нормативтік-техникалық құжаттамада (НТҚ) берілген.

Құрылғылардың барлық түрі қолданылу аймағына байланысты 3 категорияға бөлінеді: жалпы өндірістік, салалық, арнайы қолдану. Келесідей аттестаттау түрлері бекітілген: бірінші реттік, периодтық және кезектік.

Бірінші реттік аттестация - сынау құрылғыларының талап етілетін дәлдікпен берілген диапазондарда сынау жағдайын жүргізу және ұстау мүмкіндігін орнатады.

Периодтық аттестаттау – бірінші реттік аттестаттау кезінде берілген көлемде сынау қызметін өзі жүргізеді. Тексерілетін дәлдік сипаттамалар номенклатурасының шектелуі рұқсат етіледі, бірақ барлық сипаттамалар мен мәндер қамтамасыз

етілуі тиіс. Периодтық аттестаттаудың шектелу бағдарламасы мет-рологиялық қызметтің басты ұйымымен келісілуі керек.

Кезектік аттестаттау – сынау құрылғысын транспорттау, ұзақ сақтау, жөндеуден кейін қолданысқа енгізу кезінде тағайындалады.

Механикалық сынақтар кезінде санау құрылғысын аттестаттау.

Аттестаттау мақсаты – сыналатын материалдың стандарттарға және техникалық шарттарға сәйкес механикалық қасиеттерін бағалау, пайдаланудың нақты жағдайларында қолдану мүмкіндігін анықтау.

Жаңа материалдар дайындау кезінде, технологиялық процестердің арнайы түрлерін өңдеу кезінде, температуралық және әртүрлі орта әсерін оқу кезінде материалдар сипаттамаларына кешенді сынақ жүргізеді, барларын жүзеге асыра-ды және сынау әдісінің жаңа түрлерін жасайды. Сынау тиімділігінің негізгі пара-метрлерінің бірі материалдың сапасы, оның пайдаланудағы жұмысқа қабілеттілігі туралы толық ұсынысқа мүмкіндік беретін критерийлер таңдамасы болып табылады.

Сынау машиналарын және пресстерін аттестаттау тәжірибе жүзінде қателікті анықтаумен жүргізіледі: күштер үшін 10^6Н -0,5-1%-ға дейін, одан көбі үшін 10^6Н -2-5%. Тексерудің ең көп тараған түрі – үлгілік динамометрлер мен гирлерді қолдану арқылы тікелей өлшеу болып табылады. Созылуға, сығуға, иілуге статистикалық күшпен сынау үшін арналған жұмыс машиналары мен пресстерін тексеру әдістері: сыртқы тексеру, күш шкаласы және созылу шкаласы бойынша көрсеткіштерді тексеру, диаграммалық аппарат көрсеткіштерін тексеруден тұрады.

Бұрауға сынау үшін арналған машиналары үлгілік момен-томермен немесе тексеру рычагымен тексеріледі. Әр шкалаға тексеруді 5 бөліктен кем емес жүргізу керек.

Статистикалық күш түсіру кезінде сығылу және иілуге арналған құрылыс материалдарын және конструкцияларын сынауға арналған пресстерді үлгілі динамометрмен тексереді.

Әр шкаланы 9 нүктеде тексереді.

Манометрлік күш өлшеу кондырғысы бар гидравликалық пресстерді жүйедегі сұйықтықты қысымдау бойынша тексеріледі.

Қысым күші – меншікті қысымды поршень ауданына көбейту арқылы анықталады.

Сынау машиналары мен престерін аттестаттау үшін 3-ші разрядты үлгілік динамометрді, үлгілік гирлер, рычагтық айла-бұйымдар, бақылау үлгілері және т.с.с. қолданылады. Үлгілік құралдарды келесілерге бөлуге болады: тексерілегін өлшеу құралын күштеуін қамтамасыздандыратын, беріліс механизмімен ауырлық күшін өлшейтін күшпен теңестіруге негізделген, серпімді деформацияны өлшеуге негізделген.

1-ші топқа өлшеу шегі 10-20кН, 3-4 разрядты үлгілік гирлер жатады. 2-ші топқа өлшеу шегі 300-500 кН үлгілі гирлері бар рычагтық айла-бұйымдар, бақылау рычагтары жатады. 3-ші топқа өлшеу шегі 40-60 мН, жақсы үлгілердің рұқсат етілген қателігі – 0,02-0,05% құралдар жатады.

Механикалық және электромеханикалық динамометрлер [12] кеңінен қолданылады. Механикалық динамометрлердің негізгі ерекшеліктері – қарапайымдылығы, үлкен емес өлшемі, массасы және құны, өлшеудің жоғарғы дәлдігі, сипаттама тұрақтылығы, қорек көзінің болмауы, қызметтің ұзақ мерзімділігі, сенімділігі болып табылады.

Механикалық сынау. Сынақ құрылғыларының түрлерін аттестаттау

1. *Климаттық сынау камералары* – бұл климаттық сыртқы әсерлерге (температура, ылғалдылық, ауа қысымы, туман, жауын және т.б.) өнімді сынау үшін арналған күрделі техникалық құрылғы.

Камераны аттестаттау кезінде мыналар анықталады: температуралар диапазоны – ең үлкен және ең кіші, камерадағы температураның орта мәні, температураны өлшеу қателігі, ең жоғарғы және ең төменгі температураға жету уақыты, температураның бірқалыпсыз таралуы – камераның әр жеріндегі температура орташа мәндерінің арасындағы айырмашылық, берілген мәннен камера көлеміндегі температураның ауытқуы, камерадағы ауа айналымының жылдамдығы және т.с.с.

Камерадағы температура диапазоны 100С°-ден 350С°-қа дейін ылғалдылығы 20%-дан 100%-ға дейін жетуі мүмкін.

2. *Соққыға және дірілге сынау құрылғысы* – бір реттік және көп реттік соққы күшін, соққы күшінің күрделі түрлерін жүргізеді.

Дірілді сынау құрылғысы – бұл дірілді қондырғылар және діріл тақталары.

Діріл қондырғысы – бұл діріл жүргізудің функционалды біріккен құралдар жиынтығы, бақылау және қосымша қондырғыларды тапсыру, басқару, күшейту, өлшеу құралдарының жиынтығы.

Діріл тақта – бұл кез келген энергия түрін діріл энергиясына түрленуін қамтамасыз ететін қондырғы. Діріл тақталары эрекет принципі бойынша электродинамикалық, электрогидравликалық және электромеханикалық болады.

Ең толық сынау жағдайын қамтамасыз ететін электродинамикалық қондырғылар болып табылады. Олар 1 герцтен 10 килогерцқа дейін діріл жиілігіне, бірне-ше микрометрден 10 миллиметрге дейін амплитудаға, бірнеше мың м/с^2 дейін үдеуге ие.

Механикалық сынау – сынаудың ең кең тараған түрі. Сынақ келесідей параметрлер бойынша жүргізіледі: беріктілікті бағалау үшін берілген жиілікті синусоидты діріл бойынша, резонанстық жиілікті анықтау үшін ауыспалы жиілікті синусоидты діріл бойынша, төзімділікті тексеру үшін кездейсоқ діріл бойынша, беріктілікті тексеру үшін бір реттік және көп реттік соққы бойынша, параметрлердің төзімділігін тексеру үшін сызықтық үдеу бойынша, сынау объектісінің төзімділігін тексеру үшін транспорттық сілкініс бойынша, төзімділікті тексеру үшін тербеліс бойынша.

Сынау үшін құрылғылар: діріл тақталар – үш бағытта және түрлі үйлесімде діріл туғызу үшін, үлкен күштерді сынау үшін қолданылады. Соққыға қарапайым сынауды арнайы ауданға белгілі бір биіктіктен объектіті қарапайым тастау арқылы жүргізеді.

Сынақ созуға, сығуға, айналдыруға, июге жүргізіледі. Сынақтар статистикалық және динамикалық соққылы болады.

Материалдар мен бөлшектердің механикалық қасиеттерін зерттеу әдістерінің дамуы сынау құрылғысына жоғарғы талаптар қояды, сынау процесінде баға-ланатын параметрлер диапазонын кеңейтеді.

Зерттеу сынақтарын жүргізу кезінде жергілікті серпімді және серпімді пластикалық деформациясын өлшеу әдісін кеңінен қолданады.

6.4.3 Өлшем құралдарын салыстырып тексеру

Өлшем құралдарын салыстырып тексеру – Мемлекеттік метрологиялық қызметтің органымен (салыстырып тексеруге құзырлы басқа да ұйымдармен) өлшем құралдары (ӨҚ) тәжірибе жүзінде анықталатын метрологиялық сипаттамаларының негізінде қолдануға жарамдылығын және бекітілген міндетті талаптарға сәйкестігін растау.

Қолданыстағы заң бойынша мемлекеттік метрологиялық қадағалау мен бақылауға жататын ӨҚ өндірістен шығарған кезде немесе жөндеуден кейін импортталып әкелінген жағдайда және пайдалану жағдайында салыстырылып тексерілуі керек. Салыстырылып тексеруге жататын ӨҚ тобының тізімін Ресей Мемстандарты МИ 2273-93 сәйкес бекітеді, ал ӨҚ салыстырып тексеруді жүргізу мен ұйымға талаптарды ПР 50.2006-94 ережелері орнатады. Салыстырып тексеру сынау нәтижелері бойынша бекітілген нормативті құжаттарға сәйкес жүргізіледі.

