Український державний університет залізничного транспорту

Кафедра інженерії вагонів та якості продукції

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МЕТОДІВ УПРАВЛІННЯ ПЕРСОНАЛОМ У СИСТЕМІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ НА ПІДПРИЄМСТВІ

Пояснювальна записка і розрахунки
до магістерської кваліфікаційної роботи

МКРМЕ.175.26.3.00. ПЗ

Розробив студент групи 217-ЯСС-324
спеціальності 175 «Інформаційно-вимірювальні технології» освітньої програми «Якість, стандартизація та сертифікація»
(роботу виконано самостійно, відповідно до принципів академічної доброчесності)
_____ Дмитро КІСТАНОВ

Керівник: професор, д-р техн. наук
_____ Ларіса ТИМОФЄЄВА

Рецензент: Завідувач кафедри
транспортні системи та логістика УкрДУЗТ,
професор, д-р техн. наук
Денис ЛОМОТЬКО

2025

Український державний університет залізничного транспорту

Факультет механіко-енергетичний
Кафедра інженерії вагонів та якості продукції
Другий (магістерський) рівень вищої освіти
Спеціальність – 175 «Інформаційно-вимірювальна техніка»
Освітня програма – «Якість, стандартизація, сертифікація»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри,
професор, д-р техн. наук
_____ В. Г. Равлюк
«___» _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ

НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Кістанова Дмитра Володимировича

1. Тема «Підвищення ефективності методів управління персоналом у системі забезпечення якості на підприємстві».

керівник Тимофєєва Ларіса Андріївна, професор, д-р техн. наук затверджені наказом по механіко-енергетичному факультету від
“ ” 2025 року № .

2. Строк подання студентом закінченої роботи «29» грудня 20 25 року.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи отримано під час проходження переддипломної практики у структурних підрозділах підприємства, що здійснює виробничу діяльність та забезпечує контроль якості продукції. У ході практики проведено ознайомлення з організаційною структурою підприємства, функціонуванням системи управління якістю, порядком документального супроводу виробничих і контрольних процесів, а також із чинними процедурами метрологічного забезпечення, повірки та калібрування засобів вимірювальної техніки, які застосовуються на етапах контролю якості продукції.

4. Збір та аналіз вихідної інформації У рамках збору вихідної інформації вивчено порядок роботи служби управління якістю та метрологічної служби підприємства, систему організації вимірювального контролю, збору, обробки та зберігання результатів вимірювань, а також вимоги до оформлення технічної, виробничої та метрологічної документації. Досліджено порядок підготовки матеріалів до метрологічної сертифікації та внутрішнього аудиту засобів вимірювальної техніки.

5. Вихідні дані для економічної частини роботи**.** У планово-економічному підрозділі підприємства отримано інформацію щодо витрат, пов’язаних із забезпеченням метрологічного контролю якості продукції, зокрема витрат на проведення вимірювань, повірки та калібрування засобів вимірювальної техніки, нормативів часу на виконання метрологічних процедур, а також структури витрат на функціонування метрологічної служби підприємства.

6. Перелік графічного матеріалу:

Графічний матеріал виконати у вигляді презентації (обсяг 15-20 слайдів).

7. Дата видачі завдання «24» лютого 2025 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1. Отримання завдання та узгодження теми, мети й вихідних даних кваліфікаційної роботи.	26.02 - 02.03	виконано
2. Аналіз нормативно-правових і нормативно-технічних документів у сфері управління якістю та метрології.	03.03 – 13.04	виконано
3. Вивчення структури підприємства та особливостей функціонування системи менеджменту якості.	14.04 – 10.06	виконано
4. Збір і аналіз даних щодо процесів вимірювань, контролю якості та метрологічного забезпечення.	11.06 – 03.07	виконано
5. Аналіз системи управління якістю й метрологічного забезпечення з виявленням проблемних аспектів.	04.07 – 01.09	виконано
6. Розроблення пропозицій з удосконалення метрологічного контролю та забезпечення якості.	02.09 – 05.10	виконано
7. Виконання розрахунково-аналітичної й економічної частини з оцінкою ефективності заходів.	06.10 - 16.11	виконано
8. Розробка та оформлення слайдів	з 17.11.25 по 27.11.25	виконано
9. Отримання рецензії на МКР	01.12.25	виконано
10. Захист МКР в ДЕК	14.01.26	

Студент _____ Дмитро КІСТАНОВ

Керівник _____ Ларіса ТИМОФЄЄВА

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота містить 15 слайдів презентації та 107 аркуші пояснювальної записки формату А4, що включає 2 рисунків, формул 9, 28 таблиць і 45 використаних джерел.

Об’єктом дослідження є система менеджменту якості та процеси метрологічного забезпечення на підприємстві машинобудівного профілю.

Предметом дослідження є методи та засоби вдосконалення вимірювальних процесів, процедур метрологічного контролю та документального супроводу з метою підвищення точності, достовірності й результативності управління якістю.

Метою кваліфікаційної роботи є аналіз чинної системи менеджменту якості та розроблення пропозицій щодо її вдосконалення шляхом упровадження сучасних інструментів метрологічного контролю, оптимізації процедур повірки й калібрування засобів вимірювальної техніки, а також підвищення ефективності документального забезпечення вимірювальних процесів.

У роботі проведено аналіз показників якості виробничих процесів, досліджено проблемні аспекти функціонування системи менеджменту якості, проаналізовано процедури повірки, калібрування та оцінювання невизначеності вимірювань. На підставі отриманих результатів розроблено практичні рекомендації щодо підвищення ефективності метрологічного забезпечення. Запропоновані рішення можуть бути використані на підприємствах для зменшення ризиків недостовірних вимірювань, підвищення стабільності виробничих процесів і забезпечення відповідності вимогам чинних нормативних документів.

Ключові слова: управління якістю, метрологічне забезпечення, метрологічний контроль, повірка, калібрування, вимірювання, технічна документація.

ABSTRACT

The qualification work consists of 15 presentation slides and 107 pages of explanatory notes in A4 format, including 2 figures, 28 tables and 45 references.

The object of the study is the quality management system and metrological support processes at a machine-building enterprise.

The subject of the study is methods and tools for improving measurement processes, metrological control procedures and documentation in order to enhance the accuracy, reliability and effectiveness of quality management.

The purpose of the qualification work is to analyze the existing quality management system and to develop proposals for its improvement through the implementation of modern metrological control tools, optimization of verification and calibration procedures for measuring instruments, as well as enhancement of measurement documentation practices.

The research includes an analysis of production process quality indicators, examination of key issues related to the functioning of the quality management system, and assessment of verification, calibration and measurement uncertainty evaluation procedures. Based on the obtained results, practical recommendations aimed at improving the efficiency of metrological support have been developed. The proposed solutions can be used by enterprises to reduce the risk of inaccurate measurements, improve process stability and ensure compliance with applicable regulatory requirements.

Keywords: quality management, metrological support, metrological control, verification, calibration, measurement processes, technical documentation.

ЗМІСТ

Вступ 8

1 Теоретичні основи метрологічного забезпечення якості продукції 11

1.1 Роль і значення метрологічного забезпечення у системі управління якістю продукції 11

1.1.1 Метрологічне забезпечення як складова системи менеджменту якості 19

1.1.2 Вплив точності вимірювань на показники якості продукції 22

1.2 Показники якості продукції та методи їх оцінювання 25

1.3 Нормативно-правове забезпечення метрології 27

1.4 Метрологічний нагляд на підприємстві 28

2 Аналіз метрологічного забезпечення на підприємстві 36

2.1 Характеристика метрологічного забезпечення підприємства 36

2.1.1 Класифікація засобів вимірювання підприємства 41

2.2 Аналіз відповідності метрологічного забезпечення вимогам ДСТУ та ISO 44

2.3 Аналіз типових помилок вимірювань 48

2.4 Аналіз стану метрологічного забезпечення якості продукції на підприємстві 49

3 Удосконалення метрологічного забезпечення якості продукції на підприємстві 52

3.1 Оцінювання невизначеності вимірювань 52

3.2 Метрологічна простежуваність вимірювань 55

3.3 Внутрішній метрологічний контроль і аудит 58

4 Оцінювання та обґрунтування напрямів удосконалення метрологічного забезпечення 73

4.1 Аналіз фактичного стану метрологічного забезпечення на підприємстві 73

4.2 Обґрунтування напрямів удосконалення метрологічного забезпечення на підприємстві 77

5 Економічна ефективність удосконалення метрологічного забезпечення 86
5.1 Оцінювання економічної ефективності заходів з удосконалення метрологічного забезпечення 86
Висновки 102
Список використаних джерел 104

Вступ

Історичний розвиток науки, техніки, промислового виробництва показав чимало моментів, коли метрологія ставала дієвим інструментом вирішення найважливіших науково-технічних, економічних і соціальних проблем. Тому на сучасному етапі, при переході до ринкових відносин, питання підвищення точності та достовірності вимірювальної інформації набувають першорядного, державного значення.

У зв'язку з цим зупинимося на основних причинах, через які вимірювання відіграють таку велику роль у сучасному виробництві.

Практично немає жодної галузі діяльності, де б все більш інтенсивно не використовувалися результати вимірювань, випробувань і контролю. Сьогодні в республіці експлуатується велика кількість засобів вимірювання. Фахівці різної кваліфікації забезпечують і безпосередньо проводять операції вимірювання, випробувань і контролю. Основою будь-якої форми управління підприємством є достовірна інформація про кількість і якість сировини, готової продукції, інформація про хід кожної технологічної операції, всього виробничого циклу. Тільки висока і гарантована точність результатів вимірювань забезпечує правильність прийнятих рішень на всіх рівнях управління. Ефективна співпраця із зарубіжними країнами, спільна розробка науково-технічних програм, подальший розвиток торговельних відносин – все це вимагає зростаючої взаємної довіри до вимірювальної інформації, яка є по суті основним об'єктом обміну, основою взаємних розрахунків при торговельних операціях, укладанні контрактів на поставку матеріалів та обладнання. Тут висока якість вимірювальної інформації, її точність і достовірність, однорідність принципів, способів оцінки точності результатів вимірювань, мають першорядне технічне значення. Створення єдиного підходу до вимірювань гарантує взаєморозуміння, можливість уніфікації та стандартизації методів і засобів вимірювань, взаємного

визнання результатів вимірювань, випробувань продукції в міжнародній системі товарообміну.

Результати вимірювань, виконаних в процесі макетування, випробувань, відпрацювання виробів, є головним джерелом інформації, на основі якої в їх конструкцію, технологію виготовлення, вносяться відповідні корективи. Отримання недостовірної інформації призводить до зниження якості продукції, аварій, неправильних рішень. Низький рівень контрольних операцій, що викликається недостатньою і неправильно визначеною точністю вимірювань, призводить до збільшення «фіктивного» і «невиявленого» браку виробництва, необхідності повторного вхідного контролю сировини, напівфабрикатів, і як наслідок до великих економічних втрат.

У сучасних умовах метрологічне забезпечення з чисто прикладного, спрямованого в основному на забезпечення вдосконалення процесів розробки, виробництва та експлуатації вимірювальних приладів, перетворилося на активний і реальний інструмент, що забезпечує створення ефективних технологічних процесів, впровадження систем автоматизованого проектування та управління виробничими процесами, оцінку та контроль якості готової продукції.

Особливе місце у визначенні сучасного значення та розвитку метрологічного забезпечення займає Закон «Про забезпечення єдності вимірювань». Він є законодавчим актом найвищого рангу, який встановлює основні положення забезпечення єдності вимірювань в країні. За своїм змістом новий Закон несе на собі відбиток сьогодення – складного переходу від централізованої до ринкової економіки.

Відповідно до цього та з урахуванням потреб економіки побудовано положення Закону про державні служби забезпечення єдності вимірювань і метрологічні служби державних органів управління та юридичних осіб, встановлено метрологічні правила і норми, визначено порядок

фінансування робіт у сфері забезпечення єдності вимірювань. Одне із завдань метрології – за допомогою і на основі Закону значно підвищити рівень метрологічних робіт в країні і цим ефективно сприяти проведенню реформ у ринковій сфері та на виробництві.

Метою даної дипломної роботи є розробка рекомендацій щодо вдосконалення метрологічного забезпечення вимірювань на підприємстві та встановлення його впливу на якість продукції, що випускається.

Дипломна робота містить вступ, шість розділів і висновок.

У першому розділі наведено загальну характеристику підприємства та метрологічного забезпечення виробництва. Метрологічній експертизі якості продукції присвячено другий розділ дипломної роботи. Розглянуто вимірювані величини та контрольовані параметри технологічного процесу. У третьому розділі наведено поняття якості та методи її оцінки.

У четвертому розділі проведено дослідження метрологічних характеристик засобів вимірювання (ЗВ) на відповідність їх вимогам, що пред'являються. На підставі метрологічної експертизи технологічної документації обґрунтовано вимоги до точності вимірювань, проведено оцінку правильності вибору ЗВ. У п'ятому розділі розглянуто організацію метрологічного контролю за робочими ЗВ.

Розробці рекомендацій щодо вдосконалення метрологічного забезпечення (МО) виробництва на основі аналізу стану метрологічного забезпечення присвячений шостий розділ дипломної роботи. Розглянуто питання впровадження сучасної системи управління технологічним обладнанням.

У висновках та пропозиціях узагальнено та проаналізовані результати, отримані при виконанні дипломної роботи

1 Теоретичні основи метрологічного забезпечення якості продукції

1.1. Роль і значення метрологічного забезпечення у системі управління якістю продукції

Метрологічне забезпечення (МО) має чотири основи:

- наукова основа – метрологія;
- організаційна основа – метрологічні служби;
- технічна основа – матеріальна база забезпечення єдності вимірювань, яка включає в себе:
- систему державних еталонів;
- систему передачі розміру одиниць фізичних величин від державних еталонів підлеглим еталонам, від них до робочих засобів;
- систему випробувань і затвердження типу засобів вимірювання (ЗВ); – систему постановки на виробництво і випуску в обіг ЗВ; – систему повірки засобів вимірювання; – систему стандартних зразків складу і властивостей речовин і матеріалів; – систему стандартних довідкових даних про фізичні константи і властивості речовин і матеріалів.
- нормативно-правова основа – це сукупність документів, що включає в себе: Закон «Про забезпеченні єдності вимірювань постанови Уряду, прийняті в виконанні цього закону;
- документи Державної системи забезпечення єдності вимірювання (ДСВ) – комплекс нормативних документів міжрегіонального та міжвідомчого рівня, що встановлюють норми, вимоги, правила щодо єдності вимірювань у країні; міжнародні та регіональні документи.

Основними цілями метрологічного забезпечення є:

- підвищення якості продукції, ефективності управління виробництвом і рівня автоматизації технологічних процесів;

- забезпечення взаємозамінності деталей, вузлів і агрегатів, створення необхідних умов для кооперування виробництва і розвитку спеціалізації;
- підвищення ефективності науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт, експериментів і випробувань;
- забезпечення достовірності обліку та підвищення ефективності використання матеріальних цінностей і енергетичних ресурсів;
- підвищення ефективності заходів з профілактики, нормування та контролю умов праці та побуту людей, охорони навколишнього середовища та раціонального використання природних ресурсів;
- підвищення рівня автоматизації управління транспортом і безпеки його руху;
- забезпечення високої якості та надійності зв'язку. Держстандарт за участю в установленому порядку міністерств (відомств) здійснює вирішення таких основних завдань МО;
- визначення основних напрямків розвитку метрологічного забезпечення та шляхів найбільш ефективного використання наукових і технічних досягнень у цій галузі;
- розробку науково-методичних, техніко-економічних, правових, організаційних основ МО на всіх рівнях управління економікою;
- організація і проведення фундаментальних наукових досліджень з пошуку і використання нових фізичних ефектів з метою створення і
- вдосконалення методів і засобів вимірювань вищої точності та визначення значення фізичних констант;
- забезпечення єдності вимірювань у країні, стандартизацію основних положень, правил, вимог і норм МО, розвиток і вдосконалення ДСВ;
- встановлення одиниць фізичних величин, що допускаються до застосування;

- встановлення системи державних еталонів одиниць фізичних величин, їх створення, затвердження, вдосконалення та зберігання;
- встановлення єдиного порядку передачі розмірів одиниць фізичних величин від державних еталонів всім СІ;
- розробку міжгалузевих програм МО та організацію робіт з їх здійснення;
- науково-методичне керівництво розробкою комплексних програм МО галузей національної економіки;
- створення та вдосконалення робочих еталонів і зразкових засобів вимірювання найвищої точності, планування та координацію розробок комплексних повірочних установок і лабораторій;
- встановлення єдиних вимог до метрологічних характеристик СІ;
- поверку СІ;
- державний нагляд за виробництвом, виконанням, застосуванням і ремонтом СІ, та дотриманням метрологічних правил, вимог і норм, а також за діяльністю відомчих метрологічних служб;
- організацію та виконання особливо точних вимірювань;
- організацію та здійснення підготовки і підвищення кваліфікації кадрів у галузі метрології;
- організацію та здійснення науково-технічної інформації в галузі МО та експонування на постійній виставці СІ, призначених для серійного виробництва та ввезення з-за кордону партіями.

На відміну від завдань щодо забезпечення єдності вимірювань, вирішення яких покладено на органи метрологічних служб (МС), у вирішенні додаткової групи завдань МО повинні брати участь різні категорії фахівців, виробничі підрозділи та колективи:

- Вибір раціональної номенклатури вимірюваних величин, параметрів (конструктори, розробники нових матеріалів, виробів або процесів);

- вибір норм точності («споживачі» вимірювальної інформації);
- метрологічну експертизу;
- планування та проведення вимірювань, випробувань і контролю;
- забезпечення процесів вимірювання, випробування, контролю;
- підтримка технічних засобів у справному стані (організації та підприємства здійснюють ремонт СІ, випробування та контроль.

Діяльність з МО будь-яких наукових, технічних і соціальних завдань повинна будуватися на базі певних техніко-економічних показників, що характеризують її рівень, ефективність і вплив на загальні критерії якості вирішення цих завдань.

Кінцева мета МО – звести до раціонального мінімуму можливості прийняття помилкових рішень за результатами вимірювань, випробувань, контролю сировини, матеріалів, виробів і процесів.

Аналіз стану вимірювань, контролю та випробувань на підприємстві, в організації, об'єднанні (далі – підприємстві) проводиться з метою встановлення відповідності досягнутого рівня метрологічного забезпечення (МО) сучасним вимогам виробництва та розробки на цій основі пропозицій щодо планування його подальшого розвитку, створення або впровадження методів і засобів вимірювань, випробувань, контролю, необхідних для інтенсифікації виробництва, створення та впровадження нових видів техніки і технології, поліпшення якості продукції, підвищення достовірності результатів вимірювань при контролі умов праці, раціонального використання матеріальних, енергетичних і трудових ресурсів, при випробуваннях продукції та послуг для цілей сертифікації.

Результати аналізу стану вимірювань, контролю та випробувань на перед-підприємстві є основою:

– правильного визначення пріоритетів у вирішенні окремих завдань метрологічного забезпечення, а також вирішення проблем

задоволення вимог споживача в частині функціональних характеристик продукції, умов її експлуатації, впровадження системи бездефектного виготовлення продукції, забезпечення прибутковості її виготовлення;

– Оцінки стану вимірювань на підприємстві для офіційного засвідчення наявності умов, необхідних для виконання вимірювань, контролю та випробувань (наприклад, для отримання ліцензії на вид діяльності, при сертифікації виробництва та (або) систем якості).

