

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»  
Факультет автоматизації виробництва та цифрових технологій  
Кафедра автоматизації, електро- та робототехнічних систем

«Допущено до захисту»  
Гарант ОПП

Дмитро ЖЕРЛІЦИН

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня магістра

за підсумками виконання  
освітньо-професійної програми  
«Бізнес-процеси та операційна ефективність»  
за спеціальністю 051 «Економіка»

**на тему «Підвищення операційної ефективності підприємства на  
основі оптимізації ремонтної функції та витрат на ТОiP»**

Керівник роботи		Олексій МІНЦ	
Консультант від бази практики		Юрій УДОВІКОВ	
<i>Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело</i>			
Здобувач		Віталій СИТЕНКО	
<i>Підсумкова оцінка за атестацію</i>			
Голова ЕК		Юлія РЯХОВСЬКА	

Запоріжжя 2026

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»  
Кафедра цифрових технологій та проєктно-аналітичних рішень  
Освітньо-кваліфікаційний рівень: магістр  
Спеціальність: 051 «Економіка»  
ОПП «Бізнес-процеси та операційна ефективність»

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Професор кафедри  
ЦТПАР  
Жерліцин Д.М.  
“ ” \_\_\_\_\_ 2025 року

## **ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

1. Тема роботи «Підвищення операційної ефективності вугільного підприємства на основі диджиталізації процесів технічного обслуговування і ремонту в умовах ВСП "Шахтоуправління "Імені ГЕРОЇВ КОСМОСУ" ПРАТ "ДТЕК Павлоградвугілля"»

Керівник роботи Мінц О.Ю., Доктор економічних наук, Професор кафедри ЦТПАР.

затверджена наказом ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА» від 10.09.2025 року №239.

2. Строк подання здобувачем роботи 20.01.2026

3. Вихідні дані до роботи: основні показники роботи «ВСП "Шахтоуправління "Імені ГЕРОЇВ КОСМОСУ" ПРАТ "ДТЕК Павлоградвугілля"», звітність «ВСП "Шахтоуправління "Імені ГЕРОЇВ КОСМОСУ" ПРАТ "ДТЕК Павлоградвугілля" », дані Ситенко В.А.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

Вступ.

Розділ 1. Теоретичні основи управління технічним обслуговуванням і ремонтом на промислових підприємствах

Розділ 2. Аналіз поточного стану системи ТОіР та рівня диджиталізації на ВСП "Шахтоуправління "Імені ГЕРОЇВ КОСМОСУ" ПРАТ "ДТЕК Павлоградвугілля"

Розділ 3. Обґрунтування та проєктування цифрової моделі ТОіР на ВСП "Шахтоуправління "Імені ГЕРОЇВ КОСМОСУ" ПРАТ "ДТЕК Павлоградвугілля"

Висновки

5. Перелік графічного матеріалу:

1.1. Структура показника загальної ефективності обладнання ОЕЕ

1.2. Крива Р-Ф та інтервал попередження відмов

- 1.3. Замкнений контур цифрового управління надійністю «Smart Mine»
- 1.4. Логіко-структурна схема методології дослідження
- 2.1. SWOT-аналіз бізнес-процесу Технічне обслуговування і ремонт обладнання на шахті ім.Героїв Космосу
- 2.2. Графіки зв'язку видобутку вугілля від витрат
- 2.3. Діаграма Парето простоїв обладнання
- 2.4. Модель бізнес-процесу Технічне обслуговування і ремонт «AS IS» в нотації BPMN 2.0
- 3.1. Стратегія переходу до предиктивного обслуговування
- 3.2. Витрати на ТОіР за 2024рік в розрізі дільниць
- 3.3. Архітектура системи збору та передачі даних
- 3.4. Алгоритм автоматизованого управління обслуговуванням на основі технології «Цифровий двійник» та інтеграції з SAP PM
- 3.5. Подання структури витрат часу на діагностику обладнання
- 3.6. Модель бізнес-процесу Технічне обслуговування і ремонт «TO BE» в нотації BPMN 2.0
- 3.7. Діаграма Ганта впровадження проекту предиктивного обслуговування
- 3.8. Цільовий графік залежності видобутку вугілля від витрат на ТОіР

