

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»
Гірничо-металургійний факультет
Кафедра металургії та організації виробництва

Кваліфікаційна робота
допущена до захисту.
Гарант освітньої програми
«Вартісне управління бізнесом»
_____ Ірина ШКРАБАК
«27» травня _____ 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня «бакалавр»
за підсумками виконання освітньо-професійної програми «Вартісне
управління бізнесом» за спеціальністю 073 Менеджмент на тему:
**«Удосконалення планування ремонту і технічного
обслуговування обладнання виробничих ділянок ТОВ
«Запорізький ливарно-механічний завод» (Криворізький
підрозділ)»**

Керівник роботи

Олександра ХАРЧЕНКО

Консультант
від бази практики

Євген ЛАКТИОНОВ

*Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають
посилання на відповідне джерело*

Здобувач

Олександр СТЕБУНОВ

| | | | |
|--------------------------------|--|--|--|
| Підсумкова оцінка за атестацію | | | |
|--------------------------------|--|--|--|

Голова ЕК

Андрій ДАНИЛОВ

Запоріжжя, 2025

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»

Факультет гірничо-металургійний

Кафедра металургії та організації виробництва

Ступінь

вищої освіти бакалавр

Спеціальність 073 Менеджмент

ОПП «Вартісне управління бізнесом»

ЗАТВЕРДЖУЮ.

Гарант ОПП

Ірина ШКРАБАК

«03» квітня 2025 р.

З А В Д А Н Н Я НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Стебунова Олександра Олександровича

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

1. Тема роботи «Удосконалення планування ремонту і технічного обслуговування обладнання виробничих ділянок ТОВ «Запорізький ливарно-механічних завод» (Криворізький підрозділ)»

Керівник роботи Харченко О.С., к.е.н., доцент.

затверджена наказом вищого навчального закладу від 31 березня 2025 року №81/31.03.2025.

2. Строк подання здобувачем роботи 20 червня 2025 року

3. Вихідні дані до роботи: навчальна література, регламенти, методична література з спеціальних дисциплін та дипломування, науково-дослідницькі роботи з тематики кваліфікаційної роботи, літературні джерела, дані ТОВ «ЗЛМЗ» м. Кривий Ріг, результати власних досліджень, тощо.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Анотація. Зміст. Вступ. Розділ 1. Теоретичні основи організації системи технічного обслуговування і ремонту обладнання. Розділ 2. Аналіз існуючої системи планування та організації ТОіР ТОВ «ЗЛМЗ» (Криворізька філія). Розділ 3. Діагностування обладнання та удосконалення методології планування ремонтів. Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу: актуальність дослідження; мета, об'єкт та предмет дослідження; завдання дослідження; методи дослідження; загальна характеристика підприємства АТ «ЗЛМЗ», Криворізька філія; структура управління технічним обслуговуванням і ремонтами; аналіз діючої нормативної бази ТОіР; виявлені проблеми в

організації технічного обслуговування та ремонту; пропозиції щодо вдосконалення організаційної моделі та документаційного забезпечення ТОiP; впровадження елементів Risk-Based Maintenance і TRM у систему управління ремонтами; вплив запропонованих змін на ефективність системи технічного обслуговування; очікувані результати від модернізації управління ремонтною діяльністю; висновки.

6. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи, що їх стосуються

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта |
|--------|---|
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |

7. Дата видачі завдання: 03 квітня 2025 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| | Назва етапів роботи | Термін виконання етапів роботи | Примітка |
|----|---|--------------------------------|----------|
| 1. | Вступ. Перший розділ | 06.06.2025 | |
| 2. | Другий розділ | 11.06.2025 | |
| 3. | Третій розділ. Висновки | 17.06.2025 | |
| 4. | Оформлення роботи. Надання завершеної роботи. | 20.06.2025 | |
| 5. | Захист. | 01.07.2025 | |

Керівник роботи

Олександра Харченко

Здобувач

Олександр Стебунов

РЕФЕРАТ

Стебунов О.О. Удосконалення планування ремонту і технічного обслуговування обладнання виробничих ділянок ТОВ «Запорізький ливарно-механічних завод» (Криворізький підрозділ) - Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавра за спеціальністю 073 Менеджмент. ОПП «Вартісне управління бізнесом» – ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», Запоріжжя, 2025.

Мета роботи: розробка пропозицій з удосконалення організації планування ремонту та технічного обслуговування обладнання виробничих ділянок підприємства ТОВ «ЗЛМЗ» (Криворізька філія).

Об'єктом дослідження є процеси управління технічним обслуговуванням і ремонтами обладнання на виробничих ділянках промислового підприємства.

Предметом дослідження є організаційно-управлінські та нормативно-регламентні підходи до планування технічного обслуговування і ремонтів обладнання на прикладі підприємства ТОВ «ЗЛМЗ» (Криворізька філія).

В першому розділі розглянуто теоретико-методологічні основи управління технічним обслуговуванням та ремонтами (ТОіР) на промисловому підприємстві, охарактеризовано сучасні підходи до організації ремонтної діяльності, зокрема Total Productive Maintenance, Risk-Based Maintenance та вимоги стандартів ISO 55000, ДСТУ EN 13306:2006.

В другому розділі проведено аналіз організаційної структури технічної служби Криворізької філії ТОВ «ЗЛМЗ», нормативно-документального забезпечення системи ТОіР, а також практик планування, виконання та контролю ремонтних робіт. Виявлено сильні сторони та проблемні зони діючої системи, проаналізовано графіки технічного обслуговування та ступінь впровадження цифрових інструментів.

В третьому розділі обґрунтовано напрями вдосконалення системи управління технічним обслуговуванням і ремонтами шляхом глибшої інтеграції з автоматизованими системами моніторингу (SCADA, CMMS), підвищення рівня стандартизації документації та розширення використання принципів ризик-орієнтованого обслуговування. Наведено очікувані результати від запропонованих змін і критерії оцінки їх ефективності.

ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ, РЕМОНТНЕ УПРАВЛІННЯ, TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE (TPM), RISK-BASED MAINTENANCE (RBM), ПЛАНУВАННЯ РЕМОНТІВ, ТЕХНІЧНА ДОКУМЕНТАЦІЯ, УПРАВЛІННЯ АКТИВАМИ, СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ (CMMS/SCADA).

Список публікацій здобувача

1. Харченко О.С., Стебунов О.О. Маркетинг і корпоративна соціальна відповідальність: аналіз взаємозв'язків та впливу. *International scientific conference "MININGMETALTECH 2024 –The mining and metals sector: integration of business, technology and education"*: conference proceedings (November 28–29, 2024. Riga, the Republic of Latvia). Riga, Latvia : "Baltija Publishing", 2024.Vol. 2. 368 pages. С.337-340. DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-223>

ЗМІСТ

| | |
|--|-----------|
| ВСТУП | 7 |
| РОЗДІЛ I. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ОРГАНІЗАЦІЇ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ ОБЛАДНАННЯ | 12 |
| 1.1 Сутність системи ТОіР та її роль у забезпеченні безперебійного виробництва..... | 12 |
| 1.2.Теоретичні аспекти планово-попереджувального обслуговування (ППО)..... | 13 |
| 1.3.Міжнародні стандарти та нормативно-правова база у сфері ТоіР. | 19 |
| ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ I | 25 |
| РОЗДІЛ II. АНАЛІЗ ІСНУЮЧОЇ СИСТЕМИ ПЛАНУВАННЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЇ ТОіР НА ТОВ «ЗЛМЗ» (КРИВОРІЗЬКА ФІЛІЯ) | 27 |
| 2.1.Організаційна структура технічної служби підприємства | 27 |
| 2.2. Аналіз регламентів та інструкцій у системі ТоіР | 32 |
| 2.3. Аналіз графіків технічного обслуговування і ремонтів..... | 38 |
| ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ II | 45 |
| РОЗДІЛ III. АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ ДІАГНОСТУВАННЯ ОБЛАДНАННЯ ТА УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДОЛОГІЇ ПЛАНУВАННЯ РЕМОНТІВ | 46 |
| 3.1 Методи діагностування обладнання на площадках ЗЛМЗ для планування ремонтів | 46 |
| 3.2 Удосконалення планування ремонтів сукупним методом діагностування аварійного запасу ТМЦ (на основі аналізу графіків ТОіР)..... | 55 |
| ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ III | 63 |
| ВИСНОВКИ | 64 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ | 67 |
| ДОДАТКИ | 71 |

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. В умовах функціонування підприємств на засадах ринкової економіки зростає значущість забезпечення своєчасного виконання зобов'язань щодо постачання продукції відповідної якості, що, у свою чергу, зумовлює підвищення вимог до надійності та ефективності експлуатації виробничого обладнання. Підтримання працездатності та безперебійної роботи устаткування вимагає чітко організованої системи технічного обслуговування і ремонтів (ТОiP). Серед найбільш поширених підходів до управління технічним станом обладнання на українських підприємствах слід виокремити систему планово-попереджувальних ремонтів (ППР), яка ґрунтується на дотриманні встановлених графіків обслуговування, вимог чинного нормативно-правового забезпечення та внутрішніх регламентів організації. Застосування цієї системи сприяє раціональному використанню матеріальних і трудових ресурсів, а також забезпечує належний технічний стан виробничого обладнання. Основною метою технічного обслуговування виробничого обладнання є забезпечення його працездатності шляхом своєчасного запобігання передчасному зносу як самого устаткування, так і його окремих компонентів, а також дотримання вимог чинного законодавства у сфері охорони праці та захисту навколишнього природного середовища [2]. З огляду на інтенсивне використання обладнання у виробничому процесі, своєчасне проведення технічного обслуговування дозволяє запобігти аварійним зупинкам, підвищити ефективність виробництва і зменшити витрати.

Аналіз результатів попередніх досліджень. Питання організації технічного обслуговування та ремонту виробничого обладнання є актуальними для забезпечення стабільного функціонування підприємств, зокрема в умовах промислового виробництва. Цій темі

присвячено низку нормативно-правових та наукових джерел, у яких розкрито загальні принципи організації технічного обслуговування, вимоги до ресурсного забезпечення, нормативні підходи до планування та проведення ремонтних робіт. Так, у «Положенні про технічне обслуговування устаткування гірничодобувних підприємств», затвердженому наказом Мінпромполітики України № 281 від 04.07.2003, представлено базові вимоги до технічного обслуговування, включаючи періодичність і складність ремонтів, відповідно до типу обладнання та умов його експлуатації [3]. Аналогічні підходи конкретизовано у «Положенні про технічне обслуговування устаткування коксохімічних підприємств», де зроблено акцент на специфіку галузевих процесів, підвищених ризиках аварійності та вимогах до контролю технічного стану [4]. Певну увагу приділено техніко-економічним передумовам організації технічного обслуговування в суміжних галузях, зокрема в аграрному секторі, де обґрунтовується ефективність централізованих сервісних підходів до обслуговування техніки. Такі висновки подано, наприклад, у статті, присвяченій розвитку технічного сервісу в сільському господарстві [5]. Хоча ці підходи є цінними з точки зору управління виробничими ресурсами, вони потребують адаптації до умов важкої промисловості. Разом з тим, у наукових джерелах та нормативній базі виявляється недостатня увага до практичних механізмів удосконалення організації планування ремонтів та технічного обслуговування саме на рівні виробничих ділянок підприємств. Зокрема, потребують подальшої розробки питання впровадження вартісного підходу до управління, автоматизації планування ремонтів за допомогою сучасних технологій, а також розробки адаптованих управлінських рішень, здатних враховувати технічну складність, обмежені ресурси та ризики простоїв.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка пропозицій з удосконалення організації планування ремонту та технічного

обслуговування обладнання виробничих дільниць підприємства ТОВ «ЗЛМЗ» (Криворізька філія).

Завдання кваліфікаційної роботи:

1. Узагальнити теоретико-методичні підходи до організації системи технічного обслуговування і ремонтів обладнання в умовах промислового виробництва.

2. Проаналізувати зміст, функції та переваги системи планово-попереджувального обслуговування (ППО) у контексті забезпечення надійності виробничого процесу.

3. Дослідити міжнародні стандарти та нормативно-правове забезпечення, що регулюють організацію ТОіР на підприємствах.

4. Оцінити існуючу організаційну структуру технічної служби та регламенти планування ТОіР на підприємстві ТОВ «ЗЛМЗ» (Криворізька філія).

5. Проаналізувати внутрішню документацію підприємства та графіки технічного обслуговування і ремонтів з позиції їх відповідності вимогам ефективного управління.

6. Визначити діагностичні методи, що застосовуються на підприємстві для обґрунтування потреб у технічному обслуговуванні.

7. Розробити практичні рекомендації щодо удосконалення методології планування ремонтів на основі аналізу аварійного запасу та сукупних потреб у матеріально-технічному забезпеченні.

Об'єкт дослідження – процеси управління технічним обслуговуванням і ремонтами обладнання на виробничих дільницях промислового підприємства.

Предмет дослідження – організаційно-управлінські та нормативно-регламентні підходи до планування технічного обслуговування і ремонтів обладнання на прикладі підприємства ТОВ «ЗЛМЗ» (Криворізька філія).

