

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРҒЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И.Сәтбаев атындағы қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық
емес акционерлік қоғамы

Ә.Бүркітбаев атындағы Энергетика және машина жасау институты

Стандарттау, сертификаттау және метрология кафедрасы

Талғатов Мерей Қуанышбекұлы

Геометриялық өлшеулер үшін Қазақстан Республикасындағы бастапқы эталондармен
метрологиялық қамтамасыз етуді талдау

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

6B07501- «Индустриалды инженерия»

Алматы 2025

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық
емес акционерлік қоғамы

Ә.Бүркітбаев атындағы Энергетика және машина жасау институты

Стандарттау, сертификаттау және метрология кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

«Стандарттау, сертификаттау және
метрология» кафедрасының

менгерушісі PhD, Ғ. Ғ. К.
ДОКЛАД НА ЗАЩИТЕ
НАО КазНТУ им. К. И. Сатпаева»
Ережелі Д. Е.
Институт энергетика
и машиностроения
« 25 » 06 2025 ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «Геометриялық өлшеулер үшін Қазақстан Республикасындағы бастапқы
эталондармен метрологиялық камтамасыз студі талдау»

6B07501- «Индустриялды инженерия»

Орындаған

Талғатов Мерей Қуанышбекұлы

Рецензент:

Ғылыми жетекшісі PhD, аға
оқытушы:

Ф-м. Ғ. К., доцент, проф м. а.
Алдияров А. У.
« 6 » 06 2025 ж.

Ақылбаева А. К.
« » 2025 ж.

Алматы 2025

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық
емес акционерлік қоғамы

Ә.Бүркітбаев атындағы Энергетика және машина жасау институты

Стандарттау, сертификаттау және метрология кафедрасы

6B07501- «Индустриалды инженерия»

БЕКІТЕМІН

«Стандарттау, сертификаттау және
метрология» кафедрасының
меңгерушісі PhD, т.ғ.к.,

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
НАУЧНОМУ ИМ. ВАСИЛЬЕВА
«Институт энергетик
и машиностроения» 2025 ж.

**Дипломдық жұмысты орындауға арналған
ТАПСЫРМА**

Білім алушы: Талғатов Мерей Қунышбекұлы

Тақырыбы: Геометриялық өлшеулер үшін Қазақстан Республикасындағы бастапқы
эталондармен метрологиялық қамтамасыз етуді талдау

Анағұрлыбаев ісмер меніңгі проректор 2025 жылғы «29» ноябрь
(жетекшілік ететін проректор)

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі: «12» 06 2025 жыл

Дипломдық жұмыстың бастапқы деректері:

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

а) Қазақстан Республикасындағы геометриялық өлшемдер саласындағы мемлекеттік
эталондар арқылы метрологиялық қамтамасыз етуді талдау;

б) Бүгінгі таңда эталондық базаның жай-күйін бағалау, проблемаларды анықтау және оны
жетілдіру бойынша ұсыныстар әзірлеу

в) Жұмыста метрологияның теориялық негіздері, өлшеулер бірлігін қамтамасыз етудегі
бастапқы эталондардың рөлін, халықаралық стандарттар (ISO, OIML) мен олардың
Қазақстанда бейімделуін қарастыру.

Графикалық материалдар тізімі (міндетті сызбаларды дәл көрсете отырып): жұмыс
презентациясы 13 слайдтарда көрсетілген

Дипломдық жұмыс 51 беттен, 13 суреттен, 6 кестеден құралған

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер: 20 атаулардан тұрады.

**Дипломдық жұмысты дайындау
КЕСТЕСІ**

Бөлімдердің атауы, зерттеп дайындалатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге ұсыну мерзімдері	Ескерту
1. Геометриялық өлшемдерді метрологиялық қамтамасыз етудің теориялық негіздеріне шолу	10.02.2025	Ескерту жоқ
2. ҚР метрологиялық қамтамасыз етудің ағымдағы жай-күйін талдау	17.03.2025	Кесте қосу
3. ҚР да жоқ геометриялық өлшемдердің перспективалық шетелдік эталонның ұсыну	21.04.2025	Ескерту жоқ

Аяқталған дипломдық жұмыс үшін, оған қатысты бөлімдердің жұмысын көрсетумен,
кеңесшілер мен норма бақылаушының қойған
қолдары

Бөлімдер атауы	Ғылыми жетекші, кеңесшілер, (аты, әкесінің аты, тегі (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Экономикалық бөлім	Ақылбаева А.Қ PhD., аға оқытушы	03.06.25	
Еңбекті қорғау бөлімі	Ақылбаева А.Қ PhD., аға оқытушы	03.06.25	
Норма бақылаушы	Есентай А.М., аға оқытушы	29.05.25	

Ғылыми жетекшісі PhD. аға оқытушы

Ақылбаева А.Қ.

Тапсырманы орындаушы

Талғатов М.Қ.

Күні

«___» _____ 2025

АНДАТПА

Дипломдық жұмыс Қазақстан Республикасындағы геометриялық өлшемдер саласындағы мемлекеттік эталондар арқылы метрологиялық қамтамасыз етуді талдауға арналған. Бүгінгі таңда эталондық базаның жай-күйін бағалау, проблемаларды анықтау және оны жетілдіру бойынша ұсыныстар әзірлеу — маңызды бағыттардың бірі болып табылады. Өйткені елде өнеркәсіп қарқынды дамып, жаңа зауыттар салынуда. Жұмыста метрологияның теориялық негіздері, өлшеулер бірлігін қамтамасыз етудегі бастапқы эталондардың рөлі, халықаралық стандарттар (ISO, OIML) және олардың Қазақстанда бейімделуі қарастырылған. Жұмыстың практикалық маңыздылығы эталондарды жаңғырту және стандарттарды өзектендіру болып табылады.

Түйінді сөздер: Анализ, эталон, тексеру, калибрлеу, геометриялық өлшем, нормативтік құқық, геометриялық эталон, техникалық сипаттама, халықаралық стандарт, өнеркәсіп, мемлекеттік эталон.

АННОТАЦИЯ

Дипломная работа посвящена анализу метрологического обеспечения государственными эталонами в Республике Казахстан в области геометрических измерений. На сегодняшний день состояние эталонной базы, выявление проблем и выработка предложений по ее совершенствованию является одним из важных направлений. Так как в стране стремительно идет развитие промышленности, строятся новые заводы. В работе рассмотрены теоретические основы метрологии, роль исходных эталонов в обеспечении единства измерений, международные стандарты (ISO, OIML) и их адаптация в Казахстане. Практическая значимость работы заключается в модернизации эталонов и в актуализации стандартов.

Ключевые слова: Анализ, эталон, проверка, калибровка, геометрический размер, нормативное право, геометрический эталон, техническая характеристика, международный стандарт, промышленность, государственный эталон.

ABSTRACT

This thesis is dedicated to the analysis of metrological support through national standards in the field of geometric measurements in the Republic of Kazakhstan. As of today, assessing the condition of the standard base, identifying existing issues, and developing proposals for its improvement is one of the key areas of focus. This is particularly relevant given the rapid industrial development in the country and the construction of new factories. The thesis examines the theoretical foundations of metrology, the role of primary standards in ensuring measurement traceability, international standards (ISO, OIML), and their adaptation in Kazakhstan. The practical significance of the work lies in the modernization of standards and the updating of regulations.

Keywords: Analysis, standard, inspection, calibration, geometrical dimension, regulatory law, geometrical standard, technical specification, international standard, industry, national standard.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	7
1 Геометриялық өлшемдерді метрологиялық қамтамасыз етудің теориялық негіздері	9
1.1 Метрологияның негізгі ұғымдары: эталондар, тексеру, калибрлеу	9
1.2 Өлшем бірлігін қамтамасыз ету жүйесіндегі бастапқы эталондардың рөлі	12
1.3 Геометриялық өлшемдердің ерекшеліктері: жіктелуі, әдістері, талаптары	16
2 ҚР метрологиялық қамтамасыз етудің ағымдағы жай-күйін талдау	20
2.1 Қазақстандағы геометриялық өлшеулер үшін қолданыстағы бастапқы эталондарға шолу	20
2.2 Метрология саласындағы ҚР нормативтік-құқықтық базасы	24
2.3 Шет елдердің метрологиялық қамтамасыз ету жүйелерімен салыстырмалы талдау (РФ, ЕО, АҚШ)	25
2.4 Мәселелерді анықтау және ҚР метрологиялық қамтамасыз ету жүйесін SWOT-талдау	32
3 ҚР-да жоқ геометриялық өлшемдердің перспективалық шетелдік эталоны	36
3.1 Геометриялық өлшемдердің жаңа эталонын енгізу қажеттілігінің негіздемесі	36
3.2 Шетелдік эталонның сипаттамасы: техникалық сипаттамалары, өлшеу диапазоны және қолдану аясы	37
3.3 Қазақстан Республикасында жаңа эталонды енгізудің перспективалары мен кезеңдері	40
3.4 Қазақстан Республикасында Laser TRACKER жаңа геометриялық эталонын енгізу кезінде тәуекелдерді талдау және оларды басқару	41
Қорытынды	47
Қысқартулар тізімі	49
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	50

КІРІСПЕ

Жаһандану және технологиялық прогресс жағдайында метрологиялық қамтамасыз ету өнеркәсіпті, ғылымды және халықаралық сауданы дамытудың негізі болып табылады. Геометриялық өлшемдер машина жасауда, аэроғарышта, құрылыста және экономиканың басқа да жоғары технологиялық секторларында шешуші рөл атқарады. Алайда, Қазақстан Республикасында халықаралық стандарттарға белсенді интеграцияланғанына қарамастан, бірқатар жүйелік мәселелер сақталуда: бастапқы эталондардың ескірген материалдық-техникалық базасы, білікті метрологтардың тапшылығы және халықаралық метрологиялық жобаларға жеткіліксіз қатысу. Бұл факторлар қазақстандық өнімнің әлемдік нарықтағы бәсекеге қабілеттілігін шектейді және инновацияларды енгізуді баяулатады.

Жұмыстың өзектілігі Индустрия 4.0 талаптарына сәйкес ҚР метрологиялық жүйесін жаңғырту қажеттілігіне, сондай-ақ "Цифрлық Қазақстан" және "Қазақстан-2030" бағдарламаларында бекітілген мемлекеттің стратегиялық мақсаттарына байланысты. Бастапқы эталондарды жетілдірусіз өлшем бірлігін қамтамасыз ету мүмкін емес, бұл өнімнің сапасына, технологиялық процестердің қауіпсіздігіне және халықаралық серіктестердің сеніміне тікелей әсер етеді.

Жұмыстың мақсаты - ҚР-дағы геометриялық өлшеулер үшін бастапқы эталондармен метрологиялық қамтамасыз етудің жай-күйін кешенді талдау және оны жетілдіру бойыншамнегізделген ұсынымдар әзірлеу.

Жұмыстың міндеттері:

- метрологияның теориялық негіздерін, бастапқы эталондардың рөлін және геометриялық өлшеулер саласындағы халықаралық стандарттарды зерттеу.
- нормативтік-құқықтық, техникалық және кадрлық құрамдас бөліктерді қоса алғанда, ҚР метрологиялық базасының ағымдағы жай-күйіне талдау жүргізу.
- SWOT талдауы және шетелдік аналогтармен (РФ, ЕО, АҚШ) салыстыру арқылы жүйенің негізгі мәселелерін анықтау.
- эталондарды жаңғырту, жаһандық метрологиялық жүйелерге интеграциялау және кадрларды даярлау бойынша практикалық ұсынымдар әзірлеу.

Жұмыстың ғылыми жаңалығы геометриялық өлшемдерде қолданылатын Қазақстан Республикасының бастапқы эталондарының жай-күйі туралы өзекті деректерді жүйелеу болып табылады. Елдің метрологиялық инфрақұрылымын бағалау үшін SWOT-талдау қолданылды, бұл оның күшті және әлсіз жақтарын, мүмкіндіктері мен қауіптерін жан-жақты бағалауға мүмкіндік берді. Сонымен қатар, жүйені модернизациялау бойынша әзірленген ұсыныстар халықаралық тәжірибені цифрландыру және жаһандық метрологиялық процестерге интеграциялау сияқты ұлттық стратегиялық басымдықтармен біріктіреді.

Әдістемелік аппарат нормативтік құжаттарды ("Өлшем бірлігін қамтамасыз ету туралы" ҚР Заңы, ISO стандарттары, OIML ұсынымдары) талдауды, әртүрлі елдердің метрологиялық қамтамасыз ету жүйелерін салыстырмалы талдауды, сондай-ақ сараптамалық бағалау және SWOT-талдау әдістерін қамтиды.

Зерттеудің практикалық базасы ҚР Ұлттық метрология институтының ашық деректері, Қазстандарт есептері, эталондарды халықаралық салыстыру нәтижелері және өнеркәсіп кәсіпорындары мамандарының сауалнамасы негізінде қалыптастырылды. Бұл Қазақстанның метрологиялық жүйесінің ағымдағы жай-күйі мен оның әлемдік талаптарға сәйкестігінің объективті бейнесін алуға мүмкіндік берді.

Жұмысты орындау қажеттілігінің негіздемесі бастапқы эталондарды жаңғыртпай және кадрлық әлеуетті күшейтпей елдің технологиялық егемендігін қамтамасыз ету мүмкін еместігімен байланысты. Геометриялық өлшемдердің дәлдігін арттыру машина жасау, аэроғарыш және құрылыс үшін өте маңызды, мұнда тіпті минималды қателіктер айтарлықтай экономикалық шығындарға әкеледі. Бұдан басқа, метрологиялық базаны жетілдіру экономиканың барлық секторларына инновациялық технологияларды енгізуді көздейтін "Цифрлық Қазақстан" бағдарламасының мақсаттарына сәйкес келеді.

Жұмыстың құрылымы зерттеу логикасын көрсетеді: Бірінші тарау метрологияның теориялық негіздеріне, екіншісі — ҚР — дағы жүйенің ағымдағы жағдайын талдауға, үшіншісі — оны дамыту бойынша ұсыныстар әзірлеуге арналған. Бұл тәсіл тақырыпты жалпы принциптерден нақты шешімдерге дейін дәйекті түрде ашуды қамтамасыз етеді.

1 Геометриялық өлшемдерді метрологиялық қамтамасыз етудің теориялық негіздері

1.1 Метрологияның негізгі ұғымдары: эталондар, тексеру, калибрлеу

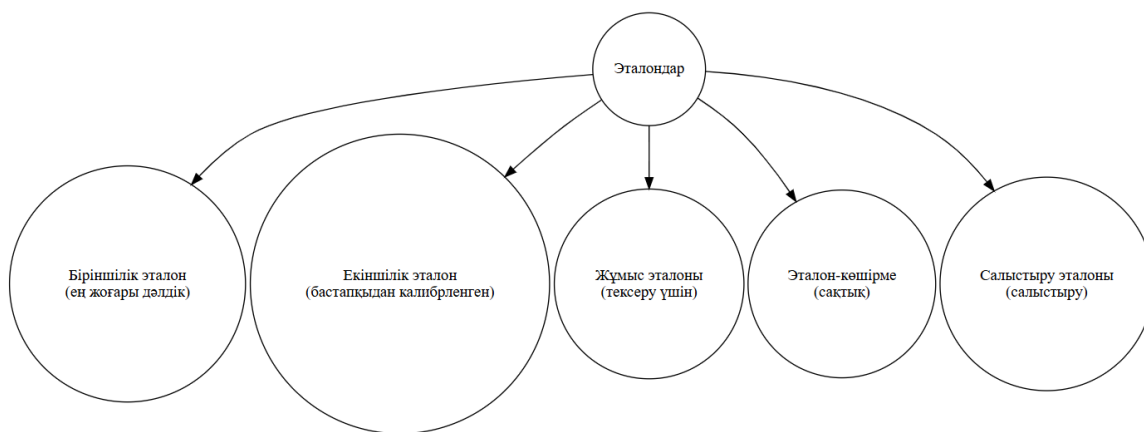
Метрологияда шама бірлігінің эталоны осы бірліктің өлшемін басқа өлшеу құралдарына беру мақсатында физикалық шама бірлігін көбейтуге және сақтауға арналған өлшеу құралы ретінде анықталады. Басқаша айтқанда, эталон - бұл үлгілі өлшеуіш. Оның көмегімен берілген шаманың өлшем бірлігі дегеніміз не екені және онымен барлық басқа өлшемдерді салыстыру мүмкіндігі қамтамасыз етіледі. "Өлшем бірлігін қамтамасыз ету туралы" ҚР заңында мынадай нақтыланған анықтама берілген: "шама бірлігінің эталоны - шама бірлігін жаңғыртуға және (немесе) сақтауға арналған уәкілетті орган белгілеген тәртіппен бекітілген өлшем құралы...". Осылайша, әрбір эталонды мемлекет ресми түрде бекітеді және оның метрологиялық сипаттамалары ресми құжатталада [1].

Мемлекеттік эталондар

Егер эталонды мемлекет ел аумағындағы бастапқы эталон ретінде таныса, ол мемлекеттік эталон мәртебесіне ие болады. ҚР заңнамасына сәйкес мемлекеттік эталон – бұл уәкілетті органның шешімімен танылған және мемлекеттік меншіктегі шама бірлігінің эталоны. Мемлекеттік эталондар елдегі өлшем бірлігінің техникалық негізін құрайды. Олар бірліктің мөлшерін Қазақстан Республикасындағы барлық басқа эталондар мен өлшеу құралдарына беру үшін пайдаланылады. Мысалы, Қазақстанда Ұлттық метрология институты қолдайтын килограмм, метр, секунд және т.б. мемлекеттік эталондар жұмыс істейді. ҚР барлық мемлекеттік эталондары халықаралық салыстыруға жатады - олар Халықаралық өлшемдер мен салмақтар бюросының (BIPM) эталондарымен немесе баламалылығын растау үшін басқа елдердің эталондарымен салыстырылады [2,3].

Эталондардың жіктелуі

Метрология практикасында эталондар иерархиялық деңгей мен мақсатқа қарай бөлінеді. Жалпы келесі жіктеу қабылданған: (1) Біріншілік эталон – ең жоғары дәлдікті қамтамасыз ететін және бастапқы ретінде қабылданатын эталон; (2) екіншілік эталон – бастапқы эталоннан калибрленген және дәлдігі сәл төмен эталон; (3) жұмыс эталоны – өлшеудің жұмыс құралдарын тексеру және калибрлеу үшін қолданылатын эталон; (4) эталон-көшірме – сақтау немесе қатар жұмыс істеу үшін пайдаланылатын эталонның көшірме нұсқасы; (5) салыстыру эталоны – эталондарды бір-бірімен салыстыруға арналған құрал; және т.б. Түсінікті болу үшін төмендегі 1 суретте эталондардың жіктелу схемасы келтірілген [4].



1.1 - сурет – Эталондардың жіктелуі (жіктелу схемасы)

ҚР ұлттық заңнамасы мемлекеттік эталон ұғымдарымен тікелей жұмыс істейді, ал біріншілік/екіншілік болып бөлу нормативтік-техникалық құжаттарда қолданылады. ҚР өлшеу құралдарының мемлекеттік тізілімінде эталонның мәртебесі келесі мысалдыр түрінде көрсетіледі: "ұзындық бірлігінің мемлекеттік бастапқы эталоны" немесе "масса бірлігінің мемлекеттік қайталама эталоны". Толығырақ кесте 1-де эталондардың негізгі категориялары және олардың сипаттамалары келтірілген [4]:

Кесте 1.1 – Эталондардың негізгі категориялары және олардың сипаттамалары [3,5]

Эталон түрі	Сипаттамасы және мәртебесі	ҚР-дағы мысал
Мемлекеттік біріншілік (бастапқы) эталон	Бірлікті жоғары дәлдікпен тікелей жүзеге асыратын эталон; берілген мән үшін бастапқы сілтеме ретінде қызмет етеді. Уәкілетті орган бекіткен мемлекеттік меншікте болады	Ұзындық бірлігінің бастапқы эталоны (лазерлік интерферометриялық кешен); килограммның бастапқы эталоны (салмағы 1 кг №KZ3 эталон).
Мемлекеттік екіншілік (қайталама) эталон	біріншілік эталон бойынша тексерілген (калибрленген); дәлдік біршама төмен, бірақ сонымен бірге мемлекеттік эталон ретінде бекітілген.	1 мг–20 кг масса бірлігінің екіншілік эталоны (бастапқы 1 кг–нан калибрленген гирлер жиынтығы); 0,1-1000 мм ұзындықтың қайталама эталоны.

