

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

Балтабай Аяжан Талғатқызы

Кәсіпорындағы метрологиялық қамтамасыз етудің тиімділігін талдау

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

6B07501 – Өнеркәсіптік инженерия

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

Ә. Бүркітбаев атындағы Энергетика және машина жасау институты

«Стандарттау, сертификаттау және метрология» кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

Стандарттау, сертификаттау және
метрология кафедрасының меңгеруші
ғ.к., PhD

F.K., PhD

Ережеп Д.Е.

2025ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «Кәсіпорындағы метрологиялық қамтамасыз етудің тиімділігін талдау»

6B07501 – Өнеркәсіптік инженерия

Орындаған:

Балтабай Аяжан Талғаткызы

Рецензент

Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ,
к.ф.м.н. доцент, и.о. проф.

Алдияров А.У.
2025ж.

Ғылыми жетекшісі

қауымд. Профессор х.ғ.к

Баймаханов Ғ.А.

" 05 " 01 2025ж.

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

БЕКІТЕМІН

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

Ережеп Д.Е.

2025 ж.



**Дипломдық жобаны орындауға арналған
ТАПСЫРМА**

Білімалушыға: *Балтабай Аяжан Талғатқызы*

Тақырыбы: *Кәсіпорындағы метрологиялық қамтамасыз етудің тиімділігін талдау.*

Академиялық мәселелер жөніндегі проректор бұйрығының № _____ «__» _____ 20__ ж. шешімімен бекітілген.

Орындалған жобаның өткізу мерзімі: «_____» _____ 2025 ж.

Дипломдық жобаның бастапқы мәліметтері:

А) Метрологиялық қамтамасыз етудің тиімділігін арттыру мәселесі жан-жақты зерттеу;

Б) Зерттеу барысында өлшеу құралдарының дәлдігін талдау;

В) Өлшеу нәтижелерінің сапасын арттыру;

Г) Кәсіпорын қызметінің сапасын арттыру.

Дипломдық жобада әзірленуге жататын сұрақтардың тізбесі: (міндетті сызбаларды дәл көрсете отырып): *презентацияның _____ слайдтары ұсынылды. Ұсынылатын негізгі әдебиеттер: _____ пайдаланылған әдебиеттер тізімінен.*

Дипломдық жұмысты (жобаны) дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдердің атаулары, зерттелген мәселелердің тізімі	Ғылыми жетекшіге және кеңесшілерге ұсыну мерзімі	Ескерту
Метрологиялық қамтамасыз студің теориялық негіздері мен аспектілері	20.01-25.02.2025ж	Орындалды
Кәсіпорын мысалындағы метрологиялық қамтамасыз студі талдау	26.02-09.04.2025ж	Орындалды
Метрологиялық қамтамасыз студі жетілдіру жолдары	10.05-17.05.2025ж	Орындалды
Мәселелерді шешу бойынша ұсыныстар	18.05-20.05.2025ж	Орындалды

Аяқталған дипломдық жұмыс (жоба) үшін, оған қатысты бөлімдердің жұмыстарын
(жобасын) көрсетумен, кеңесшілер мен норма бақылаушының қойған
қолдары

Бөлімдер атауы	Кенес берушілер (аты-жөні, тегі, ғылыми дәрежесі, атағы)	Қолтаңба қойылған мерзімі	Қолы
Дипломдық жұмыстың негізгі бөлімдері	Баймаханов Ғ.А., қауымдастырылған профессор х.ғ.к.	09.06.2025	
Нормалық бақылаушы	Есетай А.М аға жетекші	08.06.25	

Ғылыми жетекші:

 Баймаханов Ғ.А.
қолы

Білім алушы тапсырманы орындауға алды

 Балтабай Аяжан Талғатқызы
Қолы

Күні

« _____ » _____ 2025ж

АҢДАТПА

Осы дипломдық жұмыста кәсіпорын деңгейінде метрологиялық қамтамасыз етудің тиімділігін арттыру мәселесі жан-жақты зерттеледі. Метрологиялық қамтамасыз ету жүйесінің сапасы мен сенімділігі – өндіріс үдерісінің тұрақтылығының, шығарылатын өнімнің сапасының жоғары болуына, сондай-ақ өндірістік шығындарды оңтайландыруға тікелей ықпал ететін маңызды факторлардың бірі болып табылады.

Зерттеу барысында өлшеу құралдарының дәлдігі, олардың калибрлеуден өту тәртібі және аталған процестердің ұлттық (СТ РК) және халықаралық (ISO, OIML және т.б.) стандарттарға сәйкестігі қарастырылды. Кәсіпорынның қолданыстағы метрологиялық жүйесіне жан-жақты талдау жасалып, оның тиімділігі мен әлсіз тұстары анықталды.

Сонымен қатар, жұмыс аясында заманауи цифрлық технологияларды қолдана отырып, өлшеу нәтижелерінің сапасын арттыру және метрологиялық процестерді автоматтандыру мүмкіндіктері зерттелді. Осыған байланысты нақты практикалық ұсыныстар мен шешімдер ұсынылып, оларды енгізу кәсіпорындағы өндірістік тиімділікті арттыруға, ресурстарды үнемдеуге және нормативтік талаптарды сапалы орындауға жол ашады.

Осы дипломдық жұмыс алынған нәтижелерді нақты өндірістік жағдайларда қолдану арқылы кәсіпорын қызметінің сапасын арттыруға мүмкіндік береді.

АННОТАЦИЯ

В данной дипломной работе всесторонне исследуется проблема повышения эффективности метрологического обеспечения на уровне предприятия. Качество и надежность системы метрологического обеспечения являются одними из ключевых факторов стабильности производственного процесса, высокого качества выпускаемой продукции, а также оптимизации производственных затрат.

В рамках исследования были рассмотрены точность средств измерений, порядок проведения их калибровки, а также соответствие этих процессов национальным (СТ РК) и международным (ISO, OIML и др.) стандартам. Проведен комплексный анализ действующей на предприятии метрологической системы, определены её сильные и слабые стороны.

Также в работе исследованы возможности повышения качества измерений и автоматизации метрологических процессов за счёт применения современных цифровых технологий. В связи с этим предложены конкретные практические рекомендации и решения, внедрение которых позволит повысить производственную эффективность, сэкономить ресурсы и обеспечить соблюдение нормативных требований.

Результаты данной дипломной работы могут быть использованы для повышения качества деятельности предприятия в реальных производственных условиях.

ANNOUNCEMENT

This thesis presents a comprehensive analysis of improving the efficiency of metrological support at the enterprise level. The quality and reliability of the metrological system are among the key factors that ensure the stability of production processes, the high quality of manufactured products, and the optimization of production costs.

The research examines the accuracy of measuring instruments, the calibration procedures, and the compliance of these processes with national (ST RK) and international (ISO, OIML, etc.) standards. A thorough analysis of the existing metrological system at the enterprise was carried out, identifying its strengths and weaknesses.

The study also explores the potential of modern digital technologies in improving measurement quality and automating metrological processes. Based on this, practical recommendations and solutions were proposed, the implementation of which can increase production efficiency, reduce resource consumption, and ensure compliance with regulatory requirements.

The results of this thesis can be applied to enhance the quality of enterprise operations in real production environments.

МАҢЫ

Кіріспе	
1 Метрологиялық қамтамасыз етудің теориялық негіздері мен аспектілері	11
1.1 Метрология ұғымы және оның маңызы	11
1.2 Метрологиялық қамтамасыз етудің құрылымы мен негізгі элементтері	19
1.3 Кәсіпорындағы сапа мен өндірістегі өлшеулердің рөлі	21
2 Кәсіпорын мысалындағы метрологиялық қамтамасыз етуді талдау	24
2.1 Зерттелетін кәсіпорын туралы жалпы мәлімет	24
2.2 Қолданылатын өлшеу құралдары мен бақылау әдістері	29
2.3 Метрологиялық қызметтің ұйымдастырылуы мен практика барысында кездесетін мәселелер мен кемшіліктер	35
3 Метрологиялық қамтамасыз етуді жетілдіру жолдары	38
3.1 Мәселелерді шешу бойынша ұсыныстар	38
3.2 Жетілдірудің экономикалық тиімділігі	40
3.3 Сапаны арттыруға әсері	42
Қорытынды	
Пайдаланған әдебиеттер тізімі	

ҚІРҒЫЗ

Диплом жұмысы тақырыбының өзектілігі. Кәсіпорындағы метрологиялық қамтамасыз етудің тиімділігін талдау – қазіргі өндіріс жүйелерінің сапасын, бәсекеге қабілеттілігін және қауіпсіздігін арттырудағы шешуші тетік. Қазақстан экономикасы жаһандық нарық талаптарына сай жаңғырып, цифрлық трансформация мен Индустрия 4.0 үрдістерін белсенді енгізіп жатқан шақта, өлшеу бірлігін қамтамасыз ету мен өлшеулердің нақтылығы өндірістегі барлық басқару деңгейлері үшін стратегиялық мәнге ие болып отыр. Өнім сапасына қойылатын халықаралық стандарттар (ISO 9001, ISO 10012, ISO/IEC 17025) мен ұлттық техникалық регламенттер кәсіпорындарды өлшем нәтижелерінің сенімділігін дәлелдеуге міндеттейді; бұл өз кезегінде метрологиялық қызметтің тиімді жұмыс істеуіне тікелей тәуелді. Метрологиялық қамтамасыз ету шығындарды оңтайландыруға, ақауларды азайтуға және профилактикалық жөндеу үдерістерін дәл жоспарлауға мүмкіндік береді. Дәл өлшеу деректері болмаған жағдайда шикізат шығыны өсіп, регламент бұзылуы мүмкін, ал бұл бәсекелестік ортада нарық үлесін және тұтынушылар сенімін жоғалтып алу қаупін тудырады. Сонымен қатар, өнеркәсіптік қауіпсіздік пен экологиялық талаптарды сақтау да өлшеулердің нақтылығына байланысты: параметрлердің нормативтен ауытқуы апаттық жағдайларға әкеп соғуы мүмкін.

Осы міндеттерді орындау үшін кәсіпорындар ішкі процестерді деректерге негізделген басқаруға көшуі тиіс, ал бұл тек ұйымдасқан, тиімді және үздіксіз жетілдірілетін метрологиялық жүйе арқылы мүмкін. Сондықтан кәсіпорындағы метрологиялық қамтамасыз етудің тиімділігін кешенді түрде талдау – техникалық және экономикалық шешімдердің негізділігін арттырып қана қоймай, кәсіпорынның ұзақ мерзімді тұрақты даму стратегиясын қалыптастыруда да маңызды рөл атқарады.

Дипломдық жұмыста осы тиімділікті сандық және сапалық тұрғыдан бағалау, әлсіз тұстарын анықтау, оларды жетілдіру бойынша ғылыми негізделген ұсыныстар әзірлеу кәсіпорынның жалпы бәсекеге қабілеттілігін күшейтуге және ұлттық өнеркәсіптің инновациялық өсу әлеуетін арттыруға елеулі үлес қосады. Дипломдық жұмыстың мақсаты – кәсіпорындағы метрологиялық қамтамасыз етудің қазіргі деңгейін кешенді бағалап, табылған әлсіз тұстарды жоюға бағытталған тиімділікті арттыру шаралары мен практикалық ұсыныстар әзірлеу. Мақсатқа жету үшін келесі міндеттерді шешу қажет:

Мақсатқа жету үшін «Сайман» кәсіпорнын мысалға ала отырып келесі міндеттерді шешу қажет:

1. Метрологиялық қамтамасыз етуге байланысты ұлттық және халықаралық нормативтік-құқықтық базаны зерттеп шығу.
2. «Сайман» зауытындағы метрологиялық қызметтің құрылымы мен жұмыс процесін сипаттау.
3. Өлшеу құралдарының тізімін, калибрлеу және сертификаттау тәртібін талдау арқылы қазіргі жағдайын бағалау.

4. Метрологиялық процестердің тиімділігін (қателік деңгейі, тоқтау уақыты, шығындар) сандық және сапалық көрсеткіштер арқылы анықтау.

5. Талдау нәтижелері негізінде анықталған әлсіз тұстар мен тәуекелдерді жүйелі түрде жіктеу.

Дипломдық жұмыстың зерттеу объектісі – «Сайман»зауыты Тақырыптың зерттелу дәрежесі.Диплом тақырыбында шетелдік О.Томас, О.И.Швырев, А.А.Громыко: Т.Ю. Серебрякова және т.б., ал Отандық зерттеушілерден А.С.Қайыркенов, Б.Жиделбаев, С.Смағұлов, Ж.Рахимова, Ы.Қ.Нұрымов,секілді авторлардың еңбегінен көре аламыз. Зерттеу пәні–Кәсіпорнында метрологиялық қамтамасыз етудің тиімділігіне әсер ететін факторлар мен олардың өзара байланыс формалары. Дипломдық жұмыстың құрылымы. Диплом жұмысы кіріспеден, үш бөлімнен, қорытынды және пайдаланылған әдебиеттер тізімінен құрылады.

1 Метрологиялық қамтамасыз етудің теориялық негіздері мен аспектілері

1.1 Метрология ұғымы және оның маңызы

Метрологиялық қамтамасыз ету – бұл өндіріс, ғылым, денсаулық сақтау, қоршаған ортаны қорғау және басқа да өмірлік маңызды салаларда қолданылатын өлшеулердің дәлдігін, бірізділігін және сенімділігін қамтамасыз етуге бағытталған ұйымдастырушылық, құқықтық және техникалық шаралардың кешені. Бұл жүйенің басты мақсаты – өлшеу нәтижелерінің халықаралық және ұлттық стандарттарға сәйкестігін қамтамасыз ете отырып, олардың салыстырмалылығын және сенімділігін арттыру [1.244].

Метрология тек техникалық сала емес, ол экономиканың, ғылым мен техниканың, сондай-ақ адамдардың денсаулығы мен қауіпсіздігінің негізі болып табылады. Мысалы, денсаулық сақтау саласында дәрі-дәрмектерді мөлшерлеу, медициналық құралдардың дәл көрсеткіштері – барлығы дәл өлшеулерге тәуелді. Өнеркәсіптік өндірісте болса, өнім сапасына қойылатын талаптардың орындалуы, өлшеу құралдарының нақты жұмыс істеуіне байланысты. Ауыл шаруашылығында тыңайтқыштардың мөлшерін дұрыс есептеу, ауа райын бақылау, су мен топырақ құрамын анықтау да өлшеулерге негізделген.

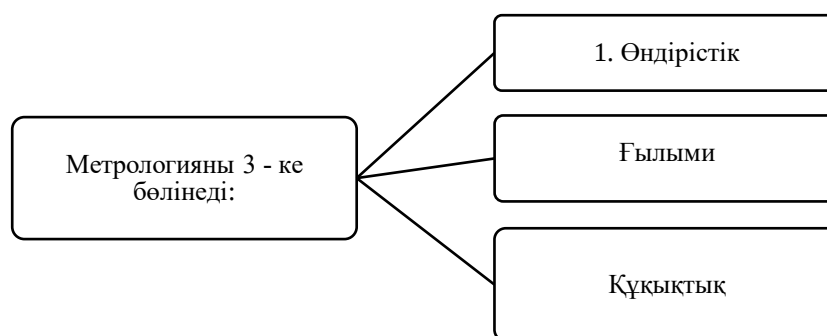
Қазақстанда метрологиялық қамтамасыз етуді жүзеге асыру және қадағалау «Метрология туралы» ҚР Заңымен (2000 жылғы 7 маусымдағы № 53) және тиісті техникалық регламенттермен реттеледі. Бұл заң өлшеу құралдарын тіркеу, тексеру, калибрлеу, стандарттау және метрологиялық қызметтерді аккредиттеу тәртіптерін айқындайды. Сонымен қатар, заң бойынша барлық мемлекеттік және жеке меншік кәсіпорындар, ұйымдар мен зертханалар метрологиялық нормаларға бағынуы тиіс. Осы салада ҚР Сауда және интеграция министрлігіне қарасты Техникалық реттеу және метрология комитеті негізгі уәкілетті орган болып табылады.

Қазақстанда метрологиялық қызметтердің ұйымдық құрылымы бірнеше деңгейден тұрады: орталық метрологиялық зертханалар, салалық метрологиялық орталықтар, калибрлеу зертханалары және өндірістік бақылау бөлімдері. Бұлардың барлығы өлшеу құралдарының тексерілуін, салыстырымдылығын және бірізділігін қамтамасыз етеді. Сонымен қатар, халықаралық метрология ұйымдарымен (мысалы, Халықаралық өлшеулер бюросы – BIPM, Халықаралық заңды метрология ұйымы – OIML) ынтымақтастықты дамыту арқылы елдегі өлшеулер жүйесі халықаралық талаптарға сәйкестендірілуде [2.228].

Метрологиялық қамтамасыз етудің экономикаға тигізетін әсері зор. Мысалы, өнімдердің сапасын бақылау арқылы бәсекеге қабілеттілік артады, қайтарылған немесе ақаулы тауарлардың саны азаяды, өндірістік шығындар қысқарады. Осылайша, өлшеу құралдарының сенімділігі мен дәлдігі ішкі нарықты ғана емес, сонымен қатар экспорттық әлеуетті де нығайтады. Сонымен қатар, энергия, отын, шикізат ресурстарын үнемдеуде де метрология маңызды рөл атқарады.