Методи дослідження. У процесі дослідження застосовано методи аналізу та синтезу – для узагальнення теоретичних підходів до організації ТОіР; системний підхід – для вивчення структури управління технічною службою; порівняльний та економічний аналіз – для оцінки ефективності діючої системи планування ремонтів; графоаналітичний метод – для візуалізації організаційної моделі; експертне оцінювання – для формування практичних рекомендацій з удосконалення процесу планування ТОіР.

Теоретичне значення роботи полягає в тому, що узагальнено сучасні підходи до організації технічного обслуговування і ремонтів обладнання на промислових підприємствах, уточнено зміст та особливості застосування системи планово-попереджувального обслуговування в умовах діючого виробництва, а також обґрунтовано доцільність використання елементів вартісного підходу та ІКТ для підвищення ефективності планування ремонтів. Отримані результати відрізняються практичною орієнтованістю, адаптацією до умов конкретного підприємства та врахуванням обмежень реального виробничого середовища.

Практичне значення отриманих результатів полягає в розробці рекомендацій щодо удосконалення процесу планування технічного обслуговування і ремонтів обладнання на виробничих дільницях підприємства, які можуть бути використані технічною службою ТОВ «ЗЛМЗ» (Криворізька філія) для підвищення ефективності управління ремонтними роботами, зниження витрат та мінімізації простоїв обладнання. Запропоновані підходи можуть бути адаптовані до умов інших підприємств гірничо-металургійного комплексу.

Кваліфікаційна робота складається із вступу, 3 розділів, висновків, списку використаних джерел (46 найменування на 4 сторінках), 4 додатків (на 4 сторінках), містить 3 таблиці (на 3 сторінках), 12 рисунків

(на 7 сторінках). Основний текст роботи викладено на 52 сторінках.
Загальний обсяг роботи становить 75 сторінок.

РОЗДІЛ I. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ОРГАНІЗАЦІЇ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ ОБЛАДНАННЯ

1.1 Сутність системи ТОіР та її роль у забезпеченні безперебійного виробництва

У контексті сучасного етапу розвитку промисловості технічне обслуговування і ремонт (ТОіР) обладнання розглядаються не лише як комплекс профілактичних чи відновлювальних заходів, а як один із ключових чинників підтримання конкурентоспроможності підприємства. На підставі загальноприйнятих міжнародних стандартів, зокрема ДСТУ EN 13306:2019, ТОіР визначається як сукупність технічних, адміністративних та управлінських дій, що реалізуються впродовж життєвого циклу об'єкта з метою забезпечення його працездатності або повернення до належного технічного стану [1].

Виходячи із практики експлуатації обладнання у виробничих умовах, стає очевидним, що роль ТОіР виходить далеко за межі механічного обслуговування. Система ТОіР у своїй сучасній інтерпретації є інструментом стратегічного управління ресурсами підприємства, що дозволяє мінімізувати виробничі втрати, пов'язані з простоем обладнання, знижувати експлуатаційні витрати та продовжувати термін служби основних фондів [2].

На основі аналізу літературних джерел і практичних методик впровадження ТОіР, можна констатувати, що ефективна система технічного обслуговування формує умови для виготовлення якісної продукції, оптимізуючи взаємодію між технічним потенціалом підприємства і його виробничим навантаженням. Тільки при дотриманні регламентних графіків ТО, наявності кваліфікованого персоналу, належного матеріального забезпечення та системи контролю, можливо досягти високих показників стабільності виробництва [2].

Отже, система технічного обслуговування і ремонтів (ТОіР) спрямована на:

- 1) забезпечення стабільної роботи обладнання та зниження ризику його раптових відмов;
- 2) раціоналізацію організаційної структури технічної служби відповідно до потреб виробничого процесу;
- 3) підвищення коефіцієнта технічного використання обладнання за рахунок ефективного виконання ремонтних заходів;
- 4) узгодження ремонтних робіт із виробничими планами шляхом дотримання чітко визначених графіків;
- 5) своєчасне постачання запасних частин і витратних матеріалів відповідно до реального стану обладнання та потреб підприємства.

1.2. Теоретичні аспекти планово-попереджувального обслуговування (ППО)

Ефективна робота устаткування неможлива без своєчасного виконання технічного обслуговування й ремонту в певних обсягах і встановленої якості. На вітчизняних підприємствах найпоширенішою є система планово-попереджувального обслуговування (ППО) в рамках ТОіР [7].

Планово попереджувальне обслуговування (ППО) виступає невід'ємним елементом системи ТОіР, спрямованим на забезпечення безперебійної, надійної та економічно ефективної експлуатації обладнання. Його концепція ґрунтується на проведенні профілактичних заходів до моменту появи відмов або значущого погіршення технічного стану машин, що дозволяє уникати критичних ситуацій.

Система планово-попереджувального обслуговування (ППО) передбачає виконання запобіжних заходів та ремонтних робіт на основі заздалегідь визначених нормативних документів, таких як технічні

паспорти, плани та графіки обслуговування. Технічне обслуговування, огляди та планові ремонти здійснюються після відпрацювання обладнанням або транспортним засобом установленого ресурсного інтервалу (у годинах чи кілометрах), відповідно до вимог нормативів. Порядок і послідовність проведення обслуговування визначаються функціональним призначенням обладнання, його конструктивними характеристиками та умовами експлуатації [2].

Відповідно до теоретичних засад, система планово-попереджувального обслуговування базується на попередньому аналізі ймовірності відмов обладнання протягом його життєвого циклу. У практичній площині це означає необхідність своєчасного виконання обслуговування згідно з чітко сформованим графіком, який враховує типові інтервали міжремонтного обслуговування, умови експлуатації та ступінь зношування техніки. Такий випереджувальний підхід дозволяє знизити рівень аварійності, мінімізувати простої та позитивно впливає на основні техніко-економічні показники виробничої діяльності [9].

Планово-попереджувальна система технічного обслуговування і ремонту (ТОіР) являє собою комплекс організаційно-технічних заходів попереджувального характеру, що проводяться в плановому порядку з метою забезпечення постійної технічної готовності обладнання до роботи і запобігання підвищеного зносу його вузлів і деталей [6].

У структурному аспекті система ППО передбачає кілька рівнів технічного обслуговування — від щоденного догляду до розширених профілактичних робіт, які включають часткове розбирання вузлів. Кожен рівень обслуговування має визначений перелік операцій, таких як очищення, змащування, діагностика та регулювання, що здійснюються у встановлені інтервали згідно з вимогами технічної та експлуатаційної документації [10].

Системний підхід до технічного обслуговування(ТО) гарантується строгим дотриманням інструкцій та використанням статистики надійності щодо конкретних типів обладнання.

У загальній структурі системи технічного обслуговування і ремонту виділяють кілька основних типів сервісних заходів, які різняться за обсягом виконуваних робіт, періодичністю проведення та рівнем технічного втручання. Згідно з нормативними вимогами та з урахуванням виробничої доцільності, до ключових форм ТОіР належать: технічне обслуговування, поточний ремонт, середній ремонт і капітальний ремонт.

Технічне обслуговування — це систематичний комплекс дій, спрямованих на забезпечення працездатності машин і обладнання протягом усього періоду їх експлуатації, зберігання та транспортування. Зазвичай такі заходи мають планово-попереджувальний характер і виконуються відповідно до вимог, визначених у технічній та експлуатаційній документації виробника [8].

До основних складових технічного обслуговування відносять: очищення, змащування, регулювання, діагностику, виявлення початкових ознак зношування, що у перспективі дозволяє запобігати критичним поломкам.

Система технічного обслуговування, у свою чергу, поділяється на окремі підвиди: щозмінне обслуговування, періодичне (ТО-1, ТО-2, ТО-3), сезонне, а також обслуговування в умовах підвищеної складності експлуатації. Кожен із цих типів має специфічну методику проведення, яка враховує особливості конструкції обладнання, його ресурсні можливості та рівень технологічного навантаження [8].

Поточний ремонт передбачає усунення виявлених під час експлуатації несправностей і дефектів обладнання. Він може проводитися як у плановому порядку — на основі результатів технічного обслуговування відповідно до затверджених графіків, так і в

позаплановому режимі — у випадках раптових або непередбачуваних відмов техніки [7].

Середній ремонт передбачає більш глибоке технічне втручання в конструкцію обладнання, яке включає розбирання вузлів, очищення, дефектацію та заміну зношених компонентів, що не забезпечують надійної роботи до наступного планового обслуговування. Зазвичай такий тип ремонту виконується не частіше одного разу на рік.

Капітальний ремонт є найбільш масштабною формою технічного втручання, метою якого є повне відновлення функціональних властивостей обладнання. Він може здійснюватися як у плановому порядку відповідно до затверджених графіків, так і в аварійному режимі у разі серйозних ушкоджень, спричинених технічними інцидентами. У межах капітального ремонту проводиться повне розбирання обладнання, детальна ревізія, а також заміна або відновлення основних конструктивних елементів [8].

Відповідно до ступеня важливості обладнання в технологічному процесі та характеру виробництва, підприємства можуть впроваджувати різні моделі організації ремонтів:

- ремонт за технічним станом (так званий післяоглядовий метод), який базується на результатах періодичних діагностичних процедур;
- ремонт з напрацювання, що здійснюється після відпрацювання обладнанням встановленого ресурсу;
- регламентований (періодичний) ремонт, що реалізується згідно з нормативно визначеними інтервалами [7].

Кожен із розглянутих підходів до технічного обслуговування має власну сферу доцільного застосування, що визначається інтенсивністю експлуатації обладнання, виробничими умовами, критичністю окремих вузлів та ресурсною стратегією підприємства. У практиці сучасного технічного менеджменту в межах ППО часто впроваджуються комбіновані моделі, які дозволяють раціонально поєднувати переваги

різних підходів, досягаючи оптимального співвідношення між надійністю обладнання, економічною ефективністю та гнучкістю виробничих процесів.

Характеристику переваг та недоліків основних типів ремонтів наведено у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Характеристика основних типів ремонтів ППО

| Вид ремонту | Переваги системи | Недоліки системи |
|--|---|--|
| Післяоглядовий ремонт (ремонт за технічним станом) | Можливість планувати ремонти, попередження критичного зношування елементів обладнання. | Суб'єктивність оцінки стану, складність у визначенні обсягів робіт для великого парку техніки, висока трудомісткість процесу контролю. |
| Ремонт з напрацювання | Об'єктивність у плануванні ремонтів, чітке дотримання циклів експлуатації. | Можливе недовикористання ресурсу деталей, підвищення витрат через надмірну періодичність ремонтів . |
| Регламентований (періодичний) ремонт | Стабільна робота устаткування, зниження ризику аварій, наявність нормативів для планування. | Складність прогнозування повного обсягу робіт до розбирання обладнання. |

Джерело: сформовано автором на основі [7,8].

Кожна з розглянутих моделей має як свої сильні сторони, так і певні обмеження, які необхідно враховувати під час визначення оптимальної стратегії технічного обслуговування і ремонтів. Вибір відповідного підходу до ТОіР має здійснюватися з урахуванням специфіки виробничого середовища, з метою забезпечення безперервності технологічного процесу та підтримання стабільної роботи обладнання.

Слід наголосити, що ефективна реалізація планово-попереджувального обслуговування можлива лише за умови наявності повної та актуальної інформаційної бази, яка включає дані про історію

ремонтів, журнали технічних оглядів, нормативи ресурсу елементів обладнання та результати аналізу причин відмов. У цьому контексті особливого значення набуває використання комп'ютеризованих систем управління технічним обслуговуванням (CMMS), які забезпечують автоматизацію процесів планування, дозволяють формувати графіки ТО, призначати відповідальних осіб, вести облік витрат і контролювати виконання ремонтних заходів у реальному часі [5].

У рамках концепції Індустрії 4.0 все активніше впроваджуються технології передбачуваного (predictive) технічного обслуговування, що ґрунтуються на використанні IoT-датчиків та аналітики в режимі реального часу. Згідно з результатами систематизованих літературних досліджень, впровадження таких рішень дозволяє своєчасно виявляти ознаки потенційних відмов і здійснювати технічне втручання лише тоді, коли це дійсно необхідно. Це, у свою чергу, сприяє істотному скороченню простоїв обладнання, оптимізації витрат на ремонт і підвищенню загальної ефективності виробничої систем [11].

Однією з основних переваг цифрової трансформації процесів технічного обслуговування є підвищення ефективності планування ресурсів та оптимізація управління запасами запасних частин. Зокрема, впровадження цифрових CMMS-систем забезпечує можливість детального відстеження історії ремонтів, моніторингу витрат на матеріали, автоматизації документообігу та скорочення часу простоїв, пов'язаних із затримками у виконанні ремонтних робіт [12].

Крім того, сучасні інтегровані платформи, які об'єднують технології промислового Інтернету речей (IIoT), штучного інтелекту та мобільні інтерфейси, не лише автоматизують процес збору технічних даних, але й забезпечують оперативний доступ інженерно-технічного персоналу до інструкцій, аналітики та рекомендацій безпосередньо на виробничому майданчику. Це підвищує продуктивність, покращує зручність роботи та мінімізує вплив людського фактора під час ухвалення рішень [13].