Кесте 1.1 жалғасы

Эталон түрі	Сипаттамасы және мәртебесі	ҚР-дағы мысал
Жұмыс эталоны	Өлшеу құралдарын күнделікті калибрлеу және тексеру үшін арналған эталон (міндетті түрде мемлекеттік меншікте емес). Аккредиттелген зертханаға немесе кәсіпорынның метроқызметіне тиесілі болуы мүмкін.	Температураның жұмыс эталоны (термопараларды тексеруге арналған эталондық термометр); 1 разрядты қысымның жұмыс эталоны (қысым датчиктерін тексеруге арналған манометр)
Эталон-көшірме	Бұзылған жағдайда сақтандыру үшін немесе қатар пайдалану үшін сақталатын мемлекеттік эталонның телнұсқасы.	Негізгі кг-мен бірге сақталатын №KZ2 килограмм эталонының көшірмесі (қосалқы эталон-1 кг куә).
Салыстыру стандарты	Екі немесе одан да көп эталондарды салыстыру мақсатында бір-бірімен салыстыру үшін қолданылатын эталон (жұмысшы болуы мүмкін).	ҚР және басқа елдердің (мысалы, COOMET шеңберінде) ұзындық эталондарын салыстыру кезінде қолданылатын ұзындық өлшемдерінің жиынтығы.

Тексеру және калибрлеу

Өлшем бірлігін қамтамасыз ету үшін жұмыс өлшеу құралдарын эталондармен үнемі салыстыру (дұрыстау) маңызды. Тексеру - бұл өлшеу құралының белгіленген метрологиялық талаптарға сәйкестігін растауға арналған операциялар жиынтығы. ҚР-да тексерудің заңды мәртебесі бар: мемлекеттік реттеу салаларында пайдаланылатын өлшеу құралдары (есептегіштер, медициналық жабдықтар, экология мен қауіпсіздікке арналған аспаптар және т.б.) міндетті мерзімді тексеруге жатады (1.2 - сурет) [3].



1.2 - сурет – Өлшеу жүйелері - өлшеу құралдарын тексеру мысалы

Тексеру белгіленген үлгідегі тексеру туралы куәлік (сертификат) берумен аяқталады. Егер құрылғы дәлдік талаптарына сәйкес келмесе, оны жөндеуге

немесе реттеуге дейін қолдануға тыйым салынады. Калибрлеу – бұл жоғарыда аталған процедураға жақын процесс, бірақ әдетте міндетті мемлекеттік метрологиядан тыс қолданылады. Анықтама бойынша, Калибрлеу - бұл құрылғының көрсеткіштері мен жоғары дәлдік стандартымен жүзеге асырылатын мәндер арасындағы байланысты орнату операцияларының жиынтығы [3].

ҚР тексеру және калибрлеу жүйесі

Қазақстанда метрология саласындағы уәкілетті органның қызметін ҚР сауда және интеграция министрлігінің Техникалық реттеу және метрология комитеті (КТРМ) орындайды. Өлшеу құралдарын тікелей тексеруді мемлекеттік және жеке аккредиттелген тексеру зертханалары жүзеге асырады. Тексеру қағидаларына сәйкес тексеруді аккредиттелген заңды тұлғалардың аттестатталған салыстырып тексерушілері (метролог-мамандар) жүргізеді [5,6].

"Қазақстандық стандарттау және метрология институты" республикалық мемлекеттік кәсіпорны ("ҚазСтандарт" РМК, бұрын ҚазМетрИн деп аталған) еліміздің басты ғылыми метрологиялық орталығы болып табылады. Қазстандарт мемлекеттік эталондарды сақтайды және бір мезгілде филиалдар желісі арқылы тексеру және калибрлеу қызметтерін көрсетеді. Мысалы, Астана қаласындағы Ұлттық эталондық орталық (Қазстандарттың бас кеңсесі) уақыт, ұзындық, масса және т.б. эталондарды қамтиды, ал Алматы қаласындағы филиал (Оңтүстік Қазақстан филиалы) геометриялық шамалардың (ұзындық, бұрыш және т. б.) эталондарына маманданған. Қазақстан стандартынан басқа, аккредиттелгендердің тізіліміне өлшеу аспаптарының белгілі бір түрлеріне сенуге құқығы бар ондаған жеке метрологиялық зертханалар кіреді [5,6].

ҚР - да өлшеу құралдарын калибрлеу әдетте шарт бойынша не Қазстандарттың өзімен, не кез келген аккредиттелген калибрлеу зертханаларымен жүргізіледі және калибрлеу сертификатын берумен аяқталады. Тексеруден айырмашылығы, калибрлеу нәтижелері ерікті түрде – мемлекеттік тізілімде міндетті тіркеусіз дәлдікті бақылау үшін қолданылады.

Осылайша, Метрологияның негізгі ұғымдары – эталон, тексеру, калибрлеу - Қазақстан Республикасында заңнамамен айқындалған және мемлекеттік метрологиялық жүйе арқылы іске асырылған. Эталондар осы жүйенің негізін құрайды, ал тексеру және калибрлеу процедуралары бүкіл ел бойынша өлшеулердің біркелкілігі мен дұрыстығына кепілдік бере отырып, бірліктердің мөлшерін эталондардан аспаптарға практикалық беруді қамтамасыз етеді [5,6].

1.2 Өлшем бірлігін қамтамасыз ету жүйесіндегі бастапқы эталондардың рөлі

Бастапқы эталон – бұл елдегі өлшем бірлігінің материалдық инкарнациясының рөлін алатын жоғары санатты эталон. Ол "бастапқы" деп аталады, өйткені ол бірдей мөлшердегі басқа эталон бойынша калибрленбейді, бірақ тікелей орнатылады немесе қол жетімді ең жақсы эталон болып саналады. Өлшеу

құралдарының иерархиясында бастапқы эталон жоғарғы шынды алады және ол барлық басқа өлшемдер "өндірілетін" бірліктің бастапқы көзі ретінде қызмет етеді (1.3 - сурет) [4].

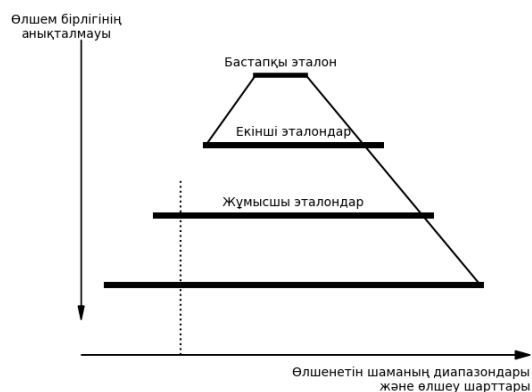


1.3 - сурет – Пирамида түріндегі эталондық иерархияны визуализациялау көрінісі

МемСТ 8.057 сәйкес, бастапқы эталонның мақсаты - бірлікті барынша ықтимал дәлдікпен жаңғырту және оның мөлшерін қайталама эталондарға беру. Бастапқы эталон әдетте ұлттық жүйеде бірегей болып табылады. ҚР-да бастапқы эталондар, әдетте, эталондық базаны дамытудың мемлекеттік ғылыми-техникалық бағдарламалары шеңберінде құрылады және зерттеледі, содан кейін уәкілетті органның бұйрықтарымен бекітіледі [4].

Мемлекеттік бастапқы стандарттар өлшем бірлігін қамтамасыз етудің бүкіл жүйесі құрылатын шеңберді құрайды. Бұл барлық салалардағы жұмыс өлшемдерін тексеру үшін жеткілікті жоғары деңгейдегі дәлдікті анықтайтын бастапқы стандарттар. ҚР Заңының 10-бабына сәйкес мемлекеттік эталондар ҚР аумағындағы өлшем құралдары мен эталондарға шама бірліктерінің мөлшерін беруге арналған. Сонымен қатар, егер елде қандай да бір шаманың өзіндік бастапқы эталоны болмаса, басқа елдің ұлттық эталонын пайдалануға рұқсат етіледі.

Бастапқы стандарттар ең жоғары дәлдікке ие, бірақ олардың міндеті барлық құрылғыларды жаппай калибрлеу емес, төменгі разрядтардың стандарттарын калибрлеу. Әдетте, бір немесе бірнеше қайталама эталондар мемлекеттік бастапқы эталоннан мезгіл-мезгіл калибрленеді. Олар, өз кезегінде, тексеру зертханаларында жұмыс стандарттарын тексеру және калибрлеу үшін қолданылады. Осылайша, бастапқы эталон жанама түрде барлық бөлімдегі өлшем бірлігін қамтамасыз етеді (1.4 - сурет).



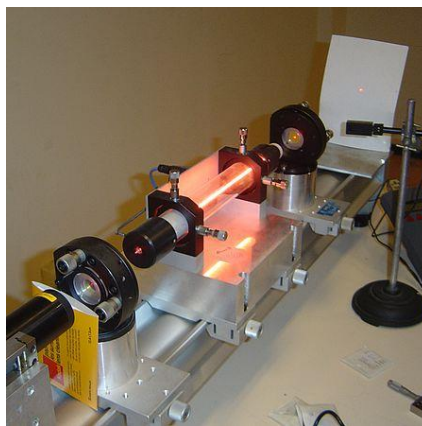
1.4 - сурет – Эталондар иерархиясының тағы бір көрінісі: бастапқыдан жұмысшы эталондарға дейін

Ұлттық бастапқы стандарттар көбінесе ғылыми зерттеулер мен жоғары дәлдіктегі өлшемдер үшін қолданылады. Олар ғылымда, қорғаныста, ғарыш саласында маңызды болып табылатын қарапайым аспаптар үшін қол жетпейтін дәлдікпен өлшеуге мүмкіндік береді.

Қазақстандағы бастапқы эталондардың мысалдары

Қазақстан Республикасы метр Конвенциясының мүшесі бола отырып (2008 жылдан бастап) Ұлттық эталондық базаны белсенді дамытуда. 2025 жылғы жағдай бойынша елде бірқатар шамалар, соның ішінде геометриялық шамалар бойынша бастапқы эталондар құрылып бекітілді. Төменде геометриялық өлшемдерге қатысты кейбір мысалдар келтірілді [7,8]:

– Ұзындық бірлігінің бастапқы стандарты. ҚР ұзындығының мемлекеттік бастапқы эталоны тұрақтандырылған гелий-неон лазеріне ($\lambda = 0,633$ мкм) негізделген лазерлік интерферометриялық кешен болып табылады. Ол бастапқыда 2007 жылы NIST-та (АҚШ) әзірленді, ал 2019 жылы "ҚазМетрИн" РМК Қазақстанның эталоны ретінде зерттелді және қолданысқа енгізілді. Бұл стандарт ұзындық бірлігін – метрді – шамамен 10^{-11} салыстырмалы қателікпен «өндіруге» мүмкіндік береді. Оның негізгі жабдықтарына йод тұрақтандырылған лазер, оптикалық жиілік генераторы, оптикалық жиілікті гетеродинациялау жүйесі және т. б. кіреді (1.5 - сурет) [9,10].



1.5 - сурет – Гелий-неон лазері көрінісі

Метрологиялық сипаттамалар микрометрлерден ондаған метрге дейінгі ұзындықтың берілуін қамтамасыз етеді. Осы эталон негізінде 1×10^{-6} м-ден 50 м-ге дейінгі ұзындықты өлшеу құралдарына арналған мемлекеттік тексеру схемасы жүзеге асырылды, яғни ол микроұзындықтардың дәл өлшемдерін және анықтамалық масштабты өлшемдерді де қамтиды [9,10].

– Жазық бұрыш бірлігінің бастапқы эталоны. Қазақстан жазық бұрыш бірлігінің мемлекеттік эталонына ие. Бұл эталонды 2003 жылы KRISS корей институты құрып, Қазақстанға берді; эталонға алғашқы зерттеулер "ҚазМетрИн" РМК-ның Алматы қаласындағы Оңтүстік Қазақстан филиалының базасында жүргізілді. Тегіс бұрыш стандарты градусы жоғары дәлдікпен көбейтуге арналған. Оның құрамына жоғары дәлдіктегі көпбұрыштар (көп қырлы призмалар), автоколлиматорлар және дөңгелек бөлу шаралары кіреді. Осы эталонның көмегімен Қазақстан бұрыштық өлшегіш аспаптарға – теодолиттерге, геодезиялық бұрыштық өлшегіштерге, оптикалық-электрондық нивелирлерге және т.б. сенуге болады [11].

– Сызықтық өлшемдер мен пішіндердің эталондары. Сызықтық өлшемдер (ұзындықтың соңғы өлшемдері, диаметрлер, бұранда қадамы және т.б.) шын мәнінде ұзындықтың бір түрі ғана болғанымен, метрологиялық тәжірибеде оларды машина жасау саласындағы геометриялық өлшемдер ретінде қарастырады. Қазақстанда 0,1–200 мм және 100–1000 мм аралықтарында ұзындықтың қайталама эталондары жасалған. Бұлар, негізінен, Johanson соңғы плиткаларынан тұратын соңғы өлшемдер жиынтығы болып табылады (1.6 – сурет) [12, 13].



1.6 - сурет - Ұзындықтың соңғы өлшемдері (Johanson плиткалары)

Жоғарыда айтылғандардан басқа, Қазақстанда массаның (килограмм жиынтығы – №KZ3 гиря негізгі ұлттық килограмм болып табылады), уақыт пен жиіліктің, температураның, электр және радиотехникалық шамалардың, кедір-бұдырлық эталондары (берілген кедір-бұдырлығы бар беттердің эталондық үлгілері) және т. б. бастапқы эталондары бар. Олар мемлекеттік қайталама

эталондар ретінде немесе Қазақстан стандарты қолдайтын жоғары разрядты жұмыс эталондары ретінде ресімделуі мүмкін [14].

Бастапқы эталондар - қымбат және күрделі кешендер. Олардың рөлін асыра бағалау қиын, бірақ өлшеу құралының қарапайым қолданушысы ешқашан бастапқы эталонмен тікелей әрекеттеспейді. Байланыс делдалдар тізбегі арқылы жүзеге асырылады. Бірақ бастапқы эталон болмаса, бұл тізбек шетелдік байланыста үзіліп, тәуелділік қаупін тудырады. Сондықтан Қазақстан, мысалы, күш бірлігінің бастапқы эталонын құруды, температура эталонын жаңғыртуды және т. б. жоспарлай отырып, өзінің эталондық базасын дамытуды жалғастыруда [14,15].

Осылайша, бастапқы стандарттар метрологиялық қамтамасыз ету пирамидасының шыңы ретінде әрекет ететін және ұлттық өлшеу жүйесінің егемендігі мен сенімділігіне кепілдік беретін өлшем бірлігін қамтамасыз ету жүйесінде шешуші рөл атқарады.

1.3 Геометриялық өлшемдердің ерекшеліктері: жіктелуі, әдістері, талаптары

Геометриялық өлшемдер - бұл объектілердің геометриялық пішіні мен өлшемдерінің параметрлерін өлшеу. Бұл параметрлерге ұзындық, қашықтық, диаметр, бұрыш, жазықтық және кеңістіктік бұрыш, қисықтық радиусы, пішін параметрлері, сондай-ақ беткі микрогеометрия параметрлері (кедір-бұдыр, толқын) жатады. Геометриялық шамалар кеңістіктегі өлшемдік қатынастарды сипаттайды және әдетте ұзындық бірліктерімен (метр және туындылар) немесе бұрышпен (градус, радиан) көрсетіледі. Мысалы, бөліктің ұзындығын өлшеу, көлбеу бұрышын өлшеу, плитаның тегістігін тексеру – бұл геометриялық өлшеулердің міндеттері. Бөлшектердің өзара алмастырылуы, машиналарды құрастыру дәлдігі, құрылыс конструкцияларының жобаға сәйкестігі және басқа да көптеген практикалық аспектілер олардың дұрыс орындалуына байланысты болады.

Геометриялық өлшемдердің жіктелуі

Геометриялық өлшемдерді өлшенетін шамаға және геометриялық параметрдің сипатына қарай жіктеуге болады (кесте 1.2):

- Көлемі бойынша: сызықтық өлшемдер, бұрыштық өлшемдер, аудан және көлемдік ажыратылады. Классикалық метрологияда ұзындық пен бұрыш негізгі шамалар ретінде жиі айтылады, ал ауданы мен көлемі оларға негізделеді.

- Геометриялық параметрдің сипаты бойынша: өлшемдердің өлшемдері, пішінді өлшеу, элементтердің өзара орналасуын өлшеу, сондай-ақ беттің кедір-бұдырын өлшеу болып жіктеледі. Жіктеу машина жасауға рұқсат ету жүйесіне сәйкес келеді, мұнда төрт параметрді стандарттау — өлшемдер, пішіндер, өзара орналасу және кедір-бұдыр - өнім сапасын бағалау үшін негіз құрайды.

Кесте 1.2 – Мысалдармен геометриялық өлшемдердің негізгі түрлерінің жіктелуі

Геометриялық өлшемдер санаты	Өлшенетін параметрлердің мысалдары	Аспаптар/өлшемдер
Сызықтық өлшемдер (ұзындығы)	Ұзындығы, ені, диаметрі, қалыңдығы, биіктігі, тереңдігі; нүктелер арасындағы қашықтық.	Сызғыштар, рулеткалар, калибрлер, микрометрлер, өлшеу сызғыштары, ұзындықтың соңғы өлшемдері.
Бұрыштық шамалар	Тегіс бұрыш (°немесе рад), айналу бұрышы, конустық; кеңістіктік бұрыш (стерадиан).	Транспортирлер, бұрыштық өлшегіштер, теодолиттер, оптикалық полигондар, автоколлиматорлар.
Пішін (форманың ауытқуы)	Бетінің түзулігі мен тегістігі; дөңгелек (шеңбер), цилиндрлік; қисық профиль (мысалы, тісті профиль).	Бақылау сызғышы, тексеру тақтасы, профильдер, дөңгелек өлшегіш (дөңгелек ауытқуын өлшеуге арналған аспап), координаталық-өлшеу машиналары (КИМ).
Орналасуы (позицияның ауытқуы)	Параллельдік, перпендикулярлық, көлбеу, біліктердің туралануы, соққы, тесік орталықтарыныңмещысуы.	Аспаптық квадраттар, параллельдік үшін деңгей (деңгей), соғу үшін индикаторлар, кешенді бақылау үшін КИМ.
Микрогеометрия (кедір-бұдыр)	Ra, Rz және т. б. кедір-бұдыр параметрлері; бетінің толқындылығы.	Профилметрлер, кедір-бұдырлар, беттерге арналған оптикалық интерферометрлер, кедір-бұдырдың салыстырмалы үлгілері.