Метрологиялық қамтамасыз ету – бұл елдің ғылыми-техникалық дамуындағы, өнеркәсіптік қауіпсіздік пен сапа мәдениетін қалыптастырудағы, сондай-ақ халықтың өмір сапасын арттырудағы негізгі құралдардың бірі. Қазақстанда бұл жүйе кезең-кезеңімен жетілдірілуде және халықаралық стандарттарға сәйкестендіріліп келеді. Болашақта цифрлық метрология, автоматтандырылған тексеру жүйелері мен жасанды интеллектті енгізу арқылы бұл салада одан әрі серпінді даму күтілуде.

Францияда метрлік жүйенің енгізілуі бүкіләлемдік өлшем бірліктер орталығының құрылуына негіз болғанымен, Қазақстанда метрологиялық қызмет Кеңес дәуірінде қалыптасып, 1990 жылдары егемендік алған соң жаңаша маңызды статуска ие болды. Қазіргі таңда ҚР-да метрология саласы ҚР Стандарттау, метрология және сертификаттау комитетінің үйлестіруімен дамып, халықаралық ISO және OIML ұйымдарына мүше болу арқылы шетелдік тәжірибені белсенді енгізуде. Метрологияны ғылыми, өндірістік және заңнамалық (құқықтық) деп үш негізгі бағытқа бөледі, оны 1-ші суретте схемада түрде көрсетілген.



1-сурет - Метрологияны үш негізгі бағыты [3.180]

Ғылыми метрология өлшеу бірліктерінің физикалық негізін, эталондарды әзірлеу мен сақтау әдістерін зерттесе, өндірістік метрология өнеркәсіп процесінде қолданылатын өлшеу құралдарын калибрлеу, техникалық тексеруден өткізу және оларды пайдалану стандарттарын анықтауға арналған. Ал құқықтық метрология халықтың денсаулығы, экология мен экономикалық қатынастарды реттеу үшін өлшеу нәтижелерінің стандартқа сай болуын қадағалайды. Осы үш бағыттың үйлесімді жұмысы сапалы және жауапкершілікті өлшеуді қамтамасыз етуге бағытталған.

Метрологияның сапа менеджменті жүйелеріндегі рөлі ерекше. ISO 9001, ISO 10012, ISO/IEC 17025 сияқты халықаралық стандарттар кәсіпорындардың өлшеу құралдары мен әдістерінің құжаттық рәсімделуі, калибрлеу циклі және нәтижелердің сенімділігі талаптарын белгілейді. Өнім сапасын басқару жүйесіне метрологиялық қамтамасыз етуді енгізу арқылы өндірістік қателіктер айтарлықтай азайып, өнім сәйкестігі мен тұрақтылығы артады. Бұл өз кезегінде тұтынушылардың сенімін нығайтып, брендтің абыройын көтеруге ықпал етеді.

Калибрлеу мен тексеру метрологиялық қызметтің жүрегі іспеттес: бұл үдерістер арқылы құралдың нақты оның паспорттық көрсеткіштеріне сәйкес жұмыс жағдайында дәл өлшеулер жүргізу мүмкіндігі тексеріледі. Өлшеулердің сенімділігі калибрлеу жоғарғы дәлдік эталондарымен салыстыру арқылы қамтамасыз етіледі. Сонымен қатар, өлшеу нәтижелерінің белгісіздігін бағалау (uncertainty) заманауи метрологияда маңызды орын алады, себебі ол деректерге негізделген шешімдер қабылдау кезінде ықтимал қателіктер ауқымын бағалап, қауіпсіздік пен экономикалық тиімділікті арттыруға жол ашады

Дұрыс таңдалған өлшеу әдісі өлшеу нәтижесінің нақтылығы мен қайталанғыштығына тікелей әсер етеді, сондықтан әдіс таңдаудағы ғылыми және инженерлік дәлдік ерекше маңызға ие.

1. Тікелей өлшеу әдісі.

Тікелей өлшеу – бұл физикалық шаманы оны өлшейтін құралдың көмегімен тікелей анықтау. Бұл әдіс қарапайым, жылдам әрі көп салаларда қолданылады. Мысалы, термометрмен температураны, сызғышпен ұзындықты, таразымен массаны өлшеу осы әдіске жатады. Мұндай әдіс өлшеу құралдарының нақты көрсеткішіне негізделген, сондықтан бастапқы мәнді алу үшін қосымша есептеулер қажет болмайды.

2. Жанама өлшеу әдісі.

Жанама өлшеу – бұл бір шаманың мәнін оған байланысты басқа шамалар арқылы анықтау. Бұл әдіс математикалық формулалар мен тәуелділіктерге сүйенеді. Мысалы, дененің тығыздығы мен көлемін біле отырып, оның массасын есептеуге болады. Бұл әдіс көбіне күрделі немесе тікелей өлшеу мүмкін емес жағдайларда қолданылады, мысалы, ішкі қысым, тұтқырлық, жылу өткізгіштік сияқты сипаттамаларды анықтауда.

3. Қосымша өлшеу әдісі.

Қосымша өлшеу әдісі – бұл негізгі өлшеумен бірге жүретін, нәтижені түзетуге немесе нақтылауға бағытталған әдіс. Бұл әдіс көбіне күрделі физикалық процестерде, аралас орталарда немесе тұрақсыз параметрлер жағдайында қолданылады.

4. Дифференциалды өлшеу әдісі.

Дифференциалды әдіс – екі жақын шаманың айырмасын өлшеу арқылы жоғары дәлдікке қол жеткізетін тәсіл. Бұл әдіс өте аз ауытқуларды немесе микропараметрлерді өлшеу үшін қолданылады. Мысалы, температурадағы немесе қысымдағы өте аз өзгерістерді дәл анықтау қажет болғанда.

5. Компараторлық өлшеу әдісі.

Компараторлық әдіс салыстырмалы өлшеу әдістерінің бірі. Бұл әдіс арқылы зерттелетін объект эталонмен немесе дәлдігі жоғары стандартпен салыстырылады. Өлшенетін шаманың мәні эталонмен салыстырылғаннан кейін анықталады. Компараторлар – бұл әдіске арналған арнайы құрылғылар, олар механикалық, оптикалық немесе электрондық болуы мүмкін.

6. Интерференциялық әдіс.

Интерференциялық әдіс – жарық толқындарының интерференциясына негізделген жоғары дәлдікті әдіс. Ол көбіне оптика мен нанотехнология салаларында қолданылады. Интерферометрлер көмегімен ұзындық, сыну

көрсеткіші, бет тегістігі сияқты параметрлер жоғары дәлдікпен өлшенеді. Бұл әдіс нанометрлік деңгейдегі ауытқуларды анықтай алады.

7. Оптикалық өлшеу әдістері.

Оптикалық әдістер жарық сәулесінің қасиеттеріне (шағылысу, сыну, жұтылу, дифракция) негізделеді. Бұл әдістер контактсыз өлшеулер жасауға мүмкіндік береді және биомедицина, аэроғарыш, микроэлектроника салаларында кеңінен қолданылады. Лазерлік құрылғылар мен фотодетекторлар оптикалық әдістердің негізгі құралдары болып табылады.

8. Акустикалық өлшеу әдістері.

Акустикалық әдістер дыбыс пен ультрадыбыстық толқындардың таралу ерекшеліктеріне негізделген. Бұл әдістер көбіне қатты, сұйық және газ тәрізді орталардағы құрылымды, ақауларды анықтауға және қалыңдықты, тығыздықты өлшеуге қолданылады. Акустикалық томография, ультрадыбыстық сканерлеу – осы әдістің мысалдары.

9. Сандық және аналогтық өлшеу әдістері.

Сандық әдістерде өлшеу нәтижесі цифрлық түрде беріледі (мысалы, электрондық термометр). Аналогтық әдістерде өлшеу нәтижесі шкала арқылы көрсетіледі (мысалы, сынапты термометр). Қазіргі уақытта сандық әдістердің үлесі артып келеді, себебі олар деректерді автоматты өңдеуге және архивтеуге мүмкіндік береді.

Өлшеу әдістері – метрологиялық қызметтің өзегі болып табылады. Қай саланы алсақ та, дәл өлшеусіз сапалы нәтиже мен сенімді ақпарат алу мүмкін емес. Сол себепті әдісті таңдау кезінде оның мақсаты, дәлдік деңгейі, объектінің ерекшелігі және техникалық мүмкіндіктер толық ескерілуі тиіс. Өлшеу мәдениеті мен әдістерінің дамуы – кез келген елдің ғылыми-техникалық әлеуетінің көрсеткіші болып саналады.

Өнеркәсіптік секторда метрология өндіріс процестерін оңтайландырудың негізгі құралдарының біріне айналды. Дәл өлшеу нәтижелері шикізат пен материал шығынын азайтып, қайта өңдеу шығындарын төмендетеді. Сондай-ақ, қауіпсіздік талаптарын қатаң сақтау үшін бақылау-өлшеу аспаптарын үздіксіз мониторингтеу адам және экологиялық қауіпсіздікті қамтамасыз етеді. Метрологиялық инфрақұрылымсыз өндірісте тоқтап қалулар мен ақаулар жиі кездесіп, профилактикалық техникалық қызмет көрсету жоспарлары дер кезінде жасалмай қалады[4.595].

Метрологияда қолданылатын өлшеу құралдары да әр түрлі, олардың түрлері өлшенетін шамаларға байланысты анықталады. Физикалық шамаларды өлшейтін құралдарға – термометрлер, манометрлер, салмақтар, сызғыштар, вольтметрлер, амперметрлер жатады. Аналитикалық құралдарға – спектрофотометрлер, хроматографтар, масс-спектрометрлер кіреді. Сонымен қатар, сандық өлшеу құрылғылары мен цифрлық датчиктер өндірістегі және ғылыми зерттеулердегі өлшеулерді автоматтандыруға мүмкіндік береді. Өлшеу құралдарының дәлдігі мен сенімділігі – метрологиялық қамтамасыз етудің негізі болып табылады, сондықтан оларды мерзімді түрде тексеру және калибрлеу міндетті шарт болып саналады.

Метрологиялық жолдар – бұл өлшеулердің дәлдігін қамтамасыз етудің әдістемелік және ұйымдастырушылық жүйесі. Ол эталондарды құру, калибрлеу, тексеру, сертификаттау және стандарттау секілді процестерді қамтиды. Әрбір өлшеу құралы нақты бір мемлекеттік эталонға немесе ұлттық стандартқа сәйкестендірілуі тиіс. Бұл процесс «трассабельдік» деп аталады – яғни, өлшеу нәтижесін бастапқы ұлттық немесе халықаралық эталонға дейін қадағалау мүмкіндігі. Сондай-ақ, метрологиялық қызметтің сапасын қамтамасыз ету үшін халықаралық стандарттар (ISO, OIML) талаптарына сай жұмыс істеу қажет. Бұл еліміздің халықаралық сауда және ғылыми кеңістікке интеграциялануына жол ашады.

Экономикалық тұрғыдан метрология бәсекеге қабілеттілікті арттырады: халықаралық нарыққа шығу үшін өнім өндірушілер өздерінің өлшеу нәтижелерінің стандарттарға сай екендігін дәлелдеуі қажет. Бұл экспорттық тауарлардың сапасын растауға, кедендік және сертификаттау рәсімдерін жеңілдетуге септігін тигізеді. Сонымен қатар, метрология инвестициялық тартымдылықты арттырып, шетелдік серіктестер мен сатып алушылардың сенімін арттырады.

Цифрлық метрология – бұл өлшеу құралдарын, процестерін және нәтижелерін толық цифрландыру арқылы басқаруға бағытталған жаңа буындағы метрология саласы. Бұл бағыт Индустрия 4.0, Жасанды интеллект (AI), IoT (заттар интернеті) және үлкен деректерді (Big Data) пайдалану арқылы жоғары дәлдікке, автоматтандыруға және қашықтықтан бақылауға мүмкіндік береді.

Мысал:

Siemens компаниясы өнеркәсіптік жабдықтарда қолданылатын сандық датчиктер арқылы температура, қысым, діріл сияқты көрсеткіштерді нақты уақыт режимінде тіркейді. Бұл деректерді автоматты түрде бұлттық жүйеге жүктеп, талдау жасалады – бұл цифрлық метрологияның жарқын көрінісі[6.152]. Критерийлері мен түрлері сол 1-ші кестеде көрсетілген.

Кесте 1 - Критерийлері мен түрлері

Критерийлер	Классикалық метрология	Цифрлық метрология
Өлшеу құралдары	Механикалық, аналогтық	Цифрлық сенсорлар, IoT құрылғылары
Деректерді тіркеу	Қолмен енгізу	Автоматты тіркеу (real-time)
Талдау мен бақылау	Тәжірибелі маманмен	AI, Big Data арқылы автоматты
Қолдану саласы	Өнеркәсіп, зертхана	Өнеркәсіп, медицина, энергетика, көлік

Қазіргі заманғы технологиялық даму жағдайында метрология да түбегейлі өзгеріске ұшырап, цифрлық сипатқа ие болуда. Цифрлық метрология – бұл өлшеулерді тіркеу, сақтау, талдау және пайдалану жүйелерінің толық

автоматтандырылған, интеллектуалды және біріздендірілген жаңа буыны. Бұл жүйе нақты уақыт режимінде өлшеу дәлдігін арттырып қана қоймай, сонымен қатар өндірістік, ғылыми және әлеуметтік процестерде шешім қабылдаудың негізіне айналып отыр.

Цифрлық метрологияның экожүйесі ең жоғарғы деңгейдегі ұлттық эталондардан басталады. Әр мемлекеттің метрологиялық жүйесі нақты физикалық шамаларды – ұзындық, масса, температура, уақыт секілді – дәл әрі тұрақты түрде өлшеуге негізделген эталондармен қамтамасыз етіледі. Қазақстанда бұл қызметті «ҚазСтИн» сынды ұйымдар атқарады. Ұлттық эталондар – бүкіл өлшеу жүйесінің сенімді негізі. Осы эталондар арқылы барлық құралдар калибрленіп, өлшеу нәтижелерінің салыстырмалылығы мен заңдылығы қамтамасыз етіледі.

Келесі деңгейде смарт сенсорлар қолданылады. Бұл – әртүрлі физикалық көрсеткіштерді өлшеуге арналған цифрлық құрылғылар. Олар дәстүрлі өлшеу құралдарынан айырмашылығы – тек нәтиже көрсетіп қана қоймай, оны сақтап, өңдеп, басқа құрылғыларға автоматты түрде жіберуге қабілетті. Мұндай сенсорлар өнеркәсіптік желілерде, көлік саласында, ауыл шаруашылығында, тіпті тұрмыстық техникада кеңінен пайдаланылады. Мысалы, температураны өлшейтін сенсор деректерді нақты уақыт режимінде серверге жібереді.

Осы деректер заттар интернеті (IoT) арқылы орталық жүйеге немесе бұлттық базаға беріледі. IoT – смарт құрылғыларды бір-бірімен байланыстырып, олардың үздіксіз өзара әрекеттесуін қамтамасыз ететін технологиялық шешім. Бұл байланыс өлшеулердің қашықтықтан бақылануына, деректердің автоматты жиналуына және қауіпті жағдайларда жедел әрекет етуге мүмкіндік береді. Мысалы, электр есептегіш автоматты түрде электр желісінің орталық жүйесіне тұтыну деректерін жібереді.

Цифрлық метрология жүйесіндегі төртінші маңызды буын – Big Data және жасанды интеллект (AI) технологиялары. Жиналған деректер тек сақталып қоймай, талданады. Жасанды интеллект жүйесі миллиондаған өлшемнің ішінен нормадан ауытқуларды анықтай алады, трендтерді саралайды және болашақтағы ауытқуларды болжайды. Бұл технологиялар өндірісте апаттардың алдын алу, медицинада диагноз қою, экологияда қауіпті аймақтарды бақылау секілді өмірлік маңызды шешімдерді қабылдауға негіз болады.

Соңғы деңгейде шешім қабылдау жүйесі іске қосылады. Бұл жүйе жоғарыда көрсетілген деректерді пайдалана отырып, нақты әрі жедел шешімдер қабылдайды. Кейбір өндіріс орындарында бұл жүйелер адам қатысуынсыз жұмыс істеп, роботтық басқару жүйелерін автоматты түрде іске қосады. Мысалы, егер ауа сапасын өлшейтін сенсор қауіпті деңгей тіркесе, желдету жүйесі автоматты түрде іске қосылады немесе адамдарға ескерту хабарламасы жіберіледі.

Қазіргі таңда өндірістік процестердің автоматтандыруы мен цифрлық технологиялардың кеңінен енгізілуі метрология ғылымының маңызын бұрын-соңды болмаған деңгейге көтерді. Өндіріс орындарында орнатылған интеллектуалды сенсорлар мен бақылау-өлшеу жүйелері үздіксіз және нақты уақыт режимінде деректерді жинақтайды. Метрология осындай ауқымды

ақпарат ағынын өңдеп, өлшеу сигналдарының сапасын қамтамасыз етуге, датчиктердің калибрлеу қажет екенін уақытында анықтауға және алынған нәтиженің сенімділігін дәлелдеуге жауап береді. Химия, фармацевтика және тамақ өнеркәсібінде өнімнің қауіпсіздігі мен нормативтерге сәйкестігі өлшеу процестерінің дұрыстығына тікелей байланысты болғандықтан, бұл саладағы метрологиялық қолдау–тура өмір мен денсаулық мәселесі.