З урахуванням вищезазначеного, вибір стратегії технічного обслуговування і ремонтів має здійснюватися на основі комплексного підходу, що враховує не лише технічні характеристики обладнання, але й економічну доцільність, рівень автоматизації виробничих процесів, масштаб виробництва та наявну систему управління ризиками. У сучасній практиці найбільш ефективним є впровадження комбінованих моделей ТОіР, які забезпечують гнучкість і дозволяють адаптувати обслуговування відповідно до критичності обладнання, умов його експлуатації та доступних ресурсів.

1.3. Міжнародні стандарти та нормативно-правова база у сфері ТОіР.

У галузі технічного обслуговування та ремонтів застосовується значна кількість міжнародних стандартів і нормативно-правових документів, які спрямовані на підвищення якості, безпеки та ефективності відповідних процесів. Розробленням і впровадженням цих стандартів займаються провідні міжнародні організації, зокрема ISO (Міжнародна організація зі стандартизації), IEC (Міжнародна електротехнічна комісія) та IEEE (Інститут інженерів з електротехніки та електроніки) [14, 15]. Станом на 2010 рік членами ISO є 161 країна, кожна з яких представлена національним органом стандартизації; в Україні цю функцію виконує Державний комітет з питань технічного регулювання та споживчої політики [16].

Основні міжнародні стандарти:

1. ISO 9000 серії: регламентують систему управління якістю, є фундаментом для побудови ефективної, контрольованої та прозорої системи технічного обслуговування і ремонтів (ТОіР) на промислових підприємствах. Положення ISO 9000 дозволяють формалізувати процеси, впровадити підхід до постійного вдосконалення, а також забезпечити належний рівень документування та простежуваності

ремонтних операцій. Врахування принципів ISO 9000 у плануванні та реалізації ТОіР сприяє підвищенню якості обслуговування обладнання, зниженню ризиків відмов і, відповідно, забезпеченню безперебійності виробничого процесу.

2. ISO 14000 серії: регулює систему екологічного менеджменту, має важливе значення для впровадження екологічно відповідальних підходів у сфері технічного обслуговування і ремонтів (ТОіР). Ці стандарти створюють основу для врахування екологічних ризиків при плануванні ремонтних робіт, поводженні з витратними матеріалами, мастилами, забрудненими деталями тощо. Оскільки ISO 14000 не встановлює жорстких технологічних або кількісних вимог, а натомість орієнтується на управлінські процеси, вона дозволяє інтегрувати екологічні аспекти в загальну систему управління ТОіР, сприяючи зменшенню впливу на довкілля, відповідності екологічним нормам та підвищенню репутаційної стійкості підприємства [18].

3. ISO 45001: встановлює вимоги до системи управління охороною праці та безпекою персоналу, що є надзвичайно важливим у контексті організації технічного обслуговування і ремонтів (ТОіР). Впровадження принципів ISO 45001 дозволяє системно підходити до ідентифікації та мінімізації ризиків, пов'язаних із виконанням ремонтних робіт, забезпечити відповідність вимогам безпеки на всіх етапах планування й реалізації ТОіР, а також підвищити рівень відповідальності, мотивації та захищеності працівників технічних служб. Це, у свою чергу, сприяє зниженню виробничого травматизму, підвищенню ефективності роботи персоналу й загальної стійкості виробничих процесів.

4. IEC 60364: регламентує вимоги до проектування, монтажу та технічного обслуговування електричних установок у будівлях, що безпосередньо стосується питань експлуатації електрообладнання на промислових підприємствах. Цей стандарт слугує базовим нормативом для організації планово-попереджувального обслуговування

електричних систем, сприяючи забезпеченню електробезпеки, надійності живлення та зниженню ризику відмов обладнання. Дотримання положень IEC 60364 дозволяє уніфікувати процедури перевірки, обслуговування та ремонту електрообладнання відповідно до сучасних вимог безпеки та ефективності, що є важливою складовою загальної системи ТОiP на підприємстві [20].

5. IEEE Standards: охоплюють широкий спектр технічних галузей, включаючи електроніку, електротехніку, автоматизацію та телекомунікації, що робить їх важливим інструментом у сфері технічного обслуговування та ремонтів високотехнологічного обладнання. Ці стандарти відіграють роль орієнтирів для впровадження сучасних підходів до обслуговування складних систем, зокрема контролю й діагностики електронних та телекомунікаційних компонентів. Завдяки IEEE-стандартам можливо забезпечити більш високу точність та уніфікацію методів ремонту, що сприяє підвищенню технічної надійності обладнання та відповідності його експлуатації міжнародним нормам [21].

У металургійній промисловості, де експлуатація устаткування відбувається в умовах високих температур, пилонанвантаження та інтенсивного циклічного навантаження, особливу роль відіграє системне технічне обслуговування та ремонт (ТОiP). Саме міжнародні стандарти дозволяють структурувати ці процеси та підвищити надійність критичного обладнання, знизивши ризики простоїв, поломок і аварій.

Ключовим нормативним орієнтиром у сфері управління виробничими активами є стандарт ISO 55001:2014 «Asset Management – Management Systems – Requirements». Для металургійного підприємства цей стандарт визначає принципи стратегічного підходу до експлуатації основного технологічного обладнання — таких як доменні печі, прокатні стани, редуктори, електродвигуни, крани та

теплообмінники. Його впровадження сприяє інтеграції технічного обслуговування і ремонтів у загальну систему менеджменту підприємства, забезпечуючи оптимізацію витрат на всіх етапах життєвого циклу обладнання, підвищення ефективності ресурсного використання та більш точний контроль технічного стану основних фондів [22].

У частині безпеки експлуатації та функціональної надійності, особливо щодо агрегатів підвищеної небезпеки (наприклад, киснево-компресорних станцій або гідравлічних систем високого тиску), використовується стандарт IEC 61511 – Functional Safety in the Process Industry Sector. Він встановлює вимоги до технічного обслуговування систем безпеки, діагностики й перевірки працездатності обладнання у важких умовах промислового середовища [23].

Для об'єктів з бетонними, металевими та комбінованими конструкціями, що піддаються температурним, динамічним та хімічним впливам (наприклад, футеровані печі, газоходи, бункери, опори кранових шляхів), рекомендовано застосування ISO 16311-1:2024 – Maintenance and Repair of Concrete Structures. Стандарт визначає підходи до моніторингу та оцінки залишкового ресурсу конструкцій, що мають критичне значення для безпеки виробничого процесу [24].

Крім того, багато європейських металургійних підприємств адаптували власні процедури ТОіР відповідно до EN 13306:2017 – Maintenance Terminology, який встановлює терміни, базові підходи та класифікацію видів технічного обслуговування і ремонту (зокрема, профілактичне, коригувальне, діагностичне тощо) [25].

Таким чином, нормативно-правова база у сфері ТОіР для металургійної промисловості представлена комплексом стандартів, які охоплюють:

- системне управління ресурсами (ISO 55001),

- функціональну безпеку технологічних систем (IEC 61511),
- довговічність будівельних та технологічних конструкцій (ISO 16311),
- термінологічну уніфікацію та класифікацію ремонтних процесів (EN 13306).

Нормативно-правове регулювання технічних умов (ТУ) в Україні ґрунтується на Законі України «Про стандартизацію» та інших нормативно-методичних документах, серед яких ключове місце посідає ДСТУ-Н 1.3:2015 «Технічні умови України. Настанови щодо розробляння». Ці документи визначають порядок створення, погодження, реєстрації та впровадження технічних умов на продукцію, зокрема промислового обладнання, яке підлягає технічному обслуговуванню та ремонту. У контексті діяльності металургійного підприємства ТУ слугують базою для встановлення вимог до технічного стану, характеристик, методів контролю й процедур технічного обслуговування. Розробка національних стандартів здійснюється відповідно до планів державної стандартизації з урахуванням чинного законодавства та адаптації до вимог міжнародних і регіональних стандартів, що дозволяє забезпечити уніфікованість підходів до управління технічним станом обладнання [16].

Модифікацію міждержавного стандарту по відношенню до міжнародного здійснюють шляхом застосування одного або будь-якої комбінації із таких способів:

- доповнення основних нормативних положень застосовуваного міжнародного стандарту новими положеннями;
- виключення додаткових елементів (приміток, виносок, довідкових посилань та / або додатків, бібліографії);

- виключення рекомендованих додатків, а в стандарті на терміни та визначення окремих термінологічних статей;
- виключення посилань на інші міжнародні стандарти та / або інші документи, які не діють на міждержавному рівні як нормативні документи;
- зміни частині положень шляхом зміни показників, характеристик, окремих фраз і слів, що стосуються технічного змісту стандарту; • зміни структури стандарту (повністю або частково) [27].

Відповідно до положень Закону України «Про стандартизацію», стандарти класифікуються як нормативні документи, що встановлюють загальні правила, принципи та технічні характеристики, які стосуються продукції, процесів або послуг. Вони можуть визначати вимоги до термінології, методів позначення, упакування, маркування або етикетування, що забезпечує уніфікацію підходів та підвищення якості у відповідній сфері діяльності. Застосування таких стандартів сприяє технічній сумісності, безпеці продукції та прозорості ринкових операцій [26].

Формування ефективної системи технічного обслуговування і ремонту на українських підприємствах ґрунтується на використанні національних стандартів, що адаптовані до європейських норм або створені з урахуванням галузевої специфіки.

У таблиці 1.2 наведені основні нормативні документи, що регламентують організацію ТОіР.

В Україні функціонує багаторівнева система нормативного забезпечення у сфері технічного обслуговування і ремонту (ТОіР) обладнання, що охоплює як загальні стандарти, так і галузеві регламенти. Зокрема, ДСТУ EN 13306:2006 забезпечує стандартизовану термінологію, яка є основою для формування єдиних

підходів до розробки внутрішніх положень і процедур на підприємствах. ДСТУ EN 17007:2022 спрямований на уніфікацію методів оцінювання ефективності технічного обслуговування за допомогою системи показників і метрик. Водночас галузеві стандарти, як-от СОУ МПП 03.080.10 180:2007 та СОУ НАЕК 033:2021, встановлюють вимоги до планування, обліку та звітності ремонтних робіт на об'єктах підвищеної відповідальності, включаючи промислові та енергетичні підприємства, де надійність обладнання є критично важливою для безперервного виробництва.

Таблиця 1.2 - Короткий огляд застосування ДСТУ у сфері ТОіР

| Стандарт | Галузь застосування | Основне призначення |
|----------------------------|--|--|
| ДСТУ EN 13306:2006 | Універсальний для всіх сфер | Визначення термінів, класифікація ТО |
| ДСТУ Б А.1.1-65:1995 | Будівництво, спецтехніка | Поняття середнього/капремонту, регламент ТО |
| ДСТУ EN 17007:2022 | Виробництво, машинобудування, енергетика | Показники ефективності техобслуговування |
| СОУ МПП 03.080.10-180:2007 | Промисловість, машинобудування | Ведення технічної документації по ТОіР |
| СОУ НАЕК 033:2021 | Енергетика (АЕС) | ТОіР енергоблоків, вимоги до персоналу й безпеки |

Джерело: сформовано автором на основі [26, 27].

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ І.

Таким чином, технічне обслуговування і ремонт (ТОіР) у сучасному промисловому середовищі розглядаються не лише як сукупність технічних дій, а як стратегічний інструмент управління основними фондами підприємства. Ефективна система ТОіР дозволяє забезпечити надійність виробничого обладнання, мінімізувати витрати, пов'язані з простоєм і аваріями, та інтегрувати обслуговування у загальну операційну модель підприємства. Моделі обслуговування —

від планово-попереджувального до предиктивного — мають бути адаптовані до конкретних умов експлуатації, ступеня автоматизації, критичності вузлів та ресурсної політики підприємства. Особливе значення має впровадження цифрових рішень (CMMS, IIoT, AI), які підвищують точність планування, оперативність реагування та зменшують вплив людського фактора.

Теоретичне обґрунтування підходів до організації ТОiP доповнюється аналізом чинної нормативно-правової бази. Міжнародні стандарти ISO, IEC, IEEE, а також національні ДСТУ забезпечують уніфікацію термінології, вимог до якості, безпеки, екологічності та управління технічним станом обладнання. Їх застосування сприяє не лише дотриманню законодавчих норм, а й формуванню ефективної системи управління активами підприємства, що відповідає сучасним вимогам Індустрії 4.0.

РОЗДІЛ II. АНАЛІЗ ІСНУЮЧОЇ СИСТЕМИ ПЛАНУВАННЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЇ ТОВ НА ТОВ «ЗЛМЗ» (КРИВОРІЗЬКА ФІЛІЯ)

2.1. Організаційна структура технічної служби підприємства

ТОВ «Запорізький ливарно-механічний завод» (ТОВ «ЗЛМЗ»), заснований у серпні 2016 року на базі цехів «Запоріжсталі», є структурним підрозділом Групи Метінвест із філіями у Запоріжжі, Кривому Розі та Кам'янському. Підприємство спеціалізується на литві, виготовленні металоконструкцій і запасних частин для гірничо-металургійного комплексу, зокрема доменних печей, прокатних станів, редукторів тощо. ТОВ «ЗЛМЗ» розвиває автономну модель управління виробництвом, що дає змогу швидко адаптуватися до потреб основних замовників (насамперед «Запоріжсталь») і ринку, забезпечуючи гнучкість і скорочення часу виконання замовлень. Завдяки серійним сертифікатам ISO 9001, 14001, 50001, підприємство зміцнило свої позиції в сфері якості, екології та енергоефективності.