Геометриялық өлшеу әдістері

Әр санат үшін әртүрлі өлшеу әдістері қолданылады – контактілі және контактісіз, тікелей және жанама:

– Контактілі әдістері. Контактілі әдісімен өлшеу құралы объектімен физикалық байланыста болады. Классикалық мысалдар - микрометрмен, калибрмен, сызғышпен өлшеу. Сондай-ақ, координаталық өлшеу машиналарының көпшілігі (КИМ) контакті датчиктерін пайдаланады. Контактілі

әдістері әдетте қарапайым және сенімді, бірақ механикалық әсер етуі мүмкін. Дегенмен, олар қысқа диапазондарда жоғары дәлдікті қамтамасыз етеді-мысалы, микрометр 0,01 мм дискреттілікпен және 25 мм-ге дейінгі диапазонда шамамен 2-5 мкм қателікпен өлшемдерді өлшей алады [16].

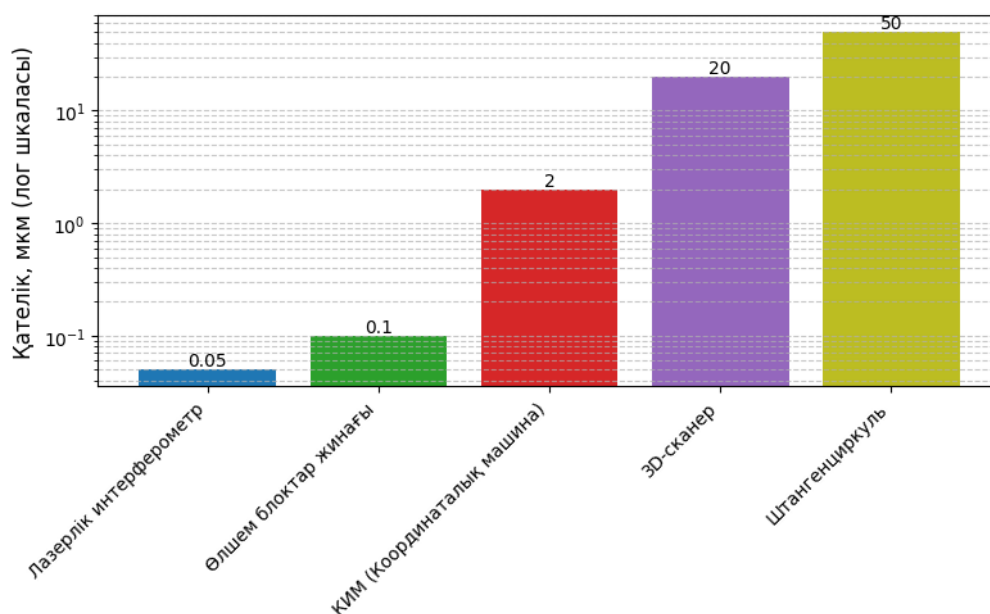
– Контактсіз әдістер. Мұнда өлшеу механикалық жанасусыз жүреді және оптика, акустика немесе т.б. мысалы, оптикалық әдістер кеңінен қолданылады. Контактсіз әдістер нәзік, жұмсақ, ыстық заттар үшін, сондай-ақ жылдам өлшеу үшін қажет. Қазіргі мысал ол 3D сканерлеу: лазерлік немесе құрылымдық жарық сканері сәулелерді объектіге проекциялайды және олардың шағылысуынан мыңдаған нүктелерді өлшейтін 3D моделін жасайды. Бұл әдіс күрделі беттердің пішінін ондаған микрометрдің дәлдігімен өлшеуге мүмкіндік береді. Тағы бір мысал - құбырлардың қабырғалары үшін қалыңдығын ультрадыбыстық өлшеу, мұнда екі жағынан да қол жетімділік жоқ. Контактсіз әдістер әдетте жылдамырақ, бірақ шағын өлшемдерде контактілерден төмен болуы мүмкін (сурет 1.7) [17,18].



1.7 - сурет - Контактсіз әдіс: 3D сканерлеу мысалы

– Арнайы әдістер. Жоғары мамандандырылған өлшеу әдістері бар: мысалы, үлгіні тікелей салыстыру әдісі – анықтамалық бөлікті бақылау үшін қолданған кезде және оның тесікке өтетіндігін тексеру. Тағы бір мысал – өлшенетін объектіні рычагтық немесе оптикалық компаратордағы өлшеммен салыстыратын және тек айырмашылық өлшенетін компараторлық әдіс. Бұл әдістер жоғары жылдамдықты қамтамасыз ете отырып, өндірістегі өлшемдерді сериялық бақылау үшін қолданылады.

Геометриялық өлшеудің әртүрлі әдістері әртүрлі дәлдік береді. Сурет 1.8-де бірнеше жалпы әдістердің қателік реттері салыстырылды (масштабты түсіну үшін, шартты мәндер салыстырылды).



1.8 - сурет - Геометриялық өлшеу әдістерінің дәлдігін салыстыру диаграммасы

Суреттен интерференциялық және үлгілі өлшемдер субмикрондық дәлдікті, координаталық машиналар микрон бірліктерін, ал қол құралдары (3D сканерлер) ондаған микронды дәлдікті беретінін көруге болады. Бұл нанометриялық дәлдік қажет жерде – интерферометрлер қолдануды, дәл механика үшін - КИМ және жоғары дәлдіктегі өлшемдерді, дөрекі өлшеу үшін қарапайым құрал қолдануды көрсетеді.

Жалпы, геометриялық өлшеулер сызғыштың қарапайым қосымшасынан бастап күрделі координаталық машиналар мен лазерлік интерферометрлерге дейінгі көптеген әдістерді қамтиды. Олар параметр түріне қарай жіктеледі және әр бағыт үшін өзіндік құрылғылар мен әдістер әзірленеді. Геометриялық өлшемдердің сапасы мен біркелкілігі эталондарды қолдану, құралды үнемі тексеру және қалыпты жағдайларды сақтау арқылы қамтамасыз етіледі. Қазақстанда бұл мәселелердің өзектілігі өнеркәсіптің дамуына және өнімнің дәлдігі мен сапасының халықаралық стандарттарына сәйкес келу қажеттілігіне байланысты ерекше жоғары.

2 ҚР метрологиялық қамтамасыз етудің ағымдағы жай-күйін талдау

2.1 Қазақстандағы геометриялық өлшеулер үшін қолданыстағы бастапқы эталондарға шолу

Қазақстан Республикасындағы геометриялық шамалардың ұлттық эталондық базасының қазіргі жай-күйін талдау жаңғыртуды талап ететін салыстырмалы түрде жаңа бастапқы эталондар мен ескірген қондырғылардың үйлесімін көрсетеді. Геометриялық өлшеулер саласында ҚР-да негізгі бағыттар бойынша бірнеше мемлекеттік бастапқы эталондар қолданылады: ұзындық бірлігі, жазық бұрыш, пішін және бетінің параметрлері (кедір-бұдырлық). Төменде олардың орналасуын, жасалған күнін және негізгі сипаттамаларын көрсететін осы стандарттардың тізімі келтірілген (кесте. 2.1). Мұндай тізбе жаңа стандарттарды енгізу және қолданыстағыларын жаңғырту туралы соңғы жылдардағы деректерді ескере отырып, 2024 жылғы жағдай бойынша эталондық базаның ағымдағы құрамын көрсетеді.

Кесте 2.1 – ҚР геометриялық шамалардың мемлекеттік бастапқы эталондары [19-23]

Бастапқы эталон (шама)	Орналастыру орны	Құрылған/жаңартылған жылы	Қысқаша сипаттамасы және жағдайы
Ұзындық бірлігі (метр) – лазерлік оптикалық эталон	Эталондық орталық, Астана қ.	2007 (зерттелген 2019)	Заманауи: йодпен тұрақтандырылған He-Ne лазері; метрді $2,5 \times 10^{-11}$ дәлдікпен көбейтуді қамтамасыз етеді. NIST-те (АҚШ) құрылған, Қазақстан 2019 жылы пайдалануға берген.
Жазық бұрыш бірлігі (градус) – оптикалық-механикалық эталон	Эталондық орталық, Астана қ.	2003	Қанағаттанарлық: сатып алынған Крисс (Корея) 2003 жылы, базасы 12 қырлы призма және айналмалы үстел. 0-360° диапазоны, ойнату қателігі $\leq 0,05''$. Бұрыштық өлшеу қажеттіліктерін қолдайды, бірақ моральдық тұрғыдан ескіреді (20 жыл жұмыс істейді).

Кесте 2.1 жалғасы

Бастапқы эталон (шама)	Орналастыру орны	Құрылған/жаңартылған жылы
Түзу және жазықтықтан ауытқу аймағындағы ұзындық бірлігі	Қазстандарт филиалы, Алматы қ.	Ескірген: автоколлиматорлары бар 4 м өлшеу көпірі (ВНИИМ шығарған, 1980). 4 м-ге дейін түзулікті калибрлеу кезінде $\sim 0,2 \cdot L \text{ } \mu\text{m}$ (1-де) белгісіздігін қамтамасыз етеді. Модернизацияны қажет етеді – жабдық моральдық тұрғыдан ескі, дегенмен 2022 жылы функционалдылықты жақсарту үшін лазерлік сканермен толықтырылған.
Беттің кедір бұдыр параметрлері аймағындағы ұзындық бірлігі	Эталондық орталық, Астана қ.	Заманауи: микрогеометрияны өлшеуге арналған кешен (фазалық интерферометрге негізделген профометр). Z осінің диапазоны 4 мм-ге дейін, ажыратымдылығы $\sim 3 \text{ нм}$, белгісіздік 2% - дан кем емес. Өнеркәсіптің беттердің сапасын бақылау қажеттіліктерін қамтамасыз ету үшін 2016 жылы енгізілген. Жоғары дәлдіктегі жабдықтар мен кедір-бұдырлықтың анықтамалық шараларынан тұрады.

Көрсетілген бастапқы эталондардан басқа, Қазақстанда метр мөлшерін жұмыс өлшеу құралдарына практикалық беру үшін ұзындықтың мемлекеттік қайталама эталондары (0,1–200 мм және 100–1000 мм соңғы шаралар жиынтығы) пайдаланылады. Олар Алматы қаласының филиалында орналасқан және бастапқы лазерлік эталонмен салыстырылғанымен, ұзындық өлшемдері мен құралдарының калибрленуін қамтамасыз ете отырып, қадағалау тізбегіне үлес қосады [19-23].

Техникалық жағдайды және даму тенденцияларын талдау

Соңғы жылдардағы мәліметтерге сәйкес, геометриялық шамалар стандарттарының күйі біркелкі емес. Бір жағынан, негізгі бастапқы стандарттар соңғы кезеңде жаңартылды немесе қайта құрылды, бұл олардың техникалық деңгейін жоғарылатады. Мысалы, ұзындық бірлігінің ұлттық эталоны 2019 жылы йод-тұрақтандырылған гелий-неон лазеріне негізделген лазерлік-оптикалық жүйені енгізу арқылы жаңартылды. Бұл стандарт заманауи талаптарға жауап береді: метрдің ультра жоғары дәлдігін қамтамасыз етеді және соңғы компоненттерді қамтиды. Ол ең жоғары деңгейдегі халықаралық салыстыруларға қатысуға жарамды. Шынында да, осы эталонды енгізгеннен кейін Қазақстан

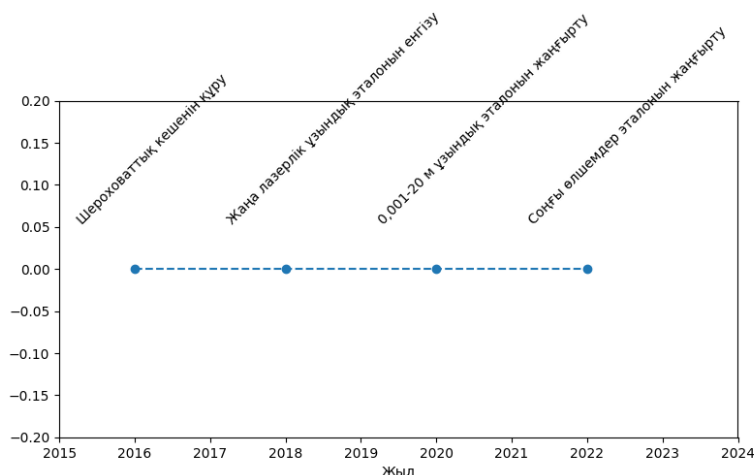
BIPM деректер базасында ұзындық саласындағы өзінің калибрлеу және өлшеу мүмкіндіктерін (СМС) мәлімдей алды. Жалпы, 2023 жылдың аяғындағы барлық шамалар бойынша Қазақстанның 93 СМС-жолдары жарияланды, бұл халықаралық деңгейде негізгі эталондардың (геометриялық эталондарды қоса алғанда) танылғанын куәландырады [24,25].

Екінші жағынан, геометрияның кейбір эталондары моральдық тұрғыдан ескірген, бірақ ресми түрде белгілі функцияларды орындайды. Атап айтқанда, түзу/жазықтық стандарты қазіргі стандарттар бойынша шектеулі сипаттамаларға ие. Оның қателігі жоғары дәлдіктегі салалар үшін рұқсат етілген шектерге жақын. Мұндай стандарт 2003 жылы Мемлекеттік тізілімге енгізілгенімен, базалық түйіндерді ауыстырмай-ақ жетілдіру ресурсын сарқып үлгерді. Соңғы жылдардағы қалыптасқан үрдіс - мұндай қондырғыларды жаңарту үрдісі. Осыған орай, 2022 жылы Leica RTC360 лазерлік 3D сканері түзулік эталонын жаңарту аясында сатып алынды, бұл үлкен нысандарды өлшеу мүмкіндіктерін кеңейтті және неғұрлым жетілдірілген форма эталонын құруға негіз болды [26,27].



2.1 - сурет - Leica RTC360 лазерлік 3D сканері

2023 жылы ұзындықтың соңғы шараларын калибрлеу үшін кешенді жаңғырту жүргізіліп, 0,1–200 мм диапазоны үшін жоғары дәлдіктегі компаратор енгізілді. Бұл шаралар 2020-2023 жылдардағы геометриялық эталондарды жаңарту бойынша жұмыстардың жанданғанын көрсетеді (2.2 - сурет) [26,27].



2.2 - сурет - 2020-2023 жылдардағы геометриялық эталондарды жаңарту бойынша жұмыстардың диаграммасы

Диаграмма негізгі іс-шараларды айқын көрсетеді: ұзындықтың жаңа лазерлік эталонын енгізу (2019), 0,001-20 м диапазонындағы ұзындық эталонын жаңарту (2022) және соңғы шаралар эталоны (2023), сондай-ақ кедір-бұдыр кешенін құру (ол 2016 жылы енгізілгенімен, толықтығы үшін осында айтылған). Диаграммадан 2020-2023 жылдар аралығында эталондық базаны дамытуға бағытталған көптеген бастамалар бар екенін көруге болады.

Жалпы, қолданыстағы бастапқы стандарттар экономикада сұранысқа ие геометриялық өлшемдердің негізгі бағыттарын қамтиды. Сонымен, ұзындық стандарты дәл сызғыштар, лазерлік қашықтық өлшегіштер және машина жасаудағы координаталық өлшеу машиналары үшін бақылауды қамтамасыз етеді. Бұрыштың эталоны құрылыста, геодезияда, станок жасауда қажет бұрыштық өлшеу құралдарын (теодолиттер, көпбұрыштар) калибрлеуге негіз болады. Кедір-бұдырлық стандарты металлургия мен машина жасаудың беттерді өңдеу сапасын бақылау жөніндегі сұраныстарына тікелей жауап береді. Жаңғыртудың арқасында Қазақстан соңғы жылдары СООМЕТ және ВІРМ желісі бойынша эталондарды халықаралық салыстыруға белсенді қатысуда. Мысалы, ұзындықтың лазерлік интерферометриялық кешенін жаңартқаннан кейін халықаралық салыстырулар циклі жүргізілді, оның нәтижелері бойынша ҚР ұзындық эталоны әлемдік баламалы деп танылды. Сол сияқты, бұрыштық және кедір-бұдырлық стандарттары мәлімделген дәлдікті растау үшін СООМЕТ шеңберінде аймақтық салыстырулардан өтеді [28].

Бұл ретте проблемалық сәттер анықталды. Біріншіден, негізгі эталондардың болуына қарамастан, форманың кейбір нақты өлшемдері ұлттық эталондық қамтамасыз етусіз қалады. Мысалы, дөңгелек, цилиндрлік немесе күрделі 3D пішіндерінің параметрлерінде әлі арнайы бастапқы сілтеме жоқ. Бұл міндеттердің бір бөлігі қолданыстағы құралдармен қамтылған, бірақ өнеркәсіптегі бөлшектердің күрделене түсуі анықтамалық базаны дамытуды қажет етеді. Екіншіден, жеке эталондардың салыстыруға жарамдылығы олардың жасына байланысты шектеулі. 2003 жылғы шығарылым бұрышының стандарты әзірге қолайлы нәтижелерді көрсетеді, бірақ болашақта электроника мен бағдарламалық жасақтаманы жаңартпай, оған халықаралық салыстырудың жаңа әдістеріне сәйкес келу қиынға соғады.

2020-2024 жылдары ҚР-дағы геометриялық шамалардың ұлттық эталондық базасы үдемелі дамумен сипатталады. Оң үрдіс – негізгі эталондарды жаңарту және оларды халықаралық деңгейде белсенді тану (CIPM MRA-ға қатысу, жарияланған 93 СМС-желі). Ал мәселелерге -модернизацияны немесе ауыстыруды қажет ететін өткен кезеңдердің эталондарының болуы, сондай-ақ жоғары дәлдіктегі өнеркәсіптің барлық қажеттіліктерін толық қамтымауы кіреді. Перспективаларға ескі қондырғыларды одан әрі жаңарту және жаңа міндеттер үшін жаңа бастапқы эталондарды құру кіреді. Нәтижесінде, Қазақстандағы геометриялық өлшемдердің метрологиялық инфрақұрылымы біртіндеп халықаралық стандарттарға жақындап келеді, алайда индустрияның қажеттіліктері мен эталондардың мүмкіндіктері арасындағы анықталған

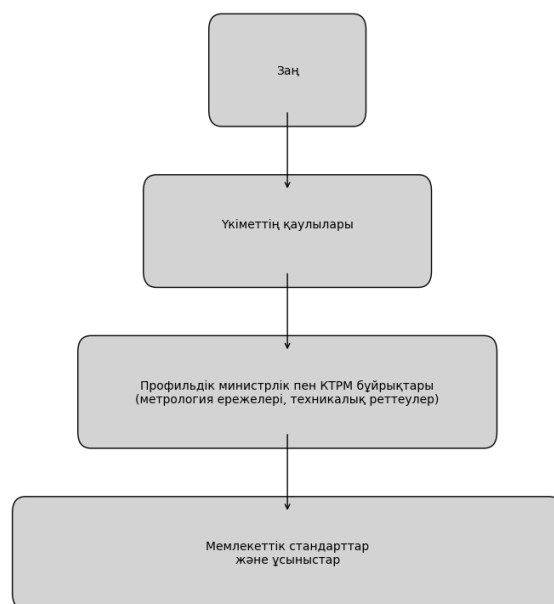
алшақтықтарды жою үшін инвестициялар мен ғылыми-техникалық қолдауды жалғастыруды талап етеді.