Ғылыми зертханалар мен эксперименттік базаларды дамытуда метрологияның рөлі ерекше маңызды. Жоғары дәлдікке ие эталондық жабдықтар мен инновациялық өлшеу әдістерін енгізу арқылы ғалымдар нанотехнология, кванттық есептеу жүйелері немесе биомедициналық аспаптар саласындағы эксперименттерді сенімді түрде жүргізеді. Мысалға, микроскопиялық масштабтағы өлшеулер мен кванттық деңгейдегі үлгілерді тексеру әдістері – осы салалардағы жетістіктерді тікелей қамтамасыз ететін негізгі құрамдас бөліктердің бірі[7.220].

Өндірістік инфрақұрылымда метрологияның орны сапаны басқарудың негізін қалайды. Электр, газ және су ресурстарын есептеу құралдарының жоғары дәлдікпен жұмыс істеуі тұтынушы мен жеткізуші арасындағы қатынастардағы әділеттілікті арттырады. Сондай-ақ тасымалдау желілерінде қысым, температура мен ағын көлемін дәл өлшейтін аспаптардың техникалық жай-күйі жүйенің сенімділігі мен авариялық жағдайлардың алдын алуға септігін тигізеді. Мұның барлығы өндірістің үзіліссіз және қауіпсіз жүруіне бағытталған кешенді шаралардың ажырамас бөлігі.

Сандық трансформация мен Индустрия 4.0 тұжырымдамасы аясында метрологияның келешегі – смарт-өнеркәсіптерде алынатын деректердің шынайылығы мен тұтастығын қамтамасыз ету. IoT сенсорлары, бұлттық есептеу және жасанды интеллект технологиялары өлшеу ақпаратын талдауды жаңа дәрежеге жеткізеді. Сондай-ақ блокчейн негізіндегі жазбалар эталондық жабдықтар мен калибрлеу журналдарының өзгеріссіз жазбасын сақтап, өлшеу нәтижелерінің қадағаланғыштығы мен ашықтығын күшейтеді. Инвестициялық тартымдылықты арттыруда метрологиялық кепілдемелер маңызды рөл атқарады. Өндірістік және ғылыми жобаларға қаржы тарту кезінде инвесторлар өлшеулердің сенімділігі мен стандарттарға сәйкестігін талап етеді. Осылайша, метрология инфрақұрылымын жетілдіру ұлттық экономиканың инновациялық әлеуетін дамытуға және халықаралық нарықтағы позицияны нығайтуға ықпал етеді.

Тұтастай алғанда, метрология ғылым мен өндірісті, құқықтық реттеуді, экологиялық бақылауды және цифрландыруды біріктіретін кешенді жүйе болып табылады. Өлшеу нәтижелерінің дәлдігі мен сенімділігі бизнестің тиімділігін арттырып қана қоймай, қоғамның игілігіне қызмет ететін шешімдер қабылдаудағы негізгі базаға айналды. Осы себепті әрбір кәсіпорын мен зертхана метрологиялық қолдауды үздіксіз жетілдіру арқылы тұрақты дамудың беріктігіне өзүлесін қосады.

Материалдың кең ауқымын қамтитын метрологиялық қамтамасыз етудің теориялық негіздері мен аспектілері өндірістен бастап ғылыми-зерттеу және құқықтық реттеу салаларына дейінгі кешенді жүйені құрайды. Бұл жүйенің

іргетасы өлшеу негіздері мен қабылданған халықаралық бірліктер жүйесінде қаланған. Метрологияның алғашқы қағидасы – өлшеу бірліктерінің бүкіләлемдік стандарттарын белгілеу болып табылады. Халықаралық бірліктер жүйесі (SI) жеті іргелі өлшем бірлігін айқындайды, олар ұзындық (метр), масса (килограмм), уақыт (секунд), электр тогының күші (ампер), термодинамикалық температура (кельвин), зат мөлшері (моль) және жарықтық күш (кандела). Бұл бірліктердің физикалық анықтамалары эталондық процестерге және кванттық деңгейдегі іргелі тұрақты сипаттамаларға негізделеді. Мысал ретінде, секундтың анықтамасы Цезарь Обсерваториясының атом сағатындағы цезий-133 изотопының қолданылуына сүйенеді. Осылайша, метрология ғылыми негізде бірліктерге абсолютті сенімділік пен қайталанбас қасиетін дарытады [8.196]. Өлшеу деректерінің сенімділігі мен белгісіздік ұғымы метрологияның екі маңызды өлшемшарты болып табылады. Өлшеудің нақтылығы (accuracy) өлшенген мән мен шынайы мән арасындағы жақындықтың дәрежесін көрсетсе, дәлдік (precision) бірнеше рет жүргізілген өлшеулер нәтижелерінің бір-біріне қаншалықты жақын екендігін сипаттайды. Қазіргі уақытта өлшеу нәтижелерін сипаттаудың негізгі математикалық аппараты ретінде белгісіздік (uncertainty) ұғымы кеңінен қолданылады. Белгісіздік – өлшеу нәтижесінің ықтимал қателік интервалының сандық өлшемі, ол интервалда шынайы мән 95% сенімділік деңгейімен орналасуы мүмкін. Белгісіздікті бағалау әдістемесі ISO/IEC 17025 халықаралық стандартында егжей-тегжейлі түрде көрсетілген және ол есептеулерден, эксперименталдық деректерден және қоршаған ортаның әсерінен туындайтын қателіктерді ескереді.

Метрологиялық эталондар – өлшеу бірліктерін сақтауды және таратуды қамтамасыз ететін жоғары деңгейдегі өлшемдер жүйесінің аса маңызды құрамдас бөліктері. Олар ұлттық немесе халықаралық эталондардан басталып, жеке кәсіпорындардың ішкі калибрлеу жабдықтарына дейінгі иерархиялық деңгейлерге ие. Трассировка (ізелушілікті қамтамасыз ету) қағидаты бойынша, кез келген өлшеу нәтижесі ұлттық немесе халықаралық эталонға тікелей немесе жанама түрде байланыстырылуы тиіс, бұл өлшеудің шынайы бірлікке сәйкестігін және оның қайталанбасдығын қамтамасыз етеді. Бұл байланыс калибрлеу тізбегі арқылы жүзеге асырылады, және әрбір сатыдағы ықтимал қателіктер мен белгісіздіктер мұқият есепке алынады.

Калибрлеу – өлшеу құралын белгілі бір эталонмен салыстыру арқылы оның шығу сипаттамаларын анықтау процесі болып табылады. Теориялық тұрғыдан алғанда, калибрлеу "модель-қателік" салыстыру моделі бойынша жүзеге асырылады: өлшеу құралының шығу қисығы эталондық қисықпен сәйкестендіріледі, ал олардың арасындағы ауытқу функциясы анықталады. Тексеру (верификация) – өлшеу құралының өндіруші зауыттың паспорттық талаптарына толық сәйкестігін растайтын рәсім болып табылады. Бұл екі рәсімнің де ғылыми негізі бар және олар дайындық (қажетті шарттарды орнату), өлшеулерді жүргізу, алынған деректерді өңдеу, ықтимал қателіктер мен белгісіздікті бағалау және нәтижелерді сертификаттау сияқты қадамдарды қамтиды. Метрологиялық қамтамасыз етудің осы теориялық негіздері мен

аспектілері ғылым мен техниканың әртүрлі салаларында сенімді және дәл өлшеулерді жүргізудің іргетасы болып табылады.

1.2 Метрологиялық қамтамасыз етудің құрылымы мен негізгі элементтері

Метрологиялық қамтамасыз ету – қазіргі заманғы өнеркәсіптік, ғылыми және әлеуметтік-экономикалық салаларда өлшеулердің сапасы мен сенімділігін қамтамасыз етуге бағытталған кешенді және көпдәлілі жүйе. Оның тиімді жұмысы кәсіпорындардың технологиялық үдерістерінен бастап, зертханалық эксперименттерге дейінгі барлық деңгейде тұрақты әрі дәл нәтижелер алуға мүмкіндік береді.

Жоғарыда айтқандай, метрологияның басты мақсаты – өлшеу нәтижелерінің қайталанбас дәлдігі мен сенімділігін қамтамасыз ету. Қайталанбас дәлдік дегеніміз – бірдей жағдайларда және әртүрлі уақыт сәттерінде жүргізілген өлшеулердің нәтижелері арасында мәндік алшақтықтың минималды болуы. Бұл ұғым өндірісте өнім сапасының тұрақты болуын, ғылыми зерттеулерде эксперимент нәтижелерінің сенімділігін және азаматтардың құқықтарын қорғауда өлшеу дәлдігінен туындайтын дауларды шешуде шешуші фактор болып табылады. Метрологиялық қызметтің заңдық және стандарттық негіздері өлшеу құралдары мен лабораториялардың халықаралық және ұлттық талаптарға сәйкес жұмыс істеуін реттейді, сол мысал ретінде 2-ші суретте схема түрде көрсетілген.



2-сурет -Жұмыс істеуін реттеу схемасы

Ең алдымен, Қазақстан Республикасының «Метрология және өлшеу туралы» Заңы метрологиялық қызметтің құқықтық негізін қалайды. Бұл заңда өлшеулердің бірыңғайлығы мен сенімділігін қамтамасыз етудің жолдары, өлшеу құралдарын тіркеу, калибрлеу, тексеру және стандарттау үдерістері айқындалған. Сонымен қатар, заңда өлшеу құралдарын өндіру, қолдану және метрологиялық бақылау жүргізудің құқықтық және ұйымдастырушылық

шарттары көрсетілген. Заң өндірістік және әлеуметтік салаларда қолданылатын барлық өлшем бірліктерінің заңмен белгіленген тәртіпте жүргізілуін міндеттейді.

Халықаралық деңгейде өлшеулердің сапасы мен сенімділігіне бағытталған маңызды стандарттардың бірі – ISO 10012. Бұл стандарт өлшеу процестері мен өлшеу құралдарына қойылатын сапа менеджмент талаптарын сипаттайды. Яғни, ұйымдарда өлшеу дәлдігін басқару жүйесін енгізу мен оны тұрақты түрде жетілдіру жолдарын көрсетеді. Бұл жүйе әсіресе сапа менеджменті жүйесін енгізген өндіріс орындарында кеңінен қолданылады.

Сонымен қатар, ISO/IEC 17025 стандарты – сынақ және калибрлеу зертханаларына арналған ең басты халықаралық құжат. Бұл стандарт зертханалардың техникалық құзыреттілігін, олардың сынақ немесе калибрлеу нәтижелерінің сенімділігін бағалау үшін қажет. ISO/IEC 17025 зертхананың сапа менеджмент жүйесімен қатар, нақты өлшеу әдістері мен дәлдігіне де ерекше көңіл бөледі. Бұл стандарт бойынша жұмыс істеу зертхана жұмысының халықаралық деңгейде мойындалуына мүмкіндік береді.

Қазақстанда осы халықаралық тәжірибеге негізделіп қабылданған ҚР СТ 2008, 2003 және 2017 жылдардағы ұлттық стандарттар да бар. Бұл стандарттар еліміздің техникалық реттеу және метрология жүйесін жаңарту және халықаралық стандарттармен үйлестіру мақсатында әзірленген. ҚР СТ 2008 – бұл Қазақстан Республикасындағы мемлекеттік техникалық стандарт, ол өлшеу құралдарын қолдану, метрологиялық талаптар мен нормаларды сақтау, сапа жүйелерін енгізу мәселелерін қамтиды. 2003 және 2017 жылдары қабылданған нұсқалар технологиялық даму мен заңнамалық өзгерістерге байланысты толықтырылып отырған. Бұл стандарттар халықаралық өлшем жүйесімен үйлестірілген және өнімнің сапасы мен қауіпсіздігін арттыруда шешуші рөл атқарады [9.95].

Соңғы маңызды құжат – лабораториялардың калибрлеу және сынақ жүргізу тәртібі. Бұл құжатта өлшеу құралдарының дәлдігін тексеру және салыстыру мақсатында жүргізілетін калибрлеу процесінің ережелері мен стандарттары белгіленген.

Сонымен қатар, сынақ жүргізу – өнім сапасы мен қауіпсіздігін анықтау мақсатында жүзеге асырылады. Калибрлеу – бұл эталондық құралмен салыстыру арқылы өлшеу дәлдігін анықтау процесі. Зертханалық қызметтің сенімділігі осы үдерістердің стандарттарға сай жүргізілуіне тікелей байланысты. Бұл ережелер зертханаларға ғана емес, сондай-ақ барлық өндірістік және ғылыми ұйымдарға да қатысты.

Әрбір буынның жауапкершілігі мен өкілеттігі анық әрі айқын бекітілген. Ұйымдық құрылымды тұрақты жетілдіру мақсатында ішкі аудиттер, қызметкерлердің кері байланысы және жүйелі талдаулар жүргізіледі. Бұл тәсіл метрологиялық қызметтің икемділігін арттырып, кәсіпорынның өлшеу саласындағы тәуекелдерін азайтуға мүмкіндік береді.

Кәсіпорындағы метрологиялық қамтамасыз ету жүйесінің тиімділігі әрбір құрылымдық бөлімшенің нақты міндеттері мен өкілеттіктерінің дұрыс бөлінуіне тікелей байланысты. Осы бөлімдер арасындағы үйлесімді өзара әрекеттесу,

олардың функцияларын нақты белгілеу – сапалы өлшеу нәтижелерін қамтамасыз етудің негізгі факторларының бірі болып табылады.

2-кестеде кәсіпорынның негізгі құрылымдық бөлімдері мен олардың метрологиялық қызметтегі негізгі міндеттері келтірілген. Бұл кесте әр бөлімнің атқаратын рөлін, қызмет аясын және жауапкершілік деңгейін нақты сипаттап, жалпы жүйенің тиімді жұмыс істеуіне негіз бола алады.

Кесте 2 - Әрбір буынның жауапкершілігі мен өкілеттігі

Құрылымдық бөлім	Міндеттері
Орталық метролаборатория	Ұлттық эталондар сақтау, әдістемелік жұмыстар
Калибрлеу бөлімі	Өлшеу аспаптарын калибрлеу және верификациялау
Өндірістік бақылау-қызметі	Өндірісте қолданылатын аспаптарды мониторинг, техникалық қызмет
Сапа менеджменті бөлімі	ISO стандарттарына сәйкестік, құжат айналымы және аудиттер

Әрбір буынның жауапкершілігі мен өкілеттігі анық әрі айқын бекітілген. Ұйымдық құрылымды тұрақты жетілдіру мақсатында ішкі аудиттер, қызметкерлердің кері байланысы және жүйелі талдаулар жүргізіледі. Бұл тәсіл метрологиялық қызметтің икемділігін арттырып, кәсіпорынның өлшеу саласындағы тәуекелдерін азайтуға мүмкіндік береді. Әдістемелік база кәсіпорындағы метрологиялық процесстердің тұрақты және стандартталған жүргізілуін қамтамасыз етуге арналған нұсқаулықтар, алгоритмдер мен талаптар жиынтығынан тұрады. Ол калибрлеу, верификация, профилактикалық тексеру және өлшеу нәтижелерінің белгісіздігін бағалау алгоритмдерін анықтайды. Әрбір рәсімнің арнайы нұсқаулығында оның мақсаты, қолдану аясы, қажетті құрал-жабдықтар, орындау кезеңдері және есептеу формулалары егжей-тегжейлі көрсетіледі.

Калибрлеу рәсімі аспаптың көрсеткіштерін эталондық жабдықтармен салыстыру арқылы оның шығу қисығын анықтауға және паспорттық мәндерге сәйкестігін растауға бағытталған.

1.3 Кәсіпорындағы сапа мен өндірістегі өлшеулердің рөлі

Кәсіпорынның сапа және өндіріс процестеріндегі өлшеулер өнімнің сенімділігін, тиімділігін және тұтынушы талаптарына сәйкестігін қамтамасыз ететін негізгі іргетас болып табылады. Дәлме-дәл өлшеулер арқылы алынған нақты деректер өнімнің стандарт талаптарына сай келетінін тексеруге, өндірістік процестердің тұрақтылығын бақылауға және ықтимал қателердің алдын алу үшін уақтылы түзетулер енгізуге мүмкіндік береді[10.1].

Өндірістегі өлшеулер тек сапаны бақылаумен шектелмейді; олар өндіріс процестерін басқаруды автоматтандыруға және оңтайландыруға мүмкіндік береді. Өндіріс желілеріндегі температура, қысым, ағын, химиялық құрам және басқа да технологиялық параметрлер сияқты маңызды көрсеткіштер үнемі қадағаланады. Жүйе де қандай да бір ауытқу немесе өзгеріс туындағанда, автоматтандырылған жүйелер дереу авариялық сигналдар жолдайды немесе тіпті процесті автоматты түрде реттейді.

Кәсіпорындардың көптеген салаларында сыртқы экологиялық жағдайлардың әсері елеулі рөл атқарады. Сондықтан метеорологиялық құралдар өндіріс қауіпсіздігімен сапасының тұрақтылығын қамтамасыз етуде маңызды орыналады.

Энергетика, ауыл шаруашылығы, құрылыс және химия өнеркәсібі сияқты салаларда метеорологиялық деректер өндірістік процестерді оңтайландырудың ажырамас бөлшегіне айналған. Мысалы, электр станцияларында температура менылғалдылық деректері желдету жүйесінің тиімділігін есептеуге, сондай-ақ сұйық отын мен газ тапшы жағдайда аппараттардың жұмысқа қауіпсіздігін бағалауға көмектеседі.