Філіал №2 у Кривому Розі спеціалізується на ремонті та технічному обслуговуванні промислового і транспортного обладнання в межах Групи Метінвест. Основний вид його діяльності — обслуговування промислових машин, зокрема гірничо-металургійного устаткування. Предметне охоплення підприємства включає як ремонтні, так і виготовлювані процеси устаткування — що потребує інтеграції уніфікованих підходів до ТОВ у рамках управлінської системи [28].

На підприємстві ТОВ «Запорізький ливарно-металургійний завод», Криворізька філія, система технічного обслуговування та ремонту функціонує в межах інженерно-технічної служби (ІТС), яка виконує як стратегічні, так і оперативні функції управління ТОВ. Організаційна структура інженерно-технічної служби (ІТС) представлена в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Організаційна структура інженерно-технічної служби (ІТС)

Інформація вилучена на підставі закону України «Про інформацію» від 2 жовтня 1992 року № 2657-XII (зі змінами і доповненнями)

Джерело: таблиця складена автором на підставі даних звітності підприємства

Організаційна структура ІТС має функціонально-матричний характер управління, що дозволяє поєднувати централізоване технічне керівництво з гнучкою реалізацією ремонтних програм на місцях [29].

Актуальні дослідження свідчать, що впровадження матричних моделей управління у технічних підрозділах інженерного обслуговування дозволяє ефективно інтегрувати функціональні та проєктні напрямки. Такий підхід забезпечує раціональний розподіл ресурсів, стимулює взаємодію між підрозділами та сприяє оперативному вирішенню виробничо-технічних питань завдяки спільній роботі спеціалістів різних галузей [30]. Водночас, щоб уникнути суперечностей, розмитості обов'язків та комунікаційних збоїв, необхідно встановити чіткі регламенти взаємодії, зони відповідальності та належну підготовку персоналу до роботи в умовах матричної структури.

У структурі управління технічним обслуговуванням і ремонтами (ТОіР) провідну роль відіграє директор з інжинірингу, який формує і реалізує технічну політику підприємства, визначає вектори модернізації виробничих потужностей та координує реалізацію ремонтних програм. У його підпорядкуванні перебувають ключові функціональні підрозділи — зокрема, відділ планування ремонтів, служба енергозабезпечення та спеціалізовані групи з механічного, технологічного, електротехнічного обслуговування, а також фахівці з ремонту вантажопідйомних механізмів. Така централізована модель управління дозволяє забезпечити цілісність технічної стратегії й підвищити ефективність координації ремонтних процесів. Відділ планування ремонтів та енергозабезпечення виступає координуючим центром планово-попереджувального обслуговування: контролює формування графіків ТОіР, розподіл бюджетів та ресурсу, а також забезпечення електропостачання.

Провідні фахівці, відповідальні за поточні та капітальні ремонти окремих категорій обладнання, фактично виконують функції керівників проєктів у межах системи ТОiP. Вони розробляють технічні завдання на ремонт, координують планування й реалізацію заходів, впроваджують технічні вдосконалення та контролюють їх якість. До сфери їх відповідальності також входить модернізація обладнання, підбір технічних рішень відповідно до виробничих потреб, а також комунікація з підрядними організаціями для забезпечення належного рівня виконання робіт.

Характерною рисою організаційної моделі ТОВ «ЗЛМЗ» є функціонування енергомеханічних служб безпосередньо у кожній філії (№1, №2, №3), які здійснюють технічне обслуговування та ремонти на своїх виробничих майданчиках. Ці підрозділи діють у межах подвійного підпорядкування: з одного боку, методичне керівництво і стандартизація їхньої діяльності здійснюється з боку центральної інженерно-технічної служби (ІТС), а з іншого — оперативне управління здійснює начальник управління ремонтів, який забезпечує координацію дій, розподіл ресурсів і контроль за реалізацією ремонтних програм.

До важливих елементів організаційної структури ТОВ «ЗЛМЗ» належать енергоцех та відділ енергозатрат, які забезпечують управління енергетичними ресурсами підприємства та технічне обслуговування енергетичної інфраструктури. Їхня діяльність координується головним фахівцем з електрогосподарства спільно з начальником енергоцеху, що дозволяє забезпечити ефективний контроль споживання енергоносіїв, своєчасне технічне втручання, а також реалізацію заходів із підвищення енергоефективності у межах загальної технічної політики підприємства.

Загалом, така організаційна модель забезпечує:

- централізоване стратегічне управління технічним розвитком та модернізацією обладнання;
- реалізацію проектно-орієнтованого підходу до ремонту через залучення відповідальних фахівців;
- ефективну координацію ремонтних заходів у територіально розподілених підрозділах;
- послідовну інтеграцію функцій планування, виконання та контролю ТОіР.

У звітах Європейського агентства з безпеки та гігієни праці (EU-OSHA) наголошується, що одним із ключових чинників підвищення ефективності технічних служб є інтеграція функцій ТОіР у загальну систему виробничого менеджменту. Такий підхід трансформує ремонтну діяльність із суто реактивного реагування на поломки в проактивну, аналітично обґрунтовану управлінську функцію. Це відкриває можливості для системного планування технічних втручань, ефективного управління ризиками та ресурсами, а також для формування безпечного й безперебійного виробничого середовища [31].

Застосування принципів Total Productive Maintenance (TPM) у технічних службах дозволяє суттєво підвищити рівень внутрішньої координації між технічним персоналом, виробничими підрозділами та відділами планування. Для металургійних підприємств, де обладнання працює в умовах безперервного циклу та зазнає значного навантаження, така інтеграція стає критично важливою для зменшення простоїв, підвищення продуктивності та запобігання аваріям. TPM сприяє формуванню культури спільної відповідальності за технічний стан обладнання, що є передумовою стабільного функціонування всього виробничого комплексу [32].

Організаційна структура технічної служби Криворізької філії ТОВ «ЗЛМЗ» демонструє поєднання функціонального та проектного підходів, що дозволяє ефективно інтегрувати ремонтні процеси в загальну систему управління підприємством. Така функціонально-матрична модель забезпечує баланс між централізованим контролем та оперативною автономією на місцях: дирекція з інжинірингу формує єдину технічну політику, а спеціалізовані служби реалізують ремонти з урахуванням конкретних виробничих завдань.

Централізоване планування, методичне керівництво та децентралізоване виконання робіт створюють передумови для адаптивності до змін, підвищення технічної надійності обладнання та скорочення простоїв. Успішність такої моделі значною мірою визначається рівнем внутрішньої координації, якістю зворотного зв'язку та впровадженням сучасних практик — зокрема, концепції TPM та стандартів ISO серії 55000, які акцентують увагу на стратегічному управлінні активами та безперервному вдосконаленні ремонтної діяльності.

2.2. Аналіз регламентів та інструкцій у системі ТОiP

Система технічного обслуговування та ремонту на підприємстві ТОВ «Запорізький ливарно-металургійний завод», Криворізька філія, побудована на основі розгалуженої внутрішньої нормативно-методичної бази. До її складу входять стандарти підприємства (СТП), посадові інструкції, технічні регламенти, графіки та програми ремонтів, що регламентують кожен етап виконання робіт. Такий підхід забезпечує узгодженість дій між підрозділами, підвищує прозорість і контрольованість процесів ТОiP, а також гарантує відповідність

актуальним вимогам галузевих, національних і міжнародних стандартів у сфері технічної експлуатації обладнання.

Планування, організація, облік та проведення капітального ремонту обладнання, а також перелік необхідних ТМЦ регламентуються наступними документами:

- 1) нормативно-правовими актами Кабінету Міністрів України;
- 2) галузевими документами та методичними рекомендаціями Мінпромполітики України;
- 3) організаційно-розпорядчими та нормативно-технічними актами підприємства;
- 4) правилами технічної експлуатації (ПТЕ) обладнання, розробленими спеціалістами структурного підрозділу-замовника на основі типових ПТЕ підприємств гірничо-металургійного комплексу України;
- 5) ремонтно-технологічною документацією, зокрема:
 - технологічними картами,
 - планами організації робіт,
 - проектами виконання робіт.

Основним регламентуючим документом у сфері ТОіР є Правила технічної експлуатації (ПТЕ) обладнання, які розробляються профільними структурними підрозділами підприємства з урахуванням галузевих стандартів. У ПТЕ визначаються чіткі вимоги щодо періодичності обслуговування, гранично допустимого зносу вузлів, методів діагностики технічного стану, а також критерії допуску обладнання до експлуатації після ремонту. Крім того, у документі деталізуються умови проведення капітального, середнього та поточного ремонтів, з урахуванням необхідних технологічних операцій, ресурсів і матеріалів.

У випадку капітального ремонту формуються дефектні відомості, технічні завдання, ремонтно-технологічна документація (ПОР, ТК, ПВР), яка містить детальний опис операцій, складу ремонтної бригади, тривалість етапів, методи контролю якості.

План організації ремонту (ПОР) є ключовим технологічним документом, що визначає структуру і логіку проведення ремонтних робіт. У ньому фіксуються етапи демонтажу та монтажу обладнання, погоджуються терміни виконання робіт, деталізується потреба в трудових, матеріальних і технічних ресурсах. Також ПОР забезпечує координацію між учасниками ремонтного процесу через чіткий розподіл обов'язків і контрольних точок, що дозволяє мінімізувати простой та оптимізувати використання виробничих потужностей.

Проект виконання ремонту (ПВР) виступає технічною основою реалізації ремонтних заходів і деталізує конкретну технологічну послідовність дій. Він містить опис обсягу робіт, перелік необхідного обладнання та інструментів, вимоги до кваліфікації персоналу, заходи з охорони праці, організацію робочих місць і контроль якості на кожному етапі. У межах ПВР окреме місце займає технологічна карта (ТК) — поопераційний документ, що фіксує порядок виконання ремонтних операцій, їх тривалість, відповідальних осіб та критерії приймання. ТК забезпечує єдиний стандарт дій для виконавців, що сприяє уніфікації процесів і підвищенню якості ремонтних робіт.

Уся ремонтно-технологічна документація підлягає обов'язковому погодженню з керівництвом технічного напрямку — зокрема, директором з інжинірингу — та управлінням ремонтів. Процес оформлення супроводжується затвердженням відповідних актів, серед яких ключовими є акт технічного стану обладнання до ремонту, акт приймання виконаних робіт і акт введення обладнання в експлуатацію після завершення ремонту. Це дозволяє забезпечити контроль на всіх

етапах технічного втручання та гарантує відповідність робіт встановленим стандартам.

Для реалізації внутрішнього контролю на підприємстві функціонує трирівнева система перевірки виконання робіт: на першому рівні – майстри та змінний персонал, на другому – начальники цехів та керівники напрямів, на третьому – технічна дирекція.

Усі етапи виконання ремонтних робіт фіксуються у відповідній звітній документації — агрегатних відомостях, журнал-формах, а також в електронних системах обліку, що функціонують на підприємстві. Такий підхід забезпечує повну простежуваність ремонтного процесу, можливість аналітичної оцінки технічного стану обладнання та відповідає вимогам щодо внутрішнього аудиту і контролю якості у сфері ТОiP.

Запровадження подібної багаторівневої системи документації цілком відповідає вимогам міжнародного стандарту ISO 55001 щодо управління активами, а також положенням національного стандарту ДСТУ EN 13306:2006, що визначає терміни та класифікацію робіт з технічного обслуговування. Такий підхід дозволяє забезпечити правову та процедурну узгодженість усіх дій, оптимізувати витрати на матеріально-технічні ресурси, знизити імовірність виробничих відмов і підвищити надійність експлуатації обладнання в умовах складного промислового середовища.

Ще одним важливим елементом, передбаченим регламентами ТОВ «ЗЛМЗ», є впровадження типових форм звітності, що стандартизують збір технічної та управлінської інформації про хід і результати ремонтів. До таких форм належать: облік часу простою обладнання під час ремонту, журнал фіксації змін стану вузлів і агрегатів, зведена форма витрат матеріалів і запасних частин, а також електронна карта проведення ремонтних робіт. Уніфіковане документування створює надійну історичну базу даних щодо технічного

стану обладнання, що є основою для планування, аналізу ефективності ТОіР та прийняття управлінських рішень.

Відповідно до внутрішніх положень ТОВ «ЗЛМЗ», система технічного обслуговування передбачає щорічне оновлення регламентуючих документів на основі аналізу відмов, висновків технічних аудитів і врахування змін у виробничих процесах. Такий підхід відповідає принципам безперервного покращення, закріпленим у стандарті ISO 9001:2015, і дозволяє адаптувати нормативну базу до актуальних потреб підприємства, підвищуючи ефективність технічного менеджменту.