Узагальнені результати аналізу стану вимірювань, контролю та випробувань

на підприємствах можуть бути обґрунтуванням для розробки заходів (розділів) МО державних та інших цільових програм, програм МО галузей національної економіки, регіональних МО відповідно до вимог МІ 2357-95 «ДСВ. Порядок розробки та реалізації програм метрологічного забезпечення галузей національної економіки, найважливіших науково-технічних проблем". На основі узагальнення результатів аналізу стану вимірювань, контролю та випробувань можуть здійснюватися роботи з маркетингу приладобудівної продукції.

Аналіз стану вимірювань, контролю та випробувань на підприємстві повинен проводитися на всіх стадіях життєвого циклу окремих видів продукції, що випускається підприємством, з урахуванням вимог Закону "Про забезпечення єдності вимірювань", інтересів споживача та кон'юнктури ринку.

При проведенні аналізу стану вимірювань, контролю та випробувань встановлюється:

1. Вплив стану вимірювань, контролю та випробувань на основні техніко-економічні показники діяльності підприємств: якість, систему обліку та терміни випуску продукції, продуктивність праці, економію різних видів матеріальних ресурсів і експлуатаційних витрат, зниження обівартості продукції, ефективність заходів з охорони праці та

охорони навколишнього середовища.

2. Наявність на всіх виробничих ділянках підприємства необхідної нормативної, конструкторської та технологічної документації, що регламентує вимоги до засобів і методів вимірювань, випробувань і контролю параметрів продукції в процесі її виробництва, випробувань, приймання та експлуатації, правильність відображення в документації конкретних вимог до норм точності, методів,засобам, умовам, процедурі виконання вимірювань, контролю, випробувань і методам оцінки точності вимірювань, випробувань і контролю основних параметрів продукції або технологічних процесів, а також своєчасність вилучення з обігу застарілої документації.

3. Стан впровадження та дотримання на підприємстві Закону "Про забезпечення єдності вимірювань", державних стандартів та інших нормативних документів ДСВ, нормативної документації в галузі діяльності підприємства, а також міжнародних стандартів, що регламентують вимоги до забезпечення єдності та необхідної точності вимірювань, випробувань і контролю на всіх стадіях розробки, виробництва, випробувань, приймання та експлуатації продукції.

4. Стан оснащення підприємств сучасними засобами вимірювань, випробувань, контролю, необхідними для забезпечення оптимальних режимів технологічних процесів, впровадження та ефективності функціонування автоматизованих систем управління технологічними процесами (АСУТП), об'єктивного контролю якості сировини, матеріалів, комплектуючих виробів, вузлів і блоків виробів, напівпродуктів і готової продукції, дотримання правил безпеки праці, суворого обліку всіх видів матеріальних ресурсів, а також для проведення науково-дослідних (НДР), дослідно-конструкторських (ОКР) і проектних робіт.

5. Стан забезпеченості планованих розробок нової техніки та

технології, освоєння їх виробництва та впровадження засобами вимірювання, випробувань, контролю, що відповідають за точністю, швидкодією, продуктивністю, рівнем автоматизації контрольних операцій, сумісністю засобів контролю з технологічним обладнанням вимогам проектної, конструкторської та технологічної документації, показникам кращих сучасних зразків.

6. Відповідність науково-технічного рівня засобів вимірювання, випробувань і контролю, що знаходяться в обігу, сучасним вимогам розробки, виробництва, випробувань і експлуатації продукції, а також показникам кращих сучасних аналогів.

7. Ефективність використання засобів вимірювання, випробувань, контролю, засобів їх градуювання, повірки та калібрування, що знаходяться в обігу; інтенсифікація використання дефіцитних засобів, у тому числі на основі розвитку колективних форм користування

8. Організаційна структура та стан діяльності МС підприємства, укомплектованість служби кваліфікованими кадрами, їх роль у забезпеченні якості продукції, що випускається; ефективність взаємодії МС з питань метрології з іншими інженерно-технічними службами підприємства.

9. Стан атестації, уніфікації та стандартизації застосовуваних методик виконання вимірювань, випробувань і контролю найважливіших параметрів продукції, технологічних процесів, параметрів небезпечних і шкідливих виробничих факторів, стану навколишнього середовища.

10. Стан застосовуваних засобів вимірювання, випробувань, контролю, забезпеченість їх ремонтом, повіркою, калібруванням, у тому числі:

– забезпеченість підприємства еталонами, іншими засобами повірки та калібрування СІ, у тому числі стандартними зразками складу та властивостей речовин і матеріалів, методиками повірки та калібрування застосовуваних СІ, методиками атестації випробувального обладнання;

– забезпеченість спеціальними приміщеннями, необхідними для проведення метрологічних робіт і зберігання СІ;

– забезпеченість ремонтно-повірочним обладнанням, запасними частинами, ремонтною документацією, необхідними для ремонту застосовуваних засобів вимірювання (випробувань і контролю).

11. Стан та ефективність робіт з проведення метрологічної експертизи проектної, конструкторської та технологічної документації, проектів нормативних документів.

12. Стан робіт, що виконуються для підприємства органами ДМС (у тому числі метрологічних послуг на договірній основі та робіт з повірки СІ).

13. Потреба підприємства в серійних та нових типах засобів вимірювання, випробувань, контролю, засобах їх повірки (калібрування) та атестації, необхідних для дооснащення виробничих процесів, науково-дослідних, проектно-конструкторських, випробувальних підрозділів та підрозділів МС з урахуванням вимог споживача до вимірювань, контролю, випробувань характеристик і параметрів продукції дукції у зв'язку зі зміною кон'юнктури ринку.

14. Потреба в стандартних довідкових даних про властивості речовин і матеріалів, необхідних для підвищення точності та достовірності оцінки результатів вимірювань, випробувань і контролю якості продукції та параметрів технологічних процесів, для якісного проектування нових видів техніки і технології.

15. Потреба підприємства в кадрах фахівців-метрологів, у тому числі для виконання робіт з повірки (калібрування) СІ, атестації МВІ та метрологічної експертизи документів.

На основі результатів аналізу стану вимірювань, контролю та випробувань на підприємстві приймаються рішення про заходи щодо вдосконалення МО. Матеріали аналізу також є підставою для видачі

Свідоцтва про стані МО виробництва на підприємстві (або стані МО закріплених видів діяльності), в тому числі при сертифікації виробництва та (або) систем якості відповідно до вимог міжнародних стандартів ISO 9000, EN 14500, ISO 14000.

1.1.1 Метрологічне забезпечення як складова системи менеджменту якості

У сучасних умовах розвитку промисловості, цифровізації виробничих процесів та інтеграції підприємств у міжнародні ринки питання забезпечення якості продукції набувають комплексного характеру і виходять за межі традиційного технічного контролю. Якість продукції сьогодні розглядається як результат керованої сукупності процесів, що охоплюють проєктування, виробництво, контроль, випробування, транспортування та експлуатацію. Ключовим елементом, який об’єднує всі ці процеси в єдину керовану систему, є метрологічне забезпечення, оскільки саме вимірювання формують інформаційну основу для прийняття управлінських рішень.

Метрологічне забезпечення в сучасному розумінні не зводиться лише до технічного обслуговування засобів вимірювальної техніки. Воно являє собою системну діяльність, спрямовану на забезпечення єдності та необхідної точності вимірювань, достовірності результатів контролю і випробувань, а також на формування об’єктивної бази даних для управління якістю продукції. У цьому контексті метрологічне забезпечення є функціонально пов’язаним з усіма елементами системи управління якістю та безпосередньо впливає на її результативність.

У стандартах серії ISO 9000 вимірювання розглядаються як

невід’ємна частина процесного підходу. Відповідно до вимог ДСТУ ISO 9001:2015, організація повинна забезпечити наявність ресурсів для моніторингу та вимірювань, необхідних для підтвердження відповідності продукції встановленим вимогам. Це означає, що достовірність вимірювальної інформації є критично важливою умовою функціонування системи управління якістю. За відсутності належного метрологічного забезпечення система управління якістю втрачає об’єктивність і перетворюється на формальний набір процедур.

Сучасна роль метрологічного забезпечення полягає також у забезпеченні стабільності та відтворюваності виробничих процесів. Контроль технологічних параметрів, таких як геометричні розміри, маса, температура, тиск, швидкість, електричні та фізико-хімічні показники, здійснюється на основі вимірювань. Навіть незначні систематичні похибки у вимірюваннях можуть призвести до накопичення відхилень, збільшення браку, зниження ресурсу продукції та зростання витрат на переробку і повторний контроль. Таким чином, метрологічне забезпечення виступає важливим інструментом управління стабільністю якості.

Особливої актуальності набуває роль метрологічного забезпечення в умовах впровадження ризик-орієнтованого підходу, закладеного в стандарті ISO 9001:2015. Метрологічні ризики — це потенційні негативні наслідки, пов’язані з недостовірними результатами вимірювань, невідповідністю засобів вимірювальної техніки, порушенням методик або недостатньою кваліфікацією персоналу. Такі ризики можуть мати як технічні, так і економічні наслідки, зокрема випуск неякісної продукції, претензії споживачів, втрату ринків збуту та репутаційні збитки. У цьому зв’язку метрологічне забезпечення розглядається як один із ключових механізмів управління ризиками в системі управління якістю.

У сучасних системах управління якістю значну увагу приділяють оцінюванню невизначеності вимірювань, яка є кількісною характеристикою

якості результатів вимірювань. Аналіз невизначеності дозволяє оцінити надійність вимірювальних даних і обґрунтовано приймати рішення щодо відповідності продукції встановленим вимогам. Включення оцінювання невизначеності до практики метрологічного забезпечення відповідає вимогам міжнародних стандартів і підвищує рівень довіри до результатів контролю та випробувань.

Важливим аспектом сучасної ролі метрологічного забезпечення є забезпечення простежуваності вимірювань. Простежуваність означає можливість пов’язати результати вимірювань із національними або міжнародними еталонами через безперервний ланцюг калібрувань. Це є необхідною умовою для визнання результатів вимірювань на міждержавному рівні, участі підприємств у міжнародних ланцюгах постачання та підтвердження відповідності продукції вимогам міжнародних стандартів.

Метрологічне забезпечення також відіграє ключову роль у процесах сертифікації, акредитації та оцінювання відповідності. Під час проведення внутрішніх і зовнішніх аудитів систем управління якістю особлива увага приділяється стану засобів вимірювальної техніки, наявності актуальних методик вимірювань, документальному оформленню результатів повірки і калібрування, а також організації метрологічного нагляду. Належний рівень метрологічного забезпечення значно підвищує шанси підприємства на успішне проходження аудиту та підтвердження відповідності встановленим вимогам.

Не менш важливою є роль метрологічного забезпечення у формуванні культури якості на підприємстві. Систематичний контроль вимірювальних процесів, аналіз похибок і результатів вимірювань, підвищення кваліфікації персоналу сприяють усвідомленню значущості точності та достовірності вимірювань на всіх рівнях управління. Це, у свою чергу, позитивно впливає на дисципліну виробництва, відповідальність персоналу та загальний рівень

якості продукції.

Таким чином, у сучасних умовах метрологічне забезпечення виступає не лише технічною функцією, а й стратегічним інструментом управління якістю продукції. Воно забезпечує науково обґрунтовану основу для прийняття управлінських рішень, сприяє зниженню виробничих і економічних ризиків, підвищенню стабільності процесів і конкурентоспроможності підприємства. Саме тому удосконалення метрологічного забезпечення є одним із пріоритетних напрямів розвитку систем управління якістю на сучасних підприємствах.

1.1.2 Вплив точності вимірювань на показники якості продукції

Якість продукції є комплексною характеристикою, що визначається сукупністю властивостей виробу, здатних задовольняти встановлені та передбачувані потреби споживачів. Об’єктивна оцінка цих властивостей у процесі виготовлення та контролю продукції неможлива без застосування вимірювань, результати яких повинні бути точними, достовірними та відтворюваними. У цьому контексті точність вимірювань виступає одним із ключових чинників, що безпосередньо впливають на показники якості продукції та ефективність системи управління якістю на підприємстві.

Точність вимірювань визначає ступінь наближеності результату вимірювання до істинного значення контрольованого параметра. Недостатня точність вимірювань призводить до спотворення інформації про фактичний стан продукції, що, у свою чергу, може спричинити прийняття помилкових управлінських рішень. У виробничій практиці це проявляється як допуск до експлуатації продукції, що не відповідає встановленим вимогам, або, навпаки, як необґрунтоване вибраковування придатних

виробів.

Вплив точності вимірювань на показники якості продукції особливо відчутний на етапах вхідного контролю сировини, операційного контролю технологічних процесів та приймального контролю готової продукції. На кожному з цих етапів результати вимірювань використовуються як підстава для оцінювання відповідності параметрів продукції технічним умовам, стандартам або контрактним вимогам. За наявності значних похибок вимірювань достовірність такої оцінки знижується, що негативно впливає на загальний рівень якості.

Одним із найбільш поширених наслідків недостатньої точності вимірювань є виникнення так званого «прихованого браку», коли продукція формально визнається придатною за результатами контролю, проте фактично не відповідає вимогам експлуатаційної надійності або безпеки. Такий брак може проявлятися на пізніших етапах життєвого циклу продукції — під час транспортування, зберігання або експлуатації, що призводить до рекламацій, повернень, аварійних ситуацій та втрати репутації підприємства.

З іншого боку, недостатня точність вимірювань може спричиняти протилежну проблему — необґрунтоване віднесення продукції до категорії браку. У цьому випадку підприємство зазнає прямих економічних втрат, пов’язаних зі списанням придатних виробів, додатковими витратами на повторний контроль або перероблення продукції. Таким чином, точність вимірювань безпосередньо впливає не лише на технічні, а й на економічні показники якості.

Особливе значення точність вимірювань має для показників якості, що характеризують геометричні параметри, масу, міцність, герметичність, електричні та теплотехнічні властивості продукції. Відхилення у вимірюванні цих параметрів навіть у межах допустимих похибок може призводити до порушення функціональності виробу або зниження його

ресурсу. Тому забезпечення необхідного рівня точності вимірювань є критично важливим для стабільності якості продукції машинобудівного та промислового профілю.

Важливим аспектом впливу точності вимірювань на якість продукції є її взаємозв'язок із допусками та технічними вимогами. Якщо похибка вимірювання є порівнянною або перевищує поле допуску контрольованого параметра, результати такого вимірювання втрачають практичну цінність. У таких умовах навіть формальне дотримання процедур контролю не гарантує достовірності оцінки якості, що підкреслює необхідність узгодження вимог до точності вимірювань із технічними вимогами до продукції.

З позицій системи менеджменту якості точність вимірювань є одним із ключових елементів доказової бази відповідності продукції встановленим вимогам. Саме результати вимірювань використовуються під час аналізу даних, оцінювання результативності процесів, проведення внутрішніх аудитів та аналізу з боку керівництва. Недостовірні вимірювальні дані спотворюють реальну картину якості та унеможливлюють ефективне управління процесами.

Крім того, точність вимірювань тісно пов'язана з поняттям невизначеності вимірювань, яка характеризує довіру до отриманого результату. Неврахування або неправильне оцінювання невизначеності може призводити до хибних висновків щодо відповідності продукції вимогам стандартів. У сучасних системах управління якістю, що ґрунтуються на вимогах міжнародних стандартів, урахування невизначеності вимірювань є обов'язковою умовою забезпечення достовірності контролю.

Таким чином, точність вимірювань є фундаментальною складовою забезпечення якості продукції на підприємстві. Вона визначає достовірність оцінювання відповідності, впливає на стабільність виробничих процесів,

рівень браку та економічні результати діяльності. Забезпечення необхідного рівня точності вимірювань можливе лише за умови ефективного метрологічного забезпечення, що включає правильний вибір засобів вимірювальної техніки, своєчасну повірку та калібрування, контроль умов експлуатації, підготовку персоналу та систематичний метрологічний нагляд. Саме ці аспекти становлять основу для удосконалення метрологічного забезпечення якості продукції, що є предметом подальших досліджень у даній роботі.

1.2 Показники якості продукції та методи їх оцінювання

Метрологічне забезпечення є невід'ємною складовою системи управління якістю продукції та відіграє ключову роль у забезпеченні об'єктивності, достовірності й відтворюваності результатів вимірювань, на основі яких приймаються управлінські рішення. У сучасних умовах розвитку промисловості та підвищення вимог до якості продукції метрологічне забезпечення перестає бути допоміжною функцією і набуває стратегічного значення в системі управління підприємством.

У межах системи управління якістю метрологічне забезпечення охоплює сукупність організаційних, технічних і методичних заходів, спрямованих на забезпечення єдності та необхідної точності вимірювань на всіх етапах життєвого циклу продукції. Це включає вибір і застосування засобів вимірювальної техніки, розроблення та впровадження методик виконання вимірювань, контроль умов експлуатації вимірювального обладнання, оцінювання похибок і невизначеності вимірювань, а також організацію повірки й калібрування.

Роль метрологічного забезпечення в системі управління якістю

визначається тим, що саме результати вимірювань є основою для контролю параметрів технологічних процесів, оцінювання відповідності продукції вимогам нормативної документації та аналізу стабільності виробництва. Без достовірної вимірювальної інформації неможливо забезпечити ефективне управління якістю, оскільки будь-яке управлінське рішення втрачає об’єктивність у разі спотворення даних контролю.

Метрологічне забезпечення тісно пов’язане з процесним підходом до управління якістю. Кожен виробничий або контрольний процес має визначені вхідні та вихідні параметри, значна частина яких підлягає вимірюванню. Від точності й стабільності цих вимірювань залежить здатність процесу забезпечувати запланований результат. Таким чином, метрологічне забезпечення виступає інструментом підтримання керованості процесів і зменшення їх варіабельності.

Важливим аспектом метрологічного забезпечення є його інтеграція з вимогами системи менеджменту якості, зокрема щодо управління ресурсами та доказовості результатів. Засоби вимірювальної техніки розглядаються як критичні ресурси, від стану яких безпосередньо залежить якість продукції. Тому в системі управління якістю встановлюються вимоги до їх обліку, ідентифікації, технічного стану, своєчасної повірки або калібрування та документального підтвердження придатності до застосування.

Метрологічне забезпечення також виконує важливу профілактичну функцію в системі управління якістю. Своєчасне виявлення відхилень у роботі засобів вимірювання, порушень методик виконання вимірювань або невідповідних умов експлуатації дозволяє запобігти появі браку, зменшити кількість повторних операцій контролю та мінімізувати ризики випуску неякісної продукції. У цьому аспекті метрологічне забезпечення тісно пов’язане з ризик-орієнтованим підходом до управління якістю.

Суттєвим елементом метрологічного забезпечення є забезпечення

простежуваності вимірювань, яка полягає у встановленні безперервного ланцюга передавання розмірів одиниць вимірювання від національних або міжнародних еталонів до робочих засобів вимірювання. Простежуваність є необхідною умовою порівнянності результатів вимірювань, що особливо важливо в умовах сертифікації продукції, міжлабораторних випробувань і виходу підприємства на міжнародні ринки.

Не менш важливим складником метрологічного забезпечення є кадрове забезпечення. Кваліфікація персоналу, який виконує вимірювання та контролює їх результати, істотно впливає на якість вимірювальної інформації. У системі управління якістю повинні бути встановлені вимоги до компетентності працівників, порядку їх навчання, атестації та підвищення кваліфікації, що дозволяє зменшити вплив людського фактора на результати вимірювань.