2.2 Метрология саласындағы ҚР нормативтік-құқықтық базасы

Қазақстан Республикасында өлшем бірлігін нормативтік - құқықтық қамтамасыз ету Заңнан бастап ведомстволық ережелер мен мемлекеттік стандарттарға дейінгі актілердің көп деңгейлі жүйесіне сүйенеді. Негізгі құжат "Өлшем бірлігін қамтамасыз ету туралы" ҚР Заңы болып табылады (2000 жылғы 7 маусымдағы №53-II). Бұл Негізгі Заң ұлттық метрологияны өзгеріп отырған халықаралық тәжірибеге және экономиканың ішкі қажеттіліктеріне сәйкестендіру мақсатында екі онжылдықта бірнеше рет толықтырылды және түзетілді (2004, 2018, 2019, 2020 жылдары елеулі түзетулер енгізілді). Заң негізгі ұғымдарды айқындайды, органдардың өкілеттіктерін (уәкілетті орган – Техникалық реттеу және метрология комитеті, КТРМ) және өлшем бірлігін мемлекеттік қадағалау қағидаттарын белгілейді [29].

Жалпы, метрологиядағы ҚР нормативтік-құқықтық базасы жеткілікті толық - ол метрологиялық қамтамасыз етудің эталондар мен тексеру схемаларынан бастап кәсіпорындарда өлшеу аспаптарымен жұмыс істеу ережелеріне дейінгі барлық тізбегін қамтиды. 2018-2020 жылдардағы түзетулерден кейін Заңнама халықаралық келісімдерді ескереді. CIPM MRA келісімі және негізгі салыстыру нәтижелерін тану тәртібі туралы нақты айтылады. Осылайша, ұлттық жүйе шетелдік әріптестердің қазақстандық калибрлеу және өлшеу нәтижелерін тануы үшін ашық болды. Сондай-ақ, артық мемлекеттік реттеуді жою үшін шаралар қабылданды. Қазақстан өзінің тәсілдерін Еуразиялық экономикалық одақпен және халықаралық ұйымдармен үйлестіреді. Қолданыстағы заң және заңға тәуелді актілер негізінен алдыңғы қатарлы елдердің модельдерімен ұқсастығы бойынша жасалған (OIML ұсынымдары, COOMET құжаттары ескеріледі) [30].

ҚР метрологиясының нормативтік базасының құрылымы 2.3 - суретте көрсетілген. Ол құжаттардың иерархиясын көрсетеді. Жоғарғы жағында – Заң, төменгі деңгей – үкіметтің қаулылары, бұдан әрі - бейінді министрліктің және ҚТҚБ бұйрықтары, пирамиданың базисі мемлекеттік стандарттар мен ұсынымдарды құрайды. Мұндай схема реттеудің көп сатылығына баса назар аударады. Мұнда әрбір сілтеме бүкіл жүйенің тиімді жұмыс істеуі үшін өзекті және дәйекті (2.3 - сурет).



2.3 - сурет - ҚР метрологиясының нормативтік базасының құрылымы схемасы

Нормативтік талаптарды іс жүзінде жүзеге асыруда бірнеше мәселелер бар. Олардың бірі – нормативтік-құқықтық базаның қайталануы және көлемділігі. Әр түрлі ведомстволар метрологияның өз бөлімдеріне бағынады. Осыған орай Денсаулық сақтау министрлігі медициналық техниканы метрологиялық бақылауға арналған құжаттардың нысандарын бекітеді, салалық ережелер теміржол көлігінде, қорғаныста және т.б. болуы мүмкін. Сарапшылар атап өткендей, тек ҚР геодезиялық метрология саласында ғана стандарттарды, нұсқаулықтарды және т. б. қамтитын 50-ден астам нормативтік құжаттар бар. Бұл көлем қолдануды қиындатады. Кәсіпорындарға барлық талаптардың орындалуын қамтамасыз ету қиын, себебі әртүрлі НҚА арасында қайшылықтар қаупі болады. Бірақта КТРМ біріздендіру бойынша қадамдар жасауда. Мысал ретінде бірыңғай тексеру аралық интервалды енгізу болып табылады. Комитеттің бұйрықтарымен ведомстволардың шашыраңқы талаптарын алмастыратын әртүрлі ТИ типтік тексеру интервалдары бекітілді. Дегенмен, нормативтік актілердің артықтығы әлі де сезілуде, әсіресе ескі кеңестік ГОСТ ресми түрде ҚР жаңа СТ-мен қатар әрекет еткенде аса сезіледі.

Тағы бір мәселе - ескірген ережелер мен әлсіз құқық қолдану тәжірибесі. Заңның жаңаруына қарамастан, жергілікті жерлерде оның ережелерін орындамау жағдайлары орын алуда. Мысалы, бірқатар зертханаларда өлшеу әдістерін бұрын міндетті метрологиялық сертификаттау ресми түрде жүргізілді немесе мүлдем жүргізілмеді, дегенмен заң талап етеді. 2020 жылдан кейін қадағалау күшейе түсті, бірақ әлсіз жақтары қалады. Кәсіпорындар, әсіресе жеке секторда, калибрлеу мен тексерудің жаңа ережелерін білмейді. Кейбіреулер әлі де бақылаудың жеткіліксіздігіне немесе айыппұлдардың аздығына байланысты мерзімі өткен тексеру куәліктерімен жұмыс істейді. Құқық қолдану практикасы 2018 жылғы реформамен жақсарды, Алайда КТРМ-нің кадрлық әлеуеті шектеулі

және барлық субъектілерді тексеруді қамту қиын болып отыр. Есептік деректерге сәйкес, жоспарлы инспекциялар өлшеу техникасының бір бөлігін ғана қамтиды, сондықтан айналыстағы өлшеу құралдарының белгілі бір пайызы талаптарға сәйкес келмейді. Мысалы, есеп комитетінің аудиті метрологияның материалдық-техникалық базасын дамытуға бөлінген барлық қаражат тиімді игерілмегенін, ал метрология бойынша мемлекеттік бағдарламаның кейбір мақсаттарына уақытылы қол жеткізілмегенін атап өтті.

ҚР метрологиясының нормативтік базасын дамытудың қазіргі үрдісі - оңайлату және өзектендіру болып табылады. 2023-2024 жылдары артық рәсімдерден құтылу курсы байқалады. Жақын арада КТРМ барлық қолданыстағы актілерге ревизия жүргізіп, қайшылықтар мен ескірген сілтемелерді жояды деп күтілуде. Базалық заңның жаңа редакциясын қабылдауға немесе әртүрлі құжаттарды біріктіретін "ҚР Өлшем бірлігін қамтамасыз етудің бірыңғай жүйесі" қағидалар жинағы әзірленуі мүмкін.

Осылайша, Қазақстанның метрология саласындағы нормативтік-құқықтық базасы талданып отырған кезеңде неғұрлым заманауи және халықаралық стандарттарға бағдарланғаны анықталды, бұл сөзсіз жетістік болып табылады. Алайда, заңнаманың тиімділігі көбінесе оның практикалық қолданылуына байланысты. Әкімшілік кедергілерді жою және барлық қатысушылардың белгіленген нормаларды сақтауын қамтамасыз ету үшін қосымша күш салу қажет. Метрология саласындағы заңнаманы жетілдіру өнеркәсіп пен саудадағы өлшемдердің сапасына, демек, экономиканың бәсекеге қабілеттілігіне тікелей әсер етеді. Осыған байланысты анықталған проблемалар құқықтық және ұйымдастырушылық шараларды қолдана отырып жедел шешуді талап етеді.

2.3 Шет елдердің метрологиялық қамтамасыз ету жүйелерімен салыстырмалы талдау (РФ, ЕО, АҚШ)

Қазақстан Республикасының ұлттық эталондық базасын дамытуды басқа елдердің – ең алдымен Ресейдің, ЕО елдерінің және АҚШ-тың метрологиялық қамтамасыз етудің озық жүйелерімен салыстырып қарастырған жөн. Мұндай салыстыру өлшем бірлігін қамтамасыз ету тәсілдеріндегі, әсіресе геометриялық шамалар саласындағы жалпы тенденциялар мен негізгі айырмашылықтарды анықтайды, сондай-ақ халықаралық тәжірибелер аясында қазақстандық жүйенің күшті және әлсіз жақтарын анықтауға мүмкіндік береді.

Қазақстанда Астанада бас орталығы бар орталық институт ("KazStandard" РМК, бұрынғы ҚазМетрИн) және әртүрлі өлшем түрлері бойынша мемлекеттік эталондарды сақтауды және қолдануды қамтамасыз ететін бірнеше филиалдар жұмыс істейді. Қазіргі уақытта ҚР Ұлттық эталондық базасы өлшенетін шамалардың негізгі түрлерін, оның ішінде геометриялық өлшемдерді қамтитын 50-ге жуық мемлекеттік бастапқы эталондарды және 50-дей мемлекеттік жұмыс эталондарын қамтиды [31].

Салыстыру үшін, Ресейде, басқа елдерден айырмашылығы, ұлттық стандарттардың кең жүйесі бар. Менделеев атындағы ВНИИМ сияқты ғылыми метрологиялық институт, ВНИИФТРИ және Орал-Сібір метрология ҒЗИ сияқты бірнеше институттар әртүрлі өлшемдер үшін мемлекеттік бастапқы стандарттарды сақтайды. Мысалы, ВНИИМ — де ұзындық бірлігінің бастапқы эталоны - метр құрылды (ГЭТ 2-2021). Ол нанометрден ондаған метрге дейін жұмыс істей алатын жоғары тұрақты йод лазерлері мен интерферометриялық қондырғыларды қамтиды. Ал Германияда жүйе бірыңғай ұлттық РТВ институтында шоғырланған, ол федералды ведомство бола отырып, бастапқы стандарттарды қолдайды және өнеркәсіпке практикалық қызмет көрсету үшін аккредиттелген калибрлеу зертханаларының (DKD) желісін үйлестіреді. АҚШ-та NIST Ұлттық институтының Гейтерсберг пен Боулдерде зертханалары бар, онда негізгі эталондар сақталады, ал практикалық тексеру мен калибрлеу негізінен аккредиттелген коммерциялық зертханаларға беріледі. Жалпы алғанда, шетелдік жүйелер практикалық метрологиялық қызмет көрсетудің орталықтандырылмаған құрылымына ие. Орталық ҰМИ ғылыми метрологиямен және жоғары дәлдіктегі калибрлеумен айналысады, ал желілік зертханалар немесе мемлекеттік органдар (АҚШ-та) өлшеу құралдарын күнделікті тексеруді жүзеге асырады. Ал Қазақстанда орталықтандырылған модель байқалады. Себебі KazStandard негізгі институты мен оның филиалдары ҰМИ мен практикалық метрологиялық қызметтің функцияларын үйлестіре отырып, әртүрлі өңірлерде тексеру және калибрлеу қызметтерін тікелей көрсетеді [31,32].

Геометриялық шамалардың бастапқы стандарттары: қамту масштабы және технологиялар.

Сызықтық өлшеу саласында жетекші елдер кванттық эффекттер негізінде өте жоғары дәлдікпен "метр" бірлігін жүзеге асырады. Мысалы, ВНИИМ (РФ) метрді тұрақтандырылған He-Ne/Йод (633 нм) және Nd:YAG/Йод (532 нм) лазерлерімен көбейтеді, оларды нанометрден 30 м-ге дейінгі ұзындық бірлігін беру үшін өлшеу кешендерімен толықтырады. Бұл әлемдік деңгейге сәйкес келетін $10^{(-12)}$ реттік ұзындықты көбейтудің салыстырмалы белгісіздігін қамтамасыз етеді. РТВ (Германия) және INRIM (Италия) лазерлік интерферометрлерді ұзындықтың метрикалық өлшемдерін – соңғы өлшемдерді, шкалаларды, рулеткаларды – нанометриялық қателіктермен калибрлеу үшін пайдаланады. Ал NIST (АҚШ) тарихи түрде 1960-шы жылдардан бастап сызықтық шараларды тексеру үшін масштаб ұзындығының интерферометрін (Length Scale Interferometer) қолданды. Қазіргі уақытта NIST – те ұзындықтың 14 реттік атомдық деңгейден геодезиялық негіздерге дейін қамтитын бірқатар қондырғылар бар. Қазақстан бұл салада бастапқы эталондардың шектеулі номенклатурасына ие. Оларға түзулік пен жазықтықтан ауытқу саласындағы ұзындық бірлігінің эталоны, сондай-ақ ұзындықтың қайталама эталондары кіреді [33].

Сонымен қатар, шетелдегі пішіннің геометриялық параметрлері мамандандырылған эталондармен қамтылған. Оларға ВНИИМ мен РТВ-да кедір-

бұдырлықтың бастапқы эталондары (R_a , R_z , калибрлеу профильдерінің үлгілері), пішін эталондары кіреді [33].

Қазақстан жақында ғана беттік микрогеометрия бөлігінде халықаралық деңгейге шықты. Осылайша, 2023 жылы алғаш рет Қазақстан, Ресей және Беларусь арасындағы беттік текстураның 3D-параметрлері эталондарының халықаралық салыстырулары жүргізілді. Олардың қорытындысы бойынша Қазақстан оң баға алды, бұл VRM (СМС) дерекқорындағы кедір-бұдыр параметрлері бойынша калибрлеу мүмкіндіктерін мәлімдеуге мүмкіндік береді. Осылайша, ҚР геометриялық шамалардың эталондық базасының ендігі бойынша әзірге ең ірі ҰМИ-ден төмен, бірақ $COOMET$ шеңберіндегі ынтымақтастықтың арқасында ол олқылықтарды толтырады және жекелеген бағыттарды халықаралық тануға қол жеткізеді [34].

Технологиялық және ұйымдастырушылық айырмашылықтар

Салыстыру көрсеткендей, қазақстандық метрологияның технологиялық жабдықталуы бірқатар бағыттар бойынша көшбасшылардан артта қалып отыр. Мысалы, дәл ұзындықты өлшеу саласында қазақстандық стандарт лазерлік интерферометрлер мен заманауи сканерлерді енгізе бастады, ал жетекші елдердің ҰМИ оптикалық гребенкаларды, нанометрлік позициялау жүйелерін және тіпті ұзындықты өлшеудің кванттық әдістерін қолданады. Бұрыштық және координаттық өлшеулер саласында да алшақтық байқалады, $KazStandard$ -та ұлттық деңгейдегі өзіндік координаталық – өлшеу кешені немесе жоғары дәлдіктегі бұрыш эталоны жоқ. Отандық зертханалар осы параметрлердің сыртқы калибрлеуіне бағдарлануға мәжбүр. Ел 2008 жылдан бастап метрикалық конвенцияның мүшесі болып табылады. 2006 жылдан бастап $CIPM MRA$ келісімінің қатысушысы ретінде бұл қазақстандық эталондардың нәтижелері халықаралық салыстырулардан өтіп, тең құқылы деп танылғанын білдіреді. Бүгінгі күні VRM базасында Қазақстанның 93 калибрлеу-өлшеу қабілеті (СМС) жарияланды. Салыстыру үшін, ірі елдерде СМС жүздеген және мыңдаған болып саналады. Мысалы, Германияда ~1000 СМС, ал Ресейде бірнеше жүздеген СМС бар. Алайда, Қазақстанның VRM деректер базасында болу фактісі технологиялық даму мен сапаның белгілі бір деңгейін білдіреді. Осылайша халықаралық салыстырулар арқылы Қазақстан ұзындығы, массасы, қысымы, температурасы және т. б. бойынша өз мүмкіндіктерін растай алды [35,36,37].

Ұйымдастырушылық айырмашылықтар қаржыландыру моделінде және өнеркәсіппен өзара әрекеттесуде де көрінеді. $NIST$ және PTB ресурстардың едәуір бөлігі ғылыми зерттеулерге және жаңа өлшеу әдістерін жасауға бағытталған. Ал Қазақстан стандарты көптеген жылдар бойы қолданыстағы өлшеу құралдарын қамтамасыз етуге баса назар аударады және жақында ғана жаңғыртудың ірі бағдарламасын бастады.

Ресей Федерациясында ұқсас тарихты ескере отырып, жағдай қазақстандыққа жақын келеді, бірақ ірі ҰМИ ($BНИИМ$, $BНИИФТРИ$) ғылыммен және эталондарды жаңғыртумен айналысады. Сонымен қатар, шетелдік жүйелер аккредиттеу институтын кеңінен қолданады. ЕО мен АҚШ-та тексеру және калибрлеу жұмыстарының негізгі бөлігін $ISO/IEC 17025$ бойынша

аккредиттелген үшінші тарап зертханалары орындайды, ал Қазақстанда тарихи тұрғыдан мемлекеттік метрологиялық қызмет басым келеді. Қазір ҚР-да көптеген аккредиттелген жеке зертханалар бар, бірақ олардың нәтижелеріне сенім мемлекеттік қадағалау және KazStandard-тың әдістемелік басшылығы арқылы қамтамасыз етіледі [35,36,37].

Толығырақ түсінікті болу үшін елдер бойынша эталондардың кейбір айырмашылықтары мен қамтылуын кесте түрінде ұсынуға болады (кесте 2.2)

Кесте 2.2 – Елдер бойынша эталондардың кейбір айырмашылықтары мен қамтылу кестесі [35,36,37]

Аспект	Қазақстан (KazStandard)	Ресей (ВНИИМ, т. б.)	Германия (PTB)	АҚШ (NIST)
Ұлттық институт (ҰМИ)	RSE "KazStandard " – өңірлер бойынша филиалдары бар бірыңғай институт	Росстандарт: ҰМИ желісі (ВНИИМ, ВНИИФТРИ және т. б.) + тексеру орталықтары	PTB-бірыңғай федералды институт (2 кампус) + DKD лаб желісі.	NIST-бірыңғай институт (2 кампус); мемлекеттік және коммуналдық желілер. лаб.
Бастапқы ұзындық эталоны	Түзулікке арналған интерферометр; соңғы өлшемдер (қайталама эталондар)	Лазерлік интерферометр (He-Ne/I ₂ , диап. 30 м дейін)	Лазерлік эталондар, оптикалық жиілік жотасы (гребень) (ондаған м дейін)	Лазерлік интерферометрлер, ұзын өлшемді компараторлар (50 м дейін)
Бұрыштың бастапқы эталондары	Айқын емес (тексеру полигондары, автоколлиматорлар қолданылады)	Бөлу шеңберлері ультрапреционды, көпбұрыштар (секунд және одан аз)	Анықтамалық көпбұрыштар, лазерлік бұрыштық өлшегіштер (бұрыштық сек.)	Лазерлік бұрыш өлшегіштер, дәлдік. бұрыштық тексеру машиналары
Пішін/кедір-бұдыр эталондары	Қалыптаудың басталуы (СООМЕТ арқылы 3D кедір-бұдыр)	Кедір-бұдырдың, резбаның, редуктордың бастапқы стандарттары бар	Пішін (шарлар, блоктар) және кедір-бұдыр (профильдер) эталондары бар	Эталондық дөңгелек артефактілер, нанорельефке арналған AFM калибрлері
Тексеру vs калибрлеу	Міндетті. тексеру заңмен реттеледі; қажеттілік бойынша Калибрлеу	Міндетті. тексеру (МСИ), метрологиялық реттеу дамыған	Тек заңға тексеру. ерікті калибрлеу басым	Міндетті. тексерулер минималды (сауда); ең бастысы-ерікті калибрлеу

Кесте 2.2 жалғасы

Аспект	Қазақстан (KazStandard)	Ресей (ВНИИМ, т. б.)	Германия (PTB)	АҚШ (NIST)
Халықаралық. бақылау	CIPM MRA-ға қатысу, 93 СМС танылды	CIPM MRA, >200 СМС; COOMET-тегі белсенді рөл, АРМР (ынтымақтастық арқылы.)	CIPM MRA, ~1000 СМС; қатысу EURAMET, Еуропадағы жетекші рөл	CIPM MRA, >1500 СМС; SIM-дегі басты рөл, жаһандық салыстыру
Үздік тәжірибелер (ҚР қолданылады)	Эталондарды белсенді жаңғырту (2022 жылы басталған); салыстыруға қатысуды кеңейту; зертханаларды аккредиттеуді дамыту	Метрологтар кеңесінің, эталондарды дамыту жоспарларының жұмыс істеуі; процедураларды цифрландыру (Ресей Федерациясының мысалы – "Аршин")	ҒЗТКЖ-ға инвестициялау (EURAMET жобалары); сандық калибрлеу сертификаттары (empiric жобалары)	Өнеркәсіппен ынтымақтастық (NIST серіктестік модельдерін көрсетеді, техника. жаңа SI-эталондарға бағдарлау (кванттық))

Кестеден көріп отырғаныңыздай, халықаралық озық тәжірибелер мыналарды қамтиды:

- Дәлдікті арттыруға және өлшеу диапазондарын кеңейтуге бағытталған эталондық базаны үнемі жаңартып отыру.
- Салыстырмалы зерттеулер жүргізуге және нәтижелерді өзара тануға мүмкіндік беретін белсенді халықаралық ынтымақтастық.
- Тексеру туралы куәліктерді цифрландыруды және өлшеу жабдықтарының ашық тізілімдерін құруды қоса алғанда, клиенттермен және деректермен жұмыс істеудің заманауи тәсілдерін енгізу. Ресейде бұл "Аршин" жүйесінде, ал Еуропада цифрлық метрология жобалары аясында жүзеге асырылды.