У структурі системи технічного обслуговування та ремонтів підприємства особливу роль відіграє регламент підготовки та атестації персоналу, залученого до виконання робіт підвищеної небезпеки. Згідно з внутрішніми інструкціями, встановлюються чіткі вимоги щодо періодичності перевірок знань, проходження технічних навчань і оформлення відповідних допусків. Такий підхід відповідає положенням стандарту ДСТУ EN ISO 9712:2015, що регламентує кваліфікаційні вимоги до фахівців з неруйнівного контролю, і забезпечує високий рівень безпеки та компетентності технічного персоналу.

Крім того, в практику технічного обслуговування підприємства впроваджено принцип внутрішнього технічного аудиту, який охоплює регулярну перевірку відповідності ремонтних робіт встановленим регламентам, аналіз ефективності використання ресурсів та обґрунтованості проведених втручань. Такий підхід формує аналітичну основу для поступового переходу до концепції Risk-Based Maintenance (RBM), за якої планування ремонтів здійснюється не лише на основі календарного принципу, а й з урахуванням фактичного технічного стану обладнання, його критичності для виробництва та потенційних ризиків відмов.

Аналіз внутрішніх регламентів та інструкцій, що регламентують систему технічного обслуговування і ремонту на підприємстві АТ «ЗЛМЗ» (Криворізька філія), дозволяє зробити висновок про високий рівень формалізації, уніфікації та відповідності чинним національним та міжнародним стандартам.

Документаційна система підприємства охоплює повний цикл ремонтного процесу — від первинної діагностики та дефектування до фінального приймання обладнання в експлуатацію. Вона побудована на багаторівневій структурі, яка включає планові документи (ПОР, ПВР, ТК), уніфіковані форми звітності, акти перевірок і погоджень, а також передбачає процедури внесення коригувальних заходів у разі виявлення відхилень. Такий підхід забезпечує прозорість, контрольованість і відповідність ремонтних робіт як внутрішнім стандартам, так і вимогам зовнішнього аудиту.

Важливою особливістю чинної системи є інтеграція механізмів внутрішнього контролю та технічного аудиту, які дозволяють не лише верифікувати відповідність виконаних ремонтів встановленим регламентам, а й об'єктивно оцінювати їхню ефективність. Завдяки регулярному аналізу причин відмов, атестації персоналу, а також поступовому впровадженню принципів обслуговування на основі ризиків (Risk-Based Maintenance, RBM), підприємство демонструє орієнтацію на підвищення надійності, зниження аварійності та стратегічне управління технічними активами відповідно до сучасних міжнародних практик.

Таким чином, наявна нормативно-регламентна база підприємства є необхідною передумовою для ефективного функціонування системи ТОіР, забезпечення безпеки виробництва, оптимізації ресурсного забезпечення та адаптації до викликів сучасного промислового середовища.

2.3. Аналіз графіків технічного обслуговування і ремонтів

На підприємстві ТОВ «ЗЛМЗ» система планування технічного обслуговування та ремонтів реалізується на основі інтегрованого підходу, який враховує специфіку виробничих процесів, інтенсивність експлуатації обладнання, його технічний ресурс і вимоги чинних нормативів. Формування графіків ТОіР передбачає тісну координацію між технічними службами та виробничими підрозділами, забезпечуючи злагоджене погодження строків, обсягів і пріоритетності робіт. Такі графіки є не лише інструментом упорядкування технічного втручання, а й механізмом управління ризиками та підтримання безперервності виробництва.

На підприємстві застосовуються кілька типів графіків:

- Річний зведений графік ТОіР, який охоплює всі основні види ремонтів (поточні, капітальні, середні) по всіх об'єктах технологічного обладнання.
- Помісячні графіки, що деталізують строки виконання робіт по кожному об'єкту та погоджуються з виробничим планом.

Оперативні тижневі плани-графіки, які формуються на основі даних моніторингу технічного стану і результатів оглядів. На рисунках 2.1, 2.2, 2.3 представлені фрагменти графіків технічного обслуговування (місячний, погодинний, добовий). Наведені графіки містять детальну інформацію про одиниці обладнання, включаючи їх інвентарні номери, назви, категорії, цехи та тривалість робіт у змінах і загалом (структура з місячних графіків наведена у Додатку А і Додатку Б).

Інформація вилучена на підставі закону України «Про інформацію» від 2 жовтня 1992 року № 2657-XII (зі змінами і доповненнями)

Рис. 2.1 - Графік технічного обслуговування (місячний).

Інформація вилучена на підставі закону України «Про інформацію» від 2 жовтня 1992 року № 2657-XII (зі змінами і доповненнями)

Рисунок 2.2 - Графік ТО (добовий).

Інформація вилучена на підставі закону України «Про інформацію» від 2 жовтня 1992 року № 2657-XII (зі змінами і доповненнями

Рисунок 2.3 - Графік ТО (почасовий).

З аналізу графіка технічного обслуговування видно, що заплановані ремонтні заходи охоплюють різні типи обладнання, включаючи токарно-карусельні верстати, радіально-свердлильний станок, електричний мостовий кран та інші одиниці. Такий підхід свідчить про комплексне планування ТОiP, спрямоване на забезпечення безперебійної роботи ключових елементів виробничої інфраструктури.

Заплановані роботи класифіковано за типом технічного втручання — технічне обслуговування (ТО), поточний ремонт (ТР) та окремі сервісні послуги. У рамках цих заходів передбачено виконання ревізії механізмів, заміни зношених елементів, регулювання, шліфування, а також перевірки стану електрообладнання, що забезпечує підтримання справного технічного стану обладнання та попередження відмов у роботі.

Виконання ремонтних робіт закріплено за працівниками енергомеханічної служби або спеціалізованими ремонтними бригадами, з чітким зазначенням відповідальних виконавців. Наприклад, технічне обслуговування токарного верстата моделі 1540 здійснює майстер Мусієнко Ю.Ю., тоді як за роботи на електричному мостовому крані відповідає Осадчий Д.А. Такий підхід забезпечує персональну відповідальність та прозорість у виконанні ремонтних заходів.

Інформація представлена у форматі числових значень, прив'язаних до конкретних дат, що відображають кількість годин, запланованих на виконання ремонтних робіт у кожен окремий день. Такий підхід дає змогу проаналізувати рівномірність розподілу навантаження між фахівцями технічних служб та своєчасно виявити можливі перевантаження чи простої.

Усі роботи мають чітко зафіксовану тривалість у змінному режимі та загальну кількість годин на добу, що вказує на впровадження системного підходу до планування технічного обслуговування. Такий формат дозволяє не лише ефективно балансувати навантаження між змінами, а й забезпечити безперервність ремонтного процесу, мінімізуючи простої обладнання та підвищуючи загальну продуктивність підприємства.

Загалом графік як інструмент управління в ТОіР демонструє ефективну організацію обслуговування промислового обладнання з урахуванням технічного стану машин і запланованих регламентних робіт.

Проведення технічного обслуговування й ремонтів технологічного (механічного) устаткування здійснюється на підставі Єдиної системи, планово-запобіжного ремонту й раціональної експлуатації технологічного устаткування машинобудівних підприємств, яка містить:

а) класифікація ремонтних робіт за типами та надання їх характеристик;

б) планування профілактичних заходів (наприклад, регулювання, підтягування болтових з'єднань) та контроль за їх виконанням;

в) визначення тривалості ремонтних циклів та інтервалів між ремонтами;

г) встановлення рівнів ремонтної складності для кожного типу обладнання;

д) формування структури служби, що відповідає за виконання ремонтних робіт;

е) впровадження сучасних ремонтних технологій, які оптимізують процес відновлення зношених елементів;

ж) організація закупівлі запасних частин, впровадження передових методів їх виготовлення, а також систем зберігання та обліку;

з) управління системою змащування обладнання;

і) забезпечення ремонтної служби необхідними матеріалами та ресурсами;

к) організація контролю якості ремонтних робіт і технічного обслуговування обладнання.

Керівник ремонтної служби наприкінці кожного року розробляє на наступний рік графік планово-запобіжних ремонтів. Річний графік розписується по місяцях і видається керівникам виробничих ділянок.

Огляди та всі види ремонтів виконуються слюсарями-ремонтниками та електрослюсарями, які входять до складу ремонтної служби (далі — персонал). Обов'язком як ремонтного, так і чергового та експлуатаційного персоналу є знання і суворе дотримання правил

технічної експлуатації обладнання, викладених у відповідних інструкціях з технічного обслуговування. Крім того, працівники мають володіти змістом чинних посадових інструкцій та виконувати їхні вимоги. Інструкції з технічного обслуговування повинні зберігатися безпосередньо на робочих місцях, де розташоване відповідне обладнання.

Річний графік технічного обслуговування та ремонтів формується на основі нормативно закріплених міжремонтних періодів, передбачених правилами технічної експлуатації (ПТЕ), а також із урахуванням результатів дефектування, аналізу попередніх відмов і рішень технічної ради підприємства. Для оптимізації цього процесу використовуються електронні таблиці та спеціалізовані модулі SAP або інших ERP/CMMS-систем, що дозволяє частково автоматизувати планування та підвищити його точність (Додаток А).

Аналіз графіків технічного обслуговування демонструє їх чітко виражену циклічну структуру: більшість робіт заплановано з інтервалами в 1, 3, 6 або 12 місяців. Для критично важливого обладнання додатково передбачені проміжні технічні огляди, що не включають повного демонтажу, але охоплюють перевірку ключових параметрів — стану мастил, рівня вібрацій, електротехнічних показників та інших характеристик, що впливають на безпечну і стабільну роботу агрегатів.

Особливу увагу в аналізі графіків слід звернути на:

- Сезонність навантаження обладнання, що впливає на строки та обсяг робіт (наприклад, у періоди пікових виробничих навантажень ремонти обмежуються обстеженнями).

- Гнучкість оновлення графіків: у разі позапланових збоїв або перенавантаження виробничих потужностей система передбачає коригування графіків через відповідні накази по підприємству.

- Зв'язок із системою бюджетування — кожен графік має ресурсну складову: вартість запчастин, оплата підрядників, витрати на енергоносії, що дозволяє формувати план фінансування ремонтів в рамках Програми капітальних інвестицій.

На підприємстві на основі наявних графіків технічного обслуговування частково реалізовано елементи предиктивного підходу: здійснюється аналіз простоїв, відстежується динаміка зносу вузлів та контролюються відхилення від номінальних технічних параметрів. Ці практики створюють підґрунтя для подальшого впровадження системи Risk-Based Maintenance, що дозволить оптимізувати ресурси та підвищити надійність обладнання. Водночас основна частина робіт досі планується за превентивною моделлю, орієнтованою на календарні інтервали обслуговування.

На рисунку 2.4 представлений фрагмент графіку динаміки виконання показників за позаплановими простоями.

Таким чином, чинна система графіків ТОіР на ЗЛМЗ забезпечує:

- передбачуваність ремонтних навантажень;
- узгодженість між виробництвом та технічним персоналом;
- інтеграцію з фінансовим і матеріальним плануванням;
- часткову адаптацію до ризик-орієнтованих підходів.

Подальший розвиток системи технічного обслуговування передбачає поглиблену інтеграцію графіків з автоматизованими системами технічного моніторингу (SCADA, CMMS). Це відкриває можливість переходу від жорстко фіксованих інтервалів до адаптивного

планування на основі реальних експлуатаційних даних — навантажень, вібрацій, енергоспоживання та інших параметрів. Такий підхід дозволить знизити кількість незапланованих простоїв, підвищити рентабельність технічного обслуговування і забезпечити надійність функціонування критичних елементів виробничої системи.

Інформація вилучена на підставі закону України «Про інформацію» від 2 жовтня 1992 року № 2657-XII (зі змінами і доповненнями)

Рисунок 2.4 - Графік динаміки виконання показників за позаплановими простоями

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ II

Аналіз графіків технічного обслуговування і ремонтів на підприємстві ТОВ «ЗЛМЗ» (Криворізька філія) показав, що існуюча система планування базується на регламентованих періодах обслуговування, узгоджених із виробничим циклом, нормативною документацією та потребами безперервної експлуатації обладнання.

Застосування річних, помісячних та оперативних графіків забезпечує структурований підхід до розподілу навантажень, дозволяє ефективно координувати дії технічних і виробничих підрозділів, а також інтегрувати планування ТОіР із фінансово-ресурсною політикою підприємства.

Разом з тим, сучасні умови експлуатації та глобальні вимоги до ефективності управління технічними активами вимагають подальшої еволюції цієї системи. Зокрема, перспективним напрямом розвитку є впровадження цифрових інструментів контролю технічного стану (SCADA, IoT-моніторинг, аналітика даних), що дозволить формувати графіки на основі реальних показників роботи обладнання. Також доцільним є перехід до повноцінної концепції Risk-Based Maintenance, де обґрунтування обсягу та періодичності ремонтів буде базуватись на критичності об'єкта, прогнозах відмов і результатах технічного аналізу.

РОЗДІЛ III. АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ ДІАГНОСТУВАННЯ ОБЛАДНАННЯ ТА УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДОЛОГІЇ ПЛАНУВАННЯ РЕМОНТІВ

3.1 Методи діагностування обладнання на площадках ЗЛМЗ для планування ремонтів

У сучасних умовах розвитку промисловості діагностика технічного стану обладнання відіграє вирішальну роль у раціональному плануванні ремонтних робіт. Вона дає змогу своєчасно виявляти дефекти, визначати рівень зношування, прогнозувати залишковий ресурс агрегатів і вузлів, а також приймати обґрунтовані рішення щодо обсягів і термінів технічного обслуговування. На підприємстві ТОВ «ЗЛМЗ» (Криворізька філія) система діагностики є невід'ємною частиною технічної стратегії та інтегрована в загальний процес управління технічними активами.