Метрологічне забезпечення виконує також інформаційну функцію, оскільки результати вимірювань використовуються для аналізу тенденцій, оцінювання результативності процесів, прийняття рішень щодо коригувальних і запобіжних дій, а також для аналізу з боку керівництва. Достовірність і повнота цієї інформації безпосередньо впливають на ефективність системи управління якістю та її здатність до постійного поліпшення.

Таким чином, метрологічне забезпечення є системоутворюючим елементом управління якістю продукції на підприємстві. Воно забезпечує об’єктивну основу для контролю й аналізу якості, сприяє стабільності виробничих процесів, зниженню рівня браку та підвищенню конкурентоспроможності продукції. Удосконалення метрологічного забезпечення, з урахуванням сучасних вимог до точності, простежуваності та оцінювання невизначеності вимірювань, є необхідною умовою підвищення результативності системи управління якістю, що обґрунтовує актуальність подальших досліджень у межах даної роботи.

1.3 Нормативно-правове забезпечення метрології

Нормативно-правове забезпечення метрології є фундаментальною основою функціонування системи метрологічного забезпечення якості продукції на підприємстві. Саме сукупність законодавчих актів, державних стандартів і міжнародних нормативних документів визначає вимоги до єдності вимірювань, точності результатів, простежуваності, повірки та калібрування засобів вимірювальної техніки, а також відповідальність суб'єктів господарювання за достовірність вимірювальної інформації.

У сучасних умовах нормативно-правове регулювання метрології орієнтоване не лише на забезпечення технічної точності вимірювань, а й на інтеграцію метрологічних вимог у систему управління якістю, безпекою та конкурентоспроможністю продукції. Для підприємств машинобудівного та промислового профілю дотримання цих вимог є обов'язковою умовою стабільного функціонування, проходження сертифікації та виходу на внутрішні й зовнішні ринки.

1.4 Метрологічний нагляд на підприємстві

Ключову роль у нормативно-правовому забезпеченні метрології відіграє законодавство України, яке встановлює правові засади забезпечення єдності вимірювань і визначає повноваження органів державного метрологічного контролю та нагляду.

Базовим документом є Закон України «Про метрологію та метрологічну діяльність», який регламентує:

- сферу законодавчо регульованої метрології;

- вимоги до засобів вимірювальної техніки;
- порядок повірки та калібрування;
- відповідальність за порушення метрологічних вимог.

Таблиця 1.1 – Основні законодавчі акти України у сфері метрології

№	Нормативний документ	Основне призначення
1	Закон України «Про метрологію та метрологічну діяльність»	Встановлює правові основи забезпечення єдності вимірювань
2	Закон України «Про стандартизацію»	Регламентує застосування стандартів
3	Закон України «Про технічні регламенти та оцінку відповідності»	Визначає вимоги до підтвердження відповідності продукції
4	Підзаконні акти Міненергоекономіки	Регулюють порядок повірки, калібрування, міжповірочні інтервали

Зазначені нормативні документи є обов’язковими до виконання всіма підприємствами та організаціями незалежно від форми власності, організаційно-правового статусу та сфери діяльності. Їх дотримання безпосередньо впливає на побудову та функціонування системи метрологічного забезпечення, рівень якості продукції, достовірність результатів вимірювань і забезпечення відповідності продукції встановленим вимогам нормативних документів.

Важливу роль у нормативному регулюванні метрології відіграють державні стандарти України (ДСТУ), які конкретизують та деталізують положення законодавчих актів. Вони встановлюють єдині правила та вимоги щодо виконання вимірювань.

Таблиця1.2 – Основні ДСТУ у сфері метрологічного забезпечення

№	Позначення стандарту	Назва стандарту	Сфера застосування
1	ДСТУ 3215-95	Метрологія. Терміни та визначення	Уніфікація термінології
2	ДСТУ ISO 10012	Системи керування вимірюваннями	Управління вимірювальними процесами
3	ДСТУ ISO 9001	Системи менеджменту якості	Інтеграція метрології в СМК
4	ДСТУ ISO/IEC 17025	Компетентність лабораторій	Випробування і калібрування
5	ДСТУ EN 8.884-2015	Метрологічний нагляд	Організація внутрішнього нагляду

Застосування зазначених стандартів забезпечує узгодженість метрологічних процесів із вимогами системи менеджменту якості підприємства та сприяє їх інтеграції у загальну систему управління виробничою діяльністю. Це дозволяє підвищити достовірність і відтворюваність результатів вимірювань, мінімізувати похибки, знизити ризики прийняття помилкових управлінських і технологічних рішень, а також забезпечити стабільність показників якості продукції.

З урахуванням процесів глобалізації ринків і розвитку міжнародної виробничої кооперації підприємства все частіше орієнтуються на міжнародні метрологічні документи, зокрема стандарти ISO, IEC та рекомендації OIML. Зазначені документи встановлюють загальноприйняті підходи до оцінювання точності, невизначеності та простежуваності вимірювань, що забезпечує взаємне визнання результатів вимірювань.

Таблиця 1.3 – Міжнародні нормативні документи з метрології

№	Документ	Характеристика
1	ISO/IEC Guide 99 (VIM)	Міжнародний словник метрології
2	ISO/IEC Guide 98-3 (GUM)	Оцінювання невизначеності вимірювань
3	OIML D1	Національні метрологічні системи
4	ILAC G17	Невизначеність вимірювань
5	EA-4/02	Оцінювання невизначеності при калібруванні

Імплементація цих документів у діяльність підприємства забезпечує порівнянність результатів вимірювань на міжнародному рівні та підвищує довіру до якості продукції.

Окреме місце в системі нормативно-правового забезпечення метрології займають внутрішні документи підприємства, які конкретизують вимоги законодавства та стандартів з урахуванням специфіки виробництва.

До таких документів належать:

- стандарти організації;
- положення про метрологічну службу;
- інструкції з експлуатації ЗВТ;
- графіки повірки та калібрування;
- методики виконання вимірювань.

Таблиця 1.4 – Внутрішні документи метрологічного забезпечення

Документ	Призначення
Стандарт організації	Регламентація метрологічних процесів
Методики вимірювань	Забезпечення відтворюваності результатів
Графіки повірки	Контроль технічного стану ЗВТ
Журнали обліку	Документування метрологічних операцій

Таким чином, нормативно-правове забезпечення метрології є багаторівневою системою, що охоплює законодавчі акти, державні та міжнародні стандарти, а також внутрішні документи підприємства. Її дотримання забезпечує єдність вимірювань, достовірність контролю параметрів продукції та стабільність функціонування системи управління якістю. Удосконалення метрологічного забезпечення неможливе без системного аналізу нормативної бази та адаптації її вимог до конкретних умов діяльності підприємства, що визначає актуальність подальших досліджень у межах цієї кваліфікаційної роботи.

Метрологічний нагляд на підприємстві є важливим складником системи метрологічного забезпечення якості продукції та спрямований на забезпечення дотримання встановлених вимог до точності, достовірності та простежуваності вимірювань у виробничих і контрольних процесах. Його основним призначенням є запобігання використанню непридатних або некаліброваних засобів вимірювальної техніки, недотриманню методик виконання вимірювань, а також мінімізація ризиків виникнення метрологічних невідповідностей, що негативно впливають на показники якості продукції.

У межах діяльності підприємства метрологічний нагляд здійснюється на постійній основі та охоплює всі етапи життєвого циклу засобів

вимірювальної техніки - від їх введення в експлуатацію до списання. Такий підхід дозволяє забезпечити стабільність метрологічних характеристик засобів вимірювань, своєчасно виявляти відхилення в їх роботі та попереджати помилки вимірювань, які можуть призвести до викривлення результатів контролю якості.

Основною метою метрологічного нагляду є забезпечення єдності вимірювань і відповідності метрологічних процесів вимогам чинних нормативно-правових і нормативно-технічних документів. Для досягнення цієї мети на підприємстві реалізується комплекс завдань, пов’язаних із контролем технічного стану засобів вимірювальної техніки, перевіркою дотримання міжповірочних інтервалів, аналізом правильності застосування методик виконання вимірювань, а також оцінюванням умов експлуатації та зберігання вимірювального обладнання.

Метрологічний нагляд ґрунтується на принципах системності, регулярності, об’єктивності та документальної підтверджуваності результатів. Реалізація цих принципів забезпечує комплексний контроль вимірювальних процесів і створює надійну інформаційну основу для управління якістю продукції.

Таблиця 1.5 – Основні принципи метрологічного нагляду на підприємстві

Принцип	Зміст принципу
Системність	Охоплення всіх процесів і засобів вимірювань
Регулярність	Проведення нагляду за планом
Об’єктивність	Неупереджена оцінка фактичного стану
Простежуваність	Забезпечення зв’язку з еталонами
Документованість	Фіксація результатів перевірок

Залежно від умов діяльності підприємства та специфіки виробничих процесів метрологічний нагляд може здійснюватися у різних формах, що дозволяє поєднувати ефективність контролю з раціональним використанням ресурсів. Найбільш поширеними є плановий і позаплановий нагляд, а також суцільні та вибіркові перевірки засобів вимірювальної техніки.

Таблиця 1.6 – Види метрологічного нагляду, що застосовуються на підприємстві

Вид нагляду	Характеристика
Плановий	Проводиться відповідно до затверджених графіків
Позаплановий	Здійснюється у разі виявлення невідповідностей
Суцільний	Охоплює всі засоби вимірювань
Вибірковий	Контроль частини засобів вимірювань

Об’єктами метрологічного нагляду на підприємстві є засоби вимірювальної техніки, методики виконання вимірювань, результати вимірювань, умови експлуатації та зберігання вимірювального обладнання, а також метрологічна документація. Суб’єктами нагляду виступають метрологічна служба підприємства, уповноважені фахівці структурних підрозділів і керівники, відповідальні за забезпечення виконання метрологічних вимог.

Об’єктами метрологічного нагляду на підприємстві є засоби вимірювальної техніки, що застосовуються на всіх етапах виробничої та контрольної діяльності, методики виконання вимірювань, а також результати вимірювань, які використовуються для оцінювання якості продукції та прийняття управлінських рішень.

Таблиця 1.7 – Розподіл відповідальності у сфері метрологічного нагляду

Відповідальні особи	Основні функції
Керівник підприємства	Загальний контроль і відповідальність
Головний метролог	Організація метрологічного нагляду
Метрологічна служба	Проведення перевірок і аналіз результатів
Керівники підрозділів	Дотримання вимог у підрозділах

Процес метрологічного нагляду на підприємстві включає підготовку до перевірок, аналіз нормативної та технічної документації, контроль фактичного стану засобів вимірювань, оцінювання правильності виконання вимірювань, а також оформлення результатів і розроблення коригувальних заходів. Результати нагляду підлягають обов’язковому документуванню у вигляді актів, звітів, журналів обліку та планів усунення невідповідностей, що забезпечує простежуваність і можливість подальшого аналізу.

Таблиця 1.8 – Основні етапи здійснення метрологічного нагляду

Етап	Зміст робіт
Підготовчий	Аналіз документації та планування
Контрольний	Перевірка засобів і методик
Аналітичний	Оцінювання результатів
Документальний	Оформлення матеріалів
Коригувальний	Усунення виявлених невідповідностей

Таким чином, метрологічний нагляд на підприємстві є важливим

інструментом забезпечення стабільності та результативності метрологічного забезпечення якості продукції. Його системна організація дозволяє своєчасно виявляти та усувати метрологічні порушення, знижувати ризики недостовірних вимірювань і забезпечувати відповідність продукції вимогам нормативної документації. Удосконалення метрологічного нагляду, з урахуванням сучасних вимог до точності та простежуваності вимірювань, створює необхідні передумови для підвищення ефективності системи управління якістю та конкурентоспроможності підприємства.

2. Аналіз метрологічного забезпечення на підприємстві

2.1. Характеристика метрологічного забезпечення підприємства

Метрологічна експертиза – це аналіз і оцінка технічних рішень щодо вибору параметрів, що підлягають вимірюванню, встановлення норм точності та забезпечення методами і засобами вимірювань процесів розробки, виготовлення, випробування, експлуатації та ремонту виробів.

Своєчасно проведена метрологічна експертиза дозволяє виключити можливість помилок у процесі підготовки виробництва, скоротити терміни підготовки документації до виробництва, гарантувати випуск якісної продукції, підвищити ефективність вимірювань, їх точність і достовірність, сприяє застосуванню уніфікованих СІ та дає значний економічний ефект.

Одне з основних завдань метрологічної експертизи – оцінка оптимальності номенклатури вимірюваних параметрів і оптимальності точності їх вимірювання з метою забезпечення ефективності і достовірності контролю якості і взаємозамінності.

При проведенні метрологічної експертизи необхідно ретельно проаналізувати номенклатуру вимірюваних параметрів, встановити можливі кореляційні зв'язки між ними, а також визначити параметри, які не можна вимірювати.

У всіх перевірених документах встановлюють правильність форми запису вимірюваних параметрів. Кожен нормований параметр може бути заданий або номінальним значенням з допустимими відхиленнями, або граничними значеннями, або максимальними або мінімальними значеннями. Переважною формою є перша. У двох інших випадках експерт повинен вимагати вказівки допустимої похибки вимірювань. При цьому якщо обмежено максимальне значення, то вимірювана величина не повинна

перевищувати задане значення за вирахуванням похибки вимірювань; якщо ж обмежено мінімальне значення, то підсумована величина не повинна бути меншою за суму заданого значення величини і похибки. Процедура проведення експертизи складається з:

– затвердження експертів для проведення робіт з акредитації, узгоджених із заявником. Керівником експертизи призначається штатний співробітник, а технічними консультантами – співробітники, запрошені на підставі субпідрядного договору;

– розподілу головним експертом між членами сформованої експертної комісії певних обов'язків щодо проведення акредитації;

– проведення аналізу організації, що здійснює акредитацію;

– організації та проведенні в органі, що здійснює акредитацію, або випробувальній лабораторії експертизи з спеціальних і загальних питань;

– складання та оформлення звіту за проведеною експертизою членами сформованої експертної комісії.

Процедура прийняття рішення щодо проведеної акредитації складається з наступного.

1. Керівник органу з проведення акредитації та представники секторних комітетів, що входять до складу сформованої експертної комісії, проводять перевірку звіту за результатами проведеної експертизи та приймають рішення про відхилення або затвердження рішення комісії, що здійснює експертизу.

2. При позитивному рішенні комісії видається атестат акредитації із зазначенням області сертифікації або випробувань і терміном дії атестата.

3. Включення акредитованого органу з проведення сертифікації або випробувальної лабораторії до реєстру. Процедура проведення інспекційного контролю здійснюється органом з проведення акредитації і полягає в контролі за виконанням нормативних вимог виконання робіт з акредитації протягом усього терміну дії атестатів. Контроль проводиться

один раз на рік на підставі підписаного договору і оплачується самим заявником. На підставі нормативних вимог орган з проведення акредитації повинен:

– мати незалежну від впливу ззовні організаційну структуру, матеріально зацікавлену в результаті проведення акредитації та захищену від тиску або інших дій, здатних вплинути на неупередженість виконаної роботи;

– мати відповідні угоди, що дають право на залучення незалежних фахівців з проведення експертизи в якості консультантів з технологічних питань

До складу штатної групи з проведення акредитації входять керівник, експерт, експерт, відповідальний за якість, секретар, бухгалтер, експерти з боку (у разі необхідності).

Не менш важливим завданням метрологічної експертизи є встановлення повноти і правильності вимог до засобів вимірювань і методик виконання вимірювань. При експертизі більшості технологічних документів дуже важливим є встановлення, чи правильно обрані ВІ за точністю,забезпечують чи вон необхідну продуктивність контрольно-вимірювальних операцій. При оцінці не стандартизованих СІ встановлюють, чи немає можливості їх заміни серійно випускаються СІ

Наступним завданням експертизи є оцінка того, чи дозволяє конструкція виробу контролювати необхідні параметри в процесі виготовлення, випробування, експлуатації виробу, ремонту.

У зв'язку з переходом на міжнародну систему одиниць (SI) важливим завданням є встановлення правильності найменувань і позначень фізичних величин та їх одиниць.

Завданням метрологічної експертизи є також перевірка правильності вказівок щодо проведення вимірювань для забезпечення безпеки праці.

Експертиза проводиться силами експертів – метрологів у МС

підприємства або залучених із сторонніх організацій за договорами.

Для проведення метрологічної експертизи необхідні наступні нормативні документи:

– основоположні документи ДСВ;

– стандарти ДСВ та інших систем, що до розроблюваній документації стандарти на методи контролю та випробувань;

– довідкові матеріали, що стосуються розроблюваної продукції При проведенні експертизи можуть використовуватися автоматизовані бази даних про метрологічні характеристики СІ, про еталони, каталоги приладів, що випускаються, автоматизовані системи розрахунку сумарних похибок вимірюваних параметрів.

У документації повинні бути закладені вимоги до точності вимірювання. Для найбільш відповідальних параметрів:

1. Оцінка правильності вибору СІ проводиться за характеристиками:

– можливість використання СІ в заданих виробничих умовах;

– трудомісткість та собівартість вимірювальних операцій та метрологічного обслуговування.

2. Результат експертизи:

– експерт робить позначки на полях документації, що перевіряється, розробник вносить зміни з урахуванням зауважень, експерти візують документи;

– за необхідності складається експертний висновок, в якому перелічуються всі виявлені зауваження в документі, пропозиції щодо вдосконалення метрологічного забезпечення даного процесу.

Як приклад розглянемо окремі положення метрологічного забезпечення в технологічному процесі перекачування природного газу, а в якості підприємства частково проаналізуємо обладнання газокомпресорної станції.

Газокомпресорна станція являє собою комплекс обладнання, що

включає в себе турбокомпресорні цехи, в кожному з яких знаходиться по кілька турбін, які в залежності від режиму можуть або працювати, або перебувати в резерві чи ремонті. У кожному цеху є щит управління, на якому відбувається централізоване управління роботою обладнання. Компресорна станція призначена для транспортування потоку газу від родовищ до споживача. З'єднання між станціями являють собою магістральні газопроводи, вхідний газ на компресорній станції компресується і по системі газопроводів рухається до наступної станції. Приблизне розташування компресорних станцій одна від одної близько 100 кілометрів.

Робочий процес здійснюється наступним чином: атмосферне повітря, пройшовши систему фільтрів, надходить на вхід осьового компресора. Після стиснення повітря з тиском 0,2-0,4 МПа і температурою 150-200ºС надходить в камеру згоряння, де розділяється на два потоки: менша частина бере участь у процесі горіння, більша охолоджує жарову трубу і змішується в кінці камери з продуктами згоряння, охолоджуючи їх до величини, обумовленої жаростійкістю лопаток і дисків газової турбіни (600-850ºС). Потім робоче тіло подається в газову турбіну низького тиску (ТНД) і з температурою (450-530ºС) викидається в атмосферу. Робочий процес нагнітача здійснюється наступним чином: пройшовши осушку і очистку, газ надходить на вхід відцентрового нагнітача, де він компресується і надходить на вихід.

Режим роботи установки визначається режимом роботи газопроводу, параметрами газу на вході і виході нагнітача, характеристикою енергоприводу нагнітачів, температурними режимами газу, зовнішнього повітря. Потужність компресорної установки, що забезпечує техпроцес транспорту газу, складається з потужностей газопроводів всієї установки.

2.1.1 Класифікація засобів вимірювання підприємства

Ефективність метрологічного забезпечення якості продукції на підприємстві значною мірою визначається правильним вибором, обліком та застосуванням засобів вимірювальної техніки. Для забезпечення системного підходу до управління вимірювальними процесами доцільним є класифікування засобів вимірювання за низкою ознак, що дозволяє впорядкувати їх використання, встановити обґрунтовані вимоги до повірки або калібрування та визначити рівень відповідальності за їх технічний стан.