Ауыл шаруашылығында топырақ пен ауа ылғалдылығы жабдықтардың жұмысын жоғарылатуға және өсімдік қорғау шараларына уақытылы жүргізуге қолайлы жағдай жасайды.

Кәсіпорындағы өлшеу құралдарына толығырақ тоқтаған жөн деп ойлаймыз. Өлшеу құралдары — бұл нормаланған метрологиялық сипаты бар, өлшем белгілі уақыт аралығы ішінде өзгеріссіз қабылданатын (көрсетілген қателіктер шегінде) физикалық шаманың бірлігін алатын және (немесе) сақтайтын өлшеуге арналған техникалық құрал. Өлшеу құралдары – бұл нормаланған қателіктерге ие метрологиялық қамтамасыз етудің негізі.

Алғашқы түрлендірулер өлшенетін шама туралы ақпаратты қабылдайды; берушілер – оның түрленуіне немесе қашықтыққа берілуіне ыңғайлы түрде ақпаратты түрлендіреді; аралық түрлендірулер алғашқылар немесе берушілер сияқты физикалық шаманың түрін өзгертпей, жұмыс жасайды. Өлшеу аспаптары — өлшеу аспаптарының дыбысын қабылдаушының қабылдануына қолжетімді болатын басқа түрлерге өңдеу үшін арналған.

Өлшем жасау әдістері (ӨЖӘ) метрологиялық объект ретінде 1972ж. пайда болды. Өлшем сапасын қамтамасыз ету Мемлекеттік жүйесін әзірлеу кезіндегі сипаттамалары тек дәстүрлі талаптарды ғана қанағаттандыратын өлшем құралдарына ие болу жеткіліксіз болып шықты, себебі жиі ретте өлшем қателігі

өлшем әдісіне тәуелді болды: әдіс қателіктері; сынаманы іріктеу және дайындау кезінде пайда болған қателіктер; өлшеу шарттары және т.б. ӨЖӘ — бұл операциялар мен ережелердің құжаттандырылған жиынтығы, оларды орындау қабылданған әдіске сәйкес кепілдендірілген дәлдікті өлшем нәтижелерін алуға қамтамасыз етеді. ӨЖӘ жеке жауапкершілікпен әзірленушінің өзімен өлшем қателіктерінің белгілі бір сандық мәндері жазылған, олар құжаттың барлық талаптарын орындау кезінде кепілдендіріледі.

Осыдан шығатыны өлшем қателіктерінің априорлы түрде әртүрлі сипаттамалары бар және олардың ішінен әзірлеушіге ең жарамдысын таңдау қажет. Белгілі қателікті өлшем нәтижелерін алуды қамтамасыз ететін операциялар мен ережелер жиынтығы екі маңызды белгілерді айқындайды: ӨЖӘ операция сипаттамасын ұсынады және ӨЖӘ өлшем қателігі тағайындалады. ӨЖӘ әзірлемесін бастапқы мәліметтер негізінде орындайды, олардың қатарында: — қолдану аясы, өлшенетін шаманың атауы және оның сипаты, сонымен бірге егер де өлшем қателігіне әсерлері болса, өлшем объектісінің сипаты көрсетілетін тағайындау; — өлшем қателігіне қойылатын талаптар; — номиналды мән және (немесе) әсер ететін шамалардың мүмкін мәндер ауқымдарының шекаралары түрінде берілген өлшем шарттары; — өлшем нәтижелерін ұсыну индикациялары мен формаларының түрлері; — өлшем процестерін автоматтандыруға қойылатын талаптар; — атқарылатын жұмыстардың қауіпсіздігін қамтамасыз ету талаптары; — сұраныстар болғанда жағдайда өзге де талаптар. ӨЖӘ аттестаттау ӨЖӘ қойылатын метрологиялық талаптарға сай болуын анықтау мен растау ұсынудан тұрады. Терминнің мазмұны метрологиялық сипаттардың анықтамасын ғана бекітіп қоймайды, сонымен бірге өлшеу құралдарының тағайындау бойынша жарамдылығын анықтайды. Аттестаттауды ӨЖӘ құжаттамаларын, теориялық және экспериментті сынақтарын метрологиялық сараптау жолымен жүзеге асырады. Аттестатталған ӨЖӘ метрологиялық қадағалау мен бақылауға жатады.

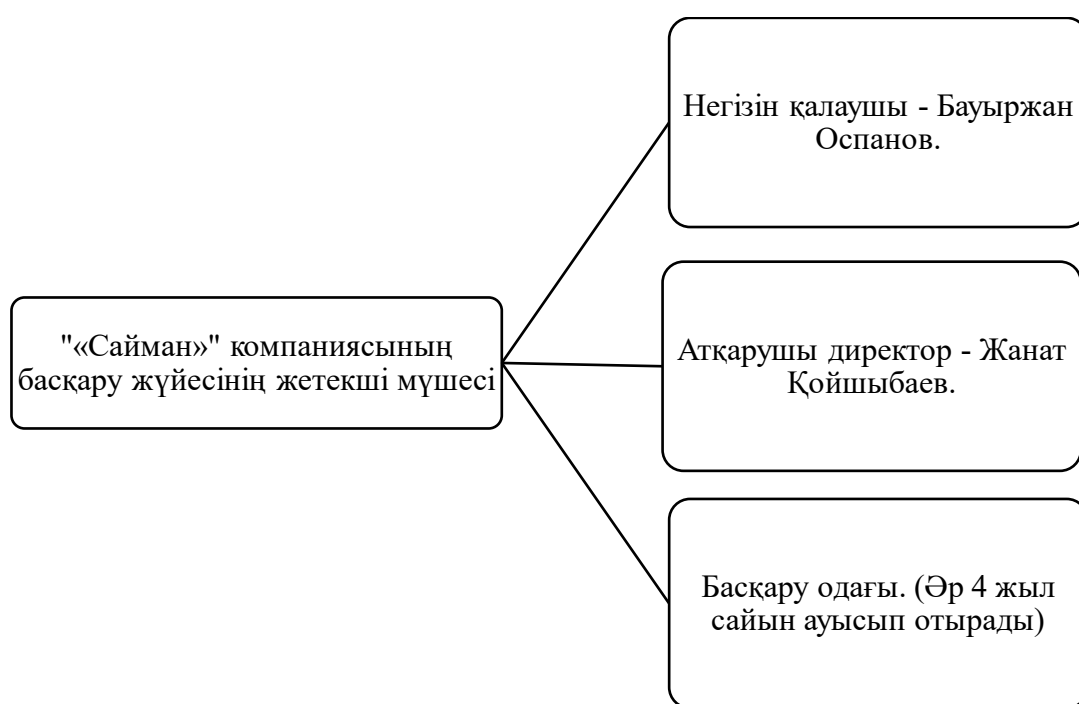
Қорыта айтқанда, заманауи кәсіпорындағы сапа мен өндірістегі өлшеулер және метеорологиялық құралдардың рөлі кешенді әрі айрықша маңызы бар. Дәл өлшеулер өнім сапасын едәуір жоғарылатып, өндірістік процестерді тиімді басқаруға мүмкіндік берсе, метеорологиялық бақылау сыртқы факторлардың кері әсерін азайтып, қауіпсіздікті сақтауға және өндіріс тұрақтылығын арттыруға септігін тигізеді. Осылайша, заманауи кәсіпорындар үшін сенімді өлшеуіш және метеорологиялық аспаптарсыз бәсекеге қабілеттілік пен технологиялық үдерістердің тұрақты дамуы туралы айту қиын. Болашақта да бұл құралдардың және оларды цифрландыру әдістерінің рөлі одан әрі арта берері анық, бұл өндірістік тиімділіктің жаңа деңгейіне жетуге жол ашады.

2 Кәсіпорын мысалындағы метрологиялық қамтамасыз етуді талдау

2.1 Зерттелетін кәсіпорын туралы жалпы мәлімет

Кәсіпорынның тиімді қызметі оның басқару құрылымының айқын әрі ұйымдасқан болуына тікелей байланысты. Басқару жүйесінің әрбір мүшесінің нақты функциялары мен өкілеттіктері белгіленіп, олардың арасындағы өзара әрекеттестік кәсіпорынды стратегиялық және операциялық тұрғыдан дұрыс бағытта басқаруға мүмкіндік береді.

3-ші суретте схема түрінде «Сайман» компаниясының басқару жүйесінде жетекші рөл атқаратын негізгі тұлғалар мен құрылым көрсетілген. Бұл кесте компанияның басшылық деңгейінде кімнің қандай міндет атқаратынын айқын түсінуге көмектеседі.



3-сурет - «Сайман» компаниясының жетекші мүшелері

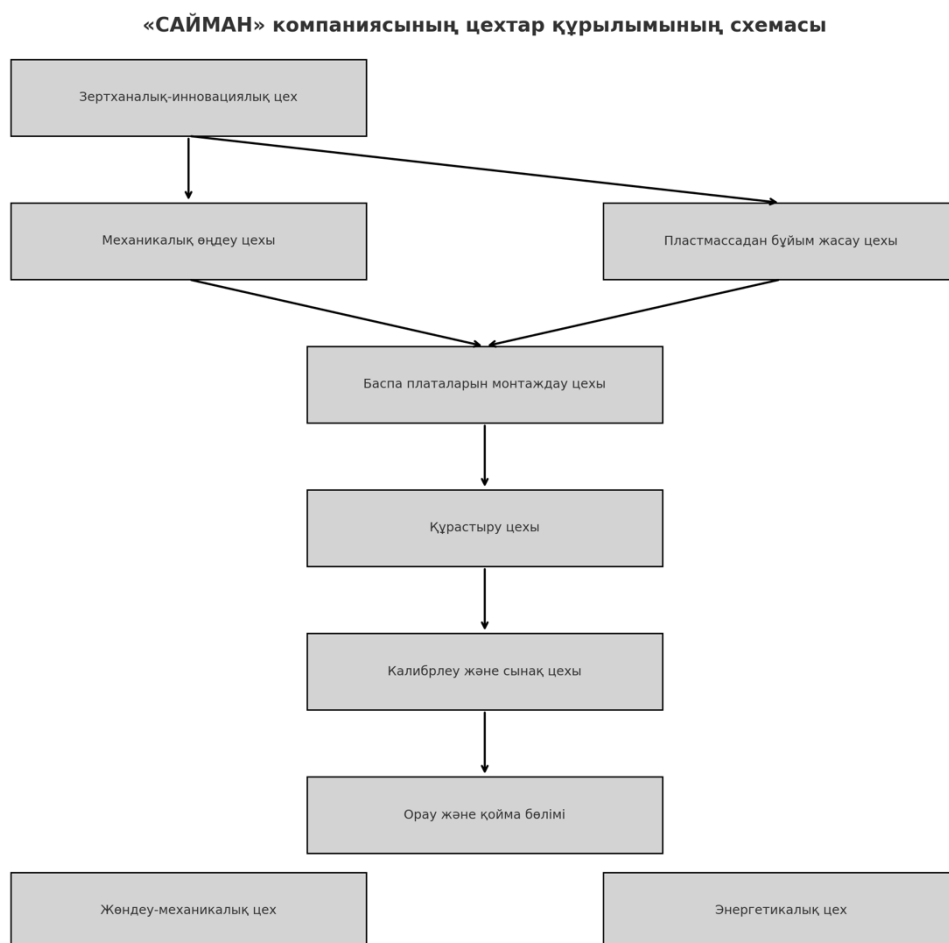
«Сайман» метрологиялық құрылғы жасау зауыты – бұл Қазақстандағы энергияны есепке алу құрылғылары мен автоматтандырылған басқару жүйелерін әзірлеу және өндіру саласында жетекші орын алатын отандық кәсіпорындардың бірі[11].

Кәсіпорынның өндірістік тиімділігі оның ішкі цехтық құрылымының нақты ұйымдастырылуына және әр бөлімшенің өзара келісімді әрекеттенетәуелді. Әр цех белгілі бір технологиялық кезең үшін жауап береді және өнім дайындау барысында бірзділікпен жұмыс істейді. Бұл өндірістік тізбектің әр буынына жүктелген міндеттерді оңтайлы орындауға мүмкіндік береді.

4-ші суретте «Сайман» компаниясының өндірістік құрылымы схема түрде көрсетілген. Онда зертханалық-өнеркәсіптік бөлімшеден бастап,

дайын өнімді орау мен жөндеуге дейінгі барлық негізгі цехтар мен олардың өзара байланысы сызбалық түрде берілген.

Бұл схема кәсіпорының ішіндегі өндірістік процестің жүйелілігін және логикалық тізбектілігін көрсетеді.



4-сурет - Компанияның цехтар құрылымының схемасы

Алғашқы және маңызды бөлімдердің бірі – зертханалық-инновациялық цех. Бұл цехта жаңа өнімдерді жобалау, тәжірибелік үлгілерін жасау және прототиптерді дайындау сынды қызметтер жүзеге асырылады. Мұнда жаңа өнім идеялары тестіленіп, электрондық және механикалық компоненттердің өзара сәйкестігі тексеріледі. Сонымен қатар, болашақта патенттелуі мүмкін интеллектуалдық өнімдер тіркеліп, метрологиялық талаптарға алдын ала сәйкестік қамтамасыз етіледі. Бұл цех – зауыттың ғылыми және жаңашыл орталығы [12].

Келесі маңызды бөлім – механикалық өңдеу цехы. Бұл жерде құрылғының ішкі және сыртқы металл бөлшектері дайындалады. Токарлық, фрезерлік және шлифовкалау сияқты металл өңдеу жұмыстарымен қоса, құрылымдық корпусстар мен монтаж бөлшектері, сондай-ақ тірек элементтері – стендтер мен

кронштейндер дайындалады. Бұл цех – құрылымдық негізді қалыптастыратын ядро саналады.

Құрылғының сыртқы қаптамаларын өндіруде пластмассадан бұйым жасау цехының рөлі ерекше. Мұнда инъекциялық құю әдісі арқылы дисплей қақпақтары, панельдер және жалпы пластикалық корпус элементтері жасалады. Термоөңдеу және форма құю процестері арқылы дайындалған өнімдер сапа мен беріктік талаптарына толықтай жауап береді.

Одан кейінгі кезең – баспа платаларын монтаждау цехы. Бұл жерде өнімнің интеллектуалдық бөлігі қалыптасады. Электрондық компоненттер – микросхемалар, процессорлар мен датчиктер платаларға орнатылады. Монтаж жұмыстары SMD және DIP технологияларын қолдану арқылы жүргізіледі. Бұл цехта орнатылған платалар сапа бақылауынан өткізіліп, тестілеуден өтеді.

Барлық компоненттер дайын болғаннан кейін, олар құрастыру цехына бағытталады. Бұл цехта механикалық және электрондық бөлшектер біріктіріліп, өнімнің толық функционалды нұсқасы жиналады. Дисплейлер мен басқа да интерфейстер орнатылады. Құрастырылған құрал алғашқы функционалдық сынақтан өткізіліп, келесі кезеңге жіберіледі.

Сапалы өнім тек құрастырылып қана қоймай, оның өлшеу дәлдігі мен тұрақтылығы да тексерілуі тиіс. Бұл міндет калибрлеу және сынақ цехында жүзеге асырылады. Мұнда дайын құралдардың жұмыс көрсеткіштері эталондық өлшемдермен салыстырылады, өлшеу дәлдігі анықталады және ISO/IEC 17025 стандарттарына сәйкестік тексеріледі. Бұл цех – метрологиялық талаптарды қатаң сақтауға жауапты.

Сынақтан сәтті өткен құрылғылар орау және қойма бөліміне өтеді. Бұл жерде өнімдер стандартты қаптамаларға салынып, клиенттерге жеткізуге дайын күйге келтіріледі. Қоймада есепке алынған өнімдер логистика бөлімінің бақылауымен ішкі және сыртқы нарықтарға жөнелтіледі.

Зауыттың өндірістік құрылымымен қатар, негізгі қызмет бағыттары да кең әрі стратегиялық маңызға ие. Ең басты бағыт – құрал жасау: газ, су, электр және жылу есептегіштерін өндіру. Бұған қоса, инжинирингтік қызметтер – яғни автоматтандырылған есептеу жүйелерін әзірлеу мен енгізу жұмыстары да жүзеге асырылады. Метрологиялық қызмет құралдарды сынақтан өткізу мен сертификаттау үдерістерін қамтиды. Сонымен қатар, сервистік қызмет арқылы өнімдер орнатылады, техникалық қызмет көрсетіледі, қажет болса жаңартылып отырады. «Сайман» өнімдері тек Қазақстанда ғана емес, сондай-ақ ТМД елдерінде және Орталық Азия нарығында сұранысқа ие. Ақырында, компания инновация мен цифрландыруға ерекше мән береді, сондықтан ақылды есептегіштер мен IoT (заттар интернеті) технологияларын өндіріске енгізуді белсенді жүргізіп келеді.

5-ші суретте «Сайман» прибор-құрастыру зауытының басшылығы мен қызметкерлері кәсіпорын ғимаратының алдында бейнеленген. Бұл кәсіби ұжым зауыттың стратегиялық даму бағытын айқындап, өндірістік, технологиялық және сапалық көрсеткіштердің жоғары деңгейде болуын қамтамасыз етеді. Басшылық құрам инновациялық жобаларды іске асырумен қатар, кадрлар әлеуетін арттыруға да ерекше мән береді.