Қазақстан осы бағытта қадамдар жасап жатыр. Негізгі эталондар жаңғыртылды және геометриялық шамалар бойынша жаңа қондырғылар енгізуге дайындалуда. NIST және PTB тәжірибесін қабылдай отырып, Қазақстан өлшеулерді өнеркәсіптік пайдаланушылармен өзара іс-қимылды күшейтуі тиіс. Мұны бірлескен зерттеу бағдарламалары және сараптама алмасу арқылы жүзеге асыруға болады. Аймақтық кооперацияны дамыту да маңызды. Қазақстан дамыған метрологиялық базасы жоқ көрші елдерге калибрлеу қызметтерін ұсына отырып, орталық Азияның метрологиялық орталығына айналуы мүмкін. Қазірдің өзінде KazStandart өңірлік мүше ретінде COOMET қызметіне белсенді қатысады. Танылған СМС (метрологиялық калибрлеу орталықтары) арқасында Қазақстанда өлшеу нәтижелері халықаралық тануға және сенімге ие болады.

Нәтижесінде салыстырмалы талдау геометриялық өлшеулер саласындағы ҚР метрологиялық қамтамасыз ету жүйесі тарихи артта қалушылықты жоя отырып, қарқынды даму сатысында тұрғанын көрсетеді. Негізгі инфрақұрылымның болуы және өлшем бірлігінің мемлекеттік кепілдігі, әлемдік метрологиялық қоғамдастыққа интеграция күшті жақтары болып табылады. Әлсіз жақтар - бастапқы стандарттардың шектеулілігі және сыртқы калибрлеуге тәуелділік - модернизация және әлемдегі ең жақсы тәжірибелерді алу арқылы біртіндеп жеңіледі. Қазақстанның Ресей Федерациясына, ЕО-ға және АҚШ-қа қатысты ұстанымына бұл сыни көзқарас метрологиялық қамтамасыз етудің ұлттық жүйесінің проблемалары мен даму жолдарын неғұрлым нақты тұжырымдауға мүмкіндік береді.

2.4 Мәселелерді анықтау және ҚР метрологиялық қамтамасыз ету жүйесін SWOT-талдау

Жүргізілген талдау негізінде (2.1–2.3 бөлімдер) Қазақстан Республикасының қазіргі метрологиялық қамтамасыз ету жүйесінің, әсіресе геометриялық өлшеулер саласындағы негізгі проблемаларын бөліп көрсетуге болады. Бұл проблемалар техникалық сипатта және ұйымдық-құқықтық мәселелер болып табылады. Көрнекілік пен жүйелеу үшін SWOT талдауын жүргіземіз. Ұлттық метрологиялық жүйенің күшті жақтарын (Strengths), әлсіз жақтарын (Weaknesses), мүмкіндіктерін (Opportunities) және қауіптерін (Threats) бөліп көрсетеміз. Төменде SWOT жалпылама кестесі берілген (кесте 2.3), одан кейін әр санатқа қысқаша талдау жасалды:

Кесте 2.3 – Ұлттық метрологиялық жүйені SWOT талдау

Strengths (күшті жақтары)	Weaknesses (әлсіз жақтары)	Opportunities (Мүмкіндіктер)	Threats (Қауіптер)
- Өлшем бірлігінің заңнамалық негізі және метрологияны мемлекеттік қаржыландыру	- Бастапқы эталондардың шектеулі номенклатурасы (тар салаларда олардың эталондары жоқ, мысалы. доғалық секундтар, нанометрология)	- Эталондық базаны жаңғырту бағдарламасы (2023 жылға қарай 17 эталонды жаңарту)	- Әлемдегі өлшеу технологияларының жылдам ілгерілеуі (инновацияларды енгізуге уақыт болмаса, артта қалу қаупі)

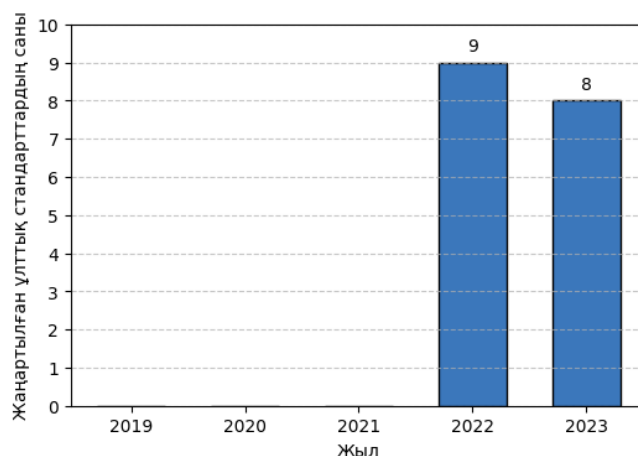
Кесте 2.3 жалғасы

Strengths (күшті жақтары)	Weaknesses (әлсіз жақтары)	Opportunities (Мүмкіндіктер)	Threats (Қауіптер)
- Мемлекеттік эталондардың базалық жиынтығының болуы (негізгі геометриялық шамалар қамтылған) - CIPM MRA интеграциясы (халықаралық. 93 СМС тану) - Өңірлер бойынша тексеруді қамтамасыз ететін KazStandard филиалдарының желісі	- Эталондық жабдықтың бір бөлігінің тозуы және ескіруі (жаңғырту қажеттілігі) - Жоғары дәлдіктегі калибрлеудегі шетелдік ҰМИ-ге тәуелділік (үлгілерді шетелге жіберу) - Жаңа метрологияда жоғары білікті кадрлардың жетіспеушілігі (IT, кванттық өлшемдер)	- Метрологиялық тәуелсіздікті арттыру (шетелде калибрлеуді қысқарту) - Ынтымақтастықты кеңейту: жаңа салыстыруларға қатысу, PTB, NIST және басқалармен тәжірибе алмасу. - Экономикадағы жоғары дәлдіктегі метрологияға сұраныстың өсуі (Индустрия 4.0, экспорт сертификаттауды қажет етеді)	- Кадрлық құрамның ескіруі: тәжірибелі метрологтардың кетуі және ауысымның болмауы - Метрологияны қаржыландырудың ықтимал қысқаруы (экономикалық дағдарыстар, мемлекеттік бюджеттің басымдықтары) - Жабдықтар мен әдістемелердің импортына тәуелділікті сақтау (санкциялық және логистикалық тәуекелдер)

Күшті жақтары (Strengths): ҚР метрологиялық жүйесінің күшті жақтарының қатарына ең алдымен күшті заңнамалық және институционалдық негіздердің болуы жатады. "Өлшем бірлігін қамтамасыз ету туралы" Заң және техникалық реттеу және метрология комитетінің қызметі елдегі өлшемдердің бақылануын және қадағалануын қамтамасыз етеді. Мемлекет базалық метрологиялық институттарды қаржыландырады, соның арқасында ~50 бастапқы эталон және сонша жұмыс эталоны сақталған және жұмыс істейді. Бұл негізгі қажеттіліктерді (ұзындық, масса, уақыт, температура және т.б. бірліктері) жабатын жеткілікті минимум. Геометриялық өлшеулер саласында, атап өтілгендей, сызықтық өлшемдер, жазықтық пен түзулік үшін эталондар бар, бұл ел ішінде ұзындық құралдарын калибрлеу үшін негіз жасайды. Қазақстанның әлемдік метрологиялық кеңістікке интеграцияланғаны да күшті жағы болып табылады. Қазақстан 2008 жылдан бастап – BIPM мүшесі, 2006 жылдан бастап – CIPM MRA қатысушысы. Бұның өзі нақты нәтиже берді. KazStandard калибрлеу және өлшеу мүмкіндіктерінің 93 позициясы халықаралық деңгейде танылды, ал кедір-бұдырлығы бойынша салыстырудағы соңғы табысты тәжірибе қазақстандық мамандардың Metrologia әлемдік журналы деңгейіндегі құзыреттілігін растады. Бұдан басқа, KazStandard филиалдарының өңірлік желісінің болуын күшті жақтарға жатқызуға болады. Бұл бүкіл ел бойынша тексеру мен калибрлеудің қолжетімділігін қамтамасыз етеді, кәсіпорындар үшін логистикалық шығындарды азайтады.

Әлсіз жақтары (Weaknesses): талдау жүйенің толық тиімділігіне кедергі келтіретін бірқатар ішкі кемшіліктерді анықтады. Біріншіден, анықтамалық базаның шектеулілігі мен толық еместігі. Жоғары мамандандырылған геометриялық параметрлердің кейбір бастапқы стандарттары жоқ. Мысалы, жоғары дәлдіктегі доғалық минут/секундтың өзіндік эталоны жоқ, күрделі нысандағы координаттық өлшеулер үшін бекітілген эталон жоқ, нанометрология мәселелері әзірге KazStandard мүмкіндіктерінен асып түседі. Бұл жоғары дәлдіктегі өлшеулер үшін шетелдік институттардың көмегіне жүгінуге мәжбүр етеді. Мұндай тәуелділік шығындар мен тексеру уақытын арттырады, сонымен қатар сәйкессіздік қаупін тудырады. Екіншіден, анықтамалық зертханалардағы жабдықтардың едәуір бөлігі моральді және физикалық тұрғыдан ескірген. Егер стандарттар уақытында жаңартылмаса, олардың метрологиялық сипаттамалары қазіргі заманғы талаптарға жауап беруді тоқтатады. Мысалы, дәлдік қажетті белгісіздік деңгейін қамтамасыз етпейді, диапазон өлшеудің жаңа бағыттарын қамтымайды. Соңғы уақытқа дейін бұл үлкен мәселе болды. Ұзындық, күш, ылғалдылық және т.б. стандарттарын жаңарту тек 2021-2022 жылдары басталды, бұл жинақталған артта қалушылықты көрсетеді. Үшінші әлсіз жағын кадрлық және әдістемелік қиындықтар деп атауға болады. Жоғары дәлдіктегі метрология тар профильді мамандарды және өлшеудің озық әдістерін қажет етеді. Қазақстанда осы салаларда кадрлар тапшылығы байқалады. Көптеген тәжірибелі метрологтар кеңестік мектептен шығып, зейнеткерлік жасқа жақындап келеді, ал жас ұрпақ метрологияға ұмтылмайды. Нормативтік базаны кейде халықаралық ұсыныстардағы өзгерістерге байланысты жаңартуға уақыт жоқ екенін атап өткен жөн. ҚР 2019 жылғы жаңа SI-ді заңнамалық тұрғыдан қабылдағанымен, іс жүзінде жаңа әдістерді енгізу жергілікті әзірлемелердің болмауымен баяулайды. Жалпы алғанда, әлсіз жақтар белгілі бір тәуекелдерге әкеледі, оларды жоймай, жүйе экономиканың өсіп келе жатқан талаптарын қанағаттандыра алмайды.

Мүмкіндіктер (Opportunities): қазіргі даму ұлттық метрологияны айтарлықтай нығайтуға бірқатар мүмкіндіктер туғызады. Олардың ішіндегі ең бастысы – стандарттау және метрология институты іске қосқан эталондық базаны жаңғырту бағдарламасы. 2022 жылға қарай 4 эталон жаңартылды (уақыт-жиілік, температура, кернеу, жарық күші), геометриялық эталондарды қоса алғанда, 2022 жылдың соңына дейін кем дегенде тағы 13 эталонды жаңарту жоспарланған. Бұл жоба стандарттардың дәлдігін арттыруға, олардың ауқымын кеңейтуге және "қиындықтарды" жоюға арналған. Бұл Қазақстанның метрологиялық тәуелсіздігінің артуына алып келетін техникалық жаңарту мүмкіндігін тікелей іске асыруға тура келеді. Соған байланысты ел ішінде көбірек өлшеу қызметтері көрсетілетін болады. Осыған орай төменде шартты түрде 2022-2023 жылдардағы жаңартылған эталондар санының өсуінің оң динамикасы көрсетілген (2.4 - сурет).



2.4 – сурет - Қазақстанның ұлттық өлшем стандарттарын жаңарту, жылдар бойынша

Экономика өскен сайын дәл өлшемдерге ішкі сұраныс артады. Бұл қазақстандық стандарт үшін қызметтер спектрін кеңейтуге, жаңа зертханалар ашуға, мемлекеттік әріптестік жағдайында өнеркәсіптік кәсіпорындардан қаржыландыруды тартуға мүмкіндік туғызады. Тағы бір мүмкіндік ол өңірлік көшбасшы болу. Орталық Азия елдері метрологиялық инфрақұрылымның тапшылығын жиі бастан кешіреді, ал Қазақстан тиісті даму кезінде өңірдің метрологиялық орталығы бола отырып, олардың қажеттіліктерінің бір бөлігіне коммерциялық негізде қызмет көрсете алады. Сонымен, цифрландыру және инновация – бұл жаһандық мүмкіндік. Электронды тексеру куәліктеріне көшу, өлшеу құралдарының ұлттық дерекқорын құру ақпаратқа қол жеткізуді жеңілдетеді және бақылауды жеңілдетеді. ҚР экономикасының ағымдағы цифрлық трансформациясы метрологияда заманауи IT-шешімдерді енгізуге ықпал етуі мүмкін.

Қауіптер (Threats): стратегияны әзірлеу кезінде метрологиялық қамтамасыз ету жүйесіне теріс әсер етуі мүмкін сыртқы қауіптерді де ескеру қажет. Қауіптердің бірінші тобы технологиялық алшақтыққа байланысты. Өлшеу ғылымы қазір қарқынды дамып келеді. Ұлттық мүмкіндіктер жоғары технологиялық салалардың сұраныстарын қанағаттандырмайды, бұл өнімнің инновациялары мен бәсекеге қабілеттілігін шектейді. Мысалы, шетелдік тапсырыс берушілердің дәлдікке деген талабы қазақстандық калибрлеу туралы куәлікпен расталғаннан асып кетуі мүмкін, содан кейін бизнес шетелдік зертханаларға жүгіну арқылы шығынға ұшырайды. Екінші қауіп - кадрлық және институционалдық кету. Әлемдік өлшеу нарығы кәсіпқойлар үшін тартымды және ең жақсы жас мамандардың заманауи зертханаларды немесе жоғары жалақыны іздеу үшін көшіп кету қаупі бар. Егер кадрларды даярлау және ынталандыру жүйесін орнатпаса, метрологиялық қызмет әлсіреуі мүмкін. Үшінші қауіп – экономикалық және геосаяси. Қазақстан әзірге импорттық жабдықтар мен сыртқы білімге айтарлықтай сүйенетіндіктен, геосаяси тәуекелдер метрологияға да әсер етуі мүмкін. Мысалы, санкцияларға немесе жеткізу тізбегінің үзілуіне байланысты импорттық лазерлерді, датчиктерді,

анықтамалық материалдарды алудағы қиындықтар модернизацияны тежеуге қабілетті. Ақырында, жүйенің инерциясы белгілі бір қауіп болуы мүмкін: қолданыстағы бюрократиялық мәдениет пен нормалар өзгерістерге қарсы тұра алады. Мысалы, жаңа стандарттарға көшу, жеке зертханалармен ынтымақтастық, кеңестік ГОСТ-тарды қайта қарау. Бұл мүмкіндіктер толық іске асырылмайды деген ішкі қауіп болып табылады.

Жалпы SWOT-талдау Қазақстанның метрологиялық қамтамасыз ету жүйесінің маңызды күшті негіздері бар екенін, бірақ тарихи жинақталған елеулі әлсіздіктер де бар екенін көрсетеді. Ашылатын мүмкіндіктерді – ең алдымен жаңғырту мен халықаралық кооперацияны сауатты пайдалану кезінде Қазақстан өзінің метрологиялық тәуелсіздігі мен құзыреттілігін айтарлықтай күшейте алады. Оларға әлемдік өзгерістерге уақтылы бейімделу, кадрлық әлеуетті дамыту және тұрақты қаржыландыруға қол жеткізу жатады. Анықталған проблемалар реформалар үшін бағдар болып табылады. Мысалы, стандарттарды жаңарту бойынша қазірдің өзінде қабылданған қадамдар техникалық әлсіздіктердің бір бөлігін тікелей жояды, сыртқы калибрлеуге тәуелділікті азайтады және ішкі өлшеулердің дәлдігін арттырады. Үкіметтің бұл бастамаларды қолдауы және эталондық базаны одан әрі жоспарлы дамыту болашақта қуып жетіп келе жатқан Қазақстан өңірдің технологиялық дамыған метрологиялық жүйелер тобына өтетіндігінің кепілі болады. Осылайша, қазіргі жағдайды және сыртқы салыстыруларды сыни талдау қажетті әрекеттерді түсінуге әкеледі. Оларға күшті жақтарын нығайту, әлсіздерін жою, мүмкіндіктерді пайдалану және тиімді және заманауи ұлттық метрологиялық жүйені құру үшін қауіптерді бейтараптандыру кіреді.

3 ҚР-да жоқ геометриялық өлшемдердің перспективалық шетелдік эталоны

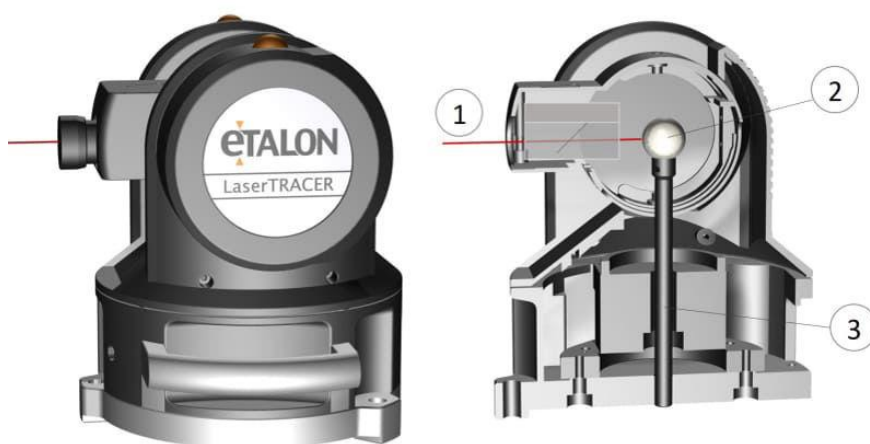
3.1 Геометриялық өлшемдердің жаңа эталонын енгізу қажеттілігінің негіздемесі

Координаталық өлшеу және басқа геометриялық өлшеу жүйелері автомобиль, аэроғарыш және машина жасау сияқты заманауи жоғары дәлдіктегі салаларда сапаны қамтамасыз етудің негізгі элементі болып табылады. Бәсекеге қабілетті өнімді шығару үшін кәсіпорындарға бөлшектердің күрделі геометриясын жоғары дәлдікпен өлшеу қажет. Мысалы, турбиналық қалақтар, дәлме-дәл механизмдер, 3D беттері бар бұйымдар және т.б.. Сапа менеджменті стандарттары ISO, API және т.б. қажетті дәлдікке кепілдік беру үшін өлшеу жабдықтарын, соның ішінде координаталық өлшеу машиналарын (КИМ) үнемі тексеруді және калибрлеуді белгілейді. Алайда, қазіргі уақытта Қазақстан Республикасының метрологиялық базасы негізінен қарапайым сызықтық өлшемдер мен бұрыштарды калибрлеуді қамтамасыз ететін классикалық эталондармен (мысалы, ұзындықтың соңғы өлшемдері, бұрыштық өлшемдер, калибрлер) шектелген. Қазіргі заманғы лазерлік интерферометриялық жүйелер немесе күрделі пішінді беттік эталондар сияқты күрделі кеңістіктік (3D) өлшеулер үшін жаңа буынның бастапқы эталондары жоқ. Бұл күрделі өлшеу жабдықтарын калибрлеуде қиындықтарға әкеледі. Мысалы, жоғары дәлдіктегі координаталық өлшеу машиналары мен 3D сканерлері шетелде сенім артуға мәжбүр, бұл қосымша уақыт пен шығынға әкеледі.