На підприємстві засоби вимірювання застосовуються на різних етапах виробничого процесу - під час вхідного контролю матеріалів, операційного контролю технологічних процесів, приймального контролю готової продукції, а також у процесах випробувань, налагодження та експлуатаційного контролю. З огляду на це класифікація засобів вимірювання є необхідною передумовою для раціональної організації метрологічного нагляду та забезпечення достовірності результатів вимірювань.

Однією з основних класифікаційних ознак є призначення засобів вимірювання, відповідно до якого вони поділяються на робочі, контрольні та еталонні.

Таблиця 2.1 – Класифікація засобів вимірювання за призначенням

Вид засобів вимірювання	Характеристика	Сфера застосування
Робочі	Застосовуються безпосередньо у виробничих процесах	Операційний контроль
Контрольні	Використовуються для перевірки відповідності параметрів	Приймальний контроль
Еталонні	Служать для передавання розмірів одиниць	Калібрування та повірка

Робочі засоби вимірювання становлять найбільшу частину вимірювального парку підприємства і використовуються для поточного контролю параметрів технологічних процесів. Контрольні засоби вимірювання застосовуються для підтвердження відповідності продукції встановленим вимогам і мають підвищені вимоги до точності. Еталонні засоби вимірювання забезпечують метрологічну простежуваність та використовуються, як правило, метрологічною службою підприємства або спеціалізованими лабораторіями.

Важливою класифікаційною ознакою є вид вимірюваної величини, що визначає функціональне призначення засобів вимірювання та особливості їх експлуатації.

Таблиця 2.2 – Класифікація засобів вимірювання за видом вимірюваної величини

Вид величини	Приклади засобів вимірювання
Геометричні	Штангенциркулі, мікрометри, індикатори
Маса	Ваги, гирі
Температура	Термометри, термопари
Тиск	Манометри, вакуумметри
Електричні	Амперметри, вольтметри
Час	Секундоміри, таймери

Залежно від статусу застосування в законодавчо регульованій сфері, засоби вимірювання поділяються на ті, що підлягають обов’язковій повірці, та ті, що використовуються поза цією сферою і можуть підлягати калібруванню.

Таблиця 2.3 – Класифікація засобів вимірювання за статусом

застосування

Категорія	Особливості
Законодавчо регульовані	Підлягають обов’язковій повірці
Незаконодавчо регульовані	Калібруються за рішенням підприємства

Такий поділ має принципове значення для планування метрологічних робіт, формування графіків повірки та калібрування, а також для оцінювання відповідності вимірювальних процесів вимогам чинного законодавства.

Окрему увагу слід приділити класифікації засобів вимірювання за класом точності та метрологічними характеристиками, оскільки саме ці параметри визначають можливість використання засобів вимірювання для контролю конкретних показників якості продукції.

Таблиця 2.4– Класифікація засобів вимірювання за класом точності

Клас точності	Сфера застосування
Високий	Контроль відповідальних параметрів
Середній	Операційний контроль
Низький	Орієнтовні вимірювання

Застосування засобів вимірювання з недостатнім класом точності може призвести до спотворення результатів контролю та прийняття помилкових рішень щодо якості продукції, що підкреслює необхідність чіткого узгодження метрологічних характеристик засобів вимірювання з технічними вимогами до продукції.

Крім того, на підприємстві доцільно класифікувати засоби вимірювання за умовами експлуатації та мобільністю, що впливає на вибір режимів повірки, калібрування та технічного обслуговування.

Таблиця 2.5 – Класифікація засобів вимірювання за умовами експлуатації

Ознака	Категорії
Мобільність	Стаціонарні, переносні
Умови	Нормальні, підвищені
Середовище	Сухе, вологе, агресивне

Таким чином, класифікація засобів вимірювання підприємства за призначенням, видом вимірюваної величини, статусом застосування, класом точності та умовами експлуатації створює основу для ефективного управління метрологічним забезпеченням. Вона дозволяє впорядкувати вимірювальний парк, оптимізувати графіки повірки й калібрування, забезпечити належний рівень метрологічного нагляду та підвищити достовірність контролю показників якості продукції. Отримані результати класифікації використовуються у подальших підрозділах для аналізу стану метрологічного забезпечення та розроблення заходів щодо його удосконалення.

2.2 Аналіз відповідності метрологічного забезпечення вимогам ДСТУ та ISO

Метрологічне забезпечення підприємства повинно відповідати вимогам чинних національних і міжнародних нормативних документів, зокрема державних стандартів України (ДСТУ) та стандартів ISO, що регламентують систему менеджменту якості та управління вимірювальними процесами. Відповідність цим вимогам є необхідною умовою забезпечення достовірності результатів вимірювань, стабільності виробничих процесів і підтвердження якості продукції.

З метою оцінювання стану метрологічного забезпечення на підприємстві проведено аналіз його відповідності основним вимогам стандартів ДСТУ ISO 9001:2015, ДСТУ ISO 10012, ДСТУ ISO/IEC 17025, а також вимогам національного законодавства у сфері метрології. Аналіз здійснювався шляхом зіставлення нормативних вимог із фактичним станом організації вимірювальних процесів, документального забезпечення та діяльності метрологічної служби підприємства.

Однією з ключових вимог стандарту ДСТУ ISO 9001:2015 є забезпечення контролю та управління ресурсами, необхідними для моніторингу й вимірювання параметрів продукції та процесів. У цьому контексті засоби вимірювальної техніки розглядаються як критичні ресурси, що безпосередньо впливають на здатність підприємства випускати продукцію стабільної якості.

Таблиця 2.6 – Аналіз відповідності метрологічного забезпечення вимогам ДСТУ ISO 9001:2015

Вимога стандарту	Зміст вимоги	Фактичний стан на підприємстві	Оцінка відповідності
П. 7.1.5	Управління ресурсами для моніторингу та вимірювання	Засоби вимірювань обліковані, застосовуються за призначенням	Відповідає
П. 7.1.5.1	Придатність засобів вимірювань	Проводиться повірка/калібрування	Відповідає
П. 7.1.5.2	Простежуваність вимірювань	Забезпечена частково	Частково відповідає

Результати аналізу свідчать, що загалом вимоги стандарту ДСТУ ISO

9001:2015 щодо управління вимірювальними ресурсами на підприємстві виконуються. Разом з тим виявлено окремі аспекти, пов’язані із забезпеченням повної простежуваності вимірювань, які потребують подальшого вдосконалення.

Стандарт ДСТУ ISO 10012 встановлює вимоги до систем управління вимірюваннями та визначає необхідність системного підходу до планування, виконання та контролю вимірювальних процесів. Особлива увага в цьому стандарті приділяється аналізу метрологічних ризиків і оцінюванню невизначеності вимірювань.

Таблиця 2.7 – Аналіз відповідності вимогам ДСТУ ISO 10012

Вимога стандарту	Зміст вимоги	Фактичний стан	Оцінка
Управління вимірювальними процесами	Наявність регламентів і процедур	Регламенти наявні	Відповідає
Оцінювання придатності ЗВ	Аналіз метрологічних характеристик	Проводиться частково	Частково відповідає
Управління невизначеністю	Оцінювання невизначеності	Не формалізовано	Не повністю відповідає
Коригувальні дії	Усунення невідповідностей	Реалізуються	Відповідає

Аналіз показав, що система управління вимірюваннями на підприємстві в цілому функціонує, однак потребує доопрацювання в частині формалізації оцінювання невизначеності вимірювань та документального

закріплення процедур управління метрологічними ризиками.

Окремої уваги заслуговує відповідність метрологічного забезпечення вимогам стандарту ДСТУ ISO/IEC 17025, який регламентує компетентність випробувальних і калібрувальних лабораторій. Хоча підприємство не завжди має статус акредитованої лабораторії, вимоги цього стандарту доцільно використовувати як еталон для оцінювання рівня організації метрологічних процесів.

Таблиця 2.8 – Аналіз відповідності вимогам ДСТУ ISO/IEC 17025

Вимога	Зміст	Фактичний стан	Оцінка
Компетентність персоналу	Кваліфікація та навчання	Навчання проводиться	Відповідає
Методики вимірювань	Затверджені методики	Частково документовані	Частково відповідає
Простежуваність	Ланцюг передавання одиниць	Забезпечена не для всіх ЗВ	Частково відповідає
Документування	Протоколи і записи	Ведуться	Відповідає

Результати аналізу підтверджують, що метрологічне забезпечення підприємства загалом відповідає основним вимогам ДСТУ та ISO, однак має низку напрямів для удосконалення. Найбільш проблемними аспектами є недостатня формалізація процедур оцінювання невизначеності вимірювань, неповна простежуваність результатів та обмежене використання ризик-орієнтованого підходу в управлінні вимірювальними процесами.

Таким чином, проведений аналіз відповідності метрологічного забезпечення вимогам ДСТУ та ISO дозволив виявити сильні сторони

існуючої системи та визначити ключові напрями її подальшого вдосконалення. Отримані результати є основою для розроблення практичних рекомендацій, наведених у наступному розділі кваліфікаційної роботи, спрямованих на підвищення ефективності метрологічного забезпечення якості продукції на підприємстві.

2.3 Аналіз типових помилок вимірювань

Достовірність результатів вимірювань є критичною умовою забезпечення якості продукції на підприємстві. Навіть за наявності формально придатних засобів вимірювальної техніки помилки вимірювань можуть виникати внаслідок сукупної дії технічних, організаційних і людських чинників. Тому аналіз типових помилок вимірювань є необхідним етапом оцінювання стану метрологічного забезпечення та важливим інструментом виявлення причин зниження показників якості продукції.

Помилки вимірювань впливають на об’єктивність контролю параметрів продукції, точність оцінювання відповідності та правильність управлінських рішень. У виробничій практиці це проявляється у вигляді необґрунтованого приймання або бракування продукції, повторних операцій контролю, зростання виробничих витрат і зниження стабільності технологічних процесів.

Залежно від природи виникнення помилки вимірювань на підприємстві доцільно класифікувати на систематичні, випадкові та грубі.

Таблиця 2.9 – Класифікація типових помилок вимірювань

Вид помилки	Характеристика	Типові прояви
Систематичні	Мають сталий характер і повторюються	Зміщення показів
Випадкові	Змінюються від вимірювання до вимірювання	Розкид результатів
Грубі	Виникають через помилки персоналу	Неправильні відліки

Систематичні помилки найчастіше пов’язані з дрейфом метрологічних характеристик засобів вимірювання, неправильним калібруванням або неврахуванням впливу зовнішніх факторів. Їх особливістю є те, що вони не зменшуються при збільшенні кількості вимірювань і можуть призводити до стійкого спотворення результатів контролю якості.

2.4 Аналіз стану метрологічного забезпечення якості продукції на підприємстві

Випадкові помилки зумовлені нестабільністю умов вимірювань, флуктуаціями параметрів середовища та внутрішніми шумами вимірювальних систем. Хоча окремо взяті випадкові помилки можуть бути незначними, їх сукупний вплив призводить до зростання невизначеності вимірювань і зниження довіри до результатів контролю.

Грубі помилки, як правило, мають організаційний або людський характер і виникають унаслідок неправильного застосування засобів вимірювання, порушення методик виконання вимірювань або недостатньої кваліфікації персоналу. Такі помилки є найбільш небезпечними, оскільки можуть призводити до суттєвих викривлень результатів і серйозних

наслідків для якості продукції.

За джерелом виникнення типові помилки вимірювань на підприємстві доцільно групувати за технічними, методичними, організаційними та людськими чинниками.

Таблиця 2.10 – Джерела виникнення помилок вимірювань

Джерело	Характерні причини
Технічні	Зношення ЗВ, дрейф характеристик
Методичні	Недосконалі або застарілі МВВ
Організаційні	Порушення графіків повірки
Людський фактор	Недостатня підготовка персоналу

Аналіз практики вимірювань показує, що значна частина помилок виникає внаслідок недотримання встановлених умов експлуатації засобів вимірювання. Зміни температури, вологості, вібрації або електромагнітних завад можуть суттєво впливати на результати вимірювань, особливо у випадку контролю геометричних, теплотехнічних та електричних параметрів продукції.

Окрему групу становлять помилки, пов’язані з неправильним вибором засобів вимірювання для контролю конкретних параметрів. Використання засобів з недостатнім класом точності або невідповідним діапазоном вимірювань призводить до зростання похибки та зниження достовірності результатів контролю.

Таблиця 2.11 – Типові помилки залежно від виду вимірювань

Вид вимірювань	Типові помилки	Наслідки для якості
Геометричні	Неправильний відлік	Порушення допусків
Температурні	Інерційність датчиків	Відхилення режимів
Масові	Некалібровані ваги	Помилки дозування
Електричні	Контактні опори	Невірні параметри

Важливим аспектом аналізу типових помилок вимірювань є їх вплив на показники якості продукції. Помилки вимірювань можуть призводити до прихованого браку, збільшення кількості рекламацій, зниження надійності продукції та порушення вимог нормативної документації.

Таблиця 2.12 – Вплив помилок вимірювань на показники якості продукції

Тип помилки	Вплив на якість
Систематична	Стабільне відхилення параметрів
Випадкова	Нестабільність процесів
Груба	Критичні дефекти продукції

Результати аналізу типових помилок вимірювань свідчать, що їх основними причинами є недостатній рівень формалізації метрологічних процедур, неповна простежуваність вимірювань, обмежене оцінювання

невизначеності та вплив людського фактора. Усунення зазначених недоліків можливе шляхом удосконалення метрологічного забезпечення, впровадження системного метрологічного нагляду, підвищення кваліфікації персоналу та використання сучасних методів оцінювання точності вимірювань.

Таким чином, аналіз типових помилок вимірювань дозволив виявити критичні фактори, що впливають на достовірність вимірювальної інформації та показники якості продукції. Отримані результати є основою для обґрунтування необхідності вдосконалення метрологічного забезпечення на підприємстві та розроблення практичних заходів, наведених у наступному розділі кваліфікаційної роботи.

3. Удосконалення метрологічного забезпечення якості продукції на підприємстві

3.1 Оцінювання невизначеності вимірювань

Оцінювання невизначеності вимірювань є одним із ключових елементів сучасного метрологічного забезпечення якості продукції та необхідною умовою достовірного підтвердження відповідності результатів вимірювань установленим вимогам. На відміну від традиційного підходу, що обмежується оцінюванням похибок, концепція невизначеності дозволяє комплексно врахувати всі значущі джерела впливу на результат вимірювання та кількісно оцінити ступінь довіри до отриманого значення.

У міжнародній метрологічній практиці оцінювання невизначеності вимірювань регламентується положеннями ISO/IEC Guide 98-3 (GUM), а також вимогами стандартів ДСТУ ISO/IEC 17025 та ДСТУ ISO 10012, які зобов’язують підприємства та лабораторії враховувати невизначеність під час аналізу результатів вимірювань і прийняття рішень щодо відповідності

продукції.

Невизначеність вимірювання характеризує інтервал значень, у межах якого з заданою ймовірністю знаходиться істинне значення вимірюваної величини. На відміну від похибки, яка часто має невідоме істинне значення, невизначеність є оцінюваною величиною і використовується як кількісний показник якості результату вимірювання. Це має принципове значення для контролю параметрів продукції, що виготовляється з жорсткими допусками та підвищеними вимогами до надійності.

Основними джерелами невизначеності вимірювань на підприємстві є метрологічні характеристики засобів вимірювальної техніки, нестабільність умов вимірювання, особливості застосованих методик, вплив оператора та варіабельність об’єкта вимірювання. Сукупний вплив цих чинників формує загальний розкид результатів вимірювань і повинен бути врахований під час оцінювання невизначеності.

Процедура оцінювання невизначеності вимірювань включає декілька послідовних етапів. На першому етапі формується математична модель вимірювання, яка встановлює функціональну залежність між вимірюваною величиною та вхідними величинами. Далі ідентифікуються всі значущі джерела невизначеності, що впливають на результат вимірювання, після чого здійснюється їх кількісна оцінка.

Залежно від способу отримання вихідних даних розрізняють оцінювання невизначеності типу А та типу В. Оцінювання типу А ґрунтується на статистичній обробці результатів серії спостережень і використовується у випадках, коли вимірювання виконуються багаторазово. Оцінювання типу В здійснюється на основі апріорної інформації, такої як дані сертифікатів калібрування, технічна документація, досвід експлуатації або результати попередніх вимірювань.

Після визначення стандартних невизначеностей окремих складових здійснюється обчислення комбінованої стандартної невизначеності, яка

враховує вплив усіх незалежних джерел. Для практичного застосування результатів вимірювання, зокрема під час приймального контролю продукції, використовується розширена невизначеність, що визначається шляхом множення комбінованої стандартної невизначеності на коефіцієнт охоплення, значення якого зазвичай приймається рівним двом.

Застосування методології оцінювання невизначеності вимірювань на підприємстві дозволяє підвищити обґрунтованість рішень щодо відповідності продукції встановленим вимогам. У випадках, коли значення вимірюваного параметра знаходиться поблизу межі допуску, урахування невизначеності дає змогу уникнути як необґрунтованого бракування, так і приймання продукції з прихованими дефектами. Таким чином, оцінювання невизначеності є важливим інструментом зниження метрологічних і виробничих ризиків.

В умовах функціонування системи менеджменту якості оцінювання невизначеності вимірювань відіграє важливу роль під час аналізу даних, внутрішніх аудитів і розгляду результатів з боку керівництва. Достовірна інформація про невизначеність вимірювань дозволяє коректно інтерпретувати показники якості, виявляти тенденції та приймати ефективні коригувальні рішення.

Для підвищення ефективності оцінювання невизначеності вимірювань на підприємстві доцільно формалізувати відповідні процедури у внутрішніх нормативних документах, забезпечити навчання персоналу основам методології GUM та впровадити єдині підходи до документування результатів оцінювання. Це дозволить підвищити рівень метрологічної культури, забезпечити відповідність вимогам міжнародних стандартів і створити надійну основу для подальшого вдосконалення метрологічного забезпечення якості продукції.

Таким чином, оцінювання невизначеності вимірювань є невід’ємним елементом сучасного метрологічного забезпечення та важливим

інструментом управління якістю продукції. Його впровадження сприяє підвищенню достовірності контролю, зниженню ризиків помилкових рішень і забезпеченню стабільності виробничих процесів, що відповідає меті та завданням даної кваліфікаційної роботи.

3.2 Метрологічна простежуваність вимірювань

Метрологічна простежуваність вимірювань є однією з базових вимог сучасного метрологічного забезпечення та необхідною умовою достовірності результатів контролю якості продукції. Вона забезпечує можливість встановлення зв’язку між результатом вимірювання та відповідним еталоном одиниці величини через безперервний ланцюг калібрувань або повірок, кожна з яких має задокументовану невизначеність. Наявність такого ланцюга дозволяє гарантувати порівнянність результатів вимірювань у часі та просторі, що є особливо важливим для підприємств промислового та машинобудівного профілю.

Згідно з вимогами міжнародних стандартів ISO/IEC Guide 99 (VIM), ДСТУ ISO/IEC 17025 та ДСТУ ISO 10012, результат вимірювання вважається метрологічно простежуваним лише за умови, що він може бути пов’язаний з національним або міжнародним еталоном одиниці вимірювання через документально підтверджений ланцюг передавання розміру одиниці. У відсутності такого зв’язку результати вимірювань втрачають доказову силу та не можуть бути використані для підтвердження відповідності продукції вимогам нормативної документації.