Салыстырып тексерудің нәтижесі болып:

– ӨҚ қолдануға жарамдылығын растау. Мұндай жағдайда өлшем құралына және техникалық құжаттамаға растау таңба белгісі қойылады және салыстырып тексеру туралы куәлік беріледі. Растау таңбасы – қолдануға жарамдылыққа салыстырып тексеру нәтижесінде мойындалған, белгіленген формадағы белгі. Таңбаны қолдану ережелері ПР 50.2006-94 берілген;

– ӨҚ қолдануға жарамсыздығын мойындау. Бұл жағдайда растау таңба белгісі немесе салыстырып тексеру туралы куәлік жойылады және жарамсыздығы туралы куәлік беріледі.

Таңба формасы және салыстырып тексеру туралы куәлік, растау таңба белгісін енгізу тәртібін Мемстандарт орнатады.

Өлшем құралдары алғашқы, мерзімді (периодты), кезектен тыс, инспекциялық және эксперттік салыстырып тексеруге жатады.

Алғашқы салыстырып тексеру ӨҚ өндірістен немесе жөндеуден шығарғанда, сонымен қатар ӨҚ шетелден партиялық көлемде алып келген жағдайда жүргізіледі. Ережеге сәйкес осындай салыстырып тексеруге ӨҚ әрбір данасы жатады.

Мерзімдік салыстырып тексеру орнатылған уақыт интервалдары арқылы жүзеге асырылады. Оған пайдалануда немесе сақтауда тұрған ӨҚ жатады. Салыстырып тексеруге жататын ӨҚ нақты тізімін, олардың иесі – заңды және жеке тұлғалар құрастырады. Мемлекеттік метрологиялық қызметтің органдары метрологиялық нормалар мен ережелерді сақтауды қадағалау процесінде осы тізімдердің дұрыс құралғандығын тексереді.

Мерзімді салыстырып тексеруге ӨҚ әрбір данасы жатады. Тек ұзақ сақтауда жатқан ӨҚ тексеруге жатпайды. Мұндай салыстырып тексерудің нәтижелері тексеру аралық интервалында болады. Бірінші интервал ӨҚ түрін бекіту кезінде орнатылады, қалғандары әртүрлі критерийлер негізінде анықталады.

ӨҚ кезектен тыс салыстырып тексеру үшін периодты салыстырып тексеру мерзімі келгенге дейін мынадай жағдайларда жүргізіледі:

- растау таңба белгісін немесе салыстырып тексеру куәлігін жоғалтқанда;

- ұзақ сақтаудан кейінгі ӨҚ эксплуатацияға енгізу (бірден көп салыстырып тексеру интервалында);

- өлшеу құралына әсер ететін белгілі немесе болжайтын қайталау жөндеу жұмыстарын жүргізеді немесе оның қанағаттандырмайтын жұмысы кезінде;

- салыстырып тексеру аралық жарты интервалына тең, ӨҚ қолданушыға жіберілуі жарамдылық мерзімі өткеннен соң қолданбау;

- салыстырып тексеру аралық жарты интервалына тең ӨҚ комплект ретінде жарамдылық мерзімі өткеннен соң қолдану.

Инспекциялық салыстырып тексеру метрологиялық қызметтің органымен ӨҚ қолдану мен оның күйін ведомствалық қадағалау немесе мемлекеттік қадағалауды жүзеге асырған кезде жүргізіледі. Оны толық көлемде жүргізбеу керек, ол салыстырып

тексеру әдістемесімен қарастырылған. Инспекциялық салыстырып тексерудің нәтижелері акте көрсетіледі.

Эксперттік салыстырып тексеру метрологиялық сипаттамалар, ӨҚ жөндеуге келуінде және қолдануға жарамдылығы бойынша бәсекелес сұрақтар туындағанда жүргізіледі. Оны мемлекеттік метрологиялық қызмет органдары қызығушылық танытқан тұлғалардың талаптары бойынша жүргізіледі.

ӨҚ салыстырып тексеру тәртібін Мемстандарты орнатады. Салыстырып тексеру әдістемелерге сәйкес жүргізіледі, оларға талаптар МИ 187-86 және МИ 188-86 [17] көрсетілген. Эксперттік салыстырып тексеру келесілерден тұрады:

- Жұмыстың мерзімділігін орнату (салыстырып тексеру аралық интервалдарды анықтау) ИСО 10012, МИ 2187-92, МИ 1872-88 сәйкес;

- РД 50-660-88 нұсқаулықтарына сәйкес жұмыс жүргізу әдістемесін дайындау және құжаттамалау;

- Жүргізілетін жұмыстардың нәтижесін бейнелейтін сәйкес хаттамаларды енгізу;

- ӨҚ салыстырып тексеру құжаттамасын қолдану және сақтауды ұйымдастыру.

Салыстырып тексеру кезінде анықталатын негізгі метрологиялық сипаттамасы қателік болып табылады. Ол салыстырылып тексерілетін ӨҚ көрсеткіштерін дәл жұмыс эталонымен салыстыру негізінде болады:

Бірігу (қарсы қою және орын басу әдісі) компарирлейтін аспаптың көмегімен дәл өлшем арқылы. ӨҚ салыстырып тексеру әдістемесі үшін ортақ болып табылатын салыстырылатын шамалардың өлшемдерінің әртүрлі болуы туралы белгіні шығару. Егер осы белгі үлгілік өлшемді таңдау жолымен нөлге келтірілсе, онда өлшеудің нөлдік әдісі жүзеге асырылады.

Эталонды ӨҚ шамасын өлшеу жаңадан өндірілетін шама. Бұл жағдайда тексеруді көбінесе градуирлеу деп атайды. *Градуирлеу* – жұмыс эталондарының көрсеткіштеріне сәйкес шкалаларына белгілер енгізу немесе салыстырылып тексерілетін шкалаларға енгізілген белгілерге сәйкес нақты мән шамасының көрсеткіштері бойынша анықтау.

Калибрлеу жолы нақты өлшем мен көп мәнді өлшем шкаласы белгілерінің бір немесе жиынтығынан, тек бір өлшем ғана салыстырылады, ал басқа өлшемдердің нақты өлшемдері оларды өзара салыстыру жолымен және өлшеу нәтижелерін өңдеу кезінде анықтайды.

Өлшеу аспаптарын салыстырып тексеру мынадай жағдайларда жүргізіледі:

- Өлшенетін шамаларды және дәлдік класы немесе разряды жұмыс эталондарымен сәйкес келетін шамаларды тікелей салыстыру әдісімен салыстыру. Өлшемдердің шығуында шама мәндері аспап шкаласына сәйкес келетін белгілеріне тең болғанда таңдалады. Эталондардың ең үлкен айырмашылығы осы жағдайда аспаптың негізгі қателігі болады.

- Белгілі бір шаманы бір уақытта өлшеу кезінде эталонды аспаптар мен салыстырып тексерілетін көрсеткіштерді тікелей біріктіру әдісімен. Көрсеткіштер айырмашылығы салыстырылып тексерілетін ӨҚ абсолюттік қателігіне тең.

- Сирек қолданылатын басқа да салыстырып тексеру әдістері болады.

Салыстырып тексеру кезінде салыстырылып тексерілетін ӨҚ мен рұқсат етілген эталонды қателіктері арасындағы ұтымды байланысты таңдау маңызды болып табылады. Әдетте, осындай байланыс салыстырып тексеруде үлгілі ӨҚ көрсеткіштеріне түзетулерді енгізгенде 1:3-ке тең қатынаста қолданылады. Егер түзетулерді енгізбесе, онда эталонды өлшеу құралы 1:5 қатынасында таңдалады. Эталонды және салыстырылып тексерілетін ӨҚ рұқсат етілген қателіктерінің қатынасы қабылданған салыстырып тексеру әдісін, қателіктер сипаттамасы орнатылады, бірінші және екінші текті рұқсат етілген қателік мәндерін орнатады, ал кейде ол алдында көрсетілген сандардан басқаша болуы мүмкін.

Мемстандарт шешімі бойынша ӨҚ салыстырып тексеру метрологиялық қызметпен аккредиттелген заңды тұлғаларға жүктелген, олардың қызметі қолданыстағы заңдармен және өлшем бірлігін қамтамасыз ету бойынша нормативті құжаттармен жүзеге асырылады. Аккредиттеу тәртібі ПР 50.2.014-94

ережелерімен анықталады, ол ереже ИСО/МЭК басшылығын есепке ала отырып дайындалады.

Метрологиялық қызметті аккредиттеу келесі кезеңдерді қарастырады: метрологиялық қызметте көрсетілген құжаттарды сараптау, метрологиялық қызметті Мемлекеттік ғылыми-метрологиялық орталық және Мемлекеттік метрологиялық қызметтің өкілдерінен тұратын комиссиямен аттестаттау, сараптама нәтижелері бойынша аккредиттеу туралы шешім шығару, бес жыл мерзімге аккредиттеу аттестатын рәсімдеу, тіркеу және Мемстандарт арқылы беру.