5-сурет -«Сайман» зауытының басшылығы мен қызметкерлері

Келесі маңызды кезең – зауыттың өз өндірістік базасын қалыптастыру. Кәсіпорын ескі ғимараттарды сатып алып, қайта құру жұмыстарын жүргізіп, құрамдас бөлшектерді өз күшімен шығара бастады. Литей-пресс цехтары, штамптау және суық қалыптау желілері іске қосылды. Жөндеу шеберханасы толыққанды құрал-«Сайман» цехына айналып, штамптар мен пресс-формалар, сондай-ақ өз инженерлік бюросында әзірленген құрылғылар шығарыла бастады. Осы негізде СО-И0497 маркалы жаңа тұрмыстық электр есептегіш пен оның негізінде жасалған екі тарифті есептегіштер өндіріске енгізілді.

2001–2006 жылдары зауыт индукциялық есептегіштерден халықаралық IEC 1036-96 стандартына сай келетін электронды есептегіштер өндірісіне көшті. «НОМАД», «БАТЫС», «ОТАН», «АЛТАЙ,» сынды жаңа буын өнімдер шығарылды. «ЖУСАН» маркалы бақылау құрылғысы жасап шығарылып, жұмыс істеп тұрған есептегіштердің дұрыстығын тексеруге мүмкіндік берді. Сонымен қатар, КЕМА (Нидерланды) халықаралық ұйымынан сапа сертификаты алынды, ал сапа менеджменті жүйесі ISO 9001, ГОСТ Р және СТ РК ИСО 9001 стандарттарына сәйкес сертификатталды.[13]

2007 жылдан бастап компания автоматтандырылған басқару жүйелерін (АСКУЭ) әзірлеуге және енгізуге кірісті. Бұл жүйелер «SANAU ENERGY» бағдарламалық кешені негізінде құрылды.

Есептегіштер автоматты түрде дерек жинау және беру функцияларымен қамтамасыз етілді. Сонымен қатар, өндірістесмарт-карталармен, қосымша жадымен, реле құрылғыларымен, қорғау блоктарымен жабдықталған бір фазалы және үш фазалы көп тарифті есептегіштер пайда болды.

2009–2014

жылдары радиоканалар қылы дерек беру мүмкіндігі бар есептегіштер, сондай-ақ төмен температурада жұмыс істей алатын Wi.DP1203 модульдері енгізілді. PLC

технологиясын қолдану арқылы

0,4

кВ желілері арқылы дерек жіберу жобалары жүзеге асырылды.

Унификацияланған конфигурация жасалып,

белсенді және реактивті энергияны есептейтін ОТАН

100 А есептегішінің үлгісі дайындалды. Сонымен қатар, жарық диодты шамдар,

жарық беретін құрылғылар өндірісі жолға қойылып,

сыртқы жарық тандыруды басқару жүйелері жасалды.

2015–2018 жылдары интеллектуалды есептегіштердің жаңа буыны – ДАЛА, ОРМАН сериялары, Bluetooth, PLC

модульдерімен жабдықталған құрылғылар өндіріске енді. Fujitsu

компаниясымен бірлесіп, жады,

таймер және контроллері бір чипте біріктірілген алдыңғы қатарлы есептегіш әзірленді.

Қозғалыс және жарық сенсорлары бар жарық тандыру шамдары көп қабатты үйлер мен автоұрақтарға орнатылды.

Атырау қаласында алғаш рет жеке жарық басқару жүйелерімен жабдықталған көше жарығы жобасы іске асырылды.

2019

жылдан қазіргі уақытқа дейін зауыт нарық талабына сай дамуын жалғастырып келеді.

Қазақстандағы газдандыру бағдарламасы аясында неміс серіктесі ZENNER

компаниясымен бірге газ есептегіштерін өндіру басталды.

Термокомпенсациясы бар және онсыз модельдер шығарылып,

газ есептегіштерге арналған қорғаныс шкафтары жасалды. АСУВ

(сумен жабдықтау) және АСКУТ (газ тұтыну)

бағытында кешенді жобалар қолға алынды. PLC

технологиясы негізінде су есептегіштеріне арналған автоматты дерек оқу құрылғыларын өндірісі жолға қойылды.

6-

суретте электр есептегіштерді сынауға арналған автоматтандырылған жабдықпен жабдықталған зертхана бейнеленген.

Мұндай бақылау өнімнің стандарттарға сәйкестігін және сенімділігін арттырады.



6-сурет - Электр есептегіштерді тексеруге арналған жоғары технологиялық жабдықталған сынақ орталығы[14]

Суретте бейнеленген зертхана — бұл электр есептегіштерді тексеруге арналған жоғары технологиялық жабдықталған сынақ орталығы. Мұндағы жұмыс процесі бірнеше сатыдан тұрады. Ең алдымен, құрастыру цехынан келген дайын өнімдер — бұл жағдайда электр энергиясын есептейтін «ақылды» есептегіштер — арнайы стендтерге орнатылады. Бұл стендтер электр тоғын беріп, әр есептегіштің жұмысын эталондық құрылғылармен салыстырып тексереді. Әр құралдың көрсеткіші нақты межемен салыстырылып, ауытқу деңгейі өлшенеді.

Бұл зертханадағы негізгі мақсат — метрологиялық сәйкестікті растау. Яғни, құралдың өлшеу шегінің белгіленген стандарттардан ауытқымауын қадағалау. Егер құрал дұрыс жұмыс істемесе немесе қателік шегі рұқсат етілген деңгейден асып кетсе, ол қайта құрастыру немесе жөндеу цехына жіберіледі. Ал талаптарға толық сай келген құралдарға сапа сертификаты беріледі және олар келесі кезеңге — орау мен қойма бөліміне жөнелтіледі.

Калибрлеу және сынақ зертханасында жұмыс істейтін мамандар жоғары техникалық білімге ие болуы тиіс. Олар өнімнің конструкциясын, бағдарламалық бөлігін, датчиктер мен микросхемалардың функциясын терең түсінеді. Сонымен қатар, ISO/IEC 17025 секілді халықаралық стандарттарға сәйкес сынақ жүргізу ережелерін біледі. Суреттегі қызметкерлердің арнайы формамен жұмыс істеуі — бұл өндірістік тәртіп пен қауіпсіздік ережелерін сақтау мәдениетінің бір көрінісі.

Бұл зертхана — «Сайман» компаниясы үшін стратегиялық маңызды бөлім. Себебі тұтынушыға ұсынылатын әрбір есептегіш құрал — бұл тек техникалық өнім ғана емес, сонымен қатар зауыттың абыройы мен сапаға деген

жауапкершілігінің айғағы. Калибрлеу – өнімнің сенімділігін өлшейтін соңғы сүзгі. Ол арқылы компания ішкі нарықта ғана емес, сонымен қатар шетелдік серіктестер алдында да өзінің кәсіби деңгейін дәлелдей алады.

Айта кету керек, қазіргі таңда «Сайман» зауыты есептегіш құрылғылардың тек қарапайым түрлерін ғана емес, сондай-ақ ақылды есептеу жүйелерін (smart metering) жасап шығаруда. Бұл өнімдер тек қана энергияны есептеп қоймай, сонымен қатар деректерді автоматты түрде жинап, серверге жіберуге қабілетті. Мұндай құралдарды сынау әлдеқайда күрделі, сондықтан зертханада цифрлық протоколдар, байланыс модульдері және бағдарламалық сәйкестік те тексеріледі.

Жалпы алғанда, SaiComP1 және SaiComP3 модемдері, сондай-ақ IP31/IP54 стандартындағы электрщит жабдықтары, қабаттық және жекеленген щиттер, газ реттеу пункттері өндірісі басталды. LoRa, GPRS, PLC модульдермен жабдықталған smart-счетчиктер, DIN-рейкамен немесе сыртқы орнату мүмкіндігі бар есептегіштер сериялық түрде шығарыла бастады. G10 және smart-G10 газ есептегіштері мен кеңейтілген су есептегіш желісі тұтынушыға ұсынылды.

2.2 Қолданылатын өлшеу құралдары мен бақылау әдістері

«Сайман» зауыты өзінің өндірістік және метрологиялық процестерінде температура мен ылғалдықты тек жай өлшеп қана қоймай, нақты бақылау әдістерімен, технологиялық карталар мен метрологиялық регламенттерге сүйене отырып басқарады. Бұл әдістер жүйелі, стандартизацияланған және бірнеше деңгейлі бақылаудан тұрады. Аспаптарды пайдалану нақты мақсатқа негізделіп, әрбір өлшеу циклі өндірістік процестің белгілі бір кезеңімен тығыз байланысты болады.

Бірінші кезекте, біздің зауытта ең кең таралған және тиімді құралдардың бірі – цифрлық термогигрометрлер. Testo 635 және Testo 608-H2 модельдері температура мен салыстырмалы ылғалдықты жоғары дәлдікпен өлшей алады.

Қазіргі заманғы өнеркәсіп пен тұрғын үй-коммуналдық шаруашылығында ресурстарды дәл әрі тиімді есепке алу — басты қажеттіліктердің бірі. Осы қажеттілікті қамтамасыз етіп отырған отандық өндіріс орындарының ішінде ТОО «Сайман» компаниясы ерекше орын алады. Бұл кәсіпорын Қазақстанда заманауи, интеллектуалды есептегіш құралдар өндіретін жетекші зауыт болып табылады. Ол электр, су, жылу және газ ресурстарын есептейтін құрылғылардың түрлі үлгілерін жасап қана қоймай, олардың сапасын арнайы метрологиялық сынақтан өткізіп, халықаралық стандарттарға сәйкестендіру жұмыстарын да өз базасында жүзеге асырады.

«Сайман» зауытының өнім түрлері сан қырлы. Ең алдымен, электр энергиясын есептегіштер өндірісі кең ауқымды. Олардың ішінде ең танымал модельдердің бірі — ««САЙМАН»-Энергия 301». Бұл – бір фазалы, көптарифті, сандық дисплеймен жабдықталған, тұрғын үй және шағын бизнес объектілері үшін арналған есептегіш. Сонымен қатар, ««САЙМАН» Smart 3Ф» үш фазалы ақылды есептегіші де ерекше назар аударарлық. Бұл құрылғы тек тұтыну көлемін

тіркеп қана қоймай, сонымен қатар деректерді GPRS немесе NB-IoT байланысы арқылы автоматты түрде серверге жібереді. Мұндай құрылғылар энергожүйелерді толық цифрландыруға мүмкіндік береді және тұтынушының ресурсты пайдалануын нақты әрі тиімді бақылауға жағдай жасайды.[15]

Бұдан бөлек, компания су есептегіштерін де шығарады. Бұл құрылғылар тұрмыстық тұтынушыларға да, көпқабатты тұрғын үй кешендеріне де арналады. Олар ылғалды және құрғақ типтегі болып бөлінеді. Арасында ««САЙМАН» Aqua Meter» секілді сандық интерфейсі бар, смарт функцияларды қолдайтын үлгілер де бар. Мұндай есептегіштер судың нақты шығынын өлшейді және есеп деректерін цифрлық платформаға жеткізе алады.

Жылу энергиясын есептегіштер де компания өнімдерінің ішінде ерекше орын алады. Олар ғимараттардың жылыту жүйесіндегі судың температурасы мен шығынын өлшеп, нақты тұтынылған жылу көлемін анықтайды. Жылу есептегіштері әдетте температура сенсорларымен, ағын өлшегіштермен және дисплейлік модульдермен біріктірілген күрделі жүйе ретінде жасалады. ««САЙМАН»-ТеплоКонтроль 501» моделі – дәл осындай көпқұрылғылы, жоғары дәлдікті үлгі. Ол көппәтерлі тұрғын үйлерде жылу ресурсын әділ және нақты есептеуге мүмкіндік береді.

Газ есептегіштері бағытында да кәсіпорын бірқатар тиімді шешімдер ұсынады. ««САЙМАН»-GAS Pro» — үй шаруашылығына арналған, диафрагмалық, сандық дисплейлі және импульстік шығумен жабдықталған газ есептегіш. Мұндай құралдар тұрмыстық қауіпсіздікті қамтамасыз етіп, нақты есепке алуды автоматтандыруға бағытталған.

Компания сондай-ақ АСКУЭ (автоматтандырылған жүйелер) – яғни ресурстарды автоматты есепке алу жүйелерін де әзірлейді. Бұл жүйелер үлкен тұрғын үй кешендері мен өндірістік кәсіпорындарға ресурстарды толық цифрлық басқару мүмкіндігін береді. Мұндай кешенді шешімдер диспетчерлік басқару, тұтыну анализі, автоматты есеп беру және деректерді қашықтықтан бақылау сияқты функцияларды атқара алады. Жоғарыда аталған барлық өнімдер арнайы тексеру және калибрлеу процесінен өтеді. Бұл жұмыс «Сайман» компаниясының метрологиялық зертханасында жүргізіледі. Зертхана ISO/IEC 17025 стандарты бойынша аккредиттелген және заманауи жабдықтармен қамтамасыз етілген. Ең алдымен, әр құрылғы тексеру кезеңінен өтеді. Бұл кезеңде құрылғының барлық электрондық және механикалық элементтері жұмысқа жарамды ма, дисплей көрсеткіштері дұрыс па, байланыс модульдері сигнал қабылдай ала ма – барлығы тексеріледі. Мысалы, ақылды есептегіштерден серверге деректердің дұрыс жіберілуі GPRS немесе NB-IoT каналдары арқылы сынақтан өткізіледі.

Одан кейін калибрлеу кезеңі жүргізіледі. Бұл – өлшеу құралдарының көрсеткіштерін эталондық мәндермен салыстырып, олардың дәлдігін нақтылау процесі. Калибрлеу үшін арнайы автоматтандырылған стендтер пайдаланылады. Олар ток, кернеу, су немесе газ ағыны сияқты нақты параметрлерді беріп, құрылғының көрсеткіштерімен салыстырады. Егер ауытқу рұқсат етілген шектерден шықпаса, құрал арнайы сәйкестік куәлігімен рәсімделіп, дайын өнім ретінде қоймаға жөнелтіледі. Кейбір есептегіштерде (әсіресе smart-модельдерде) калибрлеумен қатар бағдарламалық тексеріс те жүргізіледі: микропрограмма,

шифрлеу жүйесі, деректерді сақтау және тасымалдау функциялары толық сынақтан өтеді. Бұл — құрылғының тек механикалық дәлдігі ғана емес, сонымен қатар киберқауіпсіздік және цифрлық сенімділік деңгейінің де талаптарға сай екенін көрсетеді. 7-суретте Testo 635 көпфункционалды өлшеу құралының жұмыс процесі көрсетілген.



7-сурет - Testo 635 жұмыс барысы

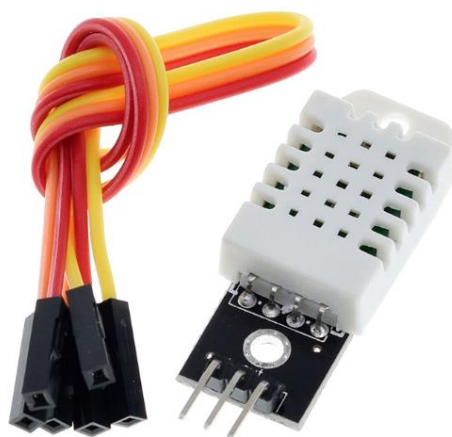
Бұл цифрлық термогигрометрлер – метрологиялық зертхана ішіндегі статикалық климатты сақтау және бақылау үшін қолданылады. Бұл аспаптар үнемі қосулы күйде болады және зертхана ішіндегі температура мен ылғалдықтың нақты мәндерін онлайн режимде экранға шығарып отырады. Өлшеу нәтижелері журналға тіркеледі және қажет болған жағдайда ішкі аудит үшін архивтеледі. Бұған қоса, шекті мәндерден ауытқу тіркелсе, зертхана қызметкерлері дабыл жүйесі арқылы хабардар етіледі.

Екіншіден, психрометрлер негізінен бақылаудың резервтік әдісі ретінде қолданылады. Бұл әсіресе, автоматты цифрлық жүйелер істен шыққанда немесе сенсорлар қайта калибрлеуге жіберілгенде маңызды[16].

Үшіншібағыт – датчиктіавтоматтандырылғанжүйелердіқолдану. «Сайман» өзінің

метрологиялықзертханаменклиматтықкамераларішіндестратегиялықорындарда орнатылған DHT22, SHT31 секілдіжоғарыдәлдіктегісенсорларбақылаусерверіментікелейбайланысты.

8-суреттетемператураменсалыстырмалыылғалдылықтыөлшеугеарналған DHT22 сенсорыкөрсетілген. Бұлмодульавтоматтандырылғанжүйелерде, соныңішінде Arduino немесебасқамикроконтроллерлерменбіргеайдаланылады.



8-сурет - DHT22

Бұл жүйе деректерді тіркеумен қатар, аналитикалық графиктер мен динамикалық трендтерді құрып отырады. Зауыт бұл жүйелерді әсіресе жылу сынақтары мен температураға сезімтал микросхемаларды тестілеу кезінде пайдаланады.

Мысалы, жаңа буындағы смарт-есептегіштер мен радиомодульдері климаттық камераға орналастырылады да, камера ішіндегі температура біртіндеп $+50^{\circ}\text{C}$ -ден -20°C -қа дейін төмендетіледі немесе көтеріліп отырады. Мұндай сынақтар кезінде термогигрометрлер және датчиктер камера ішіндегі климаттың нақты мәндерін көрсетіп, құрылғының жұмысқа қабілеттілігі бақыланады. Құрылғы сынақтан сәтті өтсе, ол сертификатталып, өндірістік партияға енгізіледі[17].