Метрологічна простежуваність реалізується через ієрархічну систему еталонів і засобів вимірювальної техніки, в основі якої знаходяться державні або міжнародні еталони одиниць величин. Від них розмір одиниці передається до робочих еталонів, а далі — до засобів вимірювання, що безпосередньо використовуються у виробничих і контрольних процесах

підприємства. Кінцевою ланкою цього ланцюга є результат вимірювання, який застосовується для оцінювання показників якості продукції.

Ланцюг «еталон → засіб вимірювання → результат» відображає логічну та метрологічну послідовність передавання точності й єдності вимірювань. Кожна ланка цього ланцюга робить внесок у загальну невизначеність результату вимірювання, що повинно враховуватися під час прийняття рішень щодо відповідності продукції. Порушення простежуваності на будь-якому етапі призводить до втрати достовірності кінцевого результату, навіть якщо окремі засоби вимірювання формально вважаються справними.

На рівні підприємства метрологічна простежуваність забезпечується шляхом організації своєчасної повірки або калібрування засобів вимірювальної техніки в акредитованих лабораторіях, ведення повного обліку засобів вимірювань, збереження сертифікатів калібрування та контролю дотримання міжповірочних інтервалів. Важливою умовою є також застосування методик виконання вимірювань, що передбачають використання простежуваних засобів вимірювання та врахування умов експлуатації.

Особливе значення метрологічна простежуваність має для вимірювань, результати яких використовуються для підтвердження відповідності продукції вимогам стандартів, технічних умов або контрактів. У таких випадках простежуваність забезпечує довіру до результатів вимірювань з боку замовників, органів сертифікації та контролюючих інстанцій, а також зменшує ризики виникнення спірних ситуацій і рекламацій.

Метрологічна простежуваність тісно пов’язана з оцінюванням невизначеності вимірювань, оскільки кожен етап передавання розміру одиниці вносить власну складову невизначеності. Тому під час формування комбінованої та розширеної невизначеності результату вимірювання

необхідно враховувати невизначеності, зазначені в сертифікатах калібрування або повірки засобів вимірювання, а також нестабільність їх метрологічних характеристик у процесі експлуатації.

На практиці на підприємствах часто виникають проблеми з повною реалізацією метрологічної простежуваності, що пов’язано з використанням застарілих засобів вимірювання, відсутністю актуальних сертифікатів калібрування, неповним документуванням результатів або порушенням встановлених процедур. Це призводить до підвищення метрологічних ризиків і зниження ефективності системи управління якістю.

Для удосконалення метрологічної простежуваності вимірювань на підприємстві доцільно впроваджувати системний підхід, який передбачає формування та підтримання актуальних реєстрів засобів вимірювань, регулярний аналіз стану простежуваності, використання ризик-орієнтованого підходу під час планування калібрувань, а також інтеграцію вимог до простежуваності в документи системи менеджменту якості.

Таким чином, метрологічна простежуваність вимірювань, реалізована через ланцюг «еталон → засіб вимірювання → результат», є необхідною умовою забезпечення достовірності контролю показників якості продукції. Її впровадження та підтримання сприяють підвищенню об’єктивності управлінських рішень, зниженню метрологічних ризиків і забезпеченню відповідності продукції вимогам національних та міжнародних стандартів, що повністю відповідає меті даної кваліфікаційної роботи.

3.3 Внутрішній метрологічний контроль і аудит

Внутрішній метрологічний контроль і аудит є важливими інструментами забезпечення результативності метрологічного забезпечення та складовою системи управління якістю продукції на підприємстві. Їх

основне призначення полягає у систематичній перевірці дотримання вимог нормативно-правових документів, стандартів ДСТУ та ISO, а також внутрішніх регламентів щодо виконання вимірювань, застосування засобів вимірювальної техніки та оброблення результатів вимірювань.

На відміну від разових перевірок, внутрішній метрологічний контроль і аудит мають плановий, системний характер і спрямовані не лише на виявлення невідповідностей, а й на запобігання їх виникненню. Вони дозволяють оцінити фактичний стан метрологічних процесів, своєчасно виявити слабкі місця та визначити напрями подальшого удосконалення метрологічного забезпечення якості продукції.

Внутрішній метрологічний контроль здійснюється на постійній основі метрологічною службою підприємства або уповноваженими особами структурних підрозділів і охоплює перевірку технічного стану засобів вимірювальної техніки, дотримання міжповірочних інтервалів, правильності застосування методик виконання вимірювань і умов експлуатації вимірювального обладнання. Внутрішній аудит, у свою чергу, має більш комплексний характер і спрямований на оцінювання відповідності всієї системи метрологічного забезпечення вимогам стандартів і внутрішніх документів.

Основними завданнями внутрішнього метрологічного контролю і аудиту є:

- перевірка відповідності засобів вимірювань встановленим вимогам;
- оцінювання повноти та актуальності метрологічної документації;
- аналіз правильності виконання вимірювань;
- виявлення причин виникнення метрологічних невідповідностей;
- оцінювання ефективності коригувальних і запобіжних дій.

Таблиця 3.1 – Основні відмінності внутрішнього метрологічного контролю та аудиту

Ознака	Внутрішній метрологічний контроль	Внутрішній аудит
Періодичність	Постійно або регулярно	За затвердженим планом
Обсяг	Окремі ЗВ і процеси	Уся система МО
Мета	Оперативне виявлення порушень	Оцінка відповідності та результативності
Результат	Зауваження, записи в журналах	Акт аудиту, звіт

Внутрішній метрологічний аудит проводиться відповідно до затвердженої програми та включає аналіз документації, опитування персоналу, вибіркову перевірку засобів вимірювань і спостереження за виконанням вимірювальних операцій. Важливою умовою його ефективності є застосування стандартизованих чек-листів, які дозволяють уніфікувати підхід до оцінювання та зменшити вплив суб’єктивного фактора.

Таблиця 3.2 – Чек-лист внутрішнього метрологічного контролю засобів вимірювання

Питання контролю	Так	Ні	Примітка

Засіб вимірювання ідентифікований	☐	☐	
Наявне чинне свідоцтво повірки/калібрування	☐	☐	
Не порушено міжповірочний інтервал	☐	☐	
Дотримано умови експлуатації	☐	☐	
Відсутні механічні пошкодження	☐	☐	

Під час внутрішнього аудиту особлива увага приділяється аналізу метрологічної документації, яка є доказовою базою функціонування системи метрологічного забезпечення.

Таблиця 3.3 – Чек-лист внутрішнього метрологічного аудиту документації

Об’єкт аудиту	Відповідність	Зауваження
Стандарт організації з МО	☐ Так ☐ Ні	
Методики виконання вимірювань	☐ Так ☐ Ні	
Графіки повірки і калібрування	☐ Так ☐ Ні	
Журнали обліку ЗВ	☐ Так ☐ Ні	
Протоколи вимірювань	☐ Так ☐ Ні	

Результати внутрішнього метрологічного контролю та аудиту

підлягають обов’язковому документуванню. За підсумками перевірок складаються акти, звіти або протоколи, у яких фіксуються виявлені невідповідності, їх причини та відповідальні особи. На основі цих матеріалів розробляються коригувальні дії та визначаються терміни їх виконання.

Таблиця 3.4 – Типові невідповідності та коригувальні дії

Невідповідність	Причина	Коригувальні дії
Прострочена повірка ЗВ	Порушення графіка	Актуалізація графіків
Відсутність методики	Недостатня документація	Розроблення МВВ
Невідповідні умови	Порушення експлуатації	Навчання персоналу

Ефективність внутрішнього метрологічного контролю і аудиту значною мірою залежить від компетентності персоналу, залученого до цих процесів, та від рівня підтримки з боку керівництва підприємства. Регулярне проведення перевірок, аналіз їх результатів і впровадження коригувальних заходів дозволяють не лише усувати виявлені невідповідності, а й запобігати їх повторній появі.

Таким чином, внутрішній метрологічний контроль і аудит є дієвими інструментами постійного поліпшення метрологічного забезпечення якості продукції. Їх впровадження сприяє підвищенню достовірності вимірювань, зниженню метрологічних ризиків і забезпеченню відповідності діяльності підприємства вимогам ДСТУ та ISO, що повністю відповідає меті й завданням даної кваліфікаційної роботи.

Якість товару - вирішальний фактор його комерційного успіху на товарному конкурентному ринку. Це багатоаспектне поняття, що означає відповідність товару умовам ринку конкретним вимогам споживачів не тільки за своїми якісними, технічними, економічними, естетичними характеристиками, але і за комерційними та іншими умовами його реалізації (ціна, терміни поставки, канали збуту, сервіс, реклама). Більш того, важливою складовою конкурентоспроможності товару є рівень витрат споживача за час його експлуатації. Тому конкурентоспроможність (тобто можливість комерційно вигідного збуту на конкурентному ринку) товару можна визначити тільки порівнюючи товари конкурентів між собою. Іншими словами, конкурентоспроможність ~ поняття відносне, чітко прив'язане до конкретного ринку і часу продажу, і оскільки у кожного покупця є свій індивідуальний критерій оцінки задоволення власних потреб, конкурентоспроможність набуває ще й індивідуального відтінку.

Якість продукції - це сукупність властивостей товару, що обумовлюють його придатність задовольняти певні потреби відповідно до призначення. Вона фіксується на конкретний період часу і змінюється при появі більш прогресивної технології [16].

Властивість продукції - об'єктивна особливість товару, яка може проявлятися при створенні, експлуатації або споживанні. Продукція має безліч різних властивостей, які необхідно враховувати при її розробці, виробництві, зберіганні, транспортуванні, експлуатації або споживанні. Термін «експлуатація» застосовується до такої продукції, яка в процесі використання витрачає свій ресурс (машина). Термін «споживання» відноситься до продукції, яка при її використанні за призначенням витрачається сама (продукти харчування).

Властивості можуть бути простими і складними. До простих відносяться маса, ємність, швидкість і т.д. До складних - надійність технічних засобів, безвідмовність приладу, ремонтопридатність верстата та

інші.

Кількісна характеристика однієї або декількох властивостей продукції, що складають її якість, розглянута стосовно певних умов її створення, експлуатації, називається показником якості продукції.

За способом вираження показники продукції можуть бути натуральними (метри, кілометри), відносними (відсотки, коефіцієнти, бали, індекси), а також вартісними.

За стадією визначення - прогнозовані, проектні, нормативні, фактичні. За характеристиками застосовуються такі групи показників: призначення, надійності, транспортабельності, безпеки, економічності, патентно-правові, технологічні, ергономічні, естетичні. Показники призначення характеризують властивості продукції, що визначають основні функції, для виконання яких вона призначається. Надійність - це властивість об'єкта зберігати в часі в установлених межах значення всіх параметрів і необхідних функцій. Надійність об'єкта в залежності від призначення і умов його застосування включає безвідмовність, довговічність, ремонтопридатність і збережуваність.

Ергономічні показники характеризують зручність і комфорт споживання (експлуатації) виробу; на етапі функціонального процесу в системі «людина-виріб- середовище використання» [7].

До показників технологічності відносяться: питома трудомісткість, матеріаломісткість, енергомісткість виготовлення та обслуговування.

Показники транспортабельності характеризують пристосованість продукції до транспортування. Патентно-правові показники свідчать про патентну чистоту, патентний захист, а також можливість безперешкодної реалізації продукції на світовому ринку.

Екологічні показники характеризують рівень шкідливого впливу на навколишнє середовище.

Якість починається з дослідження потреб. Це найважливіший етап

життєвого циклу будь-якого товару, оскільки саме на ньому вирішується загальний задум товару, формується образ, встановлюються загальні характеристики.

Якісний товар не можна зробити на основі поганого проекту, в якому не враховані особливості виробу, не прораховані можливі поломки і відмови, не проаналізовані кожна складова товару і її вплив на функціонування виробу в цілому, не оптимізована вартість виготовлення і подальшого обслуговування.

Переводити проект з креслень і задумів у фізичну форму потрібно тільки якісно організувавши виробництво, тобто спланувавши всі процеси виготовлення і способи контролю.

Якість закладається в товар з самого початку і контролюється на всіх стадіях. Якісний товар виходить, тільки якщо на всіх стадіях дотримуються необхідні вимоги.

З поняттям якості нерозривно пов'язане таке поняття, як конкурентоспроможність продукції.

Конкурентоспроможність будь-якого товару може бути визначена тільки в результаті його порівняння з іншим виробом і тому є відносним показником. За своєю суттю вона являє собою характеристику товару, що відображає його відмінність від товару-конкурента за ступенем задоволення конкретної суспільної потреби. Для того щоб з'ясувати рівень конкурентоспроможності будь-якого виробу, необхідно не просто порівнювати товари за ступенем відповідності конкретним потребам, але й враховувати витрати споживача на придбання товару та його подальше використання.

Таким чином, під конкурентоспроможністю слід розуміти характеристику товару, що відображає його відмінність від товару-конкурента за ступенем відповідності конкурентній суспільній потребі та за витратами на її задоволення.

Отже, конкурентоспроможність (К) - це

- порівняльна,
- «адресний»

показник, що відноситься до конкретної групи споживачів і в найзагальнішому вигляді виражений наступною формулою:

$$К=С+Ц_п\,, \qquad (1)$$

де

С - якість післяпродажного обслуговування або сервісу; $Ц_п$ - ціна споживання.

Чисельне вираження конкурентоспроможності становить поняття рівня конкурентоспроможності.

Всі параметри, що характеризують рівень конкурентоспроможності, можна розділити на 3 групи. Перш за все підбираються параметри нормативної групи, тобто встановлюється принципова можливість реалізації виробу на «адресному», цільовому ринку. Ця робота починається з оцінки патентної чистоти виробу. Якщо в ньому є складові частини, що не мають патентної чистоти, то подальший аналіз доцільно проводити тільки після вибору заходів, спрямованих на її забезпечення [18].

Потім встановлюється відповідність параметрів виробу обов'язковим стандартам і нормам, що регламентують рівень, а також обов'язкові межі цих параметрів. У разі невідповідності їм товар не може бути використаний для задоволення існуючої потреби і тому не має для покупця споживчої вартості. Отже, якщо хоча б один з нормативних параметрів виробу не відповідає тому рівню, який передбачений чинними нормами і стандартами, то подальша оцінка рівня його конкурентоспроможності недоцільна незалежно від результату порівняння за іншими параметрами. Тому дослідження відповідності товару стандартам і законодавству, що діють у конкретній країні, має проводитися в першу чергу, і тільки в разі виявлення такої відповідності процес оцінки рівня конкурентоспроможності може

бути продовжений. У той же час перевищення нормативних параметрів у порівнянні з вимогами стандартів не може розглядатися як перевага даного виробу перед іншими, оскільки, з точки зору споживача, воно є марним споживчої вартості не збільшує.

Методично облік нормативних параметрів при оцінці рівня конкурентоспроможності може бути забезпечений шляхом введення спеціального показника, який приймає лише два значення -1 або 0. Якщо товар відповідає обов'язковим нормам і стандартам, то цей показник дорівнює 1, якщо ні - 0. Загальний показник за нормативними параметрами являє собою добуток часткових показників за кожним з них, тобто

$$I_{нп} = q \cdot n, \qquad (2)$$

де

$I_{нп}$ - загальний показник за нормативними параметрами;

q - окремий показник за і-м нормативним параметром; n - кількість нормативних параметрів, що підлягають оцінці.

Таким чином, якщо хоча б один з окремих показників дорівнює 0 (тобто виріб за будь-яким параметром не відповідає обов'язковій нормі), то загальний показник також дорівнює 0, що свідчить про не конкурентоспроможність даного товару на цільовому ринку [3].

Другою групою модельованих параметрів для оцінки конкурентоспроможності товару є технічні характеристики виробу, тобто його якість. Ринкові дослідження дають можливість виробнику виявити, які саме властивості товару покупець вважає необхідними, еталонними, а потім оцінити, наскільки кожна з властивостей продукту відповідає потребі або еталону. Кількісно це можна виразити як відношення величини параметра виробу до величини такого ж параметра еталону:

$$B_i = dH_i / dэi, \qquad (3)$$

де

bi - приватний технічний показник за і-м параметром;

d_H і - величина і-го параметра аналізованого виробу;

dэі величина і-го параметра, при якому потреба задовольняється на 100%, тобто еталону.

Наприклад, покупець вважає еталонною потужність двигуна автомобіля на рівні 80 к.с. Автомобіль, потужність двигуна якого відповідає 60 к.с., задовольняє потребу за цим параметром на 75% (bı = 60/80 -100 = 75%).

При цьому, якщо для задоволення потреби пропонується виріб, параметри якого перевищують запити покупця (еталону), то таке перевищення ним, швидше за все, не буде оцінено. У цьому випадку приватний показник прирівнюється до еталонного.

Подібним чином можна розрахувати й інші приватні технічні показники. Для знаходження загального показника за технічним параметрам слід об'єднати приватні з урахуванням значущості (питомої ваги) кожного з них у загальному наборі:

$$I_{тн} = \sigma i \, . \, n, \qquad (4)$$

де

1тп - загальний показник за технічними параметрами; бг питома вага і-го параметра з їх загальної кількості (n); n - кількість параметрів, за якими здійснюють оцінку.

Отриманий загальний показник $1_{тп}$ відображає ступінь відповідності створюваного товару еталону, ідеальному з точки зору споживача зразку. Однак на ринку покупець порівнює пропоновані товари не з еталоном, а один з одним. Тому слід зіставити показники створюваного товару і його конкурента і порівняти, який з них більшою мірою відповідає конкретній потребі:

$$d_{ni} \, / \, d_{ki}, \qquad (5)$$

де

d_{ni} - величина технічного параметра створюваного виробу;

dki - величина технічного параметра виробу-конкурента.

Розрахунок $1_{тп}$ пов'язаний з деякими методологічними проблемами, зокрема з тим, що багато технічних параметрів виробів не мають фізичної міри. До них, зокрема, належать дизайн, відповідність моді тощо. Врахувати їх при моделюванні або аналізі рівня конкурентоспроможності можна, використовуючи експертні методи, при яких властивості виробу, що відповідають певним технічним параметрам, оцінюються в балах за обраною експертом шкалою. Наприклад, якість дизайну експерт оцінює за п'ятибальною шкалою, рівень комфортності - за десятибальною і т. д. [7].

Наступна проблема пов'язана з побудовою вагової бази для приватних показників і отриманням на їх основі загального. Ця база складається з ваг, або коефіцієнтів вагомості, що відповідають значущості різних властивостей виробу для споживача.

До третьої групи оцінюваних параметрів відносяться економічні, тобто ціни споживання. При їх

показник набуває такого вигляду

$$E_{эп} = Ц_{пн/} Ц_{пк}, \qquad (6)$$

де

E_E п - загальний показник за економічними параметрами;

$Ц_{пн}$ - ціна споживання аналізованого виробу;

$Ц_{пк}$ - ціна споживання товару-конкурента.

Природно, що чим нижча ціна споживання, тим вищий рівень конкурентоспроможності, оскільки це означає, що споживач має можливість придбати одиницю якості одного з порівнюваних товарів дешевше, ніж іншого /3/.

На основі загальних показників за нормативними, технічними та економічними параметрами будується інтегральний показник рівня конкурентоспроможності (ПК) створюваного виробу.

Якщо значення ІК дорівнює або більше 1, то це означає, що виріб конкурентоспроможний. На рис. 1 показана універсальна схема управління якістю продукції .