Жаңа эталонды енгізу қажеттілігі өлшеу дәлдігіне қойылатын талаптардың өсуіне және жаңа технологиялардың пайда болуына байланысты. ҚР-да бар тексеру әдістері көбінесе өлшеу жүйелерінің көлемдік қателіктерін қамтуға мүмкіндік бермейді. Мысалы, КИМ-ді дәстүрлі әдістермен калибрлеу кезінде ұзындықтың соңғы өлшемдері, шар стандарттары, сызықтар және т.б. жеке осьтер мен қашықтықтар тексеріледі, бірақ күрделі кеңістіктік қателіктер әрдайым анықталмайды (осьтердің үйлесімсіздігі, сызықтық емес, үстелдердің көлбеуі және т. б.). Нәтижесінде күрделі беттерді өлшеу бақыланбайтын қателікпен бірге жүруі мүмкін. Қазіргі заманғы көлемдік эталонды енгізу өлшеу нәтижелерінің SI бірліктеріне дәлдіктің жаңа деңгейінде қадағалануын қамтамасыз ете отырып, өлшеу машиналары мен құралдарын жан-жақты калибрлеуге мүмкіндік береді. Бұл әсіресе Қазақстан үшін жоғары дәлдіктегі машина жасауды дамыту және өлшеулердің субмикрондық дәлдігі мен жоғары қайталануы талап етілетін жаһандық өндірістік тізбектерге интеграциялау жоспарларымен өзекті. Осылайша, Қазақстандық метрология жүйесінде геометриялық шамалардың қазіргі заманғы шетелдік эталонының пайда болуы техникалық алшақтықты жоюға, елдің өлшеу инфрақұрылымының дербестігі мен бәсекеге қабілеттілігін арттыруға мүмкіндік береді.

3.2 Шетелдік эталонның сипаттамасы: техникалық сипаттамалары, өлшеу диапазоны және қолдану аясы

ҚР-да жоқ геометриялық өлшемдердің перспективалық эталонның мысалы ретінде LaserTRACER лазерлік – интерферометриялық жүйесін-координаталық-өлшеу машиналарын және басқа да көлемді өлшеу жүйелерін калибрлеуге арналған бастапқы эталонды қарастырайық. LaserTRACER ұлттық метрологиялық институттар (Германия PTB және Ұлыбритания NPL) және Etalon (Hexagon) фирмаларының ынтымақтастығында жасалған. Бұл стандарт лазерлік интерферометрия әдісімен ұзындық бірлігін жүзеге асырады және үш өлшемді өлшеулерде жоғары дәлдікті қамтамасыз ете отырып, метрді субмикрондық белгісіздікпен көбейтуге қабілетті.



3.1 – сурет - Etalon LaserTRACER - 0,001 микрон ажыратымдылығы бар лазерлік интерферометр

(1. Нанометрлік ажыратымдылықтағы өлшеу сәулесі. 2. Пішін қателігі 50 нм-ден аз анықтамалық сфера. 3. Жылу кеңею коэффициенті төмен материал ұстағыш

Жұмыс принципі: LaserTracer - дәл шағылыстырғыштың (ретрорефлектордың) кеңістіктегі қозғалысын бақылайтын автоматты лазерлік интерферометр. Құрылғының ішінде интерферометриялық қашықтықты өлшеу үшін тірек ретінде қызмет ететін, пішіні 50 нм-ден аспайтын жоғары дәлдіктегі сфералық шағылыстыратын нысана (каталл айнасы) орналасқан. Сфера механикалық және термиялық түрде құрылғының айналмалы қондырғыларынан оқшауланған, бұл лазер сәулесінің бағыттау қателіктерінің әсерін жояды. Лазерлік трассердің айналу орталығының тұрақтылығы 0,3 мкм-ден жақсы. Тұрақты гелий-неон лазерінің сәулеленуі сыртқы модульден талшық арқылы беріледі, бұл жылу әсерін азайтады және интерферометрді құрылғының ішінен орам орналастыруға мүмкіндік береді. КИМ-ді калибрлеу кезінде оператор машинаның жұмыс көлемінің ішіне LaserTracer орнатады, ал рефлектор КИМ-нің жылжымалы органына (зондына) немесе машинаның шпинделіне бекітіледі. Іске қосылған кезде жүйе автоматты түрде лазер сәулесін шағылыстырғышқа бағыттайды және

нанометрлік ажыратымдылықтағы ұзындықтарды тіркей отырып, бүкіл көлем бойынша машинаның нақты қозғалысын үздіксіз бақылайды. Кірістірілген өзін-өзі калибрлеу алгоритмдері мен бағдарламалық қамтамасыз ету (мысалы, Etalon TRAC-CAL) алынған деректерді өңдейді және жабдықтың геометриялық қателіктерін субмикрондық дәлдікпен есептейді, соның ішінде сызықтық қозғалыс қателіктері, түзу жүрістер, бұрыштық ауытқулар (қадам, иілу, орам) және машина немесе КИМ осьтерінің сәйкес келмеуін. Меншікті өлшеу техникасының арқасында LaserTracer айналмалы осьтердің өзіндік механикалық қателіктерін өтейді және өлшеу жүйесінің айналу центрін бұрын-соңды болмаған дәл анықтауға мүмкіндік береді. Осылайша, осы эталонның жұмыс принципі лазерлік интерферометрияны ұзындық бірлігінің негізі ретінде объектінің қозғалысын автоматты түрде бақылаумен біріктіреді, бұл өлшеу машинасының бүкіл көлемін қамтуға және оның қателіктерінің кешенін анықтауға мүмкіндік береді.

Техникалық сипаттамалары: Laser Tracker үлкен қашықтық диапазонында жұмыс істеуге арналған және өте жоғары өлшеу дәлдігін қамтамасыз етеді. Қысқаша сипаттамалары 3.1-кестеде келтірілген.

Кесте - 3.1 - Лазерлік интерферометриялық lasertracer эталонының негізгі техникалық сипаттамалары

Сипаттама	Мағынасы
Жұмыс жасау принципі	Ретрорефлекторға (сфералық айна) автобағдарлаумен лазерлік гетеродинді интерферометр
Қашықтықты өлшеу диапазоны	0,2 м – 15 м (радиалды өлшеу диапазоны)
Рұқсат қабілеті	0,001 мкм (1 нм)
Кеңейтілген қате ($U, k=2$)	Өлшеудің бүкіл ұзындығы бойынша (0,2 мкм + 0,3 мкм/м)
Айналу орталығының тұрақтылығы	< 0,3 мкм
Пайдалану шарттары	15-35 °С (мәлімделген дәлдік үшін температура); кірістірілген температура мен ауа қысымын өтеу
Жабдықты калибрлеу уақыты	< 3 сағат (жалпы КИМ калибрлеу)

Сипаттамалардан көрініп тұрғандай, LaserTracer жүйесі нанометрлік ажыратымдылықты және әдеттегі бірнеше метр қашықтықта шамамен 0,2–0,5 мкм өлшеу қателігін қамтамасыз етеді. Салыстыру үшін, КИМ-ді калибрлеудің дәстүрлі әдістері (мысалы, сызғыш немесе лазерлік трекер арқылы) метрге бірнеше микрометр деңгейінде қателікке ие, яғни минимум жоғары ретке ие. Үлкен жұмыс диапазоны (15 м-ге дейін) орташа және үлкен машиналар мен өлшеу жүйелерін калибрлеуге мүмкіндік береді. Жүйе қоршаған орта датчиктерімен және сыну түзету алгоритмдерімен жабдықталған, соның арқасында ауаның температурасының, қысымының және ылғалдылығының

өзгеруі автоматты түрде ескеріледі. Бұл өлшеулердің метрді анықтауға (лазер жиілігінің тұрақтылығы арқылы) зертхананың нақты жағдайында қадағалануына кепілдік береді. LaserTracer қолданар алдында күрделі туралауды қажет етпейді. Классикалық интерферометрлер талап ететіндей, құрылғыны осьтер бойымен дәл туралаудың қажеті жоқ. Оны шамамен жұмыс аймағында орнату жеткілікті, ал жүйенің өзі лазер сәулесін рефлекторға туралайды. Бұл эксплуатацияны жеңілдетеді және адам факторының әсерін азайтады (оператордың қателіктері). Сонымен қатар, құрылғының дизайны шағын және мобильді – лазер сыртқы блокқа шығарылады, ал өлшеу модулінің өзі салыстырмалы түрде аз массаға ие (шамамен 9,5 кг), оны бөлімдер арасында жылжытуға болады.

Қолдану салалары: LaserTracer стандарты әртүрлі жабдықтардың геометриялық параметрлерін жоғары дәлдікпен калибрлеу және сертификаттау үшін қолданылады. Ең алдымен, оны ұлттық метрологиялық институттар мен аккредиттелген зертханалар координаталық өлшеу машиналарын (КИМ)-тактильді және оптикалық – тактильді-толық өлшеу үшін калибрлеу үшін пайдаланады. Оның көмегімен КИМ –нің барлық негізгі жүйелік ауытқулары анықталады және өтеледі. Олар осьтер бойынша масштабты қателіктер, бағыттаушылардың сызықтық еместігі (қозғалыстың түзулігі), бұрыштық қателіктер (бағыттаушылардың көлбеуі -.pitch, yaw, roll) және осьтердің перпендикулярлығы. LaserTracer калибрлеуінен кейін КИМ-нің дәлдік сипаттамалары ISO 10360 халықаралық стандарттарына сәйкес деңгейге шығарылады (мысалы, E_0 ұзындық қателігі сынақ ұзындықтарындағы субмикрондық шамаларға дейін төмендейді). КИМ-ден басқа, LaserTracer көп координатты өңдеу орталықтары мен CNC станоктарын калибрлеу үшін қолданылады – бұл машинаның геометриясын тікелей жұмыс орнында жылдам (бірнеше сағат ішінде) тексеруге және түзетуге мүмкіндік береді. Бұл әсіресе аэроғарыш және аспап өнеркәсібіндегі дәлдік машиналары үшін өте маңызды, мұнда орналасу дәлдігі жасалған бөлшектердің сапасына әсер етеді. Сондай – ақ, бұл эталон портативті өлшеу жүйелерін (мысалы, артикулярлық өлшеу қолдары мен лазерлік трекерлер) тексеру үшін қолданылады-жоғары дәлдіктің арқасында LaserTracer оларды сынау кезінде ұзындық стандарты ретінде әрекет етеді.

Айта кету керек, LaserTracer технологиясы масштабталады. Ең қатаң талаптар үшін бір уақытта бірнеше құрылғыны қолдануға болады. Мысалы, Etalon Multitrace кешені синхронды түрде жұмыс істейтін төрт LaserTracer-ді біріктіреді, бұл көп позициялы мультиплатерация әдісін қолдана отырып, нақты уақыттағы координаттарды 1 кГц-ке дейін өлшеуге және үлкен көлемді объектілердің бүкіл көлемінде субмикрондық дәлдікке қол жеткізуге мүмкіндік береді. Мұндай мүмкіндіктер ғылыми зерттеулерде және аса ірі координаттық жүйелерді калибрлеуде, мысалы, авиациялық агрегаттардың құрастыру сатыларын туралау кезінде немесе үлкен антенна жүйелерінің геометриясын бақылау кезінде сұранысқа ие. Осылайша, қарастырылып отырған эталонның қолданылу аясы геометриялық параметрлерді қателік деңгейімен өлшеу қажет кез келген жерде – өнеркәсіпте өлшем бірлігін қамтамасыз етуден бастап жоғары

дәлдіктегі ғылыми аспап жасауға дейінгі міндеттердің кең ауқымын қамтиды, $10^{(-7)}$ - $10^{(-6)}$ өлшенетін шамадан.

3.3 Қазақстан Республикасында жаңа эталонды енгізудің перспективалары мен кезеңдері

Енгізудің техникалық аспектілері: LaserTracer типті лазерлік-интерферометриялық эталонды Қазақстанның ұлттық өлшеу жүйесіне біріктіру үшін тиісті инфрақұрылым құру қажет болады. Ең алдымен, "ҚазМетрИн" РМК – ны (немесе басқа да жауапты метрологиялық ұйымды) жабдықпен жабдықтау қажет. Ол дегеніміз LaserTracer жүйесін және қосалқы құралдарды (TRAC-Cal/TRAC-CHECK бағдарламалық қамтамасыз ету, эталондық шағылыстырғыштар, Климаттық жабдықтар) сатып алу. Зертханада қоршаған ортаның қатаң жағдайлары қамтамасыз етілуі керек. Температураны $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ұстап тұру, ылғалдылық пен қысымды бақылау (сыну түзетулерінің дұрыс жұмыс істеуі үшін). Кірістірілген өтемақының арқасында LaserTracer қысқа мерзімді тербелістерге салыстырмалы түрде сезімтал болмаса да, тұрақты температура режимі нәтижелердің қайталануын арттырады. Келесі кезең жаңа эталонды метрологиялық сертификаттау болады. Оның параметрлері (лазердің тұрақтылығы, интерферометрді калибрлеу) халықаралық стандарттарға сәйкес бақылануы керек. Әдетте, өндіруші лазерді калибрлеу туралы куәлікті ұсынады (мысалы, жиіліктің иодтық стандарты бойынша), бірақ ұлттық зертхана жетекші НМИ (PTB, NPL) бірлесіп қосымша сертификаттауды жүргізе алады. ҚР-да өзекті болып табылатын өлшеу құралдарына қатысты LaserTracer негізінде тексеру және калибрлеу әдістемелерін әзірлеу маңызды (мысалы, LASERTRACER көмегімен ГОСТ ISO 10360 бойынша КИМ тексеру әдістемесі). Мұндай әдістемелер ұлттық деңгейде техникалық реттеу және метрология комитеті арқылы бекітіліп, мемлекеттік эталондар тізіліміне енгізілуі тиіс.

Кадрлық қамтамасыз ету: зертхана қызметкерлері жаңа эталонмен жұмыс істеу бойынша оқудан өтуі керек. Жүйе жоғары технологиялық болғандықтан, метрологтарды өндірушіге немесе LaserTracer-ді басқаратын метрологиялық орталықтарға тағылымдамадан өтуге жіберген жөн. Алайда, бұл жүйенің артықшылығы - салыстырмалы автоматтандыру және достық интерфейсі. Бағдарламалық жасақтама өлшеу процедурасы арқылы операторды кезең-кезеңімен жүргізеді және күнделікті калибрлеуді орындау үшін өте жоғары біліктілік қажет емес. Дегенмен, мамандар интерферометрия принциптерін түсініп, өлшеулердің белгісіздігін бағалай білуі және нәтижелерді өңдей алуы керек. Болашақта Қазақстанда лазерлік интерферометрия және көлемдік метрология саласында өз сараптамасының пайда болуы эталонды пайдаланып қана қоймай, оны жақсартуға, отандық өнеркәсіптің ерекше қажеттіліктеріне бейімделуге қатысатын кадрларды дайындауға мүмкіндік береді.

Даму перспективалары: лазерлік-интерферометриялық эталонды сәтті енгізгеннен кейін оның одан әрі даму кезеңдері мүмкін. Жаңа техника негізінде

Nano-және микроөлшемді метрология, күрделі беттердің 3D - метрологиясы саласында ғылыми-зерттеу жұмыстарын ұйымдастыруға, өзіндік әдістемелер мен бағдарламалық қамтамасыз етуді әзірлеуге болады мысалы, белгісіздікті бағалау үшін КИМ виртуалды модельдері, өлшемдердің цифрлық егіздері. LaserTracer тәжірибесі болашақта қосымша модульдерді немесе басқа эталондарды сатып алуды қарастыруға мүмкіндік береді. Осылайша, бір озық эталонды енгізу Қазақстан Республикасында геометриялық өлшемдерді метрологиялық қамтамасыз етуді кешенді жаңғыртуға қадам болады.

Қорытындылай келе, таңдалған шетелдік эталон - лазерлік интерферометриялық кешен LaserTracer-геометриялық шамаларды метрологиялық бақылаудың дәлдігі мен толықтығын едәуір арттыра алатын заманауи шешім. Оны енгізу Қазақстанның өнеркәсібі мен ғылымының объективті қажеттіліктеріне негізделген, ал осы жобаны іске асыру тиісті жоспарлау кезінде өнім сапасын арттыру, ресурстарды үнемдеу және ұлттық метрологиялық жүйені нығайту түрінде өлшенетін пайда әкеледі. Бұл Қазақстанның дәлдігі жоғары өлшемдер саласындағы технологиялық егемендігіне инвестиция салу және сапа инфрақұрылымын дамытуға қосқан маңызды үлес.

3.4 Қазақстан Республикасында Laser TRACKER жаңа геометриялық эталонын енгізу кезінде тәуекелдерді талдау және оларды басқару

Қазақстан Республикасының метрологиялық жүйесіне Laser TRACKER жаңа геометриялық эталонын енгізу жоғары дәлдіктегі өлшеу технологияларымен байланысты күрделі инновациялық жоба болып табылады. Мұндай жоба әр түрлі тәуекелдермен бірге жүреді, сондықтан оларды алдын-ала анықтау және талдау қажет. Тәуекелдерді сауатты басқару теріс салдарларды барынша азайтуға және LaserTRACER эталонын табысты игеруді қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

LaserTRACER енгізу кезіндегі негізгі тәуекелдер

Жаңа LaserTRACER стандартын іске қосуды жоспарлау кезінде бірқатар негізгі тәуекелдер анықталады. Бұл тәуекелдерді бірнеше санатқа бөлуге болады: техникалық, ұйымдастырушылық, қаржылық-экономикалық, сондай-ақ құқықтық және пайдалану тәуекелдері. Әр топты толығырақ қарастырайық.