«Сайман» зауыты құрылған сәттен бастап өнім желісін үнемі кеңейтіп келеді. Әсіресе электр есептегіштер өндірісінде технологиялық жетістіктер мен сұранысқа сай жаңғыртулар тұрақты түрде жүзеге асырылады.

9-суретте 1992 жылдан 2024 жылға дейінгі аралықта зауытта шығарылатын электр есептегіш өнімдерінің нақты түрлерінің өсу динамикасы көрсетілген. Бұл график зауыттың өндірістік қуаты мен инновациялық әлеуетінің артып келе жатқанын айғақтайды.

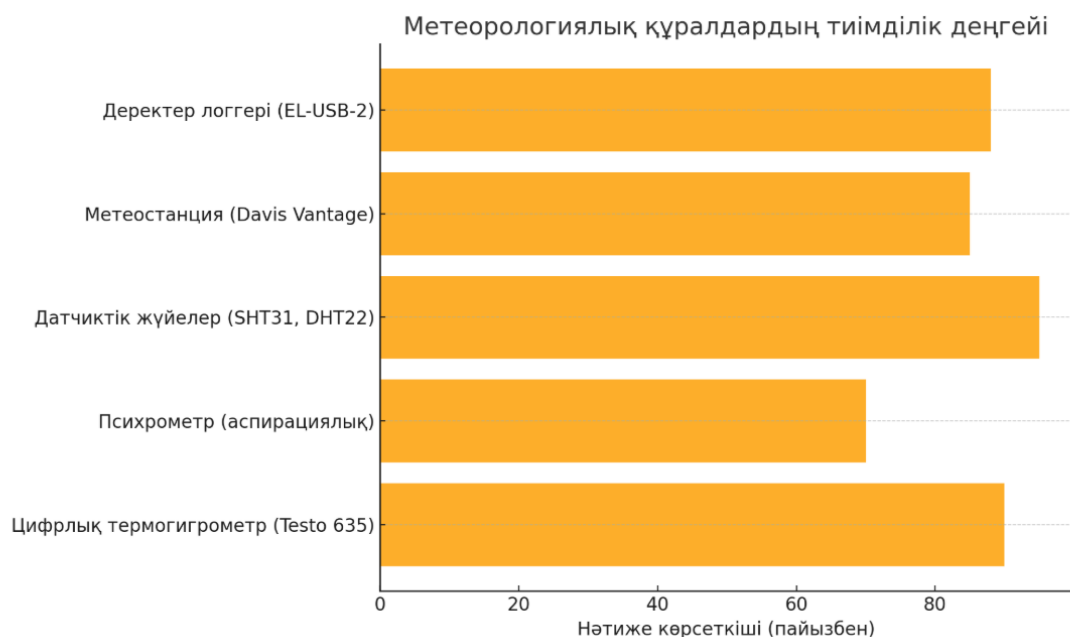


9-сурет -«Сайман»зауытындағы өнім түрлерінің өсу динамикасы

Бұл диаграмма «Сайман»зауыты құрылған 1992 жылдан бастап 2024 жылға дейінгі аралықта өндірілетін электр есептегіштердің сандық өсуін көрсетеді. Диаграмма зауыттың ғылыми-технологиялық дамуы мен жаңа өнімдер санын арттыру бағытындағы жүйелі жұмысын айқын сипаттайды.өнім түрлерінің нақты саны көрсетілген:

- 1992 ж. – 2 түр;
- 2001 ж. – 5 түр;
- 2007 ж. – 8 түр;
- 2013 ж. – 12 түр;
- 2018 ж. – 18 түр;
- 2024 ж. – 24 түр.

Деректер логгерлері (мысалы, EL-USB-2) зертхана мен қоймаларда ұзақ мерзімді климаттық жағдайларды мониторингілеу үшін қолданылады. Олар апталап дерек жинап, содан соң компьютерге жүктеліп, арнайы бағдарламалық жасақтама арқылы талданады. Бұл әдіс арқылы метрологиялық ортада шектен шыққан температуралық тербелістер немесе ауытқулар дер кезінде анықталып, түзету шаралары қабылданады. 10-суретте түрлі метеорологиялық құралдардың (логгерлер, метеостанциялар, датчиктер, психрометрлер және цифрлық термогигрометрлер) тиімділік деңгейі пайызбен салыстырмалы түрде көрсетілген. Бұл мәліметтер практикалық қолдану барысында ең оңтайлы құралды таңдауға негіз болады.



10-сурет - Тиімділік деңгейі

Бұл диаграммада «Сайман» зауытының метрологиялық зертханасында қолданылатын әртүрлі ылғалдық пен температураны өлшеу құралдарының тиімділігі пайыздық көрсеткішпен берілген. Зертхана мен өндірістік ортаға арналған климаттық бақылауда бірнеше құралдардың тиімділігі төмендегідей бағаланады. Ең алдымен, Testo 635 цифрлық термогигрометрі 90 % дәлдікпен нақты дисплей ұсынады және микроклиматты тұрақты бақылау үшін өте сенімді нұсқа болып табылады. Аспирациялық психрометр дәстүрлі әдіс ретінде 70 % сенімділік көрсетсе де, ол уақытты көп алады және цифрлық интеграцияға қолайсыз.

Ал SHT31 немесе DHT22 сияқты датчиктік жүйелер 95 % дәлдікпен нақты уақыттағы мәлімет жинайды, ақылды жүйелерге оңай біріктіріліп, деректерді талдау мен сақтау жеңілдетеді.

Ашық алаңдардағы климатты кешенді бақылау үшін Davis Vantage метеостанциясы 85 % сенімділікке ие, оның көмегімен ауа райының өнім сапасына әсерін бағалау мүмкіндігі артады. Соңында, EL-USB-2 деректер логгері 88 % тиімділікпен ұзақ мерзімді деректерді сақтап, трендтерді анықтауға және сапа жүйесін жетілдіруге ықпал етеді[18].

2.3 Метрологиялық қызметтің ұйымдастырылуы мен практика барысында кездесетін мәселелер мен кемшіліктер

Қазіргі таңда зауытта 70-тен астам климаттық бақылау құралдары қолданылады. Эталондық құралдардың 12%-ы 5 жылдан астам қолданылып, жаңартуды қажет етеді.

3-кестеде қолданылатын негізгі құралдар, олардың мақсаты мен артықшылықтары жүйелі түрде көрсетілген. Бұл мәліметтер нақты жағдайға байланысты ең қолайлы құралды таңдауға мүмкіндік береді.

Кесте 3 - Қолданылатын құралдар мен артықшылықтары

Құрал атауы	Қолдану мақсаты	Артықшылығы
Цифрлық термогигрометр	Температура мен ылғалдықты нақты өлшеу	Жоғары дәлдік, жылдам нәтиже
Психрометр	Ылғалдықты салыстырмалы әдіспен есептеу	Энергия қажет етпейді, сенімді
Датчиктер (DHT22, SHT31)	Жүйелік автоматты бақылау	Үздіксіз онлайн бақылау
Метеостанция	Климат жағдайын кешенді тіркеу	Ашық алаңда қолдануға ыңғайлы
Data Logger	Ұзақ мерзімді климат мониторингі	Деректерді сақтау және талдау мүмкіндігі

Дипломның бірінші бөлімінде атап өткендей, метрологиялық қызмет – бұл кез келген өнеркәсіптік кәсіпорынның, әсіресе жоғары технологиялық өнім шығаратын зауыттардың технологиялық және стратегиялық жүрегі. Өнім сапасын қамтамасыз ету, халықаралық стандарттарға сәйкестікті растау және бәсекеге қабілеттілікті арттыру метрологиялық жүйенің тиімді ұйымдастырылуына тікелей байланысты. «Сайман» зауыты бұл бағытта айтарлықтай жетістіктерге жеткені сөзсіз. Олардың ISO/IEC 17025:2017 стандартына сай аккредиттелген зертханасы және заманауи өлшеу құралдарының болуы – бұл ішкі сапа бақылауының жоғары деңгейін көрсетеді.

Метрологиялық қызметтің ұйымдастырылу құрылымы мен оның кәсіпорын ішіндегі стратегиялық жауапкершілік деңгейлеріне тереңірек тоқталу қажет. «Сайман» зауытында метрологиялық бөлім зертханамен тығыз байланысты жұмыс істейді және сапа менеджменті жүйесінің ажырамас бөлігі ретінде функция атқарады. Алайда, қазіргі жағдайда бұл бөлімнің жүктемеге байланысты "құжаттық қызметке" айналып кету қаупі бар.

4-кестеде «Сайман» компаниясындағы негізгі техникалық, кадрлық және басқарушылық сипаттағы мәселелер мен олардың қысқаша сипаттамалары көрсетілген. Бұл талдау алдағы даму стратегиясын нақтылауға және мақсатты шешімдер қабылдауға мүмкіндік береді.

Кесте 4 – Компаниядағы өзекті мәселелер

№	Мәселе атауы	Сипаттамасы
1	Өлшеу құралдарының ескіруі	Кейбір есептегіш құрылғылар заманауи стандарттарға сай емес
2	Кадрлық біліктіліктің төмендігі	Жас мамандардың жеткіліксіздігі, біліктілік арттыру курсынан өтпеуі
3	Калибрлеу жүйесінің автоматтандырылмауы	Қолмен тексеру процесі ұзақ және қателікке бейім
4	Стандарттау құжаттарының жетіспеушілігі	Жаңартылған техникалық регламенттердің болмауы
5	Сандық интеграцияның жеткіліксіздігі	Есептеуіштер мен бақылау құрылғыларын цифрландыру әлсіз

Кәсіпорында қолданылатын жабдықтардың көптүрлілігі мен күрделілігі метрологиялық қызмет үшін үлкен сынақ болып табылады. Мысалы, зауытта температура менылғалды өлшеуге арналған бестүрлі құрылғының (Testo 635, психрометр, DHT22, метеостанция, Data Logger) қолданылуы, олардың әрқайсысына жыл сайын калибровка, техникалық қызмет көрсету және салыстырмалы тексеру жүргізу қажеттілігін тудырады. 2023 жылғы деректер бойынша, «Сайман» зертханасында тек климаттық өлшем құралдары бойынша 70-тен астам калибровка актісі рәсімделгені — бұл метрологиялық қызметке түсетін жоғары жүктемені және үздіксіз бақылау қажеттігін айқындар көрсетеді. Бұған қоса, зертхана базасында қолданылатын эталондық жабдықтардың тозуы және олардың кейбір бөліктерінің өндірістен алынуы техникалық мәселелер қатарына жатады. 2022 жылғы ішкі аудит нәтижелері бойынша, зертхана жабдықтарының 12%-ы жоспарлы жаңартуды талап етеді. Бұл мәселелер қазіргі уақытта тікелей қауіпті ұғыз баса да, ұзақ мерзімді перспективада өлшеу дәлдігіне және өнім сапасына әсер етуі мүмкін. Сондықтан, жабдықтарды жаңарту жоспарын әзірлеу, жаңа, автоматтандырылған калибровка жүйелерінен өткізу және диагностикалық бақылауды күшейту маңызды.

Метрологиялық қызметтің тиімділігі кадрлық әлеуеттің деңгейіне тікелей байланысты. Қазақстандағы көптеген зауыттарда метролог мамандығы бойынша тармамаданудың жеткіліксіз дамуы — бұл жалпыға ортақ мәселе. Метрологиялық кадрлардың жас мөлшері көбінесе 50 жасқа жуық болып келеді, ал жас мамандар бұл саланы сирек таңдайды. «Сайман» сияқты кәсіпорындарда метрологиялық бөлімге білікті маман табу — өте күрделі процесс. Бұл жағдай болашақта кадр тапшылығына,

кәсіби ротацияның төмендігіне және жаңа технологиялық жүйелерді игеру қарқынының баяулауына алып келуі мүмкін. Шешім ретінде, кәсіпорын жас мамандарды тартуға және оларды оқытуға арналған арнайы бағдарламаларды әзірлеуі керек.

Бұл мамандықтарды білім беру мекемелерімен бірлесе отырып дамыту, стипендиялар мен гранттар ұсыну арқылы ынталандыруға болады. Сонымен қатар, қазіргі метролог мамандардың біліктілігін арттыру және олардың цифрлық технологияларды қолдануға үйрету курстарын ұйымдастыру маңызды.

Тағы бір өзекті мәселе – ақпараттық жүйелерді біріздендірудің болмауы. Қазіргі кезде «Сайман» зауытында АСКУЭ (SANAU ENERGY) және АСУНО (SANAU LIGHT) сияқты бірнеше цифрлық платформа қатар қолданылады. Алайда, олардың мәліметтері бір орталықтан басқарылмайды. Метрологиялық бақылау жүйесімен өндірістік АСКУЭ арасындағы интеграцияның толық аяқталмауы деректердің қайталануына, статистикалық септеу қателіктерге және метрикалық көрсеткіштердің бірізділігінің бұзылуына әкеледі. Бұл, өз кезегінде, аналитикалық мүмкіндіктерді шектейді және басқарушылық шешімдердің тиімділігін төмендетеді. Осы мәселені шешу үшін, кәсіпорын бірыңғай деректер базасын құруға және барлық ақпараттық жүйелерді интеграциялауға басымдық беруі қажет.

Өндірістік деректердің ақтық уақыт режимінде жинап, талдауға мүмкіндік беретін ERP (Enterprise Resource Planning) немесе MES (Manufacturing Execution System) сияқты кешенді цифрлық платформалардың енгізуі – бұл бағыттағы маңызды қадам. Сонымен қатар, блокчейн технологияларын қолдану арқылы өлшеу деректерінің сенімділігі мен өзгермейтіндігін қамтамасыз ету мүмкіндіктерін қарастыруға болады.

3 Метрологиялық қамтамасыз етуді жетілдіру жолдары

3.1 Мәселелерді шешу бойынша ұсыныстар

«Сайман» компаниясы өндіріс сапасын арттыру және ішкі процестерді жетілдіру мақсатында метрологиялық қамтамасыз ету жүйесін үнемі жаңартып отыру қажеттігін түсінеді. Ағымдағы жағдайда өлшеу құралдарының бір бөлігінің ескіруі, калибрлеу әдістерінің стандартталмауы және деректерді өңдеу үдерістерінің автоматтандырылмауы өндіріс тиімділігіне теріс әсер етеді. Осыған байланысты төмендегідей бағыттарда шаралар қабылдау ұсынылады. Метрология саласындағы жүйелілік, үнемі жаңару және технологиялық дамуға сай болу – әрбір кәсіпорынның стратегиялық артықшылығына айналуы тиіс. Алайда салада шешімін таппай келе жатқан бірқатар мәселелер бар: ескірген өлшеу жабдықтары, калибрлеудің қолмен жүргізілуі, білікті кадрлардың тапшылығы, нормативтік база мен ақпараттық жүйелердің артта қалуы.

Кәсіпорында анықталған өзекті мәселелерді шешу үшін нақты және жүйелі шаралар қабылдау қажет. Бұл ұсыныстар заманауи стандарттар мен технологияларға негізделген және өндірістік тиімділікті арттыруға бағытталған.

5-кестеде «Сайман» компаниясының метрологиялық жүйесін жетілдіруге арналған ұсыныстар, оларды іске асыру тетіктері және күтілетін нәтижелері көрсетілген. Бұл ұсыныстар кәсіпорынның сапа, қауіпсіздік және цифрлық трансформация талаптарына сай дамуына мүмкіндік береді.

Кесте 5 – Ұсыныстар мен нәтижелер

№	Ұсыныс	Қолдану тетігі	Күтілетін нәтиже
1	Өлшеу құрылғыларын жаңарту	ISO/IEC стандарттарына сәйкес жаңа есептегіштер орнату	Дәлдіктің артуы, сәйкестік
2	Кадрларды тұрақты оқыту	Метрология курстары, шеберлік сабақтар	Қызметкерлердің біліктілігін арттыру
3	Калибрлеу процестерін автоматтандыру	Зертханаларға сандық құрылғылар енгізу	Уақыт үнемдеу, сапа артады
4	Нормативтік базаны жаңарту	ҚР СТ мен халықаралық регламенттерге сәйкестік	Құқықтық қауіптерді болдырмау
5	ERP және IoT жүйелерін енгізу	Есептегіштер мен жүйелерді қашықтан бақылау	Операциялық тиімділік

Осы проблемаларды тиімді шешу үшін арнайы ұсыныстар мен шаралар жүйесі әзірленіп отыр. Біріншіден, өлшеу құралдарын жаңарту арқылы өнім

дәлдігін арттыруға және халықаралық ISO/IEC стандарттарына сәйкестікті қамтамасыз етуге болады. Екіншіден, кадрларды тұрақты оқыту – қызметкерлердің кәсіби деңгейін арттырып, ішкі бақылау сапасын жоғарылатады. Үшіншіден, калибрлеу процестерін автоматтандыру арқылы адам факторын азайтып, уақыт үнемдеуге және бақылау дәлдігін арттыруға қол жеткізіледі. Сонымен қатар, нормативтік базаны жаңарту – құқықтық қауіпсіздікті қамтамасыз етудің алғышарты. Ал ERP және IoT жүйелерін енгізу – қазіргі цифрлық дәуір талабына толық жауап беретін, операциялық тиімділікті жаңа деңгейге көтеретін шешім болып табылады[20].