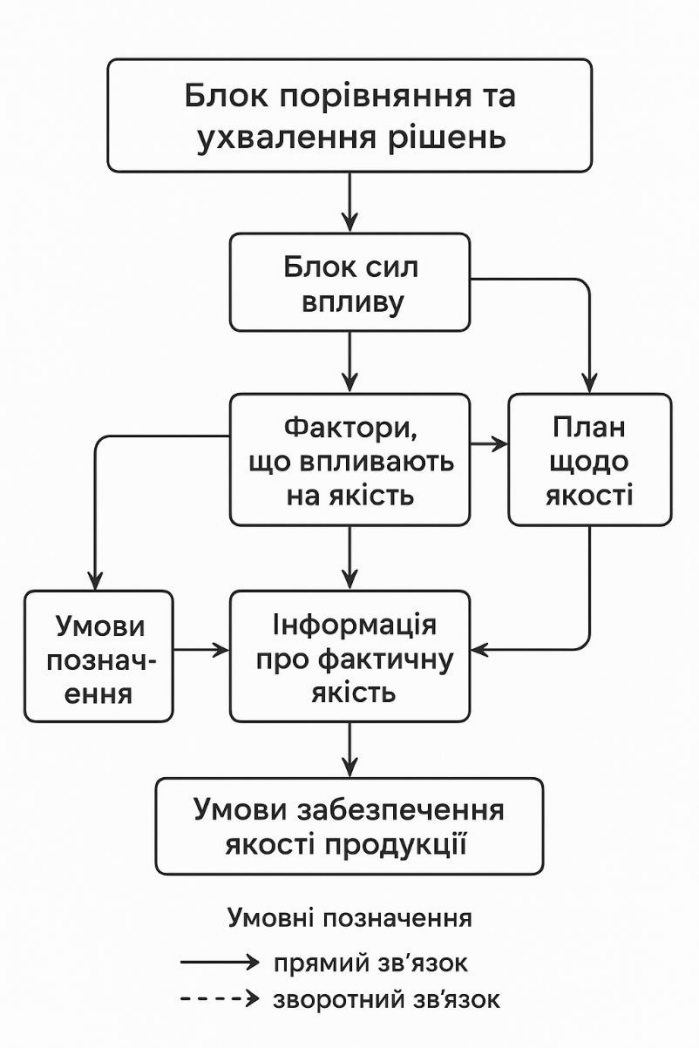

Рисунок 1. Універсальна схема управління якістю

Рівень якості - це відносна характеристика, заснована на порівнянні значень показників якості оцінюваної продукції з відповідними показниками продукції, прийнятої в якості бази для порівняння.

Оцінка якості продукції передбачає виконання відповідності показників якості продукції вимогам споживачів і вибір, у разі необхідності, напрямку поліпшення її якості.

Якість визначається мірою відповідності товарів, робіт, послуг умовам і вимогам: запитів споживачів; стандартів; договорів; контрактів.

Широке застосування в недавньому минулому отримала практика поєднання (додавання, множення тощо) індивідуальних показників характеристик якості. Кожен із способів поєднання мав підсумкову назву показника якості - комплексний, груповий, узагальнений, інтегральний. Відмінність при цьому в розмірності характеристик долалася використанням безрозмірних відносних (по відношенню до об'єктів, взятих за базу) їх значень. Відносна значимість характеристик враховувалася коефіцієнтами вагомості. Однак характеристики несли з собою у формулах свою фізичну сутність і призводили до безглуздостей, коли, наприклад, при однакових комплексних показниках якості один з порівнюваних автомобілів не міг рухатися, але мав вищі показники інших характеристик.

У минуле відійшли аналітичні спроби порівняння якості об'єкта зі світовим рівнем якості аналогічних об'єктів або атестації об'єктів за рівнями якості з присвоєнням Знака якості. Були спроби об'єднання показників якості та кількості (квалівал, тобто значення якості виражалося через вплив на його кількість, наприклад ступінь вдосконалення тракторів оцінювався за можливим зниженням при цьому їх кількості для виконання колишньої роботи).

Диференційний метод оцінки якості промислової продукції здійснюється шляхом зіставлення одиничних показників якості оцінюваних виробів з відповідними показниками базового зразка. При цьому знаходять рівень характеристик кожної і-ї властивості:

Формулу (1) використовують, коли збільшення чисельного значення показника характеризує поліпшення якості, а при погіршенні - формулу (2).

Підсумковий показник *рівня якості* продукції визначається як середнє арифметичне значення всіх рівнів властивостей.

Комплексний метод оцінки якості полягає в тому, що при розрахунку

підсумкового показника якості враховується значимість (вагомість) кожного показника властивостей як оцінюваного, так і базового (еталонного) зразка.

Якщо узагальнений рівень якості продукції U_k лінійно (пропорційно) залежить від одиничних показників якості P_i, то його визначають як середнє зважене арифметичне значення:

$$U_k = \sum_{i=1}^{n} b_i \cdot \frac{P_{i\,\text{оц}}}{P_{i\,\text{баз}}} \qquad (7)$$

де:

$P_{i\,\text{оц}}$- значення *і-го* показника якості оцінюваної продукції;

$P_{i\,\text{баз}}$- значення *і-го* базового (еталонного) показника якості;

b_i- коефіцієнт вагомості *і-го* показника якості;

n- кількість показників якості, що враховуються;

при цьому виконується умова нормування:

$$\sum_{i=1}^{n} b_i = 1 \qquad (8)$$

Змішаний метод чисельної оцінки якості полягає в тому, що спочатку для групи не основних властивостей, які істотно відрізняються за значимістю, визначають узагальнений середньозважений показник (комплексний метод), а потім, разом з іншими, що приймаються за рівнозначні. Показниками, знаходять підсумкове середнє арифметичне значення У($_{к}$) (диференціальний метод).

Інтегральний метод оцінки рівня якості продукції вважається економічним. Узагальнений інтегральний показник якості оцінюваного, а також базового зразка розраховують як відношення сумарного корисного ефекту, вираженого в натуральному

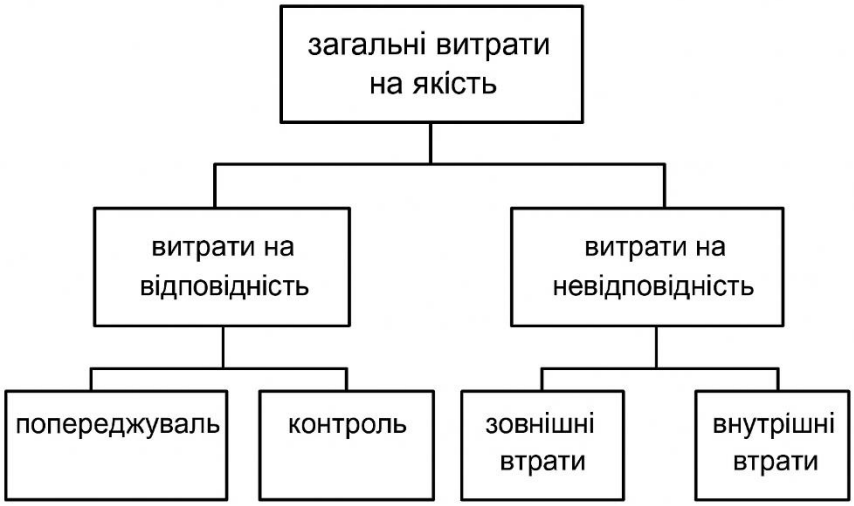

Рисунок 2. Складові витрати на якість

них або грошових одиницях виміру, від експлуатації виробу W до витрат на його створення та експлуатацію за певний (або весь) термін служби:

$$W / K_c + З_c \qquad (9)$$

де

W - корисний ефект;

$К_с$ - сумарні капіталовкладення, що включають ціну, оплату за установку, налагодження та інші роботи;

$З_с$ - експлуатаційні витрати.

На рис.2 показані складові витрати на якість.

Експертний метод загальної оцінки рівня якості продукції базується на використанні досвіду та інтуїції фахівців-експертів. Він застосовується тоді, коли немає необхідної кількісної інформації про властивості оцінюваного або (та) базового зразків. Оцінки виставляються експертами в балах, частках або відсотках. Підсумковий показник рівня якості визначають як середньоарифметичне значення оцінок всіх експертів.

За результатами аналізу кількісних оцінок рівня якості продукції приймаються і реалізуються відповідні управлінські рішення.

4. Оцінювання та обґрунтування напрямів удосконалення метрологічного забезпечення

4.1 Аналіз фактичного стану метрологічного забезпечення на підприємстві

Метрологічне забезпечення (МО) на підприємстві є складовою системи менеджменту якості та охоплює сукупність організаційних, технічних і методичних заходів, спрямованих на забезпечення єдності та достовірності вимірювань у виробничих і контрольних процесах. Аналіз фактичного стану МО проведено з метою оцінювання його відповідності вимогам чинних нормативних документів, стандартів ДСТУ та ISO, а також визначення сильних і слабких сторін існуючої системи.

У ході аналізу враховувалися результати попередніх розділів роботи, зокрема класифікація засобів вимірювань, оцінка відповідності вимогам стандартів, аналіз типових помилок вимірювань, а також стан оцінювання невизначеності та забезпечення метрологічної простежуваності.

Загальна характеристика фактичного стану МО

На підприємстві сформована базова система метрологічного забезпечення, що включає облік засобів вимірювальної техніки, організацію повірки та калібрування, ведення метрологічної документації й виконання вимірювань відповідно до затверджених методик. Метрологічні функції покладені на відповідальний підрозділ або уповноважених осіб, що забезпечує функціонування МО на мінімально необхідному рівні.

Разом з тим, детальний аналіз показав, що фактичний стан метрологічного забезпечення характеризується нерівномірним рівнем зрілості окремих елементів системи, що безпосередньо впливає на стабільність показників якості продукції.

Сильні сторони метрологічного забезпечення

До основних сильних сторін існуючої системи МО на підприємстві належать:

- наявність обліку засобів вимірювальної техніки та ідентифікації ЗВ;
- виконання повірки або калібрування основної частини засобів вимірювань у встановлені терміни;
- застосування ЗВ відповідно до їх призначення та діапазонів вимірювань;
- використання результатів вимірювань у процесах контролю якості продукції;
- інтеграція метрологічних процедур у систему менеджменту якості.

Таблиця 3.5 – Сильні сторони метрологічного забезпечення

Елемент МО	Фактичний стан	Вплив на якість
Облік ЗВ	Ведеться	Забезпечує контроль придатності
Повірка/калібрування	Проводиться регулярно	Підвищує достовірність
Документування	Наявне	Забезпечує простежуваність
Інтеграція з СМЯ	Часткова	Сприяє стабільності процесів

Наявні сильні сторони створюють основу для забезпечення єдності вимірювань та дозволяють підприємству виконувати базові вимоги нормативних документів у сфері метрології.

Слабкі сторони метрологічного забезпечення

Поряд із позитивними аспектами виявлено низку слабких сторін, які знижують ефективність МО та створюють додаткові метрологічні ризики:

- недостатня формалізація процедур оцінювання невизначеності вимірювань;
- неповна реалізація метрологічної простежуваності для окремих засобів вимірювань;
- обмежене використання ризик-орієнтованого підходу в управлінні МО;
- недостатній рівень методичного забезпечення окремих вимірювальних процесів;
- вплив людського фактора через нерегулярне підвищення кваліфікації персоналу.

Таблиця 3.6 – Слабкі сторони метрологічного забезпечення

Недолік	Причина	Потенційні наслідки
Відсутність системної оцінки невизначеності	Недостатня методична база	Ризик хибних рішень
Неповна простежуваність	Обмежена документація	Зниження довіри
Формальний контроль	Недостатній аудит	Повторення помилок
Людський фактор	Обмежене навчання	Грубі помилки

Сукупний вплив виявлених слабких сторін може призводити до зростання невизначеності вимірювань, зниження стабільності виробничих процесів і підвищення ймовірності прийняття помилкових рішень щодо якості продукції.

Узагальнена оцінка фактичного стану МО

Для узагальнення результатів аналізу доцільно представити сильні та слабкі сторони метрологічного забезпечення у зведеному вигляді.

Таблиця 3.7 – Узагальнена оцінка фактичного стану МО

Критерій	Оцінка стану	Коментар
Відповідність ДСТУ та ISO	Часткова	Потребує вдосконалення
Рівень документування	Середній	Необхідна актуалізація
Контроль і аудит	Обмежений	Потрібна систематизація
Вплив на якість	Суттєвий	Має резерви покращення

Таким чином, фактичний стан метрологічного забезпечення на підприємстві можна охарактеризувати як задовільний, але такий, що має істотні резерви для підвищення ефективності. Виявлені сильні сторони створюють базу для розвитку системи МО, тоді як слабкі сторони визначають напрями першочергових удосконалень.

Результати проведеного аналізу є вихідною основою для розроблення та обґрунтування практичних заходів з удосконалення метрологічного забезпечення, оцінювання їх економічної ефективності та формування рекомендацій, наведених у наступних підрозділах кваліфікаційної роботи.

4.2 Обґрунтування напрямів удосконалення метрологічного забезпечення на підприємстві

Велика роль у досягненні необхідної якості продукції належить метрологічному забезпеченню виробництва, випробувань і контролю якості. Достовірність і обґрунтованість результатів випробувань і контролю багато в чому визначається правильним вибором засобів і методів випробувань, якістю методик виконання вимірювань. Основу нормативної бази метрологічного забезпечення якості складають національні стандарти Державної системи забезпечення єдності вимірювань (ДСТУ 8.000—2000 «Державна система забезпечення єдності вимірювань. Основні положення»). У цій системі насамперед необхідно відзначити документи, зокрема, ДСТУ 8.563—96

«Державна система забезпечення єдності вимірювань. Методики виконання вимірювань», спрямовані на регламентацію вимог до методик виконання вимірювань. Методики виконання вимірювань об'єднують основні складові системи забезпечення єдності вимірювань (вимірювані величини, одиниці величин, методи вимірювань, стандартні зразки, метрологічні характеристики методик виконання вимірювань і засобів вимірювань тощо). Тому розробка, атестація та впровадження сучасних методик (методів) виконання вимірювань істотно впливають на достовірність та об'єктивність результатів контролю якості продукції. Для отримання необхідної точності вимірювань при контролі якості продукції, технологічних процесів, порівнянні результатів контролю у постачальника і споживача продукції слід використовувати в , атестовані в , методики, що містять опис конкретних операцій і правил, виконання яких забезпечує отримання результатів вимірювань з встановленими показниками точності. Методика виконання вимірювань (МВІ) — сукупність конкретно описаних операцій і правил, виконання яких забезпечує отримання результатів вимірювань із встановленими показниками точності. У ДСТУ 8.563-96 встановлені загальні положення та вимоги до розробки, атестації,

стандартизації методик виконання вимірювань і вимоги до метрологічного нагляду за ними. МВІ розробляють і застосовують з метою забезпечення виконання вимірювань з похибкою, що не перевищує необхідної або приписуваної характеристики.Розробка МВІ, як правило, включає: формулювання вимірювальної задачі та опис вимірюваної величини; попередній відбір можливих методів рішення вимірювальної задачі; вибір методу і СІ, допоміжних та інших технічних засобів; встановлення послідовності та змісту операцій при підготовці та виконанні вимірювань, обробці проміжних результатів і обчисленні остаточних результатів вимірювань; організацію та проведення експерименту (метрологічних досліджень) з оцінки показників точності МВІ, експериментальна апробація встановленого алгоритму виконання вимірювань; встановлення приписаної характеристики похибки (невизначеності) вимірювань, характеристик складових похибки з урахуванням вимог, що містяться в вихідних даних на розробку МВІ; розробку процедур і встановлення нормативів контролю точності отриманих результатів вимірювань з урахуванням вимог ДСТУ ІСО 5725-6-2002 «Точність (правильність і прецизійність) методів і результатів вимірювань. Використання значень точності на практиці»; розробку документа на МВІ; метрологічну експертизу проєкту документа на МВІ; атестацію МВІ; затвердження документа на МВІ в установленому порядку; стандартизацію МВІ.У документах, що регламентують МВІ, загалом зазначають: призначення та область застосування МВІ; нормативні посилання; визначення; відбір проб і підготовка зразків; умови виконання вимірювань; метод (сутність методу) вимірювань; норми похибки вимірювань або приписувані характеристики похибки (невизначеності) вимірювань, показники повторюваності (збіжності) і відтворюваності результатів вимірювань; вимоги до засобів вимірювань (в т.ч. до стандартних зразкам), допоміжним пристроям, матеріалам, операції при виконанні вимірювань; операції обробки і обчислення результатів

вимірювань; процедури і періодичність контролю точності отриманих результатів вимірювань з урахуванням вимог ДСТУ ІСО-5725-2006;вимоги до оформлення результатів вимірювань; вимоги до кваліфікації операторів; вимоги до забезпечення безпеки виконуваних робіт; вимоги до забезпечення екологічної безпеки. Атестація МВІ — дослідження та підтвердження відповідності МВІ встановленим до неї метрологічним вимогам. Основна мета атестації МВІ — підтвердження можливості виконання вимірювань відповідно до процедури, регламентованої в документі на МВІ, з оцінкою реальних характеристик похибки (невизначеністю) вимірювань. Організація робіт з міжлабораторних випробувань, як правило, включає наступні етапи: розробка програми та методики проведення випробувань; підготовка набору проб зразків, що піддаються міжлабораторним випробуванням, і розсилка їх в закодованому вигляді лабораторіям — учасникам випробувань; видання документа (наказу) про проведення метрологічних випробувань; розсилка програми та методики випробувань; отримання та збір експериментальних даних; математична обробка результатів випробувань та отримання чисельних оцінок показників точності методу, що атестується; складання акта та звіту за результатами метрологічної атестації. Система централізованого контролю та управління, що використовується на газокомпресорній станції, є однією з перших систем управління технологічним обладнанням. Система централізованого контролю та управління газотурбінними газоперекачувальними агрегатами призначена для роботи у складі систем агрегатної автоматики на компресорних станціях магістрального газопроводу.

У складі агрегатної автоматики установка виконує наступні функції:

- сигналізацію відхилень контрольованих параметрів від заданих значень на групових та індивідуальних табло;
- індикацію положення запірної арматури і пристроїв агрегату на мнемосхемі і табло;

- безперервне вимірювання та реєстрацію значень контрольованих параметрів в аналоговій формі;
- реєстрацію фактів зміни режимів роботи, пуску, зупинки агрегату, спрацьовування автоматичних аварійних захистів і дій оператора з одночасною фіксацією початку і кінця події;
- програмно-параметричне управління пуском і зупинкою агрегату з індикацією режимів роботи та етапів управління;
- аварійна зупинка агрегату;
- формування команд на ввімкнення звукового сигналу за попереджувальним і аварійним відхиленням контрольованих параметрів;
- прийом команд дистанційного керування від загальноцехової або загальностанційної системи централізованого контролю та керування;
- видача аналогових і дискретних сигналів і команд в цехову або загальностанційну систему.

До складу установки входять: пристрій подання інформації пристрій нормалізації та сигналізації пристрій логічної обробки інформації стійка комутаційна стійка монтажного обладнання

Блок нормалізації та сигналізації призначений для перетворення (нормалізації) сигналів первинних перетворювачів датчиків постійного і змінного струму в уніфікований вихідний сигнал 0-10 В негативної полярності, пропорційний наченню контрольованого параметра (температура, тиск тощо), і для порівняння уніфікованих сигналів з граничним значенням параметрів. Пристрій дозволяє приймати по каналах сигнали низького рівня від первинних перетворювачів (термометри опору, термопари, датчики диференціально-трансформаторні), по 20 каналах уніфікований сигнал 0-10 В. Кожна група з 28 каналів забезпечується 30 установками сигналізації. Сигнали від первинних перетворювачів низького рівня надходять на входи блоків перетворення, за допомогою яких перетворюються в лінійні уніфіковані сигнали, які є вихідними сигналами

пристрою. Крім того, уніфіковані сигнали з виходів блоків перетворення надходять на вхід блоків безперервної сигналізації. У разі відхилення параметра за встановлені межі подається сигнал про відхилення параметра за допомогою перемикання контактів на виході блоків безперервної сигналізації і проводиться засвічування світлодіодів на відповідному модулі сигнальних підсилювачів. Пристрій подання інформації призначений для подання інформації про стан агрегату і управління ним.