Техникалық тәуекелдер. LaserTRACER-бұл белгілі бір жұмыс жағдайларын қажет ететін жоғары дәлдіктегі лазерлік интерферометриялық құрылғы. Техникалық тәуекелдерге қолайсыз жағдайларға немесе пайдалану қателіктеріне байланысты мәлімделген сипаттамаларға сәйкес келмейтін тәуекелдер жатады. Мысалы, қоршаған орта параметрлерінің ауытқуы (температура, ылғалдылық, діріл) өлшеу дәлдігіне әсер етуі мүмкін. Егер зертхананың тұрақты Климаттық бақылауы мен діріл оқшаулауын қамтамасыз етпесе, эталонның метрологиялық сипаттамаларына іс жүзінде қол жеткізілмеу қаупі бар. Сондай-ақ, техникалық тәуекелдерге жабдықтың істен шығуы немесе

LaserTRACER бағдарламалық жасақтамасының істен шығуы жатады. Жүйе күрделі болғандықтан, лазер көзінің, детекторлардың немесе бақылау жетектерінің істен шығуы тоқтап қалуға және қымбат жөндеуге әкелуі мүмкін. Уақыт өте келе LaserTRACER-дің калибрлеу дәлдігін жоғалту қаупін бөлек атап өткен жөн. Эталон үнемі жоғары эталондарға қатысты тексерілуі немесе калибрленуі керек; уақтылы калибрлеудің болмауы қателіктердің жиналуына және нәтижелердің дұрыс накопстігіне әкелуі мүмкін. Соңында, үйлесімсіздік немесе интеграция қаупі: LaserTRACER бағдарламалық жасақтаманы қамтиды (мысалы, TRAC-CAL/TRAC-CHECK) және қолданыстағы метрологиялық процедураларға біріктірілуі керек. Өлшеудің жаңа әдістерін калибрлеу мен тексерудің қазіргі тәжірибесіне біріктіру кезінде қиындықтар туындауы мүмкін, бұл техникалық тәуекелдерге де қатысты.

Ұйымдастырушылық тәуекелдер. Жаңа эталонды енгізу ұйымның құрылымы мен процестеріне әсер етеді (мысалы, ұлттық метрологиялық орталық). Қызметкерлердің біліктілігінің жеткіліксіздігі қаупі ең маңыздыларының бірі болып табылады. LaserTRACER пайдалану лазерлік интерферометрия және көлемді жабдықты калибрлеу бойынша арнайы білім мен дағдыларды қажет етеді. Егер қызметкерлер тиісті түрде оқытылмаса, бұл эталонды пайдалану кезінде қателіктерге немесе оның мүмкіндіктерін тиімсіз пайдалануға әкелуі мүмкін. Осыған байланысты өзгерістерге қарсы тұру қаупі бар: қызметкерлер консерватизмді көрсете алады және жаңа әдістерге ауысқысы келмейді, әсіресе ескі жүйе көптеген жылдар бойы жұмыс істеген болса. Байланыс пен үйлестіру қаупі де маңызды-енгізу әр түрлі бөлімшелер (метрологиялық зертханалар, стандарттау бөлімі, Бағдарламалық жасақтамаға арналған ат бөлімі және т.б.) арасындағы өзара әрекеттесуді қажет етеді. Үйлестірудің жеткіліксіздігі жобаны іске асырудың кешігуіне әкелуі мүмкін. Сонымен қатар, бюрократиялық процедураларға байланысты енгізу мерзімдерін сақтамау қаупін көрсетуге болады (мысалы, ұзақ мерзімді сертификаттау және өлшем бірлігін қамтамасыз етудің мемлекеттік жүйесінің тізілімінде эталонды бекіту). Егер эталонды келісу, аттестаттау және нормативтік базаға өзгерістер енгізу процесі кешіктірілсе, жоба кестеден шығып кетуі мүмкін.

Қаржылық-экономикалық тәуекелдер. LaserTRACER - бұл қымбат, жоғары технологиялық кешен, сондықтан қаржылық аспектілер өте маңызды. Егер эталонды сатып алуға, орнатуға және ұстауға жұмсалатын нақты шығындар жоспарланғаннан асып кетсе, бюджеттен асып кету қаупі туындайды. Жасырын шығындар болуы мүмкін: қосымша жабдықты сатып алу қажеттілігі (мысалы, климаттық камера, діріл оқшаулау үстелдері), бағдарламалық жасақтама лицензияларын төлеу, қызметкерлерді шетелде оқыту шығындары және т. б. Қаржыландырудың жеткіліксіздігі немесе қаржыландырудың кешігуі қаупі (мысалы, егер бюджет қаражаты талап етілгеннен аз бөлінсе немесе олар уақтылы түспесе) жобаның тоқтап қалуына әкелуі мүмкін. Тағы бір фактор – экономикалық тиімділік және өтелімділік: Инвестициялар күтілетін мерзімде өзін-өзі ақтамау қаупі бар. Егер өнеркәсіп тарапынан жаңа эталонмен ұсынылатын жоғары дәлдіктегі калибрлеу мен тексерулерге сұраныс

болжанғаннан төмен болса, онда қызметтерден түсетін кірістер эталонды ұстауға арналған шығыстарды өтемеуі мүмкін. Сондай-ақ сыртқы экономикалық тәуекелдер LaserTRACER импорттық жабдық болып табылады, сондықтан валюталық ауытқулар мен кедендік шығындар жобаның қорытынды құнына әсер етуі мүмкін. Қаржылық тәуекелдерге эталонды иелену құны да кіреді, мысалы, халықаралық орталықтарда немесе өндірушіде LaserTRACER-ді үнемі тексеріп отыру шығындары, шығын материалдары мен ықтимал жөндеу шығындары.

Құқықтық және пайдалану тәуекелдері. Нормативтік-құқықтық сипаттағы тәуекелдерді және ұзақ мерзімді кезеңде пайдалануға байланысты тәуекелдерді бөлек бөліп көрсетуге болады. Нормативтік тәуекелдер жаңа эталон ресми түрде бекітіліп, өлшеу құралдарының мемлекеттік тізіліміне енгізілуі керек. Ұлттық және халықаралық стандарттарға сай болу қажеттілігі қосымша процедураларды қажет етуі мүмкін. Мысалы, LaserTRACER көмегімен калибрлеу әдістемесі ҚР ГОСТ/СТ немесе халықаралық стандарттардың (ISO, OIML) талаптарына сәйкес келетініне көз жеткізу керек. Егер нормативтік база мұндай жаңалықтарға дайын болмаса, оны жаңарту қажет болады, бұл кешігу қаупін тудырады. Операциялық тәуекелдерге эталонды ұзақ мерзімді сақтау мәселелері кіреді. Бірнеше жылдан кейін жақсы технологиялар пайда болып, LaserTRACER моральдық тұрғыдан ескіреді немесе өндірушінің қолдауы төмендейді. Сонымен қатар, қауіпсіздік қаупі лазерлік өлшеу жүйелері салыстырмалы түрде қауіпсіз болғанымен, оқиғаларды болдырмау үшін лазерлік сәулелену мен электр жабдықтарымен жұмыс істеу кезінде сақтық шараларын сақтау қажет.

Осылайша, LaserTRACER енгізу кезіндегі тәуекелдер ауқымы өте кең. Оларды уақтылы анықтау жобаны іске асыру кезеңінде тиімді қарсы іс-қимыл шараларын жоспарлауға мүмкіндік береді.

Тәуекелдерді басқару әдістері мен стратегиялары

LaserTRACER эталонын енгізу бойынша жобаны табысты іске асыру үшін тәуекелдерді белсенді басқару талап етіледі. Тәуекелдерді басқару процесінің негізгі қадамдары тәуекелдерді анықтау, оларды талдау (ықтималдық пен әсерді бағалау), әрекет ету шараларын әзірлеу және тұрақты мониторинг болып табылады. Төменде аталған санаттардың әрқайсысы үшін тәуекелдерді азайту стратегиялары берілген.

Техникалық тәуекелдерді басқару. Техникалық белгісіздіктерді азайту үшін инфрақұрылым мен қызметкерлерді мұқият дайындау қажет. LaserTRACER зертханасын заманауи климаттық бақылау құралдарымен және дірілден қорғаумен жабдықтау ұсынылады, осылайша дәл өлшеу үшін тұрақты жағдайлар жасалады. Жабдықтың істен шығу қаупін азайту үшін LaserTRACER жеткізушісімен немесе өндірушісімен қызмет көрсету келісімшартын жасасу керек, техникалық қолдау жоспары болуы керек. Қосалқы бөлшектерге және білікті жөндеуге жедел қол жетімділіктің болуы ақау болған жағдайда тоқтап қалу уақытын қысқартады. Сонымен қатар, Ұлттық жүйеде LaserTRACER тексеру/калибрлеу әдістемесін әзірлеу және бекіту маңызды. Жоғары метрологиялық органда эталонды үнемі тексеру (мысалы, жылына бір рет) немесе жетекші институттардың (PTB, NPL және т.б.) эталондарымен салыстыру

арқылы метрологиялық сипаттамалардың сақталуына кепілдік береді. Интеграция тәуекелін жою үшін қолда бар бағдарламалық қамтамасыз ету мен рәсімдерді бейімдеу қажет: мысалы, ат-мамандарды TRAC-CAL бойынша жұмыс істеуге үйрету, Lasertracer нәтижелерінің Қазақстанда пайдаланылатын калибрлеу хаттамаларының форматымен үйлесімділігін тексеру. Пайдалы стратегия пилоттық енгізу болып табылады. Техникалық ақауларды анықтау және оларды толық ауқымды іске қосқанға дейін уақтылы шешу үшін бірнеше типтік тапсырмаларда LaserTRACER жұмысын сынақ режимінде бастау қажет.

Ұйымдық тәуекелдерді басқару. Адами фактор мен ұйымдастырушылық қолдау жаңа эталонды енгізудің кілті болып табылады. Қызметкерлерді оқытуға инвестиция салу қажет. Lasertracer-пен жұмыс істейтін метрологтар, инженерлер мен техниктер үшін курстар, семинарлар немесе тағылымдамалар ұйымдастыру. Оқытуды өндірушімен немесе lasertracer қазірдің өзінде қолданылатын жетекші орталықтарда жүргізуге болады. Бұл команданың құзыреттілігін арттырады және қателіктер қаупін азайтады. Өзгерістерге қарсылықты жеңу үшін түсіндіру жұмыстарын жүргізу ұсынылады. Жаңа жүйенің артықшылықтарын көрсету, дәстүрлі әдістермен салыстырғанда LaserTRACER тиімділігі мен дәлдігін көрсететін презентациялар мен пилоттық жобаларды ұйымдастыру. Шешім қабылдау және іске асыруды жоспарлау процесіне негізгі қызметкерлерді тарту да ұйымдық тәуекелдерді азайтады. Жобаның жауапты үйлестірушілерін — жоба менеджері мен техникалық кураторды тағайындау маңызды, олар іске асыру жоспарының орындалуын, мерзімдері мен бөлімшелер арасындағы байланысты қадағалайды. Эталонды аттестаттауға құжаттарды алдын ала тапсырған жөн, жаңа эталондарға қойылатын талаптарға қатысты ҚР метрология комитетімен кеңескен жөн. SI типтерін бекіту органдарымен және басқа мүдделі тараптармен белсенді өзара әрекеттесу кідірістерді азайтуға және жобаны нормативтік қолдауды қамтамасыз етуге көмектеседі.

Қаржылық тәуекелдерді басқару. Бюджетті жоспарлау кезеңінде сметаның ықтимал асып кетуін жабу үшін күтпеген шығындарға (жоба құнының шамамен 10-15%) резерв салу керек. Мұқият техникалық-экономикалық негіздеме жүргізу жобаның нақты құнын анықтауға көмектеседі, оның ішінде барлық компоненттер: lasertracer жабдығының өзі, жеткізу және кедендік төлемдер, салықтар, монтаждау, персоналды оқыту, бағдарламалық қамтамасыз ету, қосалқы жабдықтар және т. б. бюджетке түсетін жүктемені азайту үшін кезең-кезеңмен қаржыландыруды немесе аралас қаржыландыруды тартуды қарастыруға болады. Қаражаттың бір бөлігі — мемлекеттік бюджеттен, бір бөлігі - мүдделі өнеркәсіптік компаниялардан немесе метрологияны дамытудың халықаралық гранттары арқылы. Егер қаржыландырудың жеткіліксіздігі қаупі болса, жобаны фазаларға бөлуге болады (мысалы, сатып алу және орнату — бірінші кезең, тестілеу және сертификаттау — екінші, өнеркәсіп қызметтерін ұсынудың басталуы — үшінші), бұл шығындарды икемді басқаруға мүмкіндік береді. Сұранысты талдау және маркетинг жоспары маңызды шара болып табылады. Ұлттық метрология институты жергілікті өнеркәсіптің жоғары дәлдіктегі калибрлеу қажеттіліктерін (мысалы, машина жасау, авиация,

энергетика) зерттеп, ынтымақтастық туралы алдын-ала келісімдер жасауы керек. Бұл қымбат эталонның жұмыссыз қалу қаупін азайтады. Сондай-ақ, өтелімді жоспарлау ұсынылады. LaserTRACER көмегімен калибрлеу қызметтерінің тарифтерін ұзақ мерзімді перспективада операциялық шығындарды жабатындай етіп есептеу. Валюталық тәуекелдерді басқару үшін белгіленген бағамен ұлттық валютада келісімшарттар жасасуға немесе ірі сатып алуларды валюталық ауытқулардан сақтандыруға болады.

Тұтастай алғанда, қаржылық тәуекелді мұқият жоспарлау және жоба барысында бюджетті үнемі бақылау арқылы азайтуға болады. Құқықтық және пайдалану тәуекелдерін басқару. Жаңа lasertracer эталоны ресми түрде танылуы үшін оны метрологиялық растау және аккредиттеу бойынша техникалық енгізумен қатар жұмыс жүргізу қажет. Нормативтік құжаттарды тексеру (калибрлеу) әдістемесін, эталонның техникалық сипаттамасын, паспортты және т.б. дайындап, оларды ҚР уәкілетті органдарына бекітуге беру керек. Заңнамалық метрология бойынша сарапшылардың осы жұмысқа алдын ала қатысуы lasertracer-тің мемлекеттік өлшем бірлігі жүйесінің барлық талаптарына сәйкестігін қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. Осылайша, құқықтық тәуекел азаяды. Эксплуатациялық тәуекелдерді (ескіру, қолдауды тоқтату) әзірлеушілермен және әлемдік метрологтар қауымдастығымен байланыста болу арқылы азайтуға болады. Мысалы, стандарттарды халықаралық салыстыруға қатысу және lasertracer қолданатын зертханалармен ынтымақтастық жаңартулар, калибрлеу және жақсы жұмыс тәжірибесі туралы уақтылы ақпарат алуға мүмкіндік береді. Жеткізушімен келісімшартқа бағдарламалық жасақтаманы жаңарту және жүйенің жаңа нұсқаларын оқыту туралы шарттарды енгізу мағынасы бар, бұл эталонның алдағы жылдарға өзектілігін қамтамасыз етеді. Пайдалану қауіпсіздігі үшін LaserTRACER-пен жұмыс істеу кезінде қауіпсіздік нұсқауларын әзірлеу, қызметкерлерді осы ережелерге үйрету және олардың сақталуына үнемі аудит жүргізу қажет.

Осылайша, тәуекелдерді басқару әдістерінің кешенін қолдану – техникалық шаралардан бастап ұйымдастырушылық саясатқа дейін-LaserTRACER-ді сәтті енгізу ықтималдығын едәуір арттырады. Тәуекелдерді белсенді басқарумен жобалық тәсіл икемділікті қамтамасыз етеді: проблемалар туындаған кезде жобаның мерзімдері мен нәтижелеріне тәуекелдік оқиғалардың әсерін төмендететін іс-қимыл жоспарлары алдын ала дайындалады.

Қорытындылай келе, Қазақстан Республикасында lasertracer жаңа геометриялық эталонын енгізу ұлттық метрологиялық жүйені дамыту үшін стратегиялық маңызды қадам екенін атап өткен жөн. Жүргізілген талдау бұл жобаның сәттілігі көбінесе байланысты тәуекелдерді тану және бақылау қабілетіне байланысты екенін көрсетті. LaserTRACER енгізумен қатар жүретін техникалық, ұйымдастырушылық, қаржылық және нормативтік тәуекелдер алдын алу шараларының кешенін мұқият жоспарлау және қолдану шартымен айтарлықтай төмендетілуі мүмкін.

Талдау нәтижелері бойынша негізгі ұсыныстар келесіге дейін азаяды:

- Инфрақұрылым мен кадрларды мұқият даярлау: LaserTRACER (қоршаған ортаны бақылау зертханасы, техникалық қызмет көрсету жабдықтары) жұмыс істеуі үшін қажетті жағдайларды алдын ала жасау және қызметкерлерді оқыту. Бастапқы кезеңде адами капитал мен инфрақұрылымға салынған инвестициялар болашақта техникалық проблемалардың төмендеуімен өтеледі.

- Нормативтік-әдістемелік базаны әзірлеу: жабдықты сатып алумен қатар әдістемелік қамтамасыз етуді – нұсқаулықтарды, рәсімдерді, тексеру бағдарламаларын пысықтау. Ұлттық стандарттар мен OIML ұсынымдарының талаптарын ескере отырып, метрология органдарында эталонды аттестаттау процесін алдын ала бастау.

- Резервтермен қаржылық жоспарлау: күтпеген шығындар резервін қамтитын жобаның нақты бюджетін бекітіңіз. Егер жоба әсіресе қымбат болса, бірлесіп қаржыландыру немесе гранттық қолдау мүмкіндіктерін іздеңіз. Ауытқуларды ерте анықтау үшін тұрақты қаржылық бақылау және Бюджеттің орындалуын бақылау.

- Кезеңділік және пилоттық енгізу: жобаны кезең-кезеңімен, әр кезеңнен кейін бақылау нүктелерімен жүзеге асыру. Lasertracер-ді шектеулі тапсырмалар бойынша пилоттық пайдаланудан бастаңыз, бұл тиімділікті бағалауға және қиындықтарды анықтауға мүмкіндік береді. Ұшқыштың нәтижелері бойынша эталонды бүкіл ел бойынша одан әрі орналастыру жоспарын түзету.

- Тәуекелдерді бақылау және оларға жауап беру: жобалық топпен үнемі жаңартылып отыратын тәуекелдер тізілімін жасаңыз. Негізгі тәуекелдерді бақылауға жауаптыларды тағайындау. Тәуекел жағдайына мерзімді шолу жасау және қажет болған жағдайда стратегияны қайта қарау тәжірибесін енгізу. Сыни оқиғалар орын алған жағдайда дайын іс-қимыл жоспарларының болуы (апаттық жоспар). Мысалы, LaserTRACER уақытша қол жетімсіз болған жағдайда калибрлеудің балама нұсқаларын немесе егер алғашқы дайындық нәтиже бермесе, қызметкерлерді қайта даярлау жоспарын алдын-ала ойластыру қажет.

Аталған ұсыныстарды іске асыру LaserTRACER енгізу жобасының басқарылуын арттыруға мүмкіндік береді және оны сәтті аяқтау мүмкіндігін арттырады. Нәтижесінде Қазақстан геометриялық өлшемдерді метрологиялық қамтамасыз ету үшін заманауи мүмкіндіктерге ие болады, бұл өнеркәсіп пен ғылыми зерттеулердің техникалық базасын нығайтады. Тәуекелдердің болуына қарамастан, оларды талдауға және азайтуға жүйелі көзқарас LaserTRACER енгізудің артықшылықтары ықтимал қиындықтардан асып түсетіндігінің кепілі болып табылады, ал жобаның өзі Қазақстан Республикасының метрология саласындағы маңызды жетістікке айналады.

Қорытынды: тәуекелдерді талдау және оларды мұқият басқару жаңа эталонды енгізу процесінің ажырамас бөлігі болып табылады. LaserTRACER-ді тиісті жоспарлау кезінде қолдану Қазақстандағы әлемдік деңгейдегі өлшеулердің дәлдігі мен тиімділігін қамтамасыз етеді, ал тәуекелдерді азайту жөніндегі сипатталған шаралар осы мақсатқа жету жолындағы ұйымдастырушылық және техникалық кедергілерді ойдағыдай еңсеруге мүмкіндік береді.