Аккредиттелетін метрологиялық қызмет мынаған ие болуы керек:

- ПР 50-732-93 сәйкес дайындалған ереже;

- ПР 50.2.012-94 сәйкес салыстырып тексеруші ретінде орнатылған тәртіпте аттестатталған жоғары білікті және тәжірибелі қызметкері;

- нормативтік құжаттардың талаптарын қанағаттандыратын орындар мен қоршаған орта;

- белгілі бір аккредиттеу саласында салыстырып тексеру жүргізу үшін салыстырып тексерілген эталондар және басқа қосымша құрылғылар;

- салыстырып тексеру процедуралары және құжаттандырылған әдістемелер және өлшеу ақпаратын өңдеу және қолдану, сонымен қатар нормативтік құжаттарды актуалдау;

- салыстырып тексеру жұмыстарын жүргізудің сапа менеджменті жүйесін;

- салыстырып тексеруге келіп түскен ӨҚ қабылдау, сақтау және қайтарып берудің құжаттандырылған ережелері;

- тіркеу жүйесі, салыстырып тексеру нәтижелерін қолдану және сақтау.

Жоғарыда келтірілген деңгейлер бойынша толық талаптар МИ 2284-94 көрсетілген. Аккредиттелген МҚ төмендегілерге құқықты:

- ӨҚ салыстырып тексеру анықталған аккредиттеу аттестатының шектерінде жүргізіледі, салыстырып тексеру туралы куәлік беруге, салыстырылып тексерілген ӨҚ белгі қоюға немесе растау таңбаларын өшіруге;

- Салыстырып тексеру аралық интервалын түзету бойынша ұсыныстарды дайындау;
- Нормативті құжаттарды дайындау және түзетуге, метрологиялық қызметті аккредиттеудің регламенттелетін сұрақтарына қатысу.
- Мемстандарт аккредиттелген МҚ қызметіне мерзімді инспекциялық бақылауды жүзеге асырады.

6.4.4. Өлшем құралдарын калибрлеу

Мемлекеттік метрологиялық қадағалау мен бақылау міндетті болмайтын қызметтердің облыстарында өлшеу жүйесі (ӨЖ) метрологиялық түзулігін қамтамасыз ету үшін калибрлеу қолданылады.

Калибрлеу (калибрлеу жұмыстары) – мемлекеттік метрологиялық бағалау мен қадағалауға жатпайтын метрологиялық сипатталамалардың нақты мәндерін және (немесе) өлшем құралдарының пайдалануға жарамдылығын анықтау және растау мақсатында орындалатын операциялар жиынтығы.

Калибрлеу жұмыстарын жүргізу үшін Калибрлеудің жүйесі (КЖ) құрылды – мемлекеттік метрологиялық бағалау мен қадағалауға жатпайтын және калибрлеу жұмыстарын ұйымдастыру мен жүргізуге қойылған талаптар негізінде әрекет ететін облыстарда өлшеудің бірізділігін қамтамасыз етуге бағытталған қызметтердің субъектілері мен калибрлеу жұмыстарының жиынтығы. КЖ қызметі ПР 50.2.016 – 94 және ПР 50.2.017 – 95 ережелерімен реттелінеді.

КЖ қызметінің негізгі бағыттары: заңды тұлғалардың калибрлеу жұмыстарын жүргізу құқығына метрологиялық құралдардың (МҚ) аккредитациясын іске асыратын ұйымдарды тіркеу; заңды тұлғалардың калибрлеу жұмыстарын жүргізу құқығына МҚ аккредиттеу; өлшеу жүйесі (ӨЖ) калибрлеу; КЖ-нің негізгі принциптері мен ережелерін белгілеу; оның қызметінің ұйымдастырушылық; әдістемелік және ақпараттық қамсыздандыру; калибрлеу жұмыстарын жүргізудің аккредиттелген МҚ талаптардың орындалуын инспекциялық бақылау.

Калибрлеу жүйесінің калибрленген өлшеу жүйесі түсірілетін белгісі болады. Оның пішіні мен өлшемдері ПР 50.2.017–95 ережелерінде келтірілген.

КЖ-нің ұйымдастырушылық құрылымы 6.3-суретте келтірілген. ҚРЖ-нің орталық ұйымы мен ғылыми-әдстемелік орталығын Мемлекетті стандарт тағайындайды. ҚРЖ орталық ұйымы келесі қыметтерді атқарады:

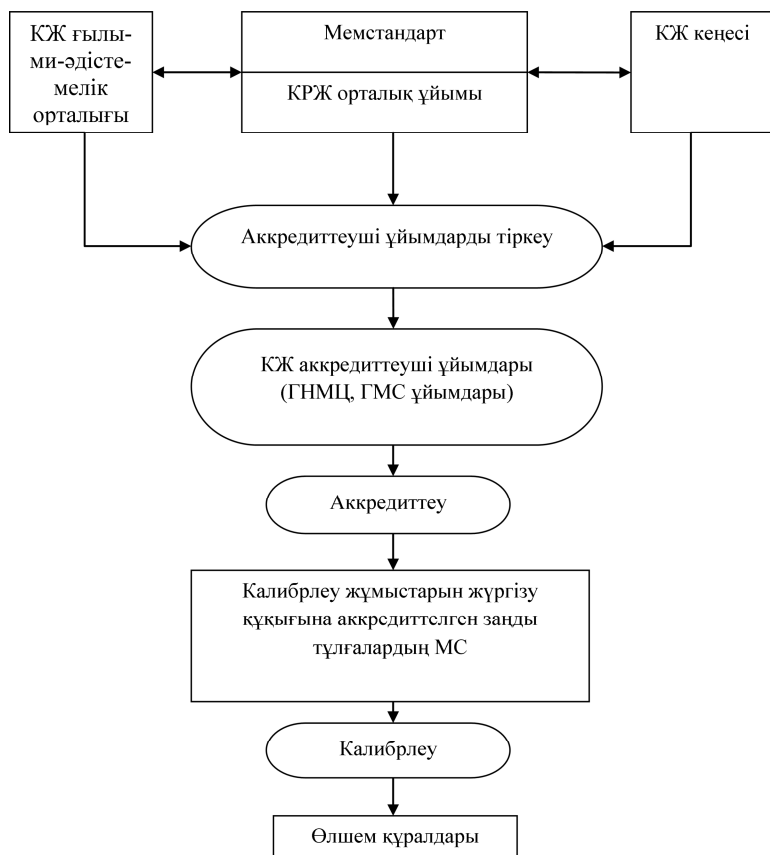
- ҚКЖ негізгі кринциптері мен ережелерін анықтайды;
- ПР РКЖ 001-95 ережелеріне сәйкес аккредиттеуші ұйымдардың тіркелуі туралы шешімдерді қабылдайды;
- олардың қызметтерін қадағалайды;
- аккредиттау нәтижелері бойынша апелляцияны қарастырады;
- басқа елдердің калибрлеу қызметтерімен және халықаралық калибрлеу одақтарымен өзара әрекеттеседі.

Ғылыми-әдістемелік орталықтың негізгі міндеттері:

- Мемлекеттің калибрлеу қызметін регламенттейтін нормативті құжаттарды дайындау;
- ҚРЖ реестрін жүргізу;
- Аккредиттеуші ұйымдарды тіркеу бойынша материалдарды КЖ орталық ұйымына дайындау және бекітуге ұсыну, оларды тексеруге қатысу;
- Өлшеу жүйесі (ӨЖ) калибрлеу әдістемелерінің зерттемесі, экспертизасы және аттестаттауын ұйымдастыру және координаттау;
- Нормативтік құжаттары мен калибрлеу қызметтері бойынша мәліметтер базасын құру және жүргізу;
- КЖ мәселелері бойынша кеңес беру қызметін орындау;
- Калибрлеу жұмыстары облысында кадрлардың квалификациясын жоғарылату бойынша іс-шаралар жүргізу.

МҚ мемлекеттік басқару ұйымдарының, аккредиттеуші ұйымдарының, МҚ және басқарушылары қатарынан орталық ұйым өзінің КЖ кеңесін құрады.

Оған КЖ негізгі жұмыс принциптері бойынша ұсыныстарды өңдейді, калибрлеу саласындағы заң шығару және нормативтік актілер жобаларын қарастырады және оларды өзгерту бойынша ұсыныстар дайындайды, калибрлеу саласында зерттеулер жүргізудің негізгі бағыттарын анықтайды, КЖ жұмысындағы экономикалық және қаржылық аспектілерін қарастырады.



6.3-сурет. Калибрлеу жүйесінің құрылымы

КЖ аккредиттеуші ұйымының негізгі міндеттері болып табылады:

- ПР 50.2.018–95 ережелеріне сәйкес МҚ аккредиттеуін жүргізу;
- Талаптары ПР РКЖ 003 – 98 ережелерінде келтірілген инспекциялық бақылауды жүргізу.