Він включає:

- табло етапів логічного управління;
- прилади, що показують і реєструють;
- табло групової, індивідуальної сигналізації та виклику;
- пульт управління;
- блок реєстрації подій;
- табло контролю справності та сигналізації несправностей пристроїв установки.
- Безперервне аналогове вимірювання та реєстрація найбільш важливих контрольованих параметрів здійснюється за допомогою показуючих і реєструючих приладів та одношкальних вузькопрофільних приладів.

Шкали приладів відповідають межам вимірювань контрольованих параметрів. Аналогова реєстрація здійснюється на загальному полі діаграмової стрічки кольором, що відповідає кольору покажчика (перший канал синій, другий канал червоний). Швидкість просування діаграмної стрічки 40 мм/год. Одного рулону достатньо для 10 діб безперервної реєстрації

До числа найважливіших параметрів, за якими судять про режим агрегату, відноситься температура продуктів згоряння. Вимірювання цього параметра і захист від перевищення температури здійснюються за допомогою перетворювачів термоелектричних (термопар). Принцип дії

термопар заснований на явищі виникнення в контурі, складеному з двох різних провідників, електрорушійної сили (ЕРС), пропорційної різниці температури холодного і гарячого спаїв провідників. Провідники, що складають термопару – термоелектроди, з'єднані на одному кінці, а місце з'єднання – гарячий спай – розміщується в торцевій частині корпусу термопари. Конструкція гарячого спаю визначає інертність термопари. Торцева частина корпусу виготовляється тонкостінною і заповнюється теплопровідним сплавом, наприклад срібним припоєм, що забезпечує хороший тепловий контакт між корпусом термопари і її гарячим спаєм. Для вимірювання температури продуктів згоряння в агрегаті застосовуються малоінерційні хромель- алюмелеві термопари ТХА-280М. Вони вимірюють температуру продуктів згоряння після ТНД. Для отримання температури перед ТВД проводиться перерахунок в спеціальному обчислювальному пристрої установки. У вихлопному патрубку встановлені рівномірно по колу здвоєні термопари. Для вимірювання температури повітря до і після регенератора застосовуються термопари ТХА-0806. Ці термопари мають більшу інерцію, що в даному місці не має значення, зате відрізняються надійністю і довговічністю. Для автоматичного двопозиційного регулювання температури шляхом замикання і розмикання контактів електричного ланцюга при зміні температури контрольованого середовища вище або нижче заданих налаштуванням меж використовуються датчики-реле температури ТР- ОМ5. Для вимірювання температури масла застосовується термометр манометричний, показуючий, сигналізуючий, електроконтактний – типу ТПП-СК.

Вимірювання тисків і перепаду тисків проводиться манометрами і дифманометрами, які встановлюються на щиті поблизу агрегату або за місцем.Для вимірювання перепаду тиску на сітці датчика утворення льоду використовується сильфонний дифманометр типу ДСП-778-Н. Принцип дії сильфонного блоку заснований на залежності між вимірюваним перепадом

тиску і пружною деформацією гвинтових циліндричних пружин сильфона. Датчик утворення льоду являє собою сітку, вбудовану в інжектор. Інжектор встановлений на зовнішній стороні камери повітроочисного пристрою після пиловловлюючих сіток. До інжектора підводиться стиснене повітря з осьового компресора, який, розширюючись, підсмоктує повітря з камери фільтрів. За умов, що сприяють утворенню льоду на лопатках вхідного направляючого апарату осьового компресора, на сітці датчика утворюється лід, що супроводжується збільшенням перепаду тисків на сітці, який фіксується дифманометром. Подається попереджувальний сигнал, що необхідно включити систему обігріву. Для дистанційного вимірювання перепаду тисків газу на конфузорі нагнітача, перетворення його в електричний сигнал і передачі сигналу на вторинний прилад використовується дифманометр мембранний типу ДМ. Ступінь розрідження перед осьовим компресором визначається за допомогою датчика тяги ДТ-250, принцип дії якого заснований на врівноваженні сили, що створюється розрідженням контрольованого середовища на чутливий елемент (мембрану), силами пружних деформацій гвинтової пружини. Датчик виготовляється із зоною нечутливості, спрямованою в бік підвищення (відносно уставки) розрідження контрольованого середовища. Установка проводиться за шкалою датчика або за контрольним манометром при прямому спрацьовуванні мікроперемикача. Захист по осьовому зсуву здійснюється за допомогою двох електроконтактних манометрів, нормально розімкнуті контакти яких запаралелені і замикаються в залежності від напрямку зміщення. Зсув валу і збільшення тиску при зменшенні зазору більш помітні, ніж зменшення тиску при збільшенні зазору. Для безперервного перетворення тисків газу на вході і виході нагнітача в пропорційний електричний сигнал використовуються вибухозахищені манометри типу МП з вихідним електричним аналоговим сигналом 0-20 мА постійного струму. Датчики побудовані на принципі електричної силової

компенсації і складаються з трьох уніфікованих блоків: вимірювального блоку, електросилового перетворювача і напівпровідникового підсилювача Для безперервної видачі інформації про тиск масла мастила у вигляді уніфікованого сигналу – взаємної індуктивності 0¸10 мГ – використовується манометр типу МЕД. Принцип дії датчика заснований на деформації манометричної пружини при наявності надлишкового тиску.

Для контролю тиску і перепадів тиску використовуються також перетворювачі тензорезисторні вибухозахищені. Вони забезпечують безперервне перетворення тиску (надлишкового або абсолютного) і різниці тисків в уніфікований вихідний сигнал 0-20 мА. Перетворювачі складаються з двох функціональних пристроїв: первинного перетворювача, блоку живлення та захисту.

Принцип дії перетворювача заснований на використанні тензоефекту в напівпровідниках. Вплив вимірюваного параметра викликає зміну опору тензорезисторів, нанесених на чутливий елемент тензомодуля, який розміщений всередині вимірювального блоку первинного перетворювача. Ця зміна опору тензорезисторів перетворюється за допомогою вбудованого електронного пристрою в пропорційний струмовий вихідний сигнал первинного перетворювача.

Для вимірювання частоти обертання валів ТВД і ТНД використовується комплекс тахометричних перетворювачів . Він видає аналогові сигнали постійного струму 0-5 мА, пропорційні частоті обертання валів, і формує двійкові сигнали для використання в системі захисту і управління газоперекачувального агрегату.

Комплекс захисту складається з первинних тахометричних перетворювачів, блоку спостереження і управління, вимірювального приладу, відградуйованого в обертах за хвилину. До складу блоку спостереження і управління входять вимірювальні тахометричні перетворювачі, сигналізатори з фіксованими уставками і сигналізатор

зупинки. Первинний тахометричний перетворювач перетворювач працює спільно з зубчастим колесом, встановленим на валу. Принцип дії первинного перетворювача – магнітоіндукційний, заснований на індукуванні ЕРС на виводах котушок при зміні магнітного потоку в результаті зміни зазору між торцями магнітопроводу і зубчастим індуктором при обертанні останнього. Перетворювач вимірювальний перетворює вхідний імпульсний сигнал в аналоговий постійного струму від 0 до 5 мА, який потім подається на вимірювальний прилад. Робота сигналізаторів з фіксованими уставками і сигналізатора зупинки заснована на порівнянні частоти сигналів первинних перетворювачів з частотою сигналів опорного генератора. В якості чутливого елемента фотодатчика, що перетворює пульсації світлового потоку в електричний сигнал, використовується фоторезистор. Датчики встановлюються навпроти спеціальних оглядових вікон камери згоряння так, щоб відстань між вікном і захисним склом датчика була в межах 100-200 мм. Це необхідно для захисту фоторезистора від нагрівання прямим випромінюванням факела. Від датчика електричний сигнал надходить на вторинний прилад, де за допомогою розділового конденсатора виділяється змінна складова, що виникає через пульсацію яскравості полум'я в камері згоряння, що робить схему нечутливою до випромінювання гарячих стінок камери згоряння, яке зберігається і після згасання факела.Під час експлуатації слід періодично перевіряти працездатність приладу на працюючому агрегаті шляхом перекриття світлового потоку до фотодатчика, попередньо відключивши ланцюги захисту системи управління. Вимірювання і захист від вібрації здійснюється за допомогою двох типів віброапаратури. В даний час широке поширення отримала система протипомпажного захисту фірми Компресор Контролс Корпорейшн ("ССС"). Система вирішує завдання антипомпажного захисту і регулювання режиму роботи відцентрового нагнітача природного газу. Здійснюється це шляхом вимірювання перепаду

тисків на нагнітачі і перепаду тисків на вході і виході. Сигнали від датчиків надходять в електронний регулятор, який в режимі реального часу проводить обчислення положення робочої точки нагнітача на його газодинамічній характеристиці . Виконавчим органом системи є антипомпажний клапан, який врізаний в лінію рециркуляції газу .Постійне визначення положення робочої точки нагнітача на його характеристиці забезпечує зміну стану установки в залежності від режиму роботи газоперекачувального агрегату, тобто постійно регулюється перепуск газу з виходу на вхід нагнітача, чим і забезпечується його стійка робота в залежності від режиму роботи компресорного цеху і магістрального газопроводу в цілому.

5. Економічна ефективність удосконалення метрологічного забезпечення

5.1 Оцінювання економічної ефективності заходів з удосконалення метрологічного забезпечення

Одним з важливих елементів забезпечення єдності вимірювань є створення мережі акредитованих випробувальних лабораторій і центрів, які відповідали б загальним критеріям і вимогам для оцінки правильності виданих ними результатів вимірювань і випробувань. Це необхідно з метою: оцінки відповідності показників якості продукції встановленим вимогам, у тому числі і метрологічного характеру; створення і стабільного відтворення необхідних умов для отримання достовірної інформації про значення показників якості та безпеки продукції при випробуваннях встановленими методами; взаємного визнання результатів, отриманих в різних лабораторіях і центрах, у тому числі і зарубіжних. Введення міжнародного стандарту ІСО/МЕК 17025-99 (ДСТУ ІСО/МЕК 17025-2006) «Загальні вимоги до компетентності випробувальних і калібрувальних лабораторій» спрямовано

на виконання вищезазначених цілей і означає, що випробувальні лабораторії, які претендують на визнання технічної компетентності в проведенні випробувань продукції, повинні відповідати вимогам, встановленим цим стандартом. Головною вимогою, що пред'являється до таких випробувальних лабораторій, є розробка власних систем менеджменту якості, а також адміністративних і технічних систем, що застосовуються для управління діяльністю лабораторії. Клієнти лабораторії, а також органи з акредитації керуються цим стандартом при підтвердженні або визнанні технічної компетентності випробувальних лабораторій. Відповідно до ДСТУ ІСО/МЕК 17025-2006 випробувальна лабораторія повинна: мати в у керівний і технічний персонал, який має професійну підготовку, повноваження та ресурси, необхідні для виконання своїх обов'язків; вживати заходів, що забезпечують дії керівництва та співробітників, вільні від будь-якого внутрішнього та зовнішнього, фінансового або іншого тиску та впливу, які можуть негативно впливати на якість випробувань;розробити процедури, що дозволяють забезпечити захист конфіденційності інформації, включаючи процедури захисту електронного зберігання інформації та передачі результатів; визначити організаційну та управлінську структуру лабораторії, її місце в організації (якщо лабораторія не є незалежною юридичною особою) та взаємозв'язки між управлінням якістю, технічною діяльністю та допоміжними службами;встановити відповідальність, повноваження та взаємовідносини всіх співробітників, зайнятих в управлінні, виконанні або перевірці робіт, що впливають на якість випробувань; забезпечити контроль за діяльністю співробітників, які проводять випробування, з боку керівництва лабораторії або осіб, які добре володіють методами, процедурами та оцінкою результатів конкретних видів випробувань;мати адміністрацію, яка несе загальну відповідальність за технічну діяльність та надання необхідних ресурсів для забезпечення необхідної якості роботи лабораторії; призначити

відповідального за якість; розробити, впровадити та підтримувати систему менеджменту якості своєї діяльності; сформулювати та документально оформити свою політику, завдання та свої зобов'язання в галузі якості випробувань;оформити процедури, програми, інструкції системи менеджменту якості в обсязі, необхідному для забезпечення якості результатів випробувань, у тому числі інструкції про порядок відбору та підготовки зразків продукції, про порядок забезпечення єдності вимірювань у лабораторії (своєчасне калібрування та повірка засобів вимірювання, наявність атестації випробувального обладнання) тощо.Керівництво з якості лабораторії, як правило, повинно передбачати такі розділи:

– інформаційні дані про лабораторію, відомості про керівництво лабораторії, включаючи відповідального за якість і відповідального за забезпечення єдності вимірювань в лабораторії;

– політика в галузі якості; даний розділ повинен містити заяву про політику в галузі якості, що визначає зобов'язання керівництва лабораторії, завдання функціонування системи якості та основні шляхи їх досягнення; терміни та визначення; сфера діяльності лабораторії; структура лабораторії та кадрове забезпечення;

– відомості про приміщення лабораторії та призначення приміщень, у тому числі призначених для проведення специфічних випробувань (наприклад, механічні випробування, біотестування тощо);

– способи перевірки їх відповідності призначенню та підтримання цієї відповідності;

– матеріально-технічне забезпечення, у цьому розділі наводять відомості про обладнання (у т. ч. про засоби вимірювання, еталони, контрольно-вимірювальне, випробувальне, лабораторне та допоміжне обладнання), що використовується при проведенні випробувань, про порядок введення обладнання в експлуатацію, технічному та метрологічному обслуговуванні (калібруванні, повірці, атестації, ремонті) із

зазначенням організацій, що виконують ремонт і повірку засобів вимірювання, відомості про порядок атестацій випробувального обладнання відповідно до вимог ДСТУ 8.568— 97, наводять інформацію про стандартні зразки складу і властивостей речовин і матеріалів, необхідних для градуювання засобів вимірювання складу і властивостей, калібрування і контролю точності результатів вимірювань;

– структура документації, що використовується в системі менеджменту якості, та управління документацією і записами;

– документування процедури прийому, реєстрації, маркування, переміщення, зберігання та знищення об'єкта випробувань, у тому числі процедури відбору та підготовки контрольних зразків;

– вимоги до оформлення результатів випробувань і процедури оформлення протоколів випробувань;

– забезпечення якості результатів випробувань, де повинні бути задокументовані процедури управління якістю, необхідні для контролю точності результатів випробувань.

Атестацію випробувального обладнання проводять відповідно до ДСТУ 8.568-

97 «Державна система забезпечення єдності вимірювань. Атестація випробувального обладнання. Основні положення». Основною метою атестації випробувального обладнання є підтвердження можливості відтворення умов випробувань в межах допустимих відхилень і встановлення придатності використання випробувального обладнання відповідно до його призначення. Розрізняють такі види атестації: первинну, періодичну і повторну. Первинній атестації піддають випробувальне обладнання при введенні в експлуатацію. Періодичній атестації піддають випробувальне обладнання, що знаходиться в процесі експлуатації через певні встановлені інтервали часу. Повторну атестацію випробувального обладнання проводять після проведення робіт, які могли викликати зміни

характеристик відтворення умов випробувань (ремонт, модернізація, переміщення та ін.).

Первинна атестація випробувального обладнання полягає в експертизі, експлуатаційній та проектній (за її наявності) документації, на підставі якої виконано встановлення випробувального обладнання, а також в експериментальному визначенні його технічних характеристик і підтвердженні придатності його використання.До складу поданої технічної документації повинні входити: експлуатаційні документи; програма та методика первинної атестації випробувального обладнання; методика періодичної атестації.

У процесі первинної атестації встановлюють:

– можливість відтворення зовнішніх чинників впливу та режимів функціонування об'єкта випробувань, встановлених у документах на методики випробувань продукції конкретних видів;

– відхилення характеристик умов випробувань від нормованих значень;

– забезпечення безпеки персоналу та відсутності шкідливого впливу на навколишнє середовище;

– перелік характеристик випробувального обладнання, яке перевіряють при періодичній атестації обладнання, методи, засоби та періодичність її проведення.

Повторну атестацію випробувального обладнання проводять так само, як періодичну, за номенклатурою встановлених перевірених характеристик, які можуть істотно змінюватися в результаті ремонту, модернізації, переміщення тощо.

Розроблено та впроваджено Систему добровільної сертифікації засобів вимірювання. Методологічною основою побудови Системи сертифікації засобів вимірювання є нормативні документи міжнародних організацій (ІСО, МЕК тощо) та системи сертифікації ДСТУ.

Основними цілями і завданнями Системи сертифікації засобів вимірювання є:

– створення умов для діяльності підприємств, установ, організацій і підприємців на єдиному товарному ринку, а також для участі в міжнародному економічному, науково-технічному співробітництві та міжнародній торгівлі;

– сприяння споживачеві в компетентному виборі засобів вимірювання;

– сприяння експорту та підвищення конкурентоспроможності вимірювальної техніки;

– захист споживача від недобросовісності виробника або продавця засобів вимірювання;

– перевірка забезпеченості засобів вимірювання методиками повірки та калібрування для передачі розмірів одиниць від затверджених державних еталонів;

– підтвердження показників якості засобів вимірювання, заявлених виробником.

Система сертифікації засобів вимірювань передбачає: добровільну сертифікацію засобів вимірювань на відповідність метрологічним нормам і правилам за всіма видами вимірювань; розробку, ведення та актуалізацію нормативних документів, що встановлюють метрологічні норми і правила на засоби вимірювань;розробку, ведення та актуалізацію типових програм випробувань для цілей сертифікації засобів вимірювання; апробацію та затвердження в процесі сертифікації методик повірки та калібрування засобів вимірювання, а також підготовку пропозицій щодо міжповірочних інтервалів;атестацію методик виконання вимірювань за допомогою сертифікованих засобів вимірювання; створення розгалуженої мережі акредитованих за видами вимірювань органів з сертифікації засобів вимірювання та випробувальних лабораторій конкретних груп засобів

вимірювання;здійснення співпраці з національними метрологічними службами країн щодо взаємного визнання акредитації органів з сертифікації та лабораторій, сертифікатів відповідності, таків відповідності, а також результатів сертифікації засобів вимірювання. Сертифікацію засобів вимірювання, як правило, проводять за III, IV або V схемами класифікації ІСО. До основних завдань метрологічної експертизи технічної документації відповідно до МІ 2267-93 належать

- визначення оптимальності номенклатури вимірюваних параметрів при контролі з метою забезпечення ефективності та достовірності контролю якості та взаємозамінності;
- оцінка забезпечення конструкцією виробу можливості контролю необхідних параметрів у процесі виготовлення, випробування, експлуатації та ремонту виробів;
- встановлення відповідності показників точності вимірювань вимогам ефективності та достовірності контролю і взаємозамінності;
- встановлення відповідності показників точності вимірювань вимогам забезпечення оптимальних режимів технологічних процесів;
- встановлення повноти та правильності вимог до засобів вимірювань і методик виконання вимірювань;
- оцінка правильності вибору засобів вимірювання та методик виконання вимірювань;
- виявлення можливості переважного застосування уніфікованих, автоматизованих засобів вимірювань, що забезпечують отримання заданої точності вимірювань, необхідної продуктивності;
- оцінка забезпечення застосовуваними засобами вимірювання мінімальної трудомісткості та собівартості контрольних операцій при заданій точності;
- встановлення переважного застосування стандартних або наявність атестованих методик виконання вимірювань;

- оцінка відповідності продуктивності засобів вимірювання продуктивності технологічного обладнання;
- визначення доцільності обробки результатів вимірювань, наявність стандартних або спеціальних програм обробки та відповідності вимогам, що пред'являються до обробки результатів вимірювань, а також до форм надання результатів вимірювань, контролю випробувань;
- встановлення правильності найменувань і позначень фізичних величин та їх одиниць;
- встановлення правильності вказівок щодо організації та проведення вимірювань для забезпечення безпеки праці.