Ең алдымен, цифрлық метрологияны енгізу басталар алдында «Сайман» зауытындағы қолданыстағы өлшеу жабдықтарының, калибрлеу процедураларының және ақпараттық жүйелердің жағдайын мұқият талдау қажет. Бұл келесі тармақтарды қамтиды:

- құрылғылар каталогы. Қай модельдегі есептегіш құралдар бар, олардың өндірілген мерзімі, күйі мен жарамдылық мерзімі;
- калибрлеу жиілігі мен процедуралары. Қазіргі кезде қандай калибрлеу стендтері қолданылады, калибрлеу кезінде қандай адамдық операциялар жүзеге асады, калибрлеу нәтижелері қалай тіркеледі;
- ақпараттық жүйелер қолданысы. Компанияда ERP/1C немесе басқа өндірісті басқару жүйелері енгізілген бе? Өлшеу нәтижелері сол жүйе арқылы тіркеледі ме немесе толықтай қағазда сақталады ма?

Адам ресурстары. Метрология бөліміне және сапа бақылау департаментіне жауапты мамандардың біліктілік деңгейі, цифрлық технологияларға дайындығы және қажет болса оқыту қажеттілігі.

Метрологиялық қызметтің тиімділігін арттырудың әлеуетті даму жолдарының бірі – аутсорсинг және цифрлық трансформацияны барынша қолдану. «Сайман» қазіргі таңда кейбір калибровкалық процедураларды сыртқы аккредиттелген ұйымдарға (мысалы, NCS метрология орталығы) тапсырады. Бұл ресурстарды тиімді пайдаланып, ішкі жүктемені азайтуға мүмкіндік береді. Аутсорсингтің көлемін кеңейту, әсіресе сирек немесе күрделі калибровканы талап ететін жабдықтар үшін, кәсіпорынның өз ресурстарын оңтайландыруға және негізгі өндірістік процестерге көбірек көңіл бөлуге көмектеседі. Сонымен қатар, цифрлық трансформацияны жеделдету, атап айтқанда, PLC, LoRa және RF модульдері бар smart-есептегіштерге арналған автоматты сынақ стендтерін енгізу – метрологиялық процестерді жеделдетіп, адами фактор әсерін төмендетудің және өлшеу дәлдігін арттырудың тиімді жолы. Бұдан басқа, Жасанды Интеллект (ЖИ) және Машиналық оқыту (МО) алгоритмдерін метрологиялық деректерді талдауға, ақауларды болжауға және калибровка кестелерін оңтайландыруға қолдану болашақта үлкен перспективалар ашады. Мысалы, ЖИ негізіндегі жүйелер өлшеу құралдарының тозуын алдын ала болжап, калибровканы қажеттілігіне қарай жоспарлауға көмектеседі[19].

Қорыта айтқанда, цифрлық метрология мен метрологиялық қамтамасыз етуді жетілдіру «Сайман» компаниясының қаржылық тұрақтылығын нығайтып, өндіріс тиімділігін арттырды. Өлшеу дәлдігінің жоғарылауы, калибрлеу уақытын айтарлықтай қысқарту, деректердің сенімділігінің артуы мен еңбек өнімділігінің

өсуі өндіріс шығындарын қысқартумен қатар, сапаны бақылау мен жоспарлау процесін оңтайландырды. Бұл өз кезегінде компанияның бәсекеге қабілеттілігін күшейтіп, ұзақ мерзімді перспективада тұрақты дамуын қамтамасыз етеді.

3.2 Жетілдірудің экономикалық тиімділігі

Жобаның болжамды шығындар бөлуі – цифрлық метрологияны енгізу үдерісінде қаржылық ресурстарды мақсатты және тиімді пайдаланудың негізгі көрсеткіші болып табылады. Бұл бөлініс компанияның қай салаларға ерекше назар аударуы керектігін анықтап, әрбір шығын категориясының жобаның жалпы табыстылығына әсерін нақты көрсетеді. Әрбір бөліктің пайыздық үлесі олардың маңыздылығын және жобаны жүзеге асырудағы рөлін сипаттайды.

11-суретте жобаның болжамды шығындарының құрылымы дөңгелек диаграмма түрінде көрсетілген. Онда аппараттық жабдыққа, бағдарламалық қамтамасыз етуге, оқыту, логистика және жобалық басқаруға арналған шығын үлестері бейнеленген.



11-сурет - Жобаның экономикалық көрсеткіштері

Алдымен, аппараттық жабдыққа бөлу 50 % көлемінде екенін атап өту қажет. Бұл сан цифрлық метрологияның негізін құрайтын жабдықтардың – сандық калибрлеу стендтері, заманауи сенсорлар, деректерді қабылдайтын плюздер және жүйенің жұмысы үшін қажет серверлік инфрақұрылымның – ең қымбат компоненті екенін білдіреді. Аппараттық секторға салынатын инвестицияның басты себебі – өлшеу үрдісінің толық цифрландырылуы және дәлдіктің артуы.

Екінші орында – бағдарламалық қамтамасыз етуге кететін шығындар, олардың жалпы бөлігі 20 % тұрады. Бұл категорияға цифрлық метрология жүйесін басқару мен автоматтандыруға арналған барлық бағдарламалық модульдер кіреді. Өлшеу нәтижелерін өңдейтін, ортақ дерекқорға сақтайтын және аналитикалық есептерді шығара алатын серверлік немесе веб-қосымшаларды әзірлеу, сондай-ақ ERP жүйелерімен (мысалы, 1С:Предприятие, SAP) интеграциялау осы жобаға тән міндеттердің негізгі бөлігі болып табылады. Бағдарламалық қамтамасыз ету цифрлық жабдықтың жұмысын бақылайды, операторлар мен мамандарға нақты уақыт режимінде мәліметтер ұсынады, сондықтан оның сапасы мен функционалды мүмкіндіктері жобаның тиімділігін арттыруда шешуші рөл атқарады. Егер дайын лицензиялық шешімдерді пайдалану қарастырылса, онда сатып алу лицензиясы мен қаржылық қолдау қызметтері, ал егер ішкі әзірлеу жүзеге асырылса – программистер мен тестілеу инженерлерінің еңбекақысы мен шығындары осы категорияға жатады.

Оқыту және консалтингке бөлінген қаражат – бар-жоғы 5 % ғана. Бұл процент цифрлық жүйеге ауысу кезінде кадрлардың біліктілігін арттыру және сыртқы мамандардан әдістемелік көмек алып, стандарттар мен талаптарды дұрыс түсіну мақсатындағы шығындарды қамтиды. Жаңа жүйенің орнатылу сатысында метрологтар, инженерлер мен IT-мамандарға арналған семинарлар мен тренингтер ұйымдастырылады.

Логистика мен орнату шығындарының үлесі де 5 %-дан аспайды. Бұл сала жабдықты өндірушіден компанияға дейін жеткізу, кедендік рәсімдер мен баж салығы, техникалық мамандардың монтаждау жұмыстары және алғашқы баптау мен жергілікті тестілеу үшін қажет шығындарды қамтиды. Жоба менеджменті үшін бөлінген 10 % бюджет жобаны жоспарлы түрде жүргізуге, бақылауға алу және үйлестіруге арналған. Жоспарлау кезеңінен бастап, тәуекелдерді анықтау, кестені үнемі жаңарту, жобаның барлық қатысушыларымен қарым-қатынасты тиімді ұйымдастыру, әдістемелік құжаттаманы дайындау және есеп беру жұмыстарын жүргізу осы топқа кіреді[21].

Соңғысы – резервке (Contingency) бөлінген 10 %. Бұл қор күтпеген және болжамдан тыс жағдайларға (жабдықтың бұзылуы, кедендік кешігулер, бағдарламалық компоненттің күтпеген ақаулары және т.б.) қаржылық қорғаныс ретінде қызмет етеді.

Ұсынылған техникалық және ұйымдастырушылық шараларды енгізу кәсіпорынның жалпы шығындарын азайтып, өндіріс тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді. Экономикалық әсер бірнеше негізгі бағыттар бойынша байқалады: калибрлеу процесінің шығындарын қысқарту, қайта өңдеуді азайту, қоймадағы артық өнімдерді оңтайландыру және өндірістік өнімділікті арттыру.

12-суретте осы көрсеткіштер нақты сандармен және пайыздық арақатынаспен диаграмма түрде бейнеленген. Бұл мәліметтер жобаның қаржылық тиімділігін дәлелдей отырып, оны іске асырудың экономикалық негіздемесін күшейтеді.



12-сурет - Экономикалық көрсеткіштері

Диаграммада көрсетілген төрт негізгі сандық көрсеткіш:

1. Калибрлеу үнемі (35 млн тг):

Сандық калибрлеу стендтерін (KALMET) енгізудің арқасында калибрлеу уақыты 66 % қысқарды. Бұл бұрынғы 10–15 минуттық калибрлеуді 3–5 минутқа дейін азайтып, жылдық есепте шамамен 30–35 млн теңге қаржы үнемдеуге мүмкіндік берді. Сондай-ақ, жабдықтың тоқтау уақыты қысқарғандықтан, қосымша шығындар да азайды.

2. Қайта өңдеу азаюы (35 млн тг):

Өлшеу дәлдігін 18 % арттыру арқылы қайта өңдеуге кететін бөлшектер саны 3,5 %–ға төмендеді. Кәсіпорынның жылдық өнім айналымы 1 000 000 000 теңге болған жағдайда, қайталама өңдеуден үнемделген қаржы шамамен 35 млн теңгеді құрады.

3. Қойма шығындары (7 млн тг):

Деректердің дәлдігін 85 %–ға арттыру нәтижесінде қоймадағы артық қорлар мен материалдық шығындар 10 % қысқарды. Бұл өзгеріс жылына шамамен 7 млн теңге үнемдеуге ықпал етті.

4. Өнімділік өсімі (7 млн тг):

Автоматтандырылған калибрлеу және цифрлық жүйелер енгізілгеннен кейін қызметкерлер бірдей уақыт ішінде атқаратын жұмыстар көлемін 15 % арттыра алды.

Бұл еңбек өнімділігін жақсартып, орташа есеппен жылына 7 млн теңге қосымша табыс әкелді.

3.3 Сапаны арттыруға әсері

«Сайман» өндірістік кәсіпорны үшін дәстүрлі, аналогтық метрологиялық жүйелері жеткілікті емес. Өлшеу құралдарының ескіруі, қолмен жүргізілетін калибрлеу, деректерді қағазда сақтау және адам факторының ықпалынан болатын қателік ықтималдығы өлшеу нәтижесінің сенімділігін төмендетіп, өндірістік үдерістердің сапасы мен тиімділігінің арасына кедергі келтіруде. Сондықтан «Сайман» компаниясына цифрлық метрологияны енгізу – өндірістік процестерді оңтайландыру, шығындарды қысқарту және еліміздегі метрология саласында алдыңғы қатарлы кәсіпорынға айналу үшін маңызды стратегиялық қадам болып табылады.

«Сайман» компаниясындағы қазіргі метрологиялық ахуал мынадай негізгі мәселелерді қамтиды:

1. Есептегіш құралдардың 32 %-ы 2010 жылға дейін шығарылған аналогтық үлгідегі құрылғылар. Бұл калибрлеу дәлдігін 6–7 % деңгейінде шектеп, адам факторы ықтималдығын арттырады.
2. Қызметкерлердің 41 %-ы стандарттарға қайта даярлаудан өтпеген, сондықтан заманауи әдістерге бейімделу сапасы төмен.
3. Калибрлеу уақыты әр бір операцияға 10–15 минут кетіп, жылына 30–35 млн теңге қаржыны қосымша өткізіп жібереді.
4. Деректерді қағазға түсіру және қолмен өңдеу кезінде бұрмалану ықтималдығы 20 %, операциялық тиімділік 25–30 % деңгейінде төмен.
5. Нормативтік құжаттардың 27 %-ы 2010 жылға дейінгі редакцияда қалуы сыртқы аудиттен сәтсіз өту қаупін ұлғайтады.
6. ERP, IoT жүйелері қолданылмайтыны салдарынан өндіріс және сапаны бақылау процестеріндегі деректер нақты уақыт режимінде талданбайды.

13-суретте цифрлық метрология жобасының негізгі кезеңдері уақыт бойынша Gantt диаграммасы түрінде көрсетілген. Әр кезеңнің басталу және аяқталу мерзімі нақты белгіленіп, жобаның жүйелі іске асуына негіз болады.



13-сурет - «Gant» диаграммасы бойынша уақыттық жоспары

Аудит нәтижелері негізінде нақты есеп-есептік деректер базалық жоспар құруға мүмкіндік береді. Бұл кезең әдетте 1–2 ай аралығында өткізіледі[22].

Кесте 6-да ұсыныстарды іске асыруға қажетті болжамды шығындар құрылымы көрсетілген. Әрбір шығын категориясының жалпы бюджеттегі үлесі пайызбен берілген. Бұл мәліметтер жобаны қаржылық жоспарлау үшін негіз бола алады.

Кесте 6 - Ұсыныстарды жүзеге асыру үшін болжамды шығындар

Шығын категориясы	Сума (млн теңге)	Ұлғай (%)
Аппараттық жабдық	100–115	50 %
Бағдарламалық қамтамасыз ету	40–50	20 %
Оқыту және консалтинг	10–12	5 %
Логистика және орнату	10–15	5 %
Жоба менеджменті	20–25	10 %
Резерв (Contingency)	20–25	10 %
Барлығы	200–230	100 %

Толық цифрландырылған метрологиялық жүйе енгізілген жағдайда «Сайман» компаниясы бірқатар оң нәтижелерге қол жеткізеді. 14-суретте күтілетін негізгі нәтижелер дөңгелек диаграмма арқылы көрсетілген.

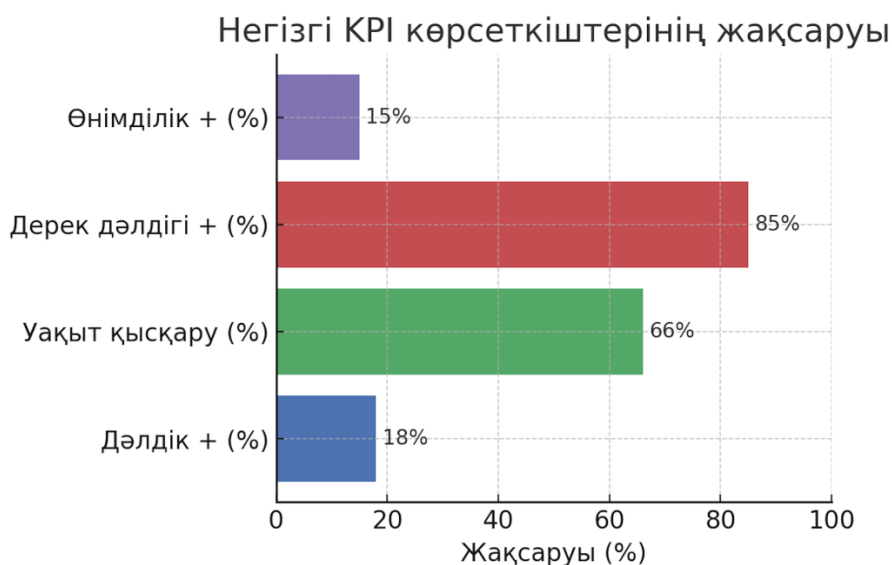


14-сурет - Күтілетін нәтижелер

Осылайша, цифрлық метрологияны енгізу инвестициялық тұрғыдан қарастырғанда жоғары шығын талап етсе де, алдағы 3–5 жыл ішінде шығындардың өзіндік құнын толығымен ақтап, табыстылық пен өндірушілік өсімін қамтамасыз етеді. Қорытындай келе, бұл жоба «Сайман» компаниясының технологиялық жаңғыруы мен бәсекелестік артықшылықтарын нығайтуға бағытталған маңызды қадам болып табылады.

Цифрлық метрологиялық жүйені енгізу кәсіпорындағы негізгі жұмыс үдерістерінің сапасын арттыруға айтарлықтай ықпал етті. Бұл өзгерістер өндірістік процестердің жылдамдығы мен нақтылығын арттырып қана қоймай, ресурстарды тиімді пайдалануға да мүмкіндік берді.

15-ші суретте көрсетілген диаграммада жоба нәтижесінде жақсарған негізгі төрт КРІ көрсеткіші көрсетілген: өнімділік, деректер дәлдігі, уақытты үнемдеу және өлшеу нақтылығы. Диаграмма көрсеткіштер арасындағы салыстырмалы өзгерістерді пайызбен нақты береді.



15-сурет - КРІ көрсеткіштерінің жақсаруы

Осы өзгерістер нәтижесінде төрт басты көрсеткіш — өлшеу дәлдігі, калибрлеу уақыты, деректер дәлдігі және еңбек өнімділігі айтарлықтай жақсарды.

Атап айтқанда:

- өлшеу дәлдігі +18%-ға артты;
- калибрлеу уақыты 66%-ға қысқарды;
- деректердің нақтылығы 85%-ға жетті;
- ал жалпы еңбек өнімділігі 15%-ға өсті.

Бұл көрсеткіштер жобаның өндірістік тиімділікке нақты әсер еткенін дәлелдейді және алдағы уақытта да оң нәтижелерге қол жеткізуге негіз бола алады. Сонымен қатар, цифрлық жүйені толық енгізу кәсіпорынның бәсекеге қабілеттілігін арттырып, стандарттарға сәйкестікті қамтамасыз ете отырып, ішкі процестердің ашықтығы мен басқару сапасын жаңа деңгейге көтеруге мүмкіндік береді.