ҚОРЫТЫНДЫ

Дипломдық жұмыс шеңберінде Қазақстан Республикасын метрологиялық қамтамасыз етудің ағымдағы жай-күйіне геометриялық шамалардың бастапқы эталондарымен кешенді талдау жүргізілді, сондай-ақ оны жетілдіру бойынша нақты ұсынымдар әзірленді. Іске асырылған жұмыс метрологиялық қамтамасыз ету өндірілетін өнімнің сапасына, инновациялық әлеуетке және халықаралық бәсекеге қабілеттілікке тікелей әсер ете отырып, елдің экономикалық және технологиялық дамуының маңызды құрамдас бөлігі болып табылатынын растайды.

Қойылған міндеттер негізінде келесі нәтижелерге қол жеткізілді:

- Метрологияның теориялық негіздерін зерттеу бастапқы стандарттардың маңыздылығын және олардың өлшем бірлігін қамтамасыз етудегі ролін анықтауға мүмкіндік берді. Халықаралық тәжірибені зерделеу барысында Қазақстан Республикасының жағдайларына қолданылуы және бейімделуі мүмкін геометриялық шамаларды жаңғыртудың озық технологиялары мен әдістері анықталды.

- ҚР метрологиялық инфрақұрылымының ағымдағы жай-күйін талдау белгілі бір жетістіктерге қарамастан айтарлықтай шектеулер бар екенін көрсетті. Атап айтқанда, кейбір бастапқы стандарттардың техникалық деңгейі ескірген және жоғары мамандандырылған өлшемдердің бір бөлігі ұлттық стандарттармен қамтылмаған. Метрологтардың кадрлары әлемдік стандарттар мен технологиялардың өзгеруіне сәйкес үнемі біліктілікті арттыруды қажет ететіні анықталды.

- Шет елдердің метрологиялық жүйелерімен жүргізілген салыстырмалы талдау Қазақстанның бірқатар позициялар бойынша елеулі технологиялық және ұйымдастырушылық артта қалуын көрсетті. Мысалы, нанометриялық және субмикрондық өлшеулер, жоғары дәлдіктегі координаттық өлшеулер және дәл аспаптарды калибрлеу саласында шетелдік институттар (NIST, PTB, VNIIM) айтарлықтай дамыған база мен озық тәжірибеге ие. Жұмыста орындалған SWOT-талдау Қазақстанның метрологиялық жүйесінің күшті және әлсіз жақтарын, сондай-ақ мүмкіндіктері мен қауіптерін көрнекі түрде көрсетуге мүмкіндік берді. Негізгі күштердің қатарына заңнамалық қолдау, базалық инфрақұрылымның болуы және әлемдік метрологиялық қоғамдастыққа интеграция жатады. Әлсіз жақтары бастапқы стандарттардың шектелуі, олардың моральдық және физикалық ескіруі, кадр тапшылығы және шетелдік институттарға жоғары тәуелділік болды.

- Анықталған проблемалар негізінде ҚР-дағы метрологиялық қамтамасыз етудің жай-күйін едәуір жақсарту алатын нақты ұсынымдар әзірленді. Лазерлік интерферометрлерді, координаталық-өлшеу машиналарын және жоғары сыныпты профильметрлерді енгізуді қоса алғанда, геометриялық шамалардың қолданыстағы эталондарын жаңғырту бойынша шаралар ұсынылды. Өлшеу диапазоны мен дәлдігін кеңейту қажеттілігіне, сондай-ақ ұзындық, пішін және беттің кедір-бұдырлығын көбейту үшін жаңа әдістер мен

жабдықтарды енгізуге баса назар аударылады. Ұсынымдардың маңызды аспектісі нормативтік базаны жетілдіру болды. Ескірген ГОСТ-ты қайта қарау, жаңа әдістемелік нұсқаулар әзірлеу және ISO халықаралық стандарттарымен және OIML ұсынымдарымен үйлестіру.

– Халықаралық ынтымақтастықты нығайту жөніндегі шаралар жеке қаралды. Әлемнің жетекші метрологиялық институттарымен халықаралық салыстырулар мен тәжірибе алмасу бағдарламаларына қатысуды жандандыру ұсынылады. Қазақстан Республикасының танылатын халықаралық өлшеу мүмкіндіктерінің санын ұлғайту мақсатында BIPM, COOMET және OIML сияқты халықаралық ұйымдарға тереңірек енгізудің маңыздылығы атап өтілді. Халықаралық ынтымақтастықты жандандыру техникалық дамуға да, Қазақстанның әлемдік метрологиялық аренадағы беделін арттыруға да ықпал ететін болады.

Осылайша, жұмыстың мақсатына сәтті қол жеткізілді және оның міндеттері толық шешілді. Эталондық базаны жаңғырту, нормативтік құжаттаманы жетілдіру және халықаралық ынтымақтастықты нығайту бойынша әзірленген ұсынымдар елдің метрологиялық инфрақұрылымын жетілдіру жөніндегі іс-қимылдың нақты және экономикалық негізделген жоспарын білдіреді. Осы ұсынымдарды іске асыру Қазақстан Республикасы өнімдерінің бәсекеге қабілеттілігін арттыруға, ғылымды қажетсінетін өндірістерді дамыту үшін жағдай жасауға және халықаралық қоғамдастық тарапынан қазақстандық өлшемдерге деген сенімнің жоғары деңгейін қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. Бұдан басқа, ұсынылған шаралар "Цифрлық Қазақстан" және "Қазақстан-2030" бағдарламаларында белгіленген стратегиялық мемлекеттік басымдықтарға толық сәйкес келеді, бұл олардың ұлттық экономика үшін өзектілігі мен маңыздылығын растайды.

ҚЫСҚАРТУЛАР ТІЗІМІ

АҚШ – Америка Құрама Штаттары
ЕАЭО – Еуразиялық экономикалық одақ
ЕО – Еуропалық одақ
СИ – Халықаралық Бірліктер жүйесі
ҰМИ – Ұлттық метрологиялық институт
ГОСТ – Государственный стандарт (мемлекеттік стандарт)
BIPM – Халықаралық өлшемдер мен салмақ бюросы
CIPM MRA – халықаралық өлшем мен салмақ комитетін өзара тану туралы келісім
СМС – калибрлеу және өлшеу мүмкіндіктері
COOMET – Мемлекеттік метрологиялық институттардың Еуро-Азиялық ынтымақтастығы
IEC – Халықаралық электротехникалық комиссия
ISO – Халықаралық стандарттау ұйымы
NIST – АҚШ ұлттық стандарттар және технологиялар институты
OIML – Халықаралық заңнамалық метрология ұйымы
PTB – Германияның физика-техникалық федералды институты
SI – Халықаралық бірліктер жүйесі
SWOT – Күшті, әлсіз жақтарын, мүмкіндіктері, қауіптерін талдау
VNIIM – Бүкілресейлік метрология ғылыми-зерттеу институты

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 "Өлшем бірлігін қамтамасыз ету туралы" Қазақстан Республикасының Заңы (2000 жылғы 7 маусымдағы № 53-ІІ, 2020 ж.өзгерістерімен және толықтыруларымен).
- 2 Қазақстан Республикасының Мемлекеттік стандарты. ҚР СТ 2.3-2007"мемлекеттік эталондарды жасау, бекіту, сақтау, қолдану және тексеру тәртібі".
- 3 Қазақстан Республикасының Мемлекеттік стандарты. ҚР СТ 2.66-2014"өлшеу құралдарын тексерудің жалпы ережелері".
- 4 Қазақстан Республикасының Мемлекеттік стандарты. ҚР СТ ISO/IEC 17025-2019 "сынақ және калибрлеу зертханаларының құзыреттілігіне қойылатын жалпы талаптар".
- 5 "Мемлекеттік эталондарды құру, бекіту, сақтау, қолдану және тексеру қағидалары"Қазақстан Республикасы Үкіметінің 2018 жылғы 27 желтоқсандағы № 927 Қаулысы.
- 6 "Цифрлық Қазақстан" мемлекеттік бағдарламасы. Қазақстан Республикасы Үкіметінің 2017 жылғы 12 желтоқсандағы №827 Қаулысы.
- 7 Қазақстан Республикасы Индустрия және инфрақұрылымдық даму министрлігі Техникалық реттеу және метрология комитетінің "Қазақстандық стандарттау және метрология институты" РМК-ның 2022 жылғы жылдық есебі.
- 8 Абдрахманов Е. С., Нұрбекова А. А. Метрология негіздері: оқу құралы. - Алматы, 2019. - 315 б.
- 9 Ахметов К.С., Мухитденова А. Т. Стандарттау және метрология бойынша практикум. - Астана: Фолиант, 2021. - 256 б.
- 10 Жуманов Б.Ж., Тулемисова Г. К. Қазақстандағы метрологиялық қызметтің қазіргі жағдайы және даму перспективалары / / Стандарттау, метрология және сертификаттау. - 2022. - № 4. – Б. 15-21.
- 11 Метрология: терминдер мен анықтамалар. - ГОСТ 16263-70. - Астана, 2010. - 49 б.
- 12 Сүлейменов Р. А. Техникалық реттеу және метрология. Оқу құралы. - Алматы: Бастау, 2020. - 220 б.
- 13 Техникалық реттеу және метрология комитетінің ресми сайты [Электрондық ресурс]. - URL: <https://www.gov.kz/memleket/entities/mti-ktrm?lang=kk>
- 14 Bureau international des poids et Mesures (BIPM) ресми сайты [Электрондық ресурс]. - URL: <https://www.bipm.org>
- 15 Euro-Asian Cooperation of National Metrological Institutions (COOMET) ресми сайты [Электрондық ресурс]. - URL: <https://www.coomet.net>
- 16 International Organization for Standardization (ISO) ресми сайты [Электрондық ресурс]. - URL: <https://www.iso.org>
- 17 Physikalisch ресми сайты-Technische Bundesanstalt (PTB) [Электрондық ресурс]. - URL: <https://www.ptb.de>

18 National Institute of Standards and Technology (Nist) ресми сайты [Электрондық ресурс]. - URL: <https://www.nist.gov>

19 Халықаралық заңнамалық метрология ұйымының (OIML) ресми сайты [Электрондық ресурс]. - URL: <https://www.oiml.org>

20 D. I. Mendeleev All-Russian Institute for Metrology (VNIIM) ресми сайты [Электрондық ресурс]. - URL: <https://www.vniim.ru>

6B07501 – «Индустриалды инженерия» мамандығының, 4 курс студенті Талғатов Мерей Қуанышбекұлының «Геометриялық өлшеулер үшін Қазақстан Республикасындағы бастапқы эталондармен метрологиялық қамтамасыз етуді талдау» тақырыбына жазылған дипломдық жұмысына

СЫН ШІКІР

Тақырып өзектілігі. Қазақстан Республикасында өнеркәсіптік өндірістің қарқынды дамуына байланысты өлшемдердің бірлігін қамтамасыз ету мәселесі аса маңызды бола бастады. Геометриялық өлшемдер көптеген технологиялық процестерде, әсіресе машина жасау, құрылыс және аэроғарыш салаларында ерекше рөл атқарады. Осыған орай, геометриялық өлшемдер бойынша эталондардың жағдайын талдау және оларды жетілдіру мәселесі ғылыми әрі практикалық тұрғыдан өте өзекті болып табылады.

Тақырып бойынша алға қойған мақсаттар. Талғатов Мерейдің дипломдық жұмысының негізгі мақсаты – Қазақстан Республикасындағы геометриялық өлшемдердің бастапқы эталондарын талдау, олардың метрологиялық қамтамасыз етілу деңгейін бағалау және даму жолдарын ұсыну. Мақсатты жүзеге асыру үшін келесі міндеттер орындалған: метрологияның теориялық негіздері мен эталондардың рөліне шолу, қолданыстағы бастапқы эталондардың техникалық сипаттамалары мен жай-күйін зерттеу, халықаралық тәжірибемен салыстыру, SWOT-талдау жүргізу, сондай-ақ жаңа эталондарды енгізу бойынша ұсыныстар әзірлеу.

Тақырыптың жаңалығы. Қазақстан Республикасындағы геометриялық өлшемдер саласындағы эталондардың жай-күйіне кешенді түрде талдау жасалып, нақты ұсыныстар берілген. Әсіресе, Laser TRACKER сияқты заманауи шетелдік эталондарды енгізудің перспективалары мен тәуекелдері талданған.

Тақырыптың практикалық маңызы. Жұмыстағы ұсыныстар еліміздің метрологиялық инфрақұрылымын жетілдіруге, халықаралық өлшем жүйелерімен үйлесімдікті арттыруға бағытталған. Бұл эталондарды жаңғырту және өнеркәсіптік өндіріс сапасын арттыруда үлкен маңызға ие.

Жұмыстың көлемі. Дипломдық жұмыс 51 беттен, 13 суреттен, 6 кестеден тұрады. Қолданылған әдебиеттер саны – 20 атау.

Зерттеу жұмыстарының нәтижелерін талдау. Талғатов Мерей өз алдына қойылған міндеттерді толық орындаған. Жұмыстың құрылымы логикалық, мазмұны терең, тақырыпқа сай әдебиеттермен негізделген. Зерттеу нәтижелері талапқа сай және ғылыми құндылығы жоғары.

Дипломдық жұмысты 95 баллға бағалай отырып, ол өзектілігі, практикалық маңызы жағынан қойылатын талаптарға сай және Мемлекеттік аттестациялау комиссиясы алдында қорғауға ұсынылсын деп ұйғардым.

Пікір беруші,

Ф-м Ғ.К., доцент, проф. м.а.



Алдияров А.У

Алдияров А.У

проф. м.а. Алдияров А.У

**ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ
ПІКІРІ**

Дипломдық жұмыс

Талғатов Мерей Куанышбекұлы

6B07501-«Индустриалды инженерия»

Тақырыбы: «Геометриялық өлшеулер үшін Қазақстан Республикасындағы бастапқы эталондармен метрологиялық қамтамасыз етуді талдау».

Бұл дипломдық жұмыс геометриялық өлшемдер саласындағы бастапқы эталондармен қамтамасыз ету мәселесін зерттеуге арналған.

Тақырыптың өзектілігі: қазіргі таңда Қазақстанда өндіріс пен технологиялық процестердің қарқынды дамуы аясында өлшеулер бірлігінің жоғары дәлдікпен қамтамасыз етілуі қажеттілігімен тығыз байланысты. Жұмыста елдегі геометриялық өлшемдердің эталондық базасы мен халықаралық стандарттарға сәйкестігі терен зерделенген.

Білім алушы метрологиялық жүйенің қазіргі жағдайына кешенді талдау жүргізіп, оның артықшылықтары мен әлсіз жақтарын көрсете білді. Сонымен қатар, Қазақстандағы эталондардың техникалық жағдайына баға беріліп, оларды халықаралық талаптарға сәйкестендіру жолдары нақты ұсынылған. SWOT-талдау негізінде жүйенің даму перспективалары мен оны жетілдіру бағыттары ғылыми тұрғыдан негізделген.

Жұмыстың теориялық бөлімінде метрология негіздері, эталондардың түрлері мен ролі, тексеру және калибрлеу ұғымдары кеңінен қарастырылған. Автор ISO, OIML секілді халықаралық ұйымдардың стандарттарына сүйене отырып, геометриялық өлшеулердің әлемдік тәжірибесін сипаттап, Қазақстандағы жағдаймен салыстырған. Практикалық бөлімде еліміздегі нақты эталондар мен олардың техникалық сипаттамалары, қолдану саласы, модернизация қажеттілігі мен келешегі туралы нақты мәліметтер келтірілген.

Автор шетелдік тәжірибелерді зерттей отырып, Қазақстандағы эталондық жүйені жаңғырту үшін тиімді ұсыныстар ұсынған. Оның ішінде Laser Tracker секілді заманауи эталондық құралдарды енгізу, цифрландыру және халықаралық метрологиялық желілермен ынтымақтастықты күшейту ұсыныстары ерекше атап өтуге тұрарлық. Бұл жұмыста ұсынылған шешімдер елдің метрологиялық инфрақұрылымын дамытуда қолдануға болатын өзекті әрі практикалық мәні бар ұсыныстар болып табылады.

Білім алушы ғылыми әдебиеттермен жұмыс істей алады, дереккөздерді орынды қолдана отырып, өзіндік ой қорытуларын жасаған. Дипломдық жұмыс мазмұны жағынан толық, құрылымы логикалық тұрғыдан реттелген, сызбалар, кестелер мен диаграммалар нақты және көрнекі ұсынылған. Жұмыс ғылыми стильге сай жазылып, орфографиялық және стилистикалық қателерсіз орындалған.

Қорытындылай келе, Талғатов Мерей Куанышбекұлының дипломдық жұмысы қойылған талаптарға толық сай келеді, ғылыми және практикалық құндылығы жоғары. Жұмыс «өте жақсы» деген бағаға лайық және қорғауға ұсынылады.

Ғылыми жетекші:

аға оқытушы, PhD



Ақылбаева А.К.

2025 ж

**Университеттің жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаменті
директорының ұқсастық есебіне талдау хаттамасы**

Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры көрсетілген еңбекке қатысты дайындалған Плагнаттың алдын алу және анықтау жүйесінің толық ұқсастық есебімен танысқанын мәлімдейді:

Автор: Талғатов Мерей Қуанышбекұлы

Тақырыбы: Геометриялық өлшеулер үшін Қазақстан Республикасындағы бастапқы эталондармен метрологиялық қамтамасыз етуді талдау

Жетекшісі: Айгерим Акылбаева

1-ұқсастық коэффициенті (30): 1.4

2-ұқсастық коэффициенті (5): 0.2

Дәйексөз (35): 1.1

Әріптерді ауыстыру: 3

Аралықтар: 0

Шағын кеңістіктер: 0

Ақ белгілер: 0

Ұқсастық есебін талдай отырып, Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры келесі шешімдерді мәлімдейді :

☐ Ғылыми еңбекте табылған ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді. Осыған байланысты жұмыс өз бетінше жазылған болып санала отырып, қорғауға жіберіледі.

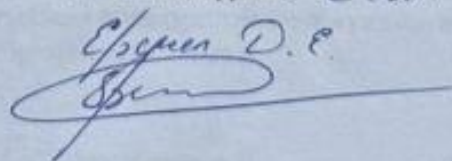
☐ Осы жұмыстағы ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді, бірақ олардың шамадан тыс көптігі еңбектің құндылығына және автордың ғылыми жұмысты өзі жазғанына қатысты күмән тудырады. Осыған байланысты ұқсастықтарды шектеу мақсатында жұмыс қайта өңдеуге жіберілісін.

☐ Еңбекте анықталған ұқсастықтар жосықсыз және плагиаттың белгілері болып саналады немесе мәтіндері қасақана бұрмаланып плагиат белгілері жасырылған. Осыған байланысты жұмыс қорғауға жіберілмейді.

Негіздеме:

Күні 05.06.25.

Кафедра меңгерушісі С.С.М

Айгерим Д.Б.


**Протокол приема работы Оператором Системы и подтверждения
идентичности письменной и электронной версий**

1. Автор: Малатов Сергей Викторович
2. Название: Тестирование системы учета БР-дог. системы Электронная декларация
3. Координатор: А.А. Садыков
4. Оператор системы: Кембай Дмитрий Александрович
5. Дата загрузки работы: 09.05.25
6. Подразделение: СММ
7. Тип документа: Полное описание
8. Результат проверки: Найден
9. Количество страниц: 51
10. Номера страниц, назначенных для сравнения:

Работа в письменной версии идентична электронной версии

Кембай Д. В. Кем

Ф.И.О. Подпись Оператора Системы

Настоящий протокол был составлен в двух экземплярах,
предназначенных для:

- Автора выпускной работы
- Оператора Системы