Процес діагностування організовується з урахуванням категорії обладнання, його критичності для виробничого циклу та аналізу історії відмов. У практичній діяльності використовуються як класичні візуально-органолептичні методи оцінки, так і сучасні інструментальні засоби контролю, що відповідають актуальним технічним стандартам і вимогам.

Відповідно до положень стандартів [22], [36] та згідно з методикою, описаною у [37], на підприємстві застосовуються вібраційна, термографічна, акустико-емісійна та електрична діагностика для оцінки технічного стану основного обладнання. До основних методів діагностування, які впроваджено на ЗЛМЗ, належать:

- вібраційна діагностика здійснюється за допомогою портативних віброаналізаторів або стаціонарних датчиків. Цей метод дозволяє

своєчасно виявляти характерні дефекти обертових механізмів, зокрема дисбаланс, неспіввісність, розшарування елементів підшипників, надмірні зазори та інші поширені аномалії в роботі обладнання;

- термографічна (інфрачервона) діагностика — метод виявлення потенційних несправностей шляхом фіксації температурних відхилень у зонах перегріву або аномального тертя;

- акустико-емісійний контроль — технологія, що дозволяє виявляти зародження мікротріщин та внутрішні дефекти в металі завдяки реєстрації акустичних хвиль, які виникають у процесі навантаження конструкцій;

- електровимірювальні методи — включають тестування опору ізоляції, перевірку ефективності заземлення, контроль характеристик електродвигунів (наприклад, споживаного струму), що дозволяє виявити електричні несправності на ранніх стадіях;

- контроль рівня та аналіз мастила — дає змогу діагностувати наявність сторонніх домішок (металева стружка, волога, пил), оцінити ступінь забруднення та зносу, а також загальний стан змащувальних систем обладнання [31].

Функціональне призначення вібраційної діагностики полягає у своєчасному виявленні технічних несправностей, пов'язаних з роботою обертових частин обладнання. Метод дозволяє не лише фіксувати наявність дефектів, а й точно ідентифікувати їх природу — такі як дисбаланс, неспіввісність валів, ослаблення кріплень, зношення підшипників або розгерметизація. Завдяки спектральному аналізу вібраційного сигналу можна простежити динаміку розвитку пошкодження та визначити оптимальний момент для втручання. Цей метод особливо ефективний при контролі стану насосів, вентиляторів,

електродвигунів, турбін та аналогічного обладнання з обертовими компонентами [39].

Функціональне призначення термографічної діагностики полягає у безконтактному виявленні температурних аномалій, які можуть свідчити про внутрішні дефекти, перевантаження, знос елементів або неефективне тепловідведення. Метод базується на використанні тепловізорів або інфрачервоних сканерів, що дозволяють створювати термограми — візуалізацію розподілу температур по поверхні обладнання. Такий аналіз дає змогу оперативно виявляти критичні зони перегріву, наприклад: у електричних шафах — перегрів контактів; у механічних вузлах — перегрів підшипників; у гідросистемах — підтікання через локальне підвищення температури. Перевагою є можливість проведення діагностики без зупинки обладнання, у режимі реального часу [39].

Акустико-емісійний контроль виконує функцію раннього виявлення внутрішніх структурних дефектів у матеріалах, які перебувають під механічним або тепловим навантаженням. Цей метод ґрунтується на реєстрації акустичних хвиль, що виникають під час утворення та поширення мікротріщин, процесів корозії, розшарування зварних з'єднань чи міжкристалітного руйнування. Спеціалізовані датчики фіксують ці імпульси та перетворюють їх у спектр частот, де можна ідентифікувати характерні сигнали пошкоджень. Метод є надзвичайно корисним для діагностики трубопроводів, посудин під тиском, корпусів доменних печей, кришок, рам та інших відповідальних конструкцій великогабаритного промислового обладнання [39].

Електричні вимірювання спрямовані на оцінку стану ізоляційних матеріалів, цілісності електричних ланцюгів та правильності роботи електрообладнання. Вимірювання опору ізоляції дозволяє виявити зволоження, старіння чи пошкодження ізоляційного шару. Контроль

напруги і струму на різних етапах роботи електродвигуна допомагає діагностувати дисбаланс, перевантаження, внутрішні дефекти чи короткі замикання. Метод використовується при обслуговуванні трансформаторів, силових кабелів, розподільчих щитів та іншого електротехнічного обладнання [39].

Аналіз мастильних матеріалів виконує функцію індикатора внутрішнього зносу та контамінації елементів обладнання. Під час експлуатації у мастило можуть потрапляти металеві частинки, конденсат, пил та інші забруднювачі, які свідчать про зношування, перегрів або порушення герметичності узлів. Оцінка включає візуальний контроль (колір, запах, в'язкість) та лабораторний спектральний аналіз, що дозволяє точно встановити характер і джерело забруднень, а також прогнозувати технічний стан механізмів [39].

Такий підхід дозволяє оцінити залишковий ресурс деталей і визначити потребу в регламентному обслуговуванні чи заміні. Навіть за наявності дієвих діагностичних методів, планування ремонтів можна суттєво вдосконалити, якщо поєднати результати технічної діагностики з аналітичним обліком та графіком прогнозування аварійного запасу товарно-матеріальних цінностей. Наприклад: графік відстеження зносу матеріалів обладнання [38]. Його головна перевага полягає в тому, що він дозволяє не лише констатувати факт зносу, а й прогнозувати майбутні потреби в матеріалах та запчастинах, формуючи таким чином аварійний (або страховий) запас для оперативних ремонтів.

Механізм прогнозування зносу обладнання включає кілька взаємопов'язаних етапів:

1. Вимірювання лінійних параметрів. Регулярне й точне фіксування розмірів основних елементів обладнання (зокрема, товщини стінок, діаметрів валів, зазорів у підшипниках) дає змогу відстежувати

процес зношування. Залежно від рівня технічного оснащення, для цього застосовують як базові інструменти (штангенциркулі, мікрометри), так і сучасні пристрої — лазерні сканери або 3D-системи. Ілюстрації до вимірювань подані на рисунках 3.1, 3.2, 3.3. (Додаток В).

2. Аналіз паспортних характеристик і допусків. Для кожного елемента устаткування передбачено гранично допустимі значення зносу згідно з технічною документацією виробника. Ці параметри дозволяють визначити момент, коли експлуатація елемента наближається до критичного рівня і потребує втручання.

3. Формування графіка контролю зносу. На підставі початкових розмірів, результатів періодичних вимірювань та паспортних допусків створюється індивідуальний графік зміни стану деталі. Такий графік відображає динаміку зношування та дає змогу прогнозувати залишковий ресурс елемента. Приклад побудови такого графіка представлено на рисунку 3.4. (Додаток Г).

Переваги застосування прогнозного підходу до оцінки зносу обладнання:

1. Завчасне виявлення відхилень. Перехід від реактивного обслуговування (ремонт після поломки) до проактивного дозволяє ідентифікувати проблеми ще до їх критичного прояву. Побудований графік дає змогу своєчасно реагувати на потенційні ризики й уникати аварійних ситуацій. Всі результати проведених вимірювань наведено на рисунку 3.5.

2. Раціональне планування ремонтів. Завдяки точному прогнозуванню моменту досягнення граничного зносу можна заздалегідь планувати ремонтні заходи. Це дозволяє уникати незапланованих зупинок та оптимізувати використання ресурсів.

3. Ефективне управління запасами. Аналіз графіка зносу дає змогу вчасно виявити потребу в запасних частинах і сформувати

аварійний резерв. Це мінімізує ризики простою через відсутність необхідних деталей.

4. Скорочення витрат. Зменшення кількості аварій, оптимізація графіків ТОіР та зниження витрат на екстрені закупівлі й простої дають змогу зменшити загальні експлуатаційні витрати.

5. Підвищення надійності та безпеки. Чіткий контроль за технічним станом устаткування зменшує імовірність раптових відмов і підвищує рівень техногенної безпеки підприємства.

Переваги деталізованого моніторингу зносу:

1. Збір даних. Графік формують на основі комплексного збору інформації з різних джерел: показників датчиків (вібраційних, температурних, тискових), результатів візуального огляду, даних неруйнівного контролю (наприклад, ультразвукової дефектоскопії, термографії), а також архіву ремонтних втручань і замін компонентів. Це забезпечує повну картину технічного стану обладнання.

2. Візуалізація процесу зношування. На основі зібраних даних будуються криві зносу, які наочно демонструють динаміку погіршення технічного стану ключових вузлів. Такий підхід дозволяє оперативно оцінювати рівень ризику та приймати обґрунтовані рішення щодо технічного обслуговування.

3. Виявлення критичних меж. Аналіз кривих дозволяє визначати так звані "критичні точки" — порогові значення, після досягнення яких суттєво зростає ймовірність поломки або аварійної зупинки. Це дає змогу вчасно здійснювати планові заміни та ремонти, запобігаючи простою і фінансовим втратам.

Проактивне планування ремонтів та управління аварійним запасом матеріалів забезпечує:

1. Перехід до превентивного обслуговування. Замість очікування факту відмови обладнання, технічне обслуговування планується наперед — на основі фактичного стану машин, а не лише

календарного графіка. Це дозволяє зменшити аварійність і забезпечити стабільну роботу виробничого процесу.

2. Рациональне використання ресурсів. Планування ремонтних робіт з урахуванням графіка зносу дає змогу ефективніше розподіляти персонал, інструменти та технічні засоби. Уникаються ситуації, коли кілька одиниць обладнання потребують одночасного втручання, що перевантажує ремонтні служби.

3. Скорочення тривалості простоїв. Завдяки підготовленості до обслуговування — як у частині запасних частин, так і організаційних рішень — тривалість зупинок обладнання значно зменшується. Це позитивно впливає на загальний рівень продуктивності підприємства.

4. Управління аварійним запасом. Аналіз прогнозованих термінів зносу дозволяє сформулювати цільовий перелік запчастин, які мають бути в наявності на складі. Такий підхід виключає як дефіцит, так і надлишок матеріалів.

5. Фінансову ефективність. Підтримання лише необхідного мінімуму запасів знижує витрати на зберігання та виключає заморожування коштів у непотрібні запаси. А в разі виникнення позаштатної ситуації — підприємство вже має все необхідне для оперативного усунення несправності.

Подальший розвиток системи прогнозування технічного обслуговування може включати такі напрямки:

1. Інтеграція з ERP/CMMS-системами. Підключення графіка зносу до корпоративних платформ управління активами (як-от SAP, 1С, Limble CMMS) дозволяє автоматизувати процеси формування замовлень на закупівлю, планування обслуговування та ведення історії ремонтів. Це забезпечує цілісність даних та синхронізацію між підрозділами.

2. Застосування машинного навчання. Використання алгоритмів штучного інтелекту для аналізу накопичених даних про

роботу обладнання дозволяє будувати більш точні прогнози, виявляти приховані закономірності у зношенні та адаптувати графіки обслуговування під реальні умови експлуатації.

3. Оцінка економічної доцільності. Важливо продемонструвати вплив впровадженого підходу на економічні показники: зменшення кількості аварійних зупинок, зниження витрат на термінові ремонти, скорочення простоїв, підвищення ефективності використання запасних частин. Це дозволяє обґрунтувати рентабельність впровадження системи на рівні підприємства.

Використання впровадженого графіка зносу поверхні роликів, валків та барабанів конвеєрів дозволяє значно підвищити ефективність управління технічним обслуговуванням. Цей інструмент є ключовим для точного визначення дати заміни товарно-матеріальних цінностей шляхом прогнозування залишкового ресурсу критичних компонентів, що дає змогу мінімізувати незаплановані простої та оптимізувати складські запаси, уникнувши як дефіциту, так і надлишкового накопичення деталей, а також для встановлення обґрунтованого обсягу аварійного запасу, необхідного для оперативного реагування на позапланові ситуації й забезпечення безперервності виробничого процесу.

Завдяки впровадженню цієї системи моніторингу зносу на базі вимірювання лінійних розмірів, ми отримуємо потужний інструмент для довгострокового планування обслуговування, що є запорукою стабільності та ефективності металургійного виробництва [38].

Використання комбінації зазначених методів забезпечує проведення багатопараметричної діагностики обладнання, що дозволяє своєчасно виявляти відхилення у його роботі, знижувати рівень аварійності, підвищувати точність планування ремонтних робіт і формувати достовірну інформаційну базу для впровадження концепції технічного обслуговування за фактичним станом. У результаті

створюються передумови для переходу від жорстко фіксованих, календарно-орієнтованих графіків до більш гнучких, адаптивних сценаріїв обслуговування, що відповідають реальним умовам експлуатації обладнання.