КЖ негізі болып заңды тұлғалары аккредиттелген МҚ саналады. Олардың басты қызметі – аккредиттеу саласында

және әрекет етуші нормативтік құжаттармен сәйкес ӨЖ-ін калибрлеу. Калибрлеу жұмыстарын жүргізетін бөлімшелерге қойылатын талаптар Р. РКЖ 001-95 ұсыныстарында берілген.

Калибрлеуді орындайтын мекемеде болуы керек:

- Сенімді және теңдестірілген калибрлеу құралдары – эталондар (үлгілер), нұсқаулар мен белгіленген ережелермен сәйкес басқа да ӨЖ. Олар бірлік өлшемін мемлекеттік өлшеу жүйесі (ӨЖ) калибрлейтін эталондардан беруді қамтамасыз етуге арналған;
- Калибрлеу жұмыстарын ұйымдастыру мен жүргізуді регламенттейтін өзектендірілген құжаттар. Оларға аккредиттеу облысына арналған құжаттар, өлшем және калибрлеу құралдарының құжаттары, калибрлеудің метрологиялық өлшеу жүйесінің (МӨЖ) нормативтік құжаттары, калибрлеу процедурасы және оның мәліметтерін пайдалану жатады.

Кәсіби дайындалған және маманданған қыметкерлер: нормативтік талаптарды қанағаттандыратын ғимараттар, калибрлеу нәтижелері ӨЖ түсірілетін калибрлеу белгісімен немесе Калибрлеу жөніндегі куәлікпен, сондай-ақ пайдалану құжаттарындағы жазбамен расталады.

Калибрлеу зертханаларына қойылатын талаптар МЕСТ Р ИСО/МЭК 17025– 2000 келтірілген.

Өлшем құралдары мен сынау жабдықтарының метрологиялық аттестаттауы.

6.4.5 ӨҚ метрологиялық аттестаттау

ӨҚ құралдың метрологиялық қасиеттерін жете зерттеу негізін пайдалануға (оның метрологиялық тағайындалуы мен МС көрсетіп) заңдастырылған өлшеу (зерттеу) құралдарын мойындау (растау). МЕСТ 8.326 – 89 сәйкес жүргізіледі.

Метрологиялық аттестаттауға мемлекеттік сынауларға немесе МӨЖ ұйымдарымен типі бекітуге келмейтін, ӨЖ-нің тәжірбиелік үлгілері, шетелден бір данадан немесе аз партияда шығарылатын немесе әкелінетін өлшеу аспаптары, өлшеу жүйелері мен олардың каналдары ұшырауы мүмкін.

ӨЖ аттестаттаудың негізгі мәселелері болып табылады: МС анықтау және олардың нормативтік құжаттарға сәйкестігін

белгілеу, тексеру кезінде бақылауға алынатын МХ тізімін белгілеу, тексеру әдістемесін сынап көру.

Метрологиялық аттестаттау арнайы әзірленген және бекітілген бағдарлама бойынша мемлекеттік немесе мекемелік МС ұйымдарымен жүргізіледі. Нәтижелер формасы анықталған хаттама түрінде рәсімделеді. Оң нәтижелер көрсетілсе, оның орнатылған МС көрсетілетін Метрологиялық аттестаттау жөніндегі куәлік беріледі.

Өлшем мен сынау арасындағы айырмашылық – сынау қателігі сынау режимдерін өлшеу қателігі мен орындау қателігінен құралатыны белгілі (5.1-бөлімді қараңыз). Өлшеуді сынаудың жеке жағдайы деп қарастыруға болады, мұнда соңғысының шарттары қызығушылық тудырмайды.

Осыған сәйкес ӨЖ мен негізгі мәліметтер мен жүргізу реті МЕСТ Р 8.568–97 келтірілген сыналатын жабдықты аттестациялаудың айырмашылығы бар.

Сынау жабдығын аттестаттаудың негізгі мақсаты – ауытқулардың мүмкін болатын шектерінде сынау шарттарын орындау мүмкіндігін растау және берілген жабдықтың өзінің тағайындалуына сәйкес пайдалану жарамдылығын анықтау.

Аттестаттау, тексеру сияқты бастапқы, периодты және қайталанатын болуы мүмкін.

Бастапқы аттестаттаудың мәні – пайдалану және жобалық құжаттарды сараптау, сыналатын жабдықтың техникалық сипаттамаларын тәжірибе жүзінде анықтау және оның пайдалануға жарамдылығын растауда. Анықталынатын техникалық және метрологиялық сипаттамаларды құжаттарда нормаланған және белгіленген сипаттамалар қатарынан таңдап алынады. Олар жабдықтың белгіленген уақыт бойы сынау шарттарын орындау мүмкіндігін анықтауы тиіс.

Бастапқы аттестаттау процесінде анықтайды:

- белгіленген өнім түрлерін сынау әдістемесінің құжаттарында белгіленген сынау объектісінің қызмет ету режимдері мен (немесе) әсер етуші факторларды орындау мүмкіндігі;

- сынау шарттарының параметрлерінің нормативтік мәндерден ауытқуы;

– қызметкерлердің қауіпсіздігін қамтамасыз ету және қоршаған ортаға зиянды әсердің болмауы;

– периодтық аттестаттауда тексерілуі тиіс жабдықтың сипаттамалар тізімі, сондай-ақ, тәсілдер, құралдар мен олардың пайданану периодтылығы.

Периодтық аттестаттауды сынау жабдығын пайдалану процесінде оның сипаттамаларының сынау әдістемесінің нормативтік құжаттары мен пайдалану құжаттарының талаптарына сәйкестігін растауға қажетті көлемде жүргізеді. Аттестаттау нәтижелері хаттамамен рәсімделеді. Оң нәтижелерде жабдыққа формасы анықталған аттестат беріледі және пайдалану құжаттарына жазба енгізіледі.

6.4.6 Өлшем құралдарын сертификаттау жүйесі

Жүйе «Өлшем бірлігін қамтамасыз ету туралы» және «Өнімдер мен қызметтерді сертификаттау» заңдарына сәйкес өлшем құралдарын сертификаттауды өз еркімен жүргізуге арналған[23,26].

Сертификаттау жүйесі – бұл сәйкестік сертификаттауын жүргізу процедурасының өзіндік ережелеріне ие болатын жүйе (ИСО/МЭК 2, п. 14.1 нұсқауын қараңыз). Сәйкестік сертификаты деп сертификаттауды жүргізгеннен кейін берілетін құжат. Онда теңдестірілген өнім, процесс немесе қызметтің белгілі стандартқа немесе басқа да нормативтік құжатқа тиісті түрде сәйкестігі көрсетіледі.

Мемлекеттік метрологиялық бақылау мен қадағалау салаларында пайдалануға келмейтін өлшеу құралдарын сертификаттау жүйесі аясындағы жұмыстарды жүргізудің негізгі жағдайлары мен ретін МИ 2277–93 анықтайды.

ӨЖ сертификаттау жүйесінің негізгі мақсаттары болып өлшеу бірлігін қамтамасыз ету, экспортқа жәрдем беру және ӨЖ-нің бәсекеге қабілеттілігін жоғарлату. Осы мақсаттарға сәйкес жүйе келесі қызметтерді атқарады: ӨЖ-нің нормативтік құжаттарда белгіленген метрологиялық нормалар мен талаптарға сәйкестігін тексеру және растау, сертификатталатын ӨЖ қамсыздануын бекітілген эталондардан өлшемдерді беру үшін

калибрлеу әдістері мен құралдарын тексеру, сертификаттау ұйымына арызданған мекемелер мен азаматтар көрсеткен қосымша талаптарға ӨЖ-нің сәйкес келуін тексеру.

Жүйе заңды тұлғалардың оған кіруіне және қатысуына ашық болып табылады және оның қызметі жайындағы мәліметтерге еркін қол жеткізе алуды ескереді. ӨЖ сертификаттауды дербес немесе сертификаттау бойынша ұйымдардың құрамына кіретін сынау зертханаларында (орталықтарында) жүргізілетін сынақ-тардың нәтижесі бойынша аккредиттелген ұйымдар жүргізеді. Сынау зертханаларының (орталықтарының) аккредиттеуін метрология бойынша ПР 50.2.010–94 ережелерімен сәйкес жүргізеді. Аккредиттелген жағдайда аккредиттеу облысын белгілейтін қосымшасы бар аттестат беріледі.

Ұйымдастырушылық жағынан ӨЖ сертификаттау жүйесіне орталық ұйым, координациялық кеңес, апелляциялық комитет, ғылыми-әдістемелік орталық, сертификаттау бойынша ұйымдар мен сынау зертханалары кіреді. Жүйенің орталық ұйымы:

- сертификаттау бойынша жұмыстарды әдістемелік басқаруды ұйымдастырады, бағдарлайды және іске асырады;
- сертификаттаудың негізгі принциптері мен ережелерін белгілейді;
- сертификаттау бойынша ұйымдар мен сынау зертханаларының аккредиттелуін іске асырады;
- сертификаттау бойынша ұйым болмаған жағдайда оның қызметін атқарады;
- сертификаттау бойынша аккредиттелген ұйымның қызметін инспекциялық бақылауды жүргізеді;
- сертификаттау мәселелері бойынша халықаралық және шетелдік мекемелермен өзара әрекет етеді;
- басқа елдердің сертификаттау бойынша ұйымдары мен сынау зертханаларының (орталықтарының) аккредиттелуі жайындағы құжаттарды, шетелдік сертификаттар мен сәйкестік белгілерін, сондай-ақ, өлшеу құралдарының сынау нәтижелерін растауды жүзеге асырады.
- жүйенің реестірін жүргізеді, сертификаттау облысындағы нысандар, жұмыс аймақтары мен құжаттар жайындағы мәліметтерді құрайтын кітаптың және (немесе) электрондық журналдың

реестірін жүргізеді. Бұл процесс МИ 2279-93 толығырақ қарастырылған.