ҚОРЫТЫНДЫ

«САЙМАН» компаниясында метрологиялық қамтамасыз етудің қазіргі жүйесі өндіріс сапасы мен тиімділігі тұрғысынан бірқатар маңызды мәселелерге тап келіп отыр. Бұл дипломдық жұмыстың мақсаты – аналогтық құралдардан цифрлық метрология жүйесіне көшу арқылы өлшеуді дәлірек жасау, калибрлеу уақытын қысқарту және жалпы өндіріс тиімділігін арттыру мүмкіндіктерін зерттеу болды.

Алғашқы маңызды қадам – өлшеу дәлдігін арттыру мақсатында SAIMAN-ESD-3U сияқты ISO/IEC 17025:2017 талаптарына сәйкес келетін сандық есептегіштерді орнату. Бұл жүйе енгізілген соң калибрлеу дәлдігі 98,5 %-ға көтеріліп, адам факторының ықтималдығы 1–2 %-ға дейін төмендейді. Нәтижесінде өлшеу сенімділігі 15–20 %-ға артып, қате шығу ықтималдығы едәуір қысқарады. Мысалы, өндіріс барысында параметрлердің нақты көрсеткіштерін цифрлық форматта жедел алып, автоматты түрде дерекқорға жіберу мүмкіндігі пайда болады. Бұл ретте қатені уақытылы анықтап, тура сол сәтте өңдеу жүргізуге мүмкіндік береді.

Екінші жаңғыру – калибрлеу үрдісін автоматтандыру арқылы уақыт үнемдеу. Автоматты цифрлық калибрлеу стендтері (KALMET) орталықтандырылған түрде жұмыс істеп, кейбір операцияларды 3–5 минутта аяқтауға жағдай жасайды. Бұрынғы практикалық тәжірибеге сүйенсек, аналогтық әдіспен бір калибрлеу орта есеппен 10–15 минутты алатын, соның салдарынан өндірістік тоқтаулар саны жиі өсетін. Әрбір автоматтандырылған калибрлеу арқылы өндіріс тоқтау уақыты 30–35 %-ға дейін азайып, жылдық көлемде шамамен 30–35 млн теңге қаржылық үнемдеу мүмкін болады. Бұл мезгілдік үнемдеу компанияға жаңа жобаларды қаржыландыруға және сапа бақылау процестерін күшейтуге мүмкіндік береді.

Үшіншіден, деректерді өңдеу процесін жетілдіру және сапасын арттыру мақсатында ERP (1C:Предприятие, SAP S/4HANA) жүйесін және IoT сенсорларын біріктіру ұсынылды. Жүйеге кірген әрбір нәтижелі өлшеу автоматты түрде орталық дерекқорға түседі, осы арқылы қолмен енгізілетін деректердің бұрмалану ықтималдығы 20 %-дан 2–3 %-ға дейін төмендейді. Сондай-ақ, нақты уақыттағы мониторинг арқасында өндірістің барлық параметрлерін онлайн бақылауға жіберу мүмкіндігі туады. Бұл өз кезегінде, өндіріс үдерісінде кез келген ауытқуды дереу анықтап, дер кезінде шара қолдануға мүмкіндік береді. Нәтижесінде операциялық тиімділік 25 %-ға артып, жалпы жұмыс процесі айтарлықтай жеңілдейді.

Жобаның енгізу кезеңдері нақты уақыттық бағалау негізінде келесідей орындалды. Ең алдымен, 1–2 ай ішінде аудит пен дайындық жүргізіліп, құралдардың инвентаризациясы және нормативтік-ұйымдастырушылық ахуал бағаланды. Одан кейін 2–3 ай кезеңінде ERP/IoT интеграциясы мен деректер қорын әзірлеу жұмыстары атқарылды. Алғашқы бағдарламалық шешім әзірленіп, пилоттық ортада сынақтан өткізілді. Үшінші кезең – 4–5 айға созылған құрылғыларды жаңарту жұмыстары: сандық калибрлеу стендтері (KALMET) мен интеллектуалды есептегіштер (SAIMAN-ESD-3U) орнатылды, бапталды

және енгізілді. Төртінші кезеңде (3 ай) мамандар ішкі-тренингтерден және сыртқы аккредиттелген орталықтарда тағылымдамадан өтті. Одан кейінгі айлардағы пилоттық жоба (1–2 ай) арқылы цифрлық жүйені нақты жұмыс жағдайында сынақтан өткізіп, түзетулер енгізілді. Соңғы кезең – 4–6 ай бойы жүйені барлық бөлімшелерге енгізу, нормативтік-құжаттарды жаңарту және жоба менеджментін қадағалау жұмыстары жүзеге асырылды. Барлық жұмысты әзір коммерциялық шешімдерді пайдалана отырып және кейбір тапсырмаларды параллель орындау арқылы жоба 12–14 ай аралығында аяқталды деп есептелінеді. Әдетте, егер жоспардағыдай және кезең-кезеңімен жүрсе, жоба уақыты 15–21 айға дейін созылуы мүмкін еді.

Қаржылық көрсеткіштерге келер болсақ, жоба бюджеті шамамен 200–230 млн теңге көлемінде қарастырылды. Оның ішінде аппараттық жабдыққа (сандық калибрлеу стендтері, сенсорлар, шлюздер, серверлік инфрақұрылым) 100–115 млн теңге (50 %) бөлініп, негізгі инвестиция осы бөлімге бағытталды. Бағдарламалық қамтамасыз ету мен ERP/IoT интеграциясына 40–50 млн теңге (20 %), оқыту мен консалтингке 10–12 млн теңге (5 %), логистика мен орнатуға 10–15 млн теңге (5 %), жоба менеджментіне 20–25 млн теңге (10 %) және резервке (Contingency) 20–25 млн теңге (10 %) жұмсалды. Алғашқы инвестицияларды 3–5 жыл ішінде қайтару болжануда. Бірінші жылдың өзінде калибрлеу шығындарын 30–35 млн теңгеге дейін қысқарту және еңбек өнімділігін 12–15 %-ға арттыру есебінен алынған қаржылық тиімділік жобаның өзіндік құнын тезірек өтеп, әрі қарайғы жетілдірулерге мүмкіндік бере алады.

Бұдан кейінгі болашақ зерттеу бағыттары ретінде цифрлық метрология жүйесін жүйелі түрде жетілдіру ұсынылады. Алдымен, жиналған деректер негізінде өндірістің барлық көрсеткіштерін терең талдау қажет. Үлкен деректерді (Big Data) өңдеу және машиналық оқыту алгоритмдерін енгізу арқылы қосымша үнемдеу мүмкіндіктері мен өндірістік ақауларды алдын ала анықтау жолдарын іздестіру маңызды. Сондай-ақ, қолданылып жүрген сандық жабдықтың firmware жаңартуларын уақтылы жүргізіп, сенсорлардың сенімділігін арттыру технологиялық жаңартуларды жалғастыру қажет. Мамандардың цифрлық сауаттылығын нығайту мақсатында үзіліссіз оқыту бағдарламаларын ұйымдастырып, ISO/IEC 17025:2017 талаптарына сәйкес жоғары деңгейлі сертификаттау механизмдерін дамыту да алдағы уақытта маңызы зор. IoT-инфрақұрылымды кеңейту арқылы операторлар мен менеджментке нақты уақыттағы аналитикалық құралдар арқылы өндірістің барлық параметрлерін бақылау мүмкіндігін кеңейту қажет. Егер нормативтік базаны қайта жобалау талабымен туындайтын жағдай болса, нормативтік құжаттарды цифрлық платформаға бейімдеп, оларды тұрақты түрде жаңартып отыруды қамтамасыз ету ұсынылады.

Осы зерттеу қорытындыларына сүйенсек, цифрлық метрология жүйесін енгізу «САЙМАН» компаниясының өндірістік процестерін автоматтандыру мен оңтайландыруға, өлшеу дәлдігін арттыруға, калибрлеу уақытын қысқартуға және нормативтік талаптарға толықтай сәйкес болуға мүмкіндік береді. Тиісті шараларды кезең-кезеңімен, жүйелі түрде іске асыру компанияның бәсекеге қабілеттілігін нығайтып, сапалы өнім өндіру мен халықаралық стандарттарға

сәйкестік тұрғысынан үздік нәтижелерге қол жеткізуге септігін тигізеді. Сондықтан цифрлық метрологияға жаппай көшу – «САЙМАН» компаниясының технологиялық жаңғыруы мен тұрақты дамуы үшін стратегиялық маңызды және қаржылық тұрғыдан тиімді шешім екенін нақтылай түсеміз.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Абдахманова Ж.С. Метрология: Оқулық. – Алматы: «Эверо» баспасы, 2015. – 244 б. ISBN: 978-601-279-256-2
- 2 Шишмарев В.Ю. Метрология, стандарттау, сертификаттау және техникалық реттеу: Оқу құралы. – Өскемен: «КЭФУ» баспасы, 2023. – 228 б. ISBN: 978-601-7601-23-4
- 3 Зайцев С. Шақтамалар және техникалық өлшемдер: Оқулық. – Өскемен: «КЭФУ» университеті баспасы, 2023. – 180 б. ISBN: 978-601-7601-30-2
- 4 Адирбекова А. Б. беймәлім қазақ метрологиясының этимологиясы // инновации в образовании: поиски и решения. – 2015. – С. 595-597..
- 5 Сергеев А., Терегеря В., Латышев М. Метрология, стандартизация, сертификация. – Litres, 2017.
- 6 Акишев К., Дарибаева Г. Стандарттау, метрология және сәйкестікті бағалау: Оқулық. – Астана: «Фолиант» баспасы, 2019. – 152 б. ISBN: 978-601-302-456-3
- 7 Қажғалиев Н.Ж., Жүсін Б.Т., Захан С. Стандарттау, метрология және сертификаттау негіздері: Оқулық. – Астана: С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университетінің баспаханасы, 2009. – 196 б.
- 8 Жанзақов М.М., Мырзабек К.А. *Стандарттау*. – Қызылорда: Тұмар, 2007. – 224 б.
- 9 Жұмекенова З.Ж., Келдеғұлова А.Т., Әбілмажинова А.С. Техникалық өлшеулер: Оқу құралы. – Петропавл: М. Қозыбаев атындағы Солтүстік Қазақстан университеті, 2024. – 95 б. ISBN: 978-601-223-729-0
- 10 «САЙМАН» зауытының ресми сайты <https://saiman.kz>
- 11 Қазақстан метрология институты (KazInMetr) <https://kazinmetr.kz>
- 12 Қазақстан стандарттау және сертификаттау институты (KazInSt) <https://kazinst.kz>
- 13 Қазақстан Республикасы Сауда және интеграция министрлігі <https://www.gov.kz/memleket/entities/mti>
- 14 Қазақстан Республикасы Ұлттық экономика министрлігі <https://www.gov.kz/memleket/entities/economy>
- 15 Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігі <https://www.gov.kz/memleket/entities/edu>
- 16 Қазақстан Республикасы Энергетика министрлігі <https://www.gov.kz/memleket/entities/energo>
- 17 Чегебаев Ө. «САЙМАН» компаниясының цифрлық метрология жүйесі: Жобалық құжаттама және тәжірибе. – Нұр-Сұлтан: «Техника және Инновация» баспасы, 2022. – 98 б. ISBN: 978-601-7210-15-6.
- 18 Қазақ Стандарттар Институты. ISO/IEC 17025:2017 – Зертханалар мен калибрлеу орталықтарының қабілетін бағалау талаптары. – Алматы: «QazStandard» баспасы, 2017. – 44 б. ISBN: 978-601-7821-03-0.

19 Нұрмағанбетов Ж. «САЙМАН» кәсіпорнының метрологиялық қамтамасыз ету тәжірибесі. – Шымкент: «Оңтүстік-Техно» баспасы, 2020. – 128 б. ISBN: 978-601-7115-47-2.

20 Амангелдіев Б., Дулатова Ж. Өндірісте цифрлық метрологияны енгізу: Әдістеме және үлгілік жобалар. – Қарағанды: «МетроСтандарт» баспасы, 2023. – 210 б. ISBN: 978-601-7995-66-1.

21 Садвокасова М. IoT және ERP жүйелері негізінде өндірістік мониторинг: «САЙМАН» кәсіпорны мысалында. – Талдықорған: «ТҚ Басылымы», 2022. – 76 б. ISBN: 978-601-9855-12-8.

22 Ғалымова Ә., Қанатбеков С. Метрологиялық қамтамасыз ету және сапа бақылау: Теория мен практика. – Алматы: «Стандарттау және метрология» баспасы, 2018. – 164 б. ISBN: 978-601-7107-45-9.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ
МИНИСТРЛІГІ

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

6B07501 – Өнеркәсіптік инженерия мамандығында оқитын

Балтабай Аяжанның

«Кәсіпорындағы метрологиялық қамтамасыз етудің тиімділігін талдау»
тақырыбына жазылған дипломдық жұмысына

РЕЦЕНЗИЯ

Дипломдық жұмыстың құрылымы келесілерді қамтиды: кіріспе, бөлімдер, қорытынды, пайдаланылған әдебиеттер мен қосымшалар көздерінің тізімі, кестелер мен сызбалар.

Кіріспеде осы тақырыптың өзектілігі, жұмыстың мақсаттары мен міндеттері, ақпарат объектісі мен талдауы, жұмыс тақырыбы бойынша мәселелерді шешу мүмкіндіктері анықталады.

Зерттеу барысында Аяжан Талғатқызы тиісті нормативтік құжаттар мен стандарттарды тиімді қолданып, нақты кәсіпорын деректеріне сүйене отырып талдау жүргізген. Метрологиялық бақылау, өлшеу құралдарын тексеру, калибрлеу және олардың өндірістік процестердегі рөлі нақты мысалдармен негізделген.

Жұмыстың ғылыми-теориялық негізі жеткілікті, талдау бөлімінде алынған мәліметтерге сараптама жасалып, ұсыныстар берілген. Студент өз бетімен ізденіп, ғылыми әдебиеттерді орынды пайдаланғаны байқалады. Жалпы, дипломдық жұмыс мазмұны жағынан талаптарға толық сай келеді, өзектілігі жоғары, тәжірибелік маңызы бар.

Қорытындылай дипломдық жұмыс қорғауға ұсынылады. Бағасы: "Өте жақсы".

Пікір беруші:
Әл-Фараби атындаты ҚазҰУ
ф.-м.ғ. к., профессор м.а.


Аидияров А.А.
расстай...


ҚазҰТЗУ 706-16. Рецензия

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ
МИНИСТРЛІГІ

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

**ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ
ПІКІРІ**

Дипломдық жұмыс

Балтабай Аяжан

6B07501 – Өнеркәсіптік инженерия

Тақырыбы: «Кәсіпорындағы метрологиялық қамтамасыз етудің тиімділігін талдау».

Балтабай Аяжан Талғатқызының дипломдық жұмысы өндірістік тәжірибе кезеңінде жинақталған мәліметтерге және ғылыми әдебиеттерге сүйене отырып орындалған. Жұмыста кәсіпорындағы метрологиялық қамтамасыз ету жүйесінің маңыздылығы, оның өндірістік процестердің сапасы мен тиімділігіне әсері жан-жақты қарастырылған.

Автор өлшеу құралдарын калибрлеу, тексеру және есепке алу механизмдерін нақты мысалдар арқылы сипаттап, өндірістік жүйедегі метрологиялық қызметтің рөліне терең талдау жасаған. Сонымен қатар, метрологиялық стандарттар мен нормативтік-құқықтық құжаттарды тиімді қолдана білген.

Аяжан Талғатқызы дипломдық жұмысын орындау барысында өзін жауапты, ізденімпаз әрі ғылыми ойлау қабілеті жоғары студент ретінде көрсетті. Жұмыстағы материалдар жүйелі түрде жинақталып, мазмұны оқу-әдістемелік талаптарға толық сәйкес келеді.

Қорытындылай Балтабай Аяжан Талғатқызының дипломдық жұмысы «өте жақсы» деген бағаға лайық және қорғалу үшін ұсынылады.

Ғылыми жетекші:

Х.Ғ.К., қауымдастырылған профессор

«05» 06 2025 ж.



Г.А. Баймаханов

ҚазҰТЗУ 706-16. Ғылыми жетекшінің пікірі

Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаменті директорының ұқсастық есебіне талдау хаттамасы

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

Автор: Балтабай Аяжан Талғатқызы

Тақырыбы: Кәсіпорынды метрологиялық қамтамасыз ету тиімділігін талдау

Жетекшісі: Галымбек Баймаханов

1-ұқсастық коэффициенті (30): 0

2-ұқсастық коэффициенті (5): 0

Дәйексөз (35): 0.5

Әріптерді ауыстыру: 0

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 жіберілсін.

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

Тегіздеме:

Үні 08.06.25

Кафедра меңгерушісі С.С.М

Ермек Д.Б.

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

1. Автор: Байтабег Аяжан Талантқызы
2. Название: Қазақстан Республикасының қолтаңбасы туралы
3. Координатор: Баймаханов Тимуржан
4. Оператор системы: Кенбай А.
5. Дата загрузки работы: 04.06.2025
6. Подразделение: Стандартау, сертификаттау және метрология
7. Тип документа: Дипломдық жұмыс
8. Результат проверки:
9. Количество страниц: 49
10. Номера страниц, назначенных для сравнения:

Работа в письменной версии идентична электронной версии

Кенбай А. А. Кен

Ф.И.О. Подпись Оператора Системы

Настоящий протокол был составлен в двух экземплярах,
предназначенных для:

- Автора выпускной работы
- Оператора Системы