Одне з основних і найважливіших завдань метрологічної експертизи технічної документації – встановлення оптимальності номенклатури контрольованих параметрів, які базуються на виборі критеріїв оптимізації і вирішується спільно з розробником документації. У таблиці 1 наведено приблизний перелік характеристик контрольованих параметрів та їх номінальне.

Таблиця 5.1. Контрольовані параметри

Контрольований параметр	Номінальне значення	Одиниця вимірювання
Температура підшипника	70	ºС
Температура повітря перед регенераторами	150	ºС
Температура повітря в трубопроводах після регенераторів	360	ºС

Температура продуктів згоряння в трубопроводах	480	ºС
Температура повітря в трубопроводі	15±5	ºС
Температура масла в трубопроводі	60±5	ºС
Температура масла в трубопроводі після масло охолоджувача	50	ºС
Швидкість обертання роторів	4800	об/хв
Тиск газу	15±11,5±0,1	кгс/см2МПа
Тиск газу на турбодетандере	15±11,5±0,1	кгс/см2МПа
Тиск повітря перед камерою згоряння	0,005±0,0010,0005±0,0001	кгс/см2МПа
Тиск продуктів згоряння перед ТВД	3±0,50,3±0,05	кгс/см2МПа
Тиск масла на мастило підшипників нагнітача	3±10,3±0,1	кгс/см2МПа
Тиск газу перед нагнітачем	52±55,2±0,5	кгс/см2МПа
Тиск газу після нагнітача	70±57,0±0,5	кгс/см2МПа

Перепад тиску газу	2±10,2±0,1	кгс/см2МПа
Перепад тиску в маслопроводі високого тиску в порожнині нагнітача	3±0,50,3±0,05	кгс/см2МПа
Тиск масла перед масло охолодженням	6±10,6±0,1	кгс/см2МПа
Тиск масла на змащення підшипників турбіни і компресора	1,5±0,20,15±0,02	кгс/см2МПа
Тиск масла перед клапаном	12±11,2±0,1	кгс/см2МПа
Тиск масла після інжектора	1,0±0,20,1±0,02	кгс/см2МПа
Тиск масла після газо масляного насоса	1,1±0,211±2	кгс/см2МПа
Тиск поточного повітря	0,1±0,021,0±0,2	кгс/см2МПа
Тиск повітря граничного захисту	1,45±0,10,145±0,01	кг/см2МПА
Тиск повітря постійного тиску	1,4±0,050,14±0,005	кгс/см2МПа
Тиск повітря в цеховому колекторі	0,25±0,052,5±0,5	кгс/см2МПа
Температура газу на виході нагнітача	30	ºС

Контроль вмісту СН в повітрі	(0÷1,0)±0,003	м 3/год
Витрата паливного газу	4730	

Слід зауважити, що контроль даних параметрів необхідний для нормального функціонування та безаварійної роботи виробництва.

Контроль тиску повітря постійного тиску, повітря граничного захисту, проточного повітря, необхідний, оскільки всі ці лінії входять в систему регулювання і впливають на процеси, що відбуваються в турбіні, змінюються в зв'язку з навантаженням нагнітача. За допомогою цих параметрів здійснюється пуск і зупинка т/а.

При підвищенні температури на виході нагнітача газ розігріває ізоляцію трубопроводу. Контроль за цим параметром дозволяє не допустити цієї аварійної ситуації.

Згідно із Законом «Про забезпечення єдності вимірювань», однією з форм державного регулювання в галузі забезпечення єдності вимірювань є державний метрологічний нагляд. Державний метрологічний нагляд - контрольна діяльність, що здійснюється уповноваженими державними органами виконавчої влади і полягає в систематичній перевірці дотримання встановлених законодавством України та країн Європейського Союзу обов'язкових вимог, а також у застосуванні заходів за порушення, виявлені під час наглядових дій. Державний метрологічний нагляд здійснюється за дотриманням обов'язкових вимог у сфері державного регулювання забезпечення єдності вимірювань: до вимірювань; до одиниць величин; до еталонів одиниць величин; до стандартних зразків; до засобів вимірювань при їх впровадженні та виробництві, ввезенні на територію, продажу та застосуванні на території республіки; до відхилень кількості фасованих товарів в упаковках від заявленого значення; до атестованих методик

вимірювань. Він поширюється на діяльність юридичних осіб та підприємців, які здійснюють:

– вимірювання, що відносяться до сфери державного регулювання забезпечення єдності вимірювань;

– випуск з виробництва призначених для застосування у сфері державного регулювання еталонів, одиниць величин, стандартних зразків та засобів вимірювань, а також їх ввезення, продаж і застосування на території республіки;

– розфасовку товарів.

Обов'язкові вимоги до відхилень кількості фасованих товарів в упаковках від заявленого значення при їх розфасовці встановлюються технічним регламентом.

Державний метрологічний нагляд здійснюється республіканським органом виконавчої влади або іншими уповноваженими органами на здійснення даного виду нагляду у встановленій сфері діяльності. Проведення перевірок покладається на посадових осіб республіканських органів виконавчої влади, які здійснюють державний метрологічний нагляд, та їх територіальних органів. Посадові особи, які проводять перевірку на підставі відповідного розпорядження, мають право: відвідувати об'єкти (території та приміщення) організацій, що перевіряються; отримувати документи та відомості, необхідні для проведення перевірки.

При проведенні державного метрологічного нагляду посадові особи, які проводять нагляд, зобов'язані перевірити:

– відповідність використовуваних одиниць величин одиницям величин, допущеним до застосування в республіці;

– стан і застосування еталонів одиниць величин, стандартних зразків і засобів вимірювання з метою встановлення їх відповідності обов'язковим вимогам;

– наявність та дотримання атестованих методик вимірювань;

– дотримання обов'язкових вимог до вимірювань і відхилень кількості фасованих товарів в упаковках від заявленого значення;

– дотримання встановленого порядку повідомлення про свою діяльність юридичними особами та підприємцями.

При виявленні порушень посадова особа, яка здійснює державний метрологічний нагляд, зобов'язана:

– забороняти випуск з виробництва, ввезення на територію та продаж стандартних зразків і засобів вимірювань незатверджених типів і таких, що не відповідають обов'язковим вимогам;

– забороняти застосування стандартних зразків і засобів вимірювання незатверджених типів і таких, що не відповідають обов'язковим вимогам, а також не повірених засобів вимірювання, що належать до сфери державного регулювання забезпечення єдності вимірювань;

– наносити на засоби вимірювання знак непридатності у випадках, коли засоби вимірювання не відповідають обов'язковим вимогам;

– давати обов'язкові до виконання приписи та встановлювати терміни усунення порушень обов'язкових вимог;

– у випадках, передбачених законодавством, направляти матеріали про порушення до судових і слідчих органів, а також до республіканського органу виконавчої влади, що здійснює акредитацію в галузі забезпечення єдності вимірювань.

Основним завданням МС підприємства є здійснення технічного та організаційно-методичного керівництва роботами з метрологічного забезпечення виробництва в підрозділах підприємства, а також для безпосереднього виконання робіт з МО.

У своїй діяльності МС підприємства керується стандартами та інструкціями Держстандарту, наказами та розпорядженнями по підприємству, чинних органів, а також цим положенням.

Метрологічна служба підприємства проводить свою роботу над технічним і організаційним, методичним керівництвом головної МС. Відповідальність за стан метрологічного забезпечення виробництва несе головний інженер підприємства.

Державний нагляд за МОП, станом, застосуванням засобів, вимірюванням, дотриманням метрологічних правил, вимог і норм, а також за діяльністю МС підприємства, здійснює Держстандарт і його територіальні органи.

До основних завдань МС відносяться:

– забезпечення єдності та необхідної точності вимірювання, підвищення рівня метрологічного забезпечення, в першу чергу вимірювання витрати газу;

– організація і проведення калібрування та ремонту засобів вимірювання, що знаходяться в експлуатації на підприємстві;

– проведення метрологічної атестації методик виконання вимірювань, а також участі в атестації засобів випробування і контролю;

– проведення метрологічної експертизи технічних будівель, конструкторської та технологічної документації та інших нормативних документів;

– вивчення експлуатаційних властивостей засобів вимірювання, направлення матеріалів за підсумками цієї роботи в базові організації МС за закріпленими видами діяльності та в організації-виробники цих засобів вимірювання складання та узгодження з органами Держстандарту графіків перевірки ЗВ та забезпечення своєчасного подання на повірку;

– здійснення метрологічного нагляду та застосування СІ, еталонами, що застосовуються для калібрування СІ, дотриманням метрологічних правил і норм, нормативних документів щодо забезпеченню єдності вимірювань на підприємстві;

– участь у встановленому порядку в роботі галузевих,

міжгалузевих, міжнародних комісій з вирішення проблем МО.

До обов'язків МС входить:

- проведення систематичного аналізу стану вимірювань на підприємстві, розробка на його основі програм вдосконалення МО на планований період і контроль за їх виконанням;
- вивчення потреб підрозділів підприємства в СІ еталонах, підготовка пропозицій щодо їх розробки та придбання;
- впровадження стандартів ДСВ та інших НТД, галузевих стандартів, розробка і впровадження стандартів підприємства, що регламентують питання МО;
- організація експлуатації СІ кількість і якість газу в магістральних газопроводах, газовимірювальних станціях, ГІС власних потреб, включаючи питання комплектації та введення в експлуатацію ГІС, що будуються;
- організація підвищення кваліфікації фахівців лабораторії метрології підрозділів підприємства;
- участь у встановленні раціональної номенклатури вимірюваних параметрів, оптимальних норм точності вимірювань при контролі технологічних параметрів;
- сприяння органам Держстандарту при здійсненні або Держнагляду за складанням, застосуванням, організацією повірки засобів вимірювань, а також за діяльністю МС підприємства, реалізація їх пропозицій і зауважень;
- виконання розрахунків економічної ефективності робіт в області МО. Визначення впливу цих робіт на техніко-економічні показники виробничої діяльності підприємства;
- ведення постійної роботи з розширення використання обчислювальної техніки для підвищення ефективності роботи МС, зменшення рутинної праці фахівців МС;

- дотримання правил техніки безпеки та правил технічної експлуатації на об'єктах підприємства.

Права МС:

- видавати обов'язкові для підрозділів підприємства приписи та вказівки з питань стану та застосування СІ;
- готувати пропозиції керівництву підприємства про скасування прийнятих керівниками підрозділів наказів, розпоряджень та вказівок у сфері МО, що суперечать Закону «Про забезпечення вимірювань», державним, галузевим стандартам та стандартам підприємства;
- залучати відділи та підрозділи підприємства, а також фахівців сторонніх організацій до виконання робіт з МО;
- вносити пропозиції керівництву підприємства про заохочення фахівців МС, домагатися високих показників у роботі, а також у притягненні до відповідальності осіб, винних у порушенні метрологічних правил і норм.

Висновки

В результаті аналізу стану оснащення виробничих процесів визначаються:

– потреба підприємства у випускаються СІ (відомості подаються

за формою)

– пропозиції підприємства щодо розробки нових засобів вимірювання, випробувань і контролю, що відповідають за точністю і виконанням вимогам виробництва

– потреба підприємства в імпортних засобах вимірювання, контролю та випробувань

Підготовка пропозицій щодо до оснащення підприємства необхідними засобами вимірювання, контролю та випробувань, у тому числі пропонованими до розробки нових. Аналізуючи вищевикладений матеріал, розроблено наступні рекомендації для поліпшення технологічного процесу, вдосконалення вимірювань у розглянутому виробничому цеху. Зроблено опис найбільш важливих процесів, що відбуваються в виробничих умовах. Вказано основні контрольовані параметри, необхідні для нормальної роботи газокомпресорної станції та процесу стиснення газу. У спецчастині проведено метрологічну експертизу технічної документації процесу стиснення і транспортування газу. Проведено аналіз оптимальності номенклатури вимірюваних і контрольованих параметрів, обґрунтовано вимоги до точності вимірювань.

Проведено оцінку правильності вибору СІ, на підставі оцінки складено експертний висновок, в якому викладено висновок на розглянуту документацію, запропоновано заміну засобів вимірювання на більш досконалі. Наведено технічні характеристики ново запропонованих СІ, вказано їх переваги. Наведено норми техніки безпеки при роботі з різними КВП.

Наведено основні результати метрологічної експертизи процесі перекачування газу контролюються всі необхідні параметри.

Не всі СІ, що застосовуються для контролю, визначаються правильно, що призводить до збільшення похибки.

Для деяких параметрів відсутні номінальні значення і поле допуску.

Рекомендується встановити граничне значення (не вище 7,5 МПа) тиску газу на виході ГКС з автоматичним управлінням захистом від перевищення вихідного тиску.

При подальшій розробці рекомендується внести в документацію зміни і доповнення, а саме вказати граничний тиск на виході ГКС, одиниці вимірювання тиску виразити в одиницях SI (Па, кПа, Мпа).

У дипломній роботі на підставі аналізу технологічного процесу та метрологічного забезпечення при перекачуванні природного газу розроблено рекомендації щодо вдосконалення вимірювань .

В результаті метрологічної експертизи технічної окументації встановлено наступне:

– у процесі перекачування природного газу вимірюються і контролюються всі

– необхідні параметри.

– рекомендується встановити граничні значення тиску газу на виході ГКС з автоматичним управлінням захисту від перевищення вихідного тиску.

– рекомендується внести в документацію зміни та доповнення результати вимірювання тиску виражати в системі Si

Список використаної літератури

1. ДСТУ 8302:2015. Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання. — Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016.

2. Закон України «Про метрологію та метрологічну діяльність» від 05.06.2014 № 1314-VII (зі змінами).

3. ДСТУ ISO 9001:2015. Системи управління якістю. Вимоги (ISO 9001:2015, IDT). — Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016.

4. ДСТУ ISO 10012:2005. Системи управління вимірюваннями. Вимоги до процесів вимірювання та вимірювального обладнання (ISO 10012:2003, IDT). — Київ : Держспоживстандарт України, 2007.

5. ДСТУ ISO/IEC 17025:2019. Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій (ISO/IEC 17025:2017, IDT). — Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2020.

6. ДСТУ ISO/IEC Guide 98-3:2018. Невизначеність вимірювання. Частина 3. Настанова з вираження невизначеності вимірювання (GUM). — Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2019.

7. ДСТУ ISO/IEC Guide 99:2015. Міжнародний словник з метрології. Основні та загальні поняття і відповідні терміни (VIM). — Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016.

8. ДСТУ OIML D 1:2016. Метрологія. Національні вимоги до метрологічних служб. — Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2017.

9. ДСТУ OIML D 10:2016. Настанова з організації метрологічного нагляду. — Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2017.

10. ДСТУ 3215-95. Метрологія. Терміни та визначення. — Київ : Держстандарт України, 1996.

11. Наказ Міністерства економіки України № 1747 від 21.12.2020 «Про затвердження Порядку проведення повірки законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки».

12. ISO 9000:2015. Quality management systems — Fundamentals and vocabulary. — Geneva : ISO, 2015.

13. ISO 19011:2018. Guidelines for auditing management systems. — Geneva : ISO, 2018.

14. ISO 10015:2019. Quality management — Guidelines for competence management and people development. — Geneva : ISO, 2019.

15. ISO 31000:2018. Risk management — Guidelines. — Geneva : ISO, 2018.

16. Montgomery D.C. Introduction to Statistical Quality Control. — 7th ed. — Hoboken : Wiley, 2013.

17. Juran J.M., Godfrey A.B. Juran’s Quality Handbook. — 6th ed. — New York : McGraw-Hill, 2010.

18. Evans J.R., Lindsay W.M. Managing for Quality and Performance Excellence. — 10th ed. — Boston : Cengage Learning, 2017.

19. BIPM. Evaluation of measurement data — Guide to the expression of uncertainty in measurement. — Paris : BIPM, 2008.

20. BIPM. The International System of Units (SI). — 9th ed. — Paris : BIPM, 2019.

21. Григор’єв С.М. Основи метрології та вимірювальної техніки : підручник. — Київ : Ліра-К, 2018.

22. Кухар В.В. Метрологія, стандартизація та сертифікація : навч. посіб. — Київ : Центр учбової літератури, 2019.

23. Поляков В.П. Метрологічне забезпечення виробництва : навч. посіб. — Харків : НТУ «ХПІ», 2017.

24. Барановський В.М. Управління якістю продукції : підручник. — Київ : КНЕУ, 2016.

25. Шаповал М.І. Менеджмент якості : навч. посіб. — Київ : Знання, 2018.

26. ДСТУ ISO 14001:2015. Системи екологічного управління. Вимоги та настанови щодо застосування. — Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016.

27. ДСТУ ISO 45001:2019. Системи управління охороною здоров’я та безпекою праці. — Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2020.

28. ДСТУ EN ISO 9004:2018. Управління якістю. Якість організації.

Настанови щодо досягнення сталого успіху. — Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2019.

29. ДСТУ ISO 22000:2019. Системи управління безпечністю харчових продуктів. — Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2020.

30. Мельник Л.Г. Основи управління якістю : навч. посіб. — Суми : Університетська книга, 2017.

31. Іванов Ю.Б. Економіка якості продукції. — Харків : ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2018.

32. Ткаченко А.М. Економічна ефективність систем управління якістю. — Київ : КНЕУ, 2019.

33. ISO/TR 10017:2020. Guidance on statistical techniques for ISO 9001. — Geneva : ISO, 2020.

34. ДСТУ ISO 3534-1:2019. Статистика. Терміни та визначення. — Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2020.

35. ISO 5725-1:1994. Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results. — Geneva : ISO, 1994.

36. ISO 5725-2:1994. Basic methods for the determination of repeatability and reproducibility. — Geneva : ISO, 1994.

37. ДСТУ ISO 9001:2018 (настанова). Впровадження та аудит систем управління якістю. — Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2019.

38. ISO/IEC 27001:2022. Information security management systems. — Geneva : ISO, 2022.

39. Кравченко О.В. Стандартизація та сертифікація продукції : навч. посіб. — Київ : НТУУ «КПІ», 2018.

40. ДСТУ ISO/TR 10014:2019. Управління якістю. Настанови щодо реалізації фінансових та економічних вигод. — Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2020.

41. ISO 50001:2018. Energy management systems. — Geneva : ISO, 2018.

42. Мазур І.І. Управління витратами на якість. — Київ : КНЕУ, 2017.

43. European Cooperation for Accreditation. EA-4/02 M:2022. Evaluation of the Uncertainty of Measurement in Calibration. — Paris : EA, 2022.

44. ILAC-G8:09/2019. Guidelines on Decision Rules and Statements of Conformity. — ILAC, 2019.

45. ISO 9001 Auditing Practices Group. Guidance on Monitoring and Measuring Resources. — Geneva : ISO, 2021.