Жүйенің ғылыми-әдістемелік орталығы іске асырады: жүйенің негізгі принциптерін, ережелері мен құрылымын әзірледі, сертификаттау бойынша ұйымдар мен сынау зертханаларын (орталықтарын) аккредиттеумен байланысты жұмыс-тарды ұйымдастыруды, сертификатталған өлшем құралдары, сертификаттау бойынша ұйымдар, сынау зертханалары (орталықтары) мен нормативтік құжаттарға қатысты мәліметтер банкын құру мен жүйенің ақпараттық қамсыздандырылуын.

Бағдарлаушы кеңес жүйені жетілдіру мәселелері бойынша нұсқамаларды жасайды. Апелляциялық комитет ӨЖ сертификаттау, сертификаттау бойынша ұйымдар мен сынау зертханаларын (орталықтарын), сынауларды, инспекциялық бақылауды аккредиттеу нәтижелерімен келіспеу жағдайларын қарастырады.

Сертификаттау [16,17] бойынша ұйымдарда сертификаттауды жүргізуге мүмкіндік беретін қажетті құралдар мен құжаттандырылған процедуралары болуы тиіс, соның ішінде: мамандандырылған қызметкерлер, ӨЖ мен сынау әдістеріне нормативтік құжаттардың өзектендірілген қоры, сертификаттауды басқарудың заңды және экономикалық мүмкіндіктер (шарттар), оның ішінде сынақтарды ұйымдастыру үшін сынау зертханасы (орталығы) ретінде аккредиттелген сынау базасы.

Қосымшада белгіленген сертификаттау бойынша ұйымның негізгі қызметтері:

- ӨЖ сертификаттау кезінде пайдаланылатын нормативтік құжаттар қорын құру және өзектендіру;
- ӨЖ сынауларын жүргізу және (немесе) ұйымдастыру;
- сертификаттауды жүргізуге арыздарды қарастыру, олар бойынша шешімдерді дайындау және сертификаттауды жүргізгенде арызданушылармен өзара әрекет ету;
- сынау зертханасының (орталықтың) әр дербес арызы бойынша анықтау, олармен өзара әрекет ету негізінде сынауларды ұйымдастыру;
- сәйкестік сертификаты жүйесінің орталық ұйымымен лицензиялық келісу негізінде рәсімдеу, жүйе реестрінде тіркеу мен оны арызданушыға беру;

- ӨЖ сипаттамалары тұрақтылығының инспекциялық бақылауын ұйымдастыру;

- берілген сертификаттар мен сәйкестік белгілерінің әрекетін болдырмау және тоқтату;

- сынау зертханалары (орталықтары) қызметкерлерінің біліктілігін жоғарылату мен аттестаттау жүргізуді ұйымдастыру.

Сертификаттау бойынша ұйымдарға қойылатын талаптар МИ 2278-93 толығырақ қарастырылған.

Жалпы жағдайда сертификаттауды жүргізу реті құрайды:

- сертификаттауды жүргізуге қызығушылық білдірген ұйымның орталық ұйымға арызын беру;

- арызды қарастыру және ол бойынша шешімді бағыттау;

- сынауды жүргізу көлемі мен мерзімі, ӨЖ сынауларының әдістері мен құралдары, сынауға келтірілетін техникалық құжаттар көлемі мен құрамы, сынауға берілетін үлгілердің саны мен таңдау ретін құрайтын бекітілген бағдарлама бойынша сынауды жүргізу;

- мерзімі анықталған және тіркелген есеп түрінде рәсімделген нәтижелерді талдау. Есепте сынау зертханасының атауы мен мекен-жайы, сәйкестігі сыналған құжатқа сілтеме, сыналған үлгілердің теңдестіру мәліметтері, өндірушінің атауы мен мекен-жайы, сынауды жүргізу орны мен уақыты, үлгілердің нормативтік құжаттар талаптарына сәйкестігі жайындағы қорытынды кіреді;

- сәйкестік сертификатын беру мүмкіндігі жайындағы шешім қабылдау;

- сынау материалдарын тіркеу мен сәйкестік сертификатын беру;

- сертификаттау нәтижелері жайындағы ақпаратты беру.

Сертификаттау бойынша ұйым ӨЖ сынау нәтижелерін қарастырады, сәйкестік сертификатын рәсімдейді, оның ұйым басшысымен қол қойылған көшірмесін, қосымшасымен бірге сынау жайындағы есептің бір нұсқасын тіркеу үшін жүйенің ғылыми-әдістемелік орталыққа жібереді. Ғылыми-әдістемелік орталық сертификаттау бойынша іс рәсімдеп, сертификатты тіркейді және оның реестр бойынша нөмірін сертификаттау бойынша ұйымға хабарлайды. Тіркеу нөмірін алғаннан кейін

сертификаттау бойынша ұйым мекемеге сәйкестік сертификатын береді. Сәйкестік сертификатын алғанда арызданушы сәйкестік белгісінің үлгілер ентаңбалануын, тараларды, қаптамаларды, құжаттарды қамтамасыз етеді.

Сертификаттау бойынша ұйымдар берілген сертификаттардың есептеуін жүргізеді. ӨЖ сертификатталуын растайтын құжаттар мен материалдар сертификатты берген сертификаттау бойынша ұйымда сақталады.

6.5. Өлшеуді жүргізу әдістемелері

Өлшеуді жүргізу әдістемелері (ӨЖӘ) кепілденген дәлдікпен қабылданған әдіспен сәйкес өлшеу нәтижелерін алуды қамтамасыз ететін операциялар мен ережелердің анықталған жиынтығы болып табылады. Сәйкесінше, қазіргі заман талаптарына жауап беретін ӨЖӘ өлшеудің МҚ шешуші рөл атқарады.

ӨЖӘ дайындау, рәсімдеу, аттестаттау, стандарттауға қойылатын жалпы талаптары мен оларды метрологиялық қадағалау МЕСТ Р 8.563–96 және МИ 2377–98 регламенттейді. Берілген нормативтік құжаттар жүргізілетін өлшемдердің көпшілігіне қатысты. Өлшеу қателігі процесс кезінде немесе пайдаланып болғаннан кейін анықталатын ӨЖӘ бұл жағдайға жатпайды. Осында текті өлшеулер көп емес және негізінен ғылыми зерттеулерде, сондай-ақ тәжірбиелер жүргізгенде іске асырылады. Мұндай ӨЖӘ-ні дайындау, пайдалану реті және талаптарды оларды пайдаланатын мекемелер анықтайды [20].

ӨЖӘ дайындауды бастапқы мәліметтер негізінде жүргізеді, оларға кіретіні:

- пайдалану аймағы көрсетілетін тағайындауы, өлшенетін шаманың атауы мен сипаттамалары, сондай-ақ, өлшеу қателігіне әсер ететін өлшеу нысанының сипаттамалары;

- өлшеу қателігінің талаптары (МИ 1317–86 нұсқамасына сәйкес);

- әсер етуші шамалардың номинал мәндері және (немесе) мүмкін мәндердің диапазондар шекарасы түріндегі өлшеу шарттары;

- индикация түрі мен өлшеу нәтижелерін келтірудің қалыбы;

– өлшенетін процедураларды автоматтандыруға қойылатын талаптар;

– жүргізілетін жұмыстардығы қауіпсіздік техникасын қамтамасыз ету талаптары;

– қажеттілік туындаған жағдайда ӨЖӨ-ге қойылатын басқа да талаптар.

ӨЖӨ дайындау әдетте келесі деңгейлерден тұрады:

- ӨЖӨ әзірлеуге техникалық тапсырманы жазу, келісу және бекіту;

- дайындау үшін бастапқы мәліметтерді құру;

- нормативтік құжат (мысалы, МИ 1967–89) негізінде іске асырылатын әдіс пен өлшеу құралын таңдау (немесе жасау). ӨЖ таңдау – қиын әрі көпнұсқалы мәселе, оны шешуді әлдеқандай техника-экономикалық критерий негізінде жүргізген дұрыс [43]. Бұл жағдайда алынатын шешім осындай өлшеуге қойылатын талаптардың тиімді орындалуына сәйкес келеді, олар минимал шығын, қажетті дәлдік пен нақтылықты қамтамасыз ету;

- өлшемді дайындау мен жүргізу, аралық нәтижелерді өңдеу, өлшемнің ақырғы нәтижелерін есептеу кезінде операциялардың реті мен мазмұнын белгілеу;

- өлшеу қателіктерінің тіркелген сипаттамаларын белгілеу – берілген әдістеменің талаптары мен ережелерін сақтағанда алынған өлшеу жиынтығының кез келген нәтиже қателігі сипаттамаларын белгілеу. Тіркелген сипаттамалардың өрнектелу әдістері берілген және бастапқы мәліметтерге сәйкес болуы керек;

- нормативтерді дайындау және алынатын өлшеу нәтижелерінің дәлділігін қадағалау процедуралары;

- ӨЖӨ құжатын немесе құрамалық құжатын дайындау (олардың мазмұнына қойылатын талаптар төменірек келтірілген);

- ӨЖӨ-ге жоба құжаттарын метрологиялық сараптау – әдіс пен өлшеу құралдарын таңдауды талдау және бағалау, өлшеуді жүргізу операциялары, ережелері және оларды ӨЖӨ-нің қойылатын метрологиялық талаптарға сәйкестігін анықтау мақсатында өңдеу;

- қойылатын талаптарға ӨЖӨ сәйкестігін белгілеу және растау процедураларынан тұратын ӨЖӨ-ін аттестаттау.