3.2 Удосконалення планування ремонтів сукупним методом діагностування, аварійного запасу ТМЦ та впровадженню системи CMMS

Згідно з аналітичними даними, отриманими в результаті внутрішнього моніторингу технічних простоїв основного обладнання на підприємстві ЗЛМЗ, філіал №2, у 2024 році спостерігається значна варіативність тривалості та частоти зупинок як між цехами, так і у порівнянні з 2023 роком. Зокрема, динаміка показників за обсягами простоїв у годинах демонструє, що незаплановані зупинки залишаються суттєвим фактором втрат виробничого часу та продуктивності.

На прикладі середньомісячного значення простоїв у 2024 році, хоча й показало окремі позитивні тенденції порівняно з 2023-м, в окремих підрозділах (зокрема СФЛЦ та МСЦ) перевищує допустимі значення, закладені у внутрішні нормативи. Аналіз частоти повторюваних простоїв показує, що низка одиниць обладнання (наприклад, у ЦМК та СФЛЦ) систематично виходять з ладу, що свідчить про наявність структурних проблем у системі планування ремонтів або дефіциту необхідних запасних частин для оперативного втручання. (Інформація проаналізована згідно графіків простоїв та аналітичних даних, але наявно не висвітлені в цій роботі із розуміння конфіденційності і комерційної таємниці).

Попри впровадження широкого спектра сучасних методів технічної діагностики (вібраційної, термографічної, акустико-емісійної,

електричної тощо), ефективність планування ремонтних заходів значною мірою залежить не лише від виявлення дефектів, а й від оперативної готовності ресурсної бази підприємства. У зв'язку з цим перспективним напрямом удосконалення системи ТОiP на ЗЛМЗ є інтеграція даних технічної діагностики з моніторингом аварійного (страхового) запасу ТМЦ, необхідних для ремонту.

Це реалізація принципу Maintenance Decision Support System (MDSS) - система підтримки прийняття рішень у сфері технічного обслуговування, яка поєднує дані з технічної діагностики, управління запасами та ризик-менеджменту для автоматичного формування обґрунтованих ремонтних дій. Суть підходу полягає у використанні сукупного методу, за якого результати вимірювань технічного стану обладнання автоматично поєднуються з інформацією про наявність на складі необхідних комплектуючих і витратних матеріалів, очікуваний час поставки дефіцитних позицій, критичність вузлів за шкалою ймовірності відмов, а також нормативи щодо мінімального обсягу страхового запасу. Така інтеграція дозволяє приймати обґрунтовані рішення щодо строків і пріоритетності технічного обслуговування та закупівель.

Такий підхід поєднує елементи Condition-Based Maintenance (CBM), Inventory Management System (IMS/WMS), SCADA/CMMS та Risk-Based Maintenance (RBM) що дозволяє не лише прогнозувати необхідність ремонту, а й реалістично оцінювати його здійсненність у задані строки, враховуючи матеріально-ресурсні обмеження, без втрат для виробництва.

Система підтримки прийняття рішень у технічному обслуговуванні (MDSS) об'єднує дані з діагностики, управління запасами та оцінки ризиків, створюючи основу для ефективного планування ремонтів. MDSS використовує аналітичні алгоритми, що дозволяють автоматично прогнозувати потреби в матеріально-технічних ресурсах на основі стану

обладнання та критичності вузлів. Цей підхід схвалений у міжнародній практиці як частина концепції Integrated Maintenance and Logistics Support (IMLS) в межах стандарту ISO 55000 [33, 37].

Комбінований метод CBM+IMS інтегрує діагностичні дані (вібрація, температура, струм, мастило тощо) з даними системи обліку запасів IMS або WMS. Це дозволяє формувати прогнози потреб у запасних частинах не лише на основі графіків, а й стану устаткування та доступності матеріалів на складі. Результатом є: автоматичне формування заявок, оптимізація аварійного запасу, уникнення термінових закупівель і зниження витрат [40, 41].

SCADA-системи здійснюють безперервний моніторинг параметрів обладнання на рівні контролерів (PLC, RTU), фіксуючи тривоги та виявляючи тренди змін у процесі виробництва. Системи CMMS, у свою чергу, відповідають за планування, облік та супровід ремонтних робіт, заявок, ресурсів і результатів технічного обслуговування та ремонту. Інтеграція SCADA та CMMS забезпечує послідовність дій: SCADA фіксує перевищення контрольованих параметрів, CMMS отримує відповідний сигнал і перевіряє наявність необхідних матеріалів на складі, за потреби автоматично формує заявку, після чого планує ремонтні роботи. Ця взаємодія забезпечує наскрізний цикл від моніторингу до логістики та виконання ToiP [42, 43] з урахуванням діючих графіків.

Системи IMS/WMS автоматизують облік залишків, логістику, переміщення і поповнення матеріалів. Зв'язок із CMMS дозволяє перевірити забезпеченість запасами у режимі «on demand» — у момент формування заявки. Це дає змогу зменшити страховий запас, знизити витрати на зберігання та уникнути дефіциту критичних деталей [44, 45].

У перспективі доцільним є запровадження інтегрованої цифрової платформи, яка об'єднує модуль технічного моніторингу стану обладнання (CBM), модуль управління запасами (IMS/WMS) та систему управління технічним обслуговуванням і ремонтами (CMMS). Такий підхід забезпечить можливість формування адаптивних графіків технічного обслуговування та ремонту (TOiP), які ґрунтуються як на фактичному технічному стані обладнання, так і на рівні логістичної готовності до виконання ремонтних заходів. Це особливо актуально для об'єктів із високим ступенем критичності, вихід з ладу яких призводить до суттєвих фінансових втрат для підприємства.

У системі технічного обслуговування та ремонтів критично важливим є не лише своєчасне виявлення дефекту, а й забезпечення наявності необхідних ресурсів для негайного реагування. При відсутності автоматизованого планування запасних частин, навіть за наявності якісної діагностики, може виникати затримка з ремонтом, що призводить до значних фінансових втрат.

Для ілюстрації економічної доцільності впровадження інтегрованих цифрових рішень, зокрема системи керування технічним обслуговуванням і ремонтами (CMMS) з функціоналом прогнозування потреб в аварійному запасі товарно-матеріальних цінностей, доцільно побудувати обґрунтований приклад оцінки грошових втрат, що виникають унаслідок незапланованого простою обладнання. Такий розрахунок передбачає урахування вартості простою одиниці обладнання за годину, середньої тривалості затримки через відсутність критичної комплектуючої, впливу на зменшення обсягів виробництва продукції, а також прямих втрат доходу, спричинених недовипуском запланованого обсягу продукції.

На прикладі аварійної ситуації на дільниці гарячого прокату, пов'язаної з виходом з ладу підшипника головного валу редуктора

(виявленого під час планової вібраційної діагностики), можна здійснити орієнтовний розрахунок грошових втрат, що виникають за відсутності ефективної системи прогнозування потреб у запасних частинах. За умови, що деталь не була на складі, а її замовлення виконується вручну, час постачання становить щонайменше 48 годин. При цьому вартість простою агрегата (з урахуванням витрат на оплату праці персоналу, енергоспоживання та втрати продуктивності) складає приблизно 4 500 грн на годину. Таким чином, прямі втрати від простою за 48 годин становитимуть 216000 грн. Додатково, з огляду на норму випуску 25 тонн на годину та прибутковість 500 грн за тону, втрати від недовипущеної продукції становитимуть ще 600000 грн ($25 \times 500 \times 48$). У підсумку сукупні збитки через відсутність оперативного постачання однієї критично важливої деталі можуть сягати 816000 грн, що підкреслює критичну важливість впровадження інтегрованих цифрових рішень для управління запасами та технічним обслуговуванням.

У разі впровадження системи CMMS з функцією інтегрованого прогнозування потреб у запасних частинах, забезпечується автоматичне виявлення критичних відхилень вібраційних параметрів обладнання та своєчасне ініціювання замовлення необхідної деталі ще до моменту її фактичної відмови. Це дозволяє організувати ремонт у межах планового вікна технічного обслуговування, наприклад, тривалістю 4 години, без переривання виробничого процесу. За такого сценарію деталь постачається завчасно, обладнання виводиться з експлуатації у визначений термін, а ремонтні роботи здійснюються без створення простоїв, що мінімізує виробничі та фінансові втрати підприємства.

Таким чином, несвоєчасне забезпечення запасними частинами для аварійного ремонту критичного обладнання може спричинити сукупні втрати в понад 800 000 грн за один випадок. Впровадження

системи автоматизованого планування на основі CMMS із модулем управління запасами (IMS/WMS) дозволить мінімізувати такі втрати за рахунок своєчасного замовлення, зниження простоїв та підвищення ефективності ремонту. У даному прикладі представлено умовну оцінку фінансових втрат, які може понести підприємство внаслідок несвоєчасного прогнозування відмови обладнання та відсутності запасної частини для негайного ремонту. Розрахунки базуються на типовій ситуації, що може виникнути у прокатному цеху при виході з ладу критичного елемента.

Також суттєвою проблемою у практиці технічного обслуговування і ремонтів, зокрема на ЗЛМЗ, є затримки у постачанні необхідних запасних частин, що виникають через відсутність системного підходу до планування аварійного запасу ТМЦ. У переважній більшості випадків відповідальність за своєчасне замовлення комплектуючих покладається на майстра ділянки або іншого посадовця, який формує заявку після отримання інформації від технічної діагностики або після безпосереднього виявлення несправності. Такий підхід є реактивним, залежить від людського фактору та не забезпечує оперативної логістики, що призводить до простоїв обладнання, необхідності термінових закупівель та втрати виробничого часу.

Для порівняння, у разі застосування традиційної моделі технічного обслуговування і ремонту (ТОіР), за якої замовлення критично важливих компонентів (зокрема високоточних підшипників або спеціалізованих муфт) здійснюється вручну та в терміновому порядку, середня вартість такої закупівлі становить орієнтовно 10000 грн за випадок. З урахуванням надбавки за терміновість, додаткових витрат на позапланову логістику, переналаштування обладнання та виробничі простої, загальна сума зростає до приблизно 14000 грн за одну ситуацію ($10000 \times 1,4$). За умов середньої частоти подібних випадків —

один раз на місяць — річні витрати перевищують 168000 грн (від 160 до 170 тис. грн). Окрім фінансових витрат, такі ситуації також створюють додаткове навантаження на служби постачання, ремонтні бригади та виробничі підрозділи підприємства.

Натомість впровадження сучасної комп'ютеризованої системи управління технічним обслуговуванням і ремонтами (CMMS) дозволяє істотно знизити ці витрати. Автоматизовані модулі CMMS здійснюють моніторинг історії ремонтів, аналізують частоту заміни деталей, критичність вузлів та пов'язують ці дані з інформацією про технічний стан обладнання (наприклад, на основі вібраційної або температурної діагностики). Така система здатна прогнозувати необхідність запасної частини заздалегідь і формувати замовлення автоматично, із урахуванням залишків на складі, нормативів страхового запасу та часу постачання. Завдяки цьому усувається потреба у термінових замовленнях, які традиційно дорожчі на 20–40 %, а обсяги аварійного запасу можуть бути оптимізовані до рівня, достатнього для задоволення прогнозованого попиту.

Згідно з наведеним прикладом, впровадження системи CMMS з автоматизованим прогнозуванням потреб у запасних частинах дозволяє завчасно ініціювати стандартне постачання необхідної деталі за базовою вартістю 10000 грн без надбавки за терміновість. Завдяки цьому простої або повністю запобігаються, або зводяться до мінімуму, а логістичні процеси здійснюються у плановому режимі. Загальні річні витрати на придбання такого компонента за умови щомісячної заміни становитимуть 120000 грн (10000×12). У порівнянні з традиційною моделлю, це забезпечує економію в розмірі 48000 грн на рік лише на одному типі деталі ($168000 - 120000$ грн). А при десятках або сотнях найменувань — економія може сягати сотень тисяч гривень щорічно.

Відповідно до аналітичних досліджень, впровадження CMMS-систем дозволяє зменшити кількість незапланованих простоїв до 25–40% та скоротити витрати на аварійні закупівлі запасних частин на 15–30% [37].

Серед додаткових переваг варто відзначити зростання надійності роботи обладнання, оптимізацію логістичних процесів і зменшення впливу людського чинника на прийняття критично важливих управлінських рішень [3]. Отже, перехід від фрагментарного, ручного підходу до формування аварійного запасу до інтегрованої, прогнозованої логістики, що ґрунтується на цифрових даних і алгоритмах управління, є обґрунтованим і необхідним кроком у напрямі підвищення ефективності експлуатації виробничих потужностей ТОВ «ЗЛМЗ».

Додатковим елементом вдосконалення має стати підвищення рівня стандартизації документації, зокрема — цифровізація ПОР, ПВР, ТК та дефектних відомостей з прив'язкою до модуля CMMS. Це дозволить створити наскрізну систему від діагностики до логістики, з можливістю автоматичного формування технічного завдання на ремонт.