Міндетті аттестаттауға мемлекеттік бақылау мен қадағалауды тарату саласында пайдаланылатын, сондай-ақ Р. МЕСТ 22.2.04–94 сәйкес күрделі техникалық жүйе жағдайын бақылауға арналған ӨЖӨ жатады. ӨЖӨ бақылауы мен қадағалауына жатпайтын салаларды берілген мекемеде белгіленген ережелермен аттестаттайды. ӨЖӨ пайдаланатын кәсіпорындар мен мекемелерді аттестаттауды МНМУ, МӨЖ және МЖ ұйымдары жүргізеді;

- аттестаттауды құжаттарды метрологиялық сараптау, теориялық және тәжірибелік ӨЖӨ зерттеу арқылы жүргізеді. Аттестатталған ӨЖӨ метрологиялық бақылау мен қадағалауға жатады;

- стандарттаудың мемлекеттік жүйесінің қағидаларына және МЕСТ Р 8.563–96 сәйкес орындалатын ӨЖӨ стандарттауы.

ӨЖӨ құжаттарында (немесе құрамалық құжаттың бөлімдерінде) көрсетіледі: ӨЖӨ тағайындалуы, өлшеу талаптары, өлшеу қателіктерінің талаптары және (немесе) тіркеу сипаттамалары, өлшеу әдістері, ӨЖ, қосалқы құрылғылар, материалдардың талаптары, ӨЖ түрлерін және олардың сипаттамалары мен ӨЖ қойылатын талаптар келтірілген құжаттардың белгіленуін көрсету керек, өлшемді орындауға дайындық операциялары, өлшемді жүргізгендегі операциялар, өлшеу нәтижелерін өңдеу және есептеу операциялары, нормативтер, жүргізілген өлшеу нәтижелерінің қателігін бақылау процедурасы мен периодтылығы, өлшеу нәтижелерін рәсімдеу талаптары, жүргізілетін жұмыстардың қауіпсіздігін қамтамасыз ету талаптары, қоршаған ортаның қауіпсіздік талаптары. ӨЖӨ анықтамасынан, ол өлшемнің технологиялық процесін білдіреді. Осыған байланысты ӨЖӨ мен ӨЖӨ құжаттарын араластырмау жөн. Қарапайым көрсеткіштік аспаптардың көмегімен жүргізілетін өлшемдер үшін құжатталған ӨЖӨ талап етілмейді. Бұл жағдайларда нормативтік құжаттарда негізгі МС өлшеу құралдары мен түрлерін көрсету жеткілікті.

Өлшеу қателігінің мүмкін болатын елеулі әдістемелік немесе субъективтік құраушысы кезінде ӨЖӨ құжаттандыру қажеттілігін құжаттаманы әзірлеуші белгілейді.

6.6. Метрологиялық сараптау

Метрологиялық сараптау – метролог-сарапшының бірінші ретте өлшеу бірлігі мен дәлдігімен байланысты талаптардың, ережелер мен нормалардың дұрыс қолданылуын талдау және бағалау. Ол өнім мен қызметтің барлық өмір сүру циклының сатыларында бақылау-өлшеу жабдығын (БӨЖ) пайдалану тиімділігін қамтамасыз ету мақсатында жүргізіледі. Құжаттарды сараптау (мысалы, техникалық тапсырмалар, құрылымдық және технологиялық құжаттар, сапаны қамтамасыз ету жүйесінің құжаттары) мен әртүрлі нысандарды (мысалы, күрделі ӨЖ, технологиялық жабдық) сараптау деп ажыратылады [26].

Метрологиялық сараптауды жүргізу МИ 1314–86, МИ 2267 200 және МИ 2177–91 сәйкес болуы тиіс. Метрологиялық сараптауды жүргізу барысында келесі мәселелер шешіледі:

- өнімдер мен процестердің өлшенетін және бақыланатын параметрлерінің тиімді номенклатурасы, оларды өлшеу диапазоны мен дәлдігінің талаптары белгіленеді;

- өлшеу дәлдігінің көрсеткіштері бақылау және сынау тиімділігі мен дұрыстығы талаптарына, сондай-ақ, технологиялық процестердің тиімді режимін қамтамасыз ету талаптарына сәйкестігі белгіленеді;

- өнімнің бақылауға жарамдылығын бағалау жүргізіледі;

- БӨЖ мен ӨЖӨ талаптарының толықтығы мен дұрыстығы белгіленеді;

- өлшеудің (сынау мен бақылаудың) қажетті сапасын қамтамасыз етуге қабілетті әдістер мен өлшеу құралдарын таңдау жүргізіледі. Бұл кезде МИ 1967-89 басшылық еткен жөн;

- өлшеуді (сынау мен бақылауды) жүргізудің әдістері жасалып, аттестаттау жүргізіледі;

- бірізге салынған және стандартталған өлшеу құралдарын және аттестатталған ӨЖӨ басымды пайдалану мүмкіндігі анықталады;

- пайдаланылатын ӨЖ берілген дәлдікте бақылау операцияларының өнімділігі мен өзіндік құнмен қамтамасыз етуі бағаланады;

– физикалық бірліктер мен олардың бірліктерінің МЕСТ 8.417–81 сәйкес аталу мен белгілену дұрыстығы белгіленеді.

Метрологиялық сараптауды мекемелердің МС бөлімшелері және де әдістемелік нұсқау мен бақылауда құжаттаманы әзірлейтін басқа да бөлімшелер жүргізеді. Өнім номенклатурасы, метрологиялық сараптауға жататын құжаттама мекемемен анықталады. Метрологиялық сараптау нәтижелері сараптамалық қорытындыда келтіріледі.

6.7. Өлшеу жағдайын талдау

Кәсіпорында өлшеу, сынау және бақылау жағдайын талдау [26,32] анықталған талаптарға метрологиялық қамсыздандырудың қол жеткізілген деңгейіне сәйкестендіруін белгілеу және осының негізінде оны жақсарту бойынша ұсыныстарды дайындау мақсатында жүргізіледі. Талдауды жүргізуді регламенттейтін құжатталған процедураны әзірлеуде МИ 2240–98, МИ 2386–96, МИ 2427–97 және МИ 2304-94 нұсқау талаптарымен басшылық еткен жөн.

Талдау процесінде орнатылады:

- кәсіпорын қызметінің негізгі техника-экономикалық көрсеткіштеріне өлшем, сынау, бақылау жағдайының әсері;
- кәсіпорын бөлімшелерінде қажетті МӨЖ құжаттары мен БӨЖ талаптарын регламенттеуші басқа да нормативтік құжаттардың болуы;
- кәсіпорында өлшеудің, сынау мен бақылаудың талаптары мен бірлігін қамтамасыздандыру талаптарын регламенттейтін мемлекеттік және басқа да стандарттардың пайдалану жағдайы;
- кәсіпорынның осы күнгі БӨЖ жабдықталуы мен ондағы қажеттіліктері;
- БӨЖ, сондай-ақ түгенделген және калибрленген құралдардың пайдалану тиімділігі;
- кәсіпорынның метрологиялық қызметінің ұйымдастырушылық құрылымы мен қызметінің жағдайы;
- қолданылатын өлшем, сынау және бақылау әдістерін аттестаттау, бір ізге салу және стандарттау жағдайы;

- пайдаланылатын БӨЖ техникалық және метрологиялық жағдайы, оларды жөндеу жұмыстарымен, түгендеумен, калибрлеумен қамсыздандырылуы;

- кәсіпорын құжаттарының метрологиялық сараптауын жүргізу бойынша жұмыстардың жағдайы мен тиімділігі;

- кәсіпорынның мемлекеттік стандарттар мен өнім сапасын қамтамасыз ететін заттар мен материалдардың қасиеттері жайындағы анықтамалық мәліметтерге қажеттілігі;

- кәсіпорынның метролог-мамандарға қажеттілігі.

Өлшем, сынау, бақылау жағдайын бағалау бойынша жұмыстар атқарушы биліктің федералдық МС ұйымының, заңды тұлғалардың (олардың бірігуімен) басшылығымен, құрамында зертхана қызмет ететін кәсіпорынның техникалық қызметтері мамандарының қатысуымен, қажет болғанда МӨЖ өкілдерінің қатыстырылуымен жүргізеді.

Өлшеу жағдайын бағалауды жүргізу үшін келесі мәліметтер болуы тиіс материалдар дайындалады:

- орындалатын жұмыс түрлерінің, пайдалану нысандары мен бұл нысандардың өлшенетін (бақыланатын) параметрлерінің нормативтік құжаттар тізімі;

- ӨЖӨ мен сынау әдістерінің құжаттар тізімі (оның ішінде мемлекеттік және сала стандарттары);

- ӨЖӨ жағдайы жайындағы мәліметтер;

- пайдаланылатын ӨЖ мен сыналатын жабдық жайындағы мәліметтер;

- зертханалардың барлық санаттағы стандартты үлгілермен жабдықталынуы;

- біліктілігін жоғарылатудың әрекет етуші қалыбын қоса алғанда, кадрлар құрамы мен біліктілігі жайындағы мәліметтер;

- өндіріс бөлмелерінің жағдайы жайында ақпарат.

Өлшеу жағдайын бағалауда тексеріледі: метрологиялық бөлімше қағидалары, ӨЖӨ құжаттарын болдырмау және қайта қарау жоспарлары (графиктері), қажетті ӨЖ болуы, оның ішінде өлшеуді жүргізуді қамтамасыз ететін барлық санаттағы стандартты үлгілер, сынау және қосалқы жабдықтың, қажетті сапада реактивтер мен материалдардың болуы, белгіленген ретте бекітілген қызметтік нұсқаулар, құжаттамада көрсетілген дәлдік

талаптарын қанағаттандыратын БӨЖ өндірісінің барлық санаттарының жабдықтылығы, қоршаған ортаны қорғау мақсатында тоғандар мен топырақтарда, атмосфераға зиянды қосылыстардың шығарылу құрамын бақылауды (өлшеуді) қамтама-сыз ету, өзектендірілген нормативті құжаттар қорының жағдайы.

Әрекет етуші құжаттама талдауын жүргізгенде қарастырылуы тиіс:

- өлшенетін параметрлердің оңтайлылығы;
- өлшеу дәлдігінің белгіленген нормаларының бар болуы;
- талап етілетін дәлдікпен өлшеу жүргізу мүмкіндігін бағалау;

• өлшеу (сынау) дәлдігі көрсеткіштерінің өндіріс тиімділігі талаптары мен бақылау нақтылығына, сондай-ақ өлшеу (сынау) дәлдігін өрнектеудің стандартталған әдістеріне сәйкес болуын белгілеу;

• өлшеу, бақылау, сынау нәтижелерін бағалаудың нормаланған әдісінің нақтылығы;

- ӨЖӨ бір ізге салу мен стандарттау деңгейі мен бар болуы;
- ӨЖӨ, бақылау мен сынаудың таңдау дұрыстығын бағалау және де әдістемелерді регламенттеуші құжат талаптарына сәйкес болуы;

• ӨЖ, құрамы мен қасиеттері стандартты үлгілердің материалдар мен заттарын, реагенттерді, сынау жабдығының дұрыс таңдалуын бағалау;

• өнімнің тұтынушылық және басқа да қасиеттерін анықтайтын өлшемдерге, бақылау мен сынауға қойылатын талаптарды анықтау;

• әдістемелер мен ӨЖ өнімділік талаптарының регламенттелетін құжаттамаларға сәйкес болуы;

• физикалық тұрақтылар, заттар мен материалдардың қасиеттері жайындағы мәліметердің пайдалану нақтылығы мен дұрыстығын белгілеу.

Осындай талдауды жүргізу нәтижесінде негізгі параметрлердің дәлдік талаптарын бақылаудың шығарылатын өнімнің сапасымен, материалдық ресурстарды санау жүйесімен өзара байланысы анықталады.

Өлшеу жағдайын бағалаудың маңызды бөлімі – МС кәсіпорнының қызметін талдау. Оны жүргізу кезінде анықталады: МС жайында бекітілген қағиданың бар болуы, МС мамандандырылған кадрлардың болуы және олардың біліктілігін жоғарылату жоспарының болуы, ӨЖ жасау мен жөндеу лицензиясының болуы, заңмен белгіленген ӨЖ түгендеу мен калибрлеу ережелерінің сақталуы, жеке өнім түрлерінің сапасын жоғарылатуды қамсыздандыруда МС мамандарының қатысу дәрежесі, МҚ өндірісті жетілдіруге бағытталған жұмыстарда МС қатысу дәрежесі, МС кәсіпорнының МӨЖ ұйымдарымен өзара әрекет ету қалыптары.

Кәсіпорында пайдаланылатын ӨЖ, бақылау, сынау жағдайын талдауды жүргізгенде: түгендеумен қамсыздандырылған (түгендеумен қамсыздандырылмаған), калибрлеумен, жөндеу жұмыстарымен қамсыздандырылған ӨЖ жайындағы мәліметтерді түгендеу мен жөндеуді іске асыратын мекемені көрсетумен, кәсіпорынның эталонға қажеттілігі, сондай-ақ заттар мен материалдардың құрам және қасиет стандартты үлгілеріне қажеттілігі, кәсіпорында қолданылатын жөндеуден өтпеген өлшеу жүйелерінің атауы беріледі.

Өлшеу, бақылау және сынау жағдайын талдау кәсіпорында ерікті түрде немесе міндетті түрде жұмыс нәтижелерін актпен рәсімдейді, ол зертхана басшысына хабарланып, өлшеу жағдайын бағалауға жауапты мекемеге беріледі. Анықталған өлшеу жағдайына байланысты актта өлшеудің қазіргі күнгі талаптарға МҚ жеткен деңгейіне сәйкес келуі немесе берілген қызмет аймағында өлшеу жүргізуді жүргізу шарттарының бар болуы (болмауы) жайында қорытынды беріледі. Соңғы шешімді іске асыру шаралары бойынша ұсыныстар дайындалады.

Бақылау сұрақтары

1. Метрологиялық қамтамасыздандыру түсінігіне анықтама беріңіз.
2. Өндірісті метрологиялық қамтамасыздандыру (ӨМК) дегеніміз не?

3. Өндірісті метрологиялық қамтамасыздандырудың негізгі тапсырмаларын атаңыз.
4. Метрологияның нормативті-құқықтық негіздерін атаңыз.
5. «Техникалық реттеу туралы» Заңның ӨМҚ рөлі.
6. «Өлшем бірлігін қамтамасыз ету туралы» Заңының негізгі мақсаттарын атап өтіңіз.
7. Өлшеу құралдарын салыстырып тексерудің негізгі түрлерін атаңыз.
8. Өлшеу құралдарын калибрлеу дегеніміз не?
9. Өлшеу құралдарын сертификаттау жүйелеріне сипаттама беріңіз.
10. Өлшеу жүргізу әдістемелеріне қойылатын негізгі талаптарды атаңыз.
11. Нормативті-техникалық құжаттамаға метрологиялық сараптама жүргізу дегеніміз не?
12. Кәсіпорындағы өлшеу жағдайына сараптама жүргізудің негізгі міндеттерін атаңыз.

БИБЛИОГРАФИЯЛЫҚ ТІЗІМ

1. Актуальные проблемы метрологии в радиоэлектронике / Под ред. Н. Г. Коробова. М.: Изд-во стандартов, 1995.
2. Артемьев Б. Г., Голубев С. М. Справочное пособие для работников метрологических служб. В 2-х кн. Кн. 1 и 2. М.: Изд-во стандартов, 1990.
3. Балабанов А. Н. Контроль технической документации. М.: Машиностроение, 1988.
4. Блохин Ю. И. Классификация и кодирование технико-экономической информации. М.: Экономика, 1976.
5. Бурдун Г. Д. Справочник по международной системе единиц. М.: Изд-во стандартов, 1997.
6. Версан В. Г. Правильно ли выбран путь развития Российской сертификации // Стандарты и качество. 1997. № 3. С. 66-70.
7. Воробьева Г. Н. О стандартизации услуг // Стандарты и качество. 1998. № 3. С. 30-34.
8. Вострокнутов Н. Н. Цифровые измерительные устройства. М.: Изд-во стандартов, 1990.
9. Государственная приемка продукции / И. И. Исаев и др. М.: Изд-во стандартов, 1988.
10. Грановский В. А. Динамические измерения. Л.: Машиностроение, 1984.
11. Допуски и посадки. Справочник // Под. ред В. Д. Мягкова. М.: Машиностроение, 1984.
12. Екимов А. В., Ревяков М. И. Надежность средств электроизмерительной техники. Л.: Энергоатомиздат, 1986.
13. Журавлев Л. Г., Маринейко М. А., и др. Методы электрических измерений. Л.: Энергоатомиздат, 1990.
14. Земельман М. А. Метрологические основы технических измерений. М.: Изд-во стандартов, 1991.
15. Камке Д., Крамер К. Физические основы единиц измерений. М.: Мир, 1980.
16. Комментарий к общему порядку обращения с образцами, используемые при проведении обязательной сертификации продукции. М.: ВНИИС, 1996.