Важливим принципом нової моделі також виступає ризик-орієнтоване планування (Risk-Based Maintenance, RBM)[46]. Воно передбачає, що до уваги береться не лише фізичний знос елементів, а й потенційні наслідки їхньої відмови для виробничого процесу, рівень відповідальності об'єкта та ймовірність затримки постачання необхідних ТМЦ. Застосування RBM дозволяє сконцентрувати ресурси на об'єктах критичного значення, що підвищує загальну надійність виробничої системи.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ III

У ході аналізу сучасних методів діагностики технічного стану обладнання на підприємстві ТОВ «ЗЛМЗ» (Криворізька філія) встановлено, що ефективне планування ремонтів неможливе без поєднання інструментальних засобів контролю з механізмами прогнозування зносу. Застосування вібраційної, термографічної, акустико-емісійної та електровимірювальної діагностики дозволяє виявляти потенційні несправності на ранніх етапах, мінімізуючи ризики аварійних зупинок. Побудова графіків зносу і контроль залишкового ресурсу створюють підґрунтя для переходу до обслуговування за фактичним станом.

Обґрунтовано доцільність впровадження сукупного підходу до планування ремонтів, що поєднує дані технічної діагностики з інформацією про аварійний запас ТМЦ та інтеграцію цифрових систем (CMMS, SCADA, IMS). Запропонована модель дозволяє своєчасно реагувати на виявлені відхилення, формувати адаптивні графіки обслуговування, знижувати витрати на термінові закупівлі та забезпечувати безперервність виробничих процесів. Впровадження цифрової платформи управління ТОiP відповідає вимогам сучасної стратегії управління активами відповідно до стандарту ISO 55000.

ВИСНОВКИ

У ході дослідження було узагальнено сучасні теоретико-методичні підходи до організації системи технічного обслуговування і ремонтів у промисловому середовищі. Визначено, що основою ефективної системи ТОіР є її здатність адаптуватися до змін у виробничому середовищі, враховувати специфіку технологічного процесу, стан обладнання та доступні ресурси. Підходи до технічного обслуговування еволюціонували від реактивної моделі до превентивної, а далі — до прогнозно-орієнтованої (predictive maintenance), що базується на аналізі фактичного технічного стану об'єкта.

Показано, що ефективне управління ТОіР ґрунтується на системному зборі та аналізі технічної інформації, впровадженні ризик-орієнтованого планування, а також застосуванні цифрових інструментів, таких як CMMS (computerized maintenance management system) та CBM (condition-based monitoring). Ці системи дають змогу автоматизувати планування робіт, оптимізувати використання матеріальних і трудових ресурсів, скорочувати простої та знижувати витрати на обслуговування обладнання. Завдяки цьому підвищується загальна ефективність виробництва та досягається стабільна експлуатація технічних засобів.

Проведений аналіз підтвердив ключову роль системи планово-попереджувального обслуговування (ППО) у забезпеченні технічної надійності та стабільності роботи обладнання в умовах промислового виробництва. Завдяки регламентованим інтервалам обслуговування, ППО дозволяє своєчасно виявляти й усувати потенційні несправності до того, як вони призведуть до відмов або аварій. Це значно знижує ризики незапланованих простоїв та підвищує загальну експлуатаційну готовність обладнання.

Окрім підвищення надійності, система ППО сприяє оптимізації витрат на технічне обслуговування і ремонти. Планування робіт відповідно до графіків і технічного стану вузлів дозволяє уникати надлишкових втручань і зменшити витрати на термінові ремонти. Водночас, поєднання ППО з сучасними методами діагностики відкриває можливість гнучкого переходу до обслуговування за фактичним станом, що ще більше підвищує ефективність управління життєвим циклом обладнання.

У процесі дослідження було вивчено основні міжнародні стандарти (зокрема ISO 14224, ISO 55000) та національні нормативні документи, що регламентують організацію ТОіР. Встановлено, що інтеграція міжнародних підходів до національної практики дозволяє підвищити прозорість, уніфікованість процедур і рівень технічної безпеки.

Проведена оцінка організаційної структури технічної служби ТОВ «ЗЛМЗ» (Криворізька філія) дозволила виявити існуючі недоліки, зокрема фрагментарність функцій планування, відсутність єдиного цифрового середовища та обмежене використання діагностичних даних у процесі прийняття рішень. Це знижує ефективність обслуговування обладнання та ускладнює оперативне реагування на відмови.

Аналіз внутрішньої документації підприємства щодо технічного обслуговування та ремонтів показав потребу в актуалізації графіків ТОіР, уніфікації підходів до обліку відмов і деталізації інформації про залишковий ресурс обладнання. Застосування формалізованого підходу на основі даних і цифрових інструментів дозволить підвищити прозорість процесу планування.

Вивчення діагностичних методів, які застосовуються на підприємстві, засвідчило наявність широкого спектра інструментів: вібраційна діагностика, термографія, акустико-емісійний контроль, електричні вимірювання та аналіз мастильних матеріалів. Водночас необхідним є більш системне використання результатів діагностики у формуванні адаптивних графіків ТОiP.

За результатами дослідження запропоновано практичні рекомендації щодо удосконалення методології планування ремонтів. Сформовано модель, що поєднує моніторинг технічного стану обладнання з логістичним аналізом наявності запасних частин і ресурсів. Обґрунтовано доцільність впровадження інтегрованої цифрової платформи на базі CMMS з прогнозною функцією, що дозволить мінімізувати незаплановані простої, знизити витрати та підвищити надійність експлуатації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ EN 13306:2019. Технічне обслуговування. Терміни та визначення понять (EN 13306:2017, IDT). Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2019.
2. Методичні вказівки до самостійної роботи з дисципліни «Експлуатація та ремонт верстатів» для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня зі спеціальності 131 «Прикладна механіка» за освітньо–професійною програмою «Технології машинобудування» 133 «Галузеве машинобудування» освітньо-професійних програм «Інструментальне виробництво» і «Металорізальні верстати та системи» / Укл.: Чернишов О.В., Шушура М.В. Кам'янське, ДДТУ, 2017. – 23 с. URL: <https://www.dstu.dp.ua/Portal/Data/1/1/1-1-mzs29.pdf> (дата звернення: 26.06.2025)
3. Про затвердження Положення про технічне обслуговування устаткування гірничодобувних підприємств: наказ Міністерства промислової політики України від 04.04.2003р. №281. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0733-03#Text> (дата звернення: 26.06.2025)
4. Положення про технічне обслуговування і ремонт енергетичного устаткування коксохімічних підприємств: наказ Міністерства промислової політики України від 28.12.2009р. №932. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0932581-09#Text> (дата звернення: 26.06.2025)
5. Іванишин В.В. Техніко-економічні передумови організації і розвитку фірмового технічного сервісу. *Ефективна економіка*. 2012. №5. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=1511> (дата звернення: 26.06.2025)
6. ТОiP (технічне обслуговування). *Smart EAM* – веб-сайт. URL: <https://smart-eam.com/ua/news/toir-tehnicheskoe-obslyzhivanie-i-remonti/> (дата звернення: 26.06.2025)
7. Котлярова В.Г. Сучасний підхід до організації підтримки працездатності устаткування на промисловому підприємстві. *Ефективна економіка*. 2020. №4. DOI: <https://doi.org/10.32702/2307-2105-2020.4.80> (дата звернення: 26.06.2025)
8. Технічне обслуговування. *Вікіпедія* – веб-сайт. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Технічне_обслуговування. (дата звернення: 26.06.2025)
9. How CMMS Transforms Preventive Maintenance. *Limble CMMS* – веб-сайт. URL: <https://limblecmms.com/learn/preventive-maintenance/cmms-transformation> (дата звернення: 26.06.2025)
10. Ogbeifun, E., Pasipatorwa, P., & C. Pretorius, J.-H. Harnessing the Multiple Benefits of a Computerised Maintenance Management System. *IntechOpen*. 2021. DOI: <https://doi.org/10.5772/intechopen.93732> (дата звернення: 26.06.2025)

11. Thyago P. Carvalho, Fabrizzio A. A. M. N. Soares, Roberto Vita, Roberto da P. Francisco, João P. Basto, Symone G. S. Alcalá. A systematic literature review of machine learning methods applied to predictive maintenance. *Computers & Industrial Engineering*. 2019. Volume 137. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.106024>. (дата звернення: 26.06.2025)
12. Mobley, R.K. An Introduction to Predictive Maintenance. 2 ed. 2020. 459 pages. URL: <https://www.irantpm.ir/wp-content/uploads/2008/02/an-introduction-to-predictive-maintenance.pdf> (дата звернення: 26.06.2025)
13. Lee, J., Davari, H., Singh, J. & Pandhare, V. Industrial Artificial Intelligence for industry 4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing Letters*. 2019. 18. P. 20–23. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2018.09.00> (дата звернення: 26.06.2025)
14. Конспект лекцій з курсу “Управління якістю” для студентів напряму підготовки 6.030501 “Менеджмент” усіх форм навчання / С. В. Гринчуцька. Тернопіль, ТНТУ імені І. Пулюя, 2011, 76 с. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/161834033.pdf> (дата звернення: 26.06.2025)
15. ISO: Global standards for trusted goods and services. *ISO* – веб-сайт. URL: <https://www.iso.org> (дата звернення: 26.06.2025)
16. Про стандартизацію: Закон України від 05.06.2014 № 1315-VII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/1315-18> (дата звернення: 26.06.2025)
17. Міжнародні стандарти ISO серії 9000. *Friedman* – веб-сайт. URL: <https://friedman.com.ua/ua/info/tariff-regulation/certifications/mezhdunarodnye-standarty-iso-serii-9000-346/> (дата звернення: 26.06.2025)
18. Про міжнародні стандарти та системи екологічного менеджменту. *Центр підготовки фахівців зелених професій та допомоги бізнесу в напрацюванні стійких практик* – веб-сайт. URL: <https://ukraine-oss.com/pro-mizhnarodni-standarty-ta-systemy-ekologichnogo-menedzhmentu/> (дата звернення: 26.06.2025)
19. ISO 45001:2018 Системи управління охороною здоров'я та безпекою праці. Вимоги з настановами щодо застосування. *ISO* – веб-сайт. URL: <https://www.iso.org/standard/63787.html> (дата звернення: 26.06.2025)
20. International Electrotechnical Commission. Wikipedia – веб-сайт. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/International_Electrotechnical_Commission (дата звернення: 26.06.2025)
21. Power What's Next for Tech. IEEE – веб-сайт. URL: <https://www.ieee.org/> (дата звернення: 26.06.2025)
22. ISO 55001:2024. *Asset management — Management systems — Requirements*. International Organization for Standardization. *ISO* – веб-сайт. URL: <https://www.iso.org/standard/83054.html> (дата звернення: 26.06.2025)

[https://dnaop.com/html/61854/doc-%D0%94%D0%A1%D0%A2%D0%A3 EN 13306 2006](https://dnaop.com/html/61854/doc-%D0%94%D0%A1%D0%A2%D0%A3_EN_13306_2006) (дата звернення: 26.06.2025)

36. Іванова Л. Технічне обслуговування ремонт і монтаж машин та агрегатів металургійних підприємств. Частина I. Електронний посібник. URL:

https://vukladach.pp.ua/MyWeb/manual/galyzeve_mahunobydyvannja/Metalurhiya/Metalurhiya/rozdil%202/2_2.htm (дата звернення: 26.06.2025)

37. ISO 17359:2018 Моніторинг стану та діагностика машин — Загальні рекомендації. ISO — веб-сайт. URL:

<https://www.iso.org/standard/71194.html> (дата звернення: 26.06.2025)

38. Розробка головного фахівця з поточних та капітальних ремонтів механічного устаткування, Лактіонова Є. О. «ЗЛМЗ (Криворізька філія)» [Чинний від 30.03.2023]. 75 с.

39. How to make condition-based maintenance more effective. *FIIIX* — веб-сайт. URL: <https://fiixsoftware.com/blog/effective-condition-based-maintenance/> (дата звернення: 26.06.2025)

40. Jardine, A. K. S., Lin, D., & Banjevic, D. "A review on machinery diagnostics and prognostics implementing condition-based maintenance," *Mechanical Systems and Signal Processing*, vol. 20, no. 7, pp. 1483-1510, 2006.

41. Syan, C. S., & Menon, U. *Concurrent Engineering Techniques and Applications*. Springer. 2018. URL: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-94-011-1298-7> (дата звернення: 26.06.2025)

42. Boyer, S. A. *SCADA: Supervisory Control and Data Acquisition*. 4th ed. ISA. 2010. URL: https://www.iqytechnicalcollege.com/Scada_%20Supervisory%20Control%20And%20Data%20Acquisition.pdf (дата звернення: 26.06.2025)

43. What is a CMMS? *FIIIX* — веб-сайт. URL: <https://fiixsoftware.com/cmms/> (дата звернення: 26.06.2025)

44. Choy, K. L., Lee, W. B., & Lo, V. Development of a case based intelligent decision support system for inventory management. *Expert Systems with Applications*. 2024. 26(3), P. 371–382

45. ISO 8000-63:2019. Data quality — Part 63: Data quality management: Inventory and spare parts. ISO — веб-сайт. URL: <https://www.iso.org/standard/65344.html> (дата звернення: 26.06.2025)

46. Khan, F. I., & Haddara, M. M. Risk-based maintenance (RBM): a new approach for process plant inspection and maintenance. *Process Safety Progress*. 2004. 23(4). P. 252–265.

ДОДАТКИ

Інформація вилучена на підставі закону України «Про інформацію» від 2 жовтня 1992 року № 2657-XII (зі змінами і доповненнями)