17. Комментарий. Система сертификации ГОСТ Р. Регистр систем качества. Порядок проведения сертификации систем качества. М.: ВНИИС, 1996.
18. *Крещук В. В.* Метрологическое обеспечение эксплуатации сложных изделий. М.: Изд-во стандартов, 1989.
19. *Крылова Г. Д.* Основы стандартизации, сертификации, метрологии: Учебник для вузов. М.: Аудит, ЮНИТИ, 1998.
20. *Куприянов Е. М.* стандартизация и качество промышленной продукции, М.: Высшая школа, 1991.
21. *Сергеев А. Г.* Метрологическое обеспечение автомобильного транспорта. М.: Транспорт, 19887
22. *Сена Л. А.* Единицы физических величин и их размерности. М.: Наука, 1988.
23. *Ряполов А. Ф.* Сертификация. Методология и практика. М.: Издательство стандартов, 1987.
24. *Рудзит Я. А., Плуталов В.Н.* Основы метрологии, точность и надежность в приборостроении. М.: Машиностроение, 1991.
25. *Рубичев Н. А., Фрумкин В. Д.* достоверность допускового контроля качества. М.: Издательство стандартов, 1990.
26. *Рейх Н. Н., Тупиченков А. А., Цейтлин В. Г.* Метрологическое обеспечение производства / Под ред. Л.К.Исаева. М.: Издательство стандартов, 1987.
27. *Рабинович С. Г.* Погрешность измерений. Л.: Энергоатомиздат, 1978.
28. *Проников А. О.* Надежность машин. М.: Машиностроение, 1978.
29. *Плеханов В. И.* Регистр систем качества и его нормативно-методическая база // Стандарты и качество. 1996. № 10.С. 29-32.
30. Основы стандартизаций в машиностроении / Под ред. *В. В.Бойцова*. М.: Издательство стандартов, 1983.
31. Основные термины в области метрологии: Словарь-справочник / Под ред. *Ю. В. Тарбеева*. М.: Издательство стандартов, 1989.
32. Нормирование и использование метрологических характеристик и средств измерений. М.: Издательство стандартов, 1985.

33. Новицкий П. В., Зограф И. А., Лабунец В. С. Динамика погрешностей средств измерений. Л.: Энергоатомиздат, 1990.
34. Новицкий П. В., Зограф И. А. Оценка погрешности результатов измерений. М.: Энергоатомиздат, 1985.
35. Марков Н. Н. Взаимозаменяемость и технические измерения. М.: Издательство стандартов, 1983.
36. Сергеев А. Г. Метрологическое обеспечение эксплуатации технических систем, М.: Изд-во МГОУ А / О «Росвузнаука», 1994.
37. Сергеев А. Г., Латышев М. В. Сертификация. М.: Логос, 1999.
38. Сергеев А. Г., Латышев М. В. Сертификация. Карманная энциклопедия студента. М.: Логос, 2001.
39. Сергеев А. Г., Крохин В. В. Метрология. М.: Логос, 2000.
40. Сергеев А. Г., Крохин В. В. Метрология. Карманная энциклопедия студента. М.: Логос, 2001.
41. Тюрин Н. И. Введение в метрологию. М.: Изд-во стандартов, 1985.
42. Мырзабай М. М. и др. Основы метрологии, стандартизации, сертификации и менеджмента качества. – Алматы: Казахстанская ассоциация маркетинга, 2003.– 564 с.

МАЗМҰНЫ

КІРІСПЕ.....	3
1. МЕТРОЛОГИЯНЫҢ НЕГІЗГІ ТҮСІНІКТЕРІ МЕН ТЕРМИНДЕРІ. ФИЗИКАЛЫҚ ШАМА БІРЛІКТЕРІ ЖӘНЕ ӨЛШЕУ БІРЛІГІ.....	5
1.1. Метрологияның даму тарихы мен негізгі түсініктері....	5
1.2. Физикалық қасиетт, шама және шкалалар.....	14
Физикалық шамалар және олардың бірліктерінің	
1.3. жүйелері.....	22
1.4. Халықаралық бірліктер жүйесі (СИ жүйесі).....	31
Физикалық шамалар бірліктерінің қайта қалпына	
1.5. келтірілуі және өлшемдерінің берілуі.....	39
1.6. СИ жүйесінің өлшем бірліктерінің эталондары.....	49
2. ТЕХНИКАЛЫҚ ЖҮЙЕ ПАРАМЕТРЛЕРІН ӨЛШЕУ ТЕХНИКАСЫНЫҢ НЕГІЗІ.....	55
2.1. Өлшемнің үлгісі және негізгі метрология постулаттары....	55
2.2. Өлшеу түрлері және әдістері.....	61
2.3. Өлшеулер қателіктері.....	64
2.4. Қателіктерді мөлшерлеу және өлшеу нәтижелерін көрсету формалары.....	75
2.5. Өрескел қателіктерді (ағаттық) анықтау және жою.....	76
2.6. Өлшеулердің сапасы.....	78
2.10. Қателіктерді қосындылау.....	79
3. ӨЛШЕМ ҚҰРАЛДАРЫНЫҢ МЕТРОЛОГИЯЛЫҚ СИПАТТАМАЛАРЫНЫҢ НОРМАЛАНУЫ.....	91
3.1. Өлшем құралдарының түрлері.....	91
3.2. Өлше құралдарының метрологиялық сипаттамалары...	93
3.3. Өлшеу құралдарының дәлдік кластары.....	101
3.4. Өлшеу жүйесінің қателігін есептеу.....	110
3.5. Сандық өлшем құралдарының метрологиялық сипаттамасы.....	113
3.5.1 Жалпы жағдайлар.....	113
3.6. Метрологиялық сипаттамаларды нормалау моделдері.	116
3.7. Өлшеу құралдарының динамикалық қателіктерін нормалау.....	124

4.	ӨЛШЕМ ҚҰРАЛДАРЫНЫҢ МЕТРОЛОГИЯЛЫҚ СЕНІМДІЛІГІ.....	131
4.1	Метрологиялық сенімділік теориясының негізгі түсініктері.....	131
4.2	Өлшеу құралдарының ауытқуларының уақыт бойынша өзгерісінің математикалық моделдері.....	134
4.2.1.	Ауытқу өзгерісінің сызықтық моделі.....	134
4.2.2.	Ауытқу өзгерісінің экспоненциалды моделі.....	136
4.3.	Метрологиялық сенімділік және тексеру аралық интервалдары.....	140
5.	ӨЛШЕМ ҚҰРАЛДАРЫН ТАҢДАУ.....	143
5.1.	Динамикалық өлшеу кезінде ӨҚ таңдау.....	143
5.2.	Метрологиялық сипаттамалар бойынша сандық өлшеу құралдарды (СӨҚ) таңдау.....	154
6.	МЕТРОЛОГИЯЛЫҚ ҚАМТАМАСЫЗДАНДЫРУ ПРИНЦИПТЕРІ.....	160
6.1.	Метрологиялық қамтамасыздандырудың негіздері.....	160
6.2.	Метрологияның нормативтік-құқықтық негізі.....	165
6.3.	Метрологиялық қызметтер мен ұйымдар.....	172
6.3.1.	Стандарттау және метрология бойынша мемлекеттік комитеті.....	172
6.3.2.	Мемлекеттік метрологиялық қызмет.....	178
6.3.3	Мемлекеттік органдарының және заңды тұлғалардың метрологиялық қызметі.....	180
6.3.4.	Халықаралық метрологиялық ұйымдар.....	181
6.4.	Мемлекеттік метрологиялық қадағалау мен бақылау....	185
6.4.1.	Қадағалау мен бақылау түсінігі.....	185
6.4.2.	Өлшем құралдарын мемлекеттік сынау.....	188
6.4.3.	Өлшем құралдарын салыстырып тексеру.....	196
6.4.4.	Өлшем құралдарын калибрлеу.....	201
6.4.5.	Өлшем құралдары мен сынау жабдықтарын метрологиялық аттестаттау.....	204
6.4.6	Өлшем құралдарын сертификаттау жүйесі.....	206
6.5.	Өлшеуді жүргізу әдістемелері.....	210
6.6.	Метрологиялық сараптау.....	213
6.7.	Өлшеу жағдайын талдау.....	214
	Библиографиялық тізім.....	219

Оқулық басылым

Адамбаева Рымгүл Саттарқызы

МЕТРОЛОГИЯ ЖӘНЕ МЕТРОЛОГИЯЛЫҚ
ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ

Оқу құралы

РБ бастығы	<i>З.А. Ғубайдулина</i>
Редакторы	<i>Г.Қ. Оңкебаева</i>
Компьютерде беттеген	<i>А.Б. Аришова</i>

Басуға 28.02.2014 ж. қол қойылды.
Таралымы 300 дана. Пішімі 60х84 1/16. №1 баспаханалық қағаз.
Шартты б.т. 13,0. Көлемі 14,0 есепті б.т. Тапсырыс № 17.
Бағасы келісімді.

Қ.И. Сәтбаев атындағы
Қазақ ұлттық техникалық университетінің басылымы,
Оқу-баспа орталығы.
Алматы қаласы, Сәтбаев көшесі, 22

ISBN 978-601-228-614-4