#### 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1.			
2.			
3.			

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

#### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз літературних джерел за темою дипломної роботи	07.12.2025	
2	Вступ	14.12.2025	
3	Розділ 1. Теоретичні основи управління технічним обслуговуванням і ремонтом на промислових підприємствах	28.12.2025	

4	Розділ 2. Аналіз поточного стану системи ТОіР та рівня диджиталізації на ВСП "Шахтоуправління "Імені ГЕРОЇВ КОСМОСУ" ПРАТ "ДТЕК Павлоградвугілля"	10.01.2026	
5	Розділ 3. Обґрунтування та проектування цифрової моделі ТОіР на ВСП "Шахтоуправління "Імені ГЕРОЇВ КОСМОСУ" ПРАТ "ДТЕК Павлоградвугілля"	20.01.2026	
6	Висновки	20.01.2026	
7	Подання роботи на перевірку	22.01.2026	

**Здобувач вищої освіти** \_\_\_\_\_ Ситенко В.А.

підпис

**Керівник роботи** \_\_\_\_\_ Мінц О.Ю.

підпис

## АНОТАЦІЯ

Ситенко В.А. Підвищення операційної ефективності підприємства на основі оптимізації ремонтної функції та витрат на ТОiP. – Кваліфікаційна праця на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 051 Економіка. ОПП «Бізнес-процеси та операційна ефективність» – ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», Запоріжжя, 2026.

Об'єктом дослідження є система технічного обслуговування і ремонту (ТОiP) обладнання на вугільному підприємстві ВСП «Шахтоуправління «Імені Героїв Космосу».

Предметом дослідження є методи, інструменти та цифрові технології управління ТОiP, спрямовані на підвищення операційної ефективності вугільного підприємства.

Метою роботи є підвищення операційної ефективності підприємства шляхом розробки проекту цифрової трансформації процесів ТОiP.

Результати та їхнє практичне значення. У роботі теоретично обґрунтовано доцільність переходу від реактивної моделі ремонтів до предиктивної стратегії в умовах Індустрії 4.0. Проведено комплексну діагностику підприємства, яка виявила низьку ефективність існуючої системи ППР (відсутність кореляції між витратами та видобутком) та визначила критичне обладнання (очисні комбайни, конвеєри). Розроблено проект впровадження системи моніторингу на базі IIoT та інтеграції з ERP-системою SAP, що дозволяє автоматизувати управління надійністю. Запропоновано модель бізнес-процесу «ТО BE» в нотації BPMN 2.0. Економічні розрахунки за методикою UNIDO підтвердили ефективність проекту: досягнуто позитивного значення NPV, високого рівня IRR та швидкої окупності інвестицій за рахунок скорочення аварійних простоїв і подовження життєвого циклу активів.

Відомості про обсяг роботи: Основний зміст викладено на 96 сторінках, робота містить 16 таблиць, 16 рисунків, 1 додаток. Список використаних джерел налічує 29 найменувань.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** ОПЕРАЦІЙНА ЕФЕКТИВНІСТЬ, ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ, ДИДЖИТАЛІЗАЦІЯ, ПРЕДИКТИВНА АНАЛІТИКА, БІЗНЕС-ПРОЦЕС.

## ЗМІСТ

ВСТУП	9
1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ УПРАВЛІННЯ ТЕХНІЧНИМ ОБСЛУГОВУВАННЯМ І РЕМОНТОМ НА ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВАХ	13
1.1. Сутність та роль систем технічного обслуговування і ремонту в забезпеченні ефективності виробництва	13
1.2. Еволюція та класифікація моделей ТОіР: від реактивних до предиктивних стратегій	19
1.3. Диджиталізація виробничих процесів як основа трансформації ТОіР: технології Індустрії 4.0	23
1.4. Методичний підхід та обґрунтування вибору інструментарію дослідження	30
2. АНАЛІЗ ПОТОЧНОГО СТАНУ СИСТЕМИ ТОіР ТА РІВНЯ ДИДЖИТАЛІЗАЦІЇ НА ВСП «ШАХТОУПРАВЛІННЯ «ІМЕНІ ГЕРОЇВ КОСМОСУ» ПРАТ «ДТЕК ПАВЛОГРАДВУГІЛЛЯ»	35
2.1. Загальна характеристика шахти ім. Героїв Космосу	35
2.2. Аналіз організації процесів технічного обслуговування і ремонту	35
2.3. Визначення ключових проблем та «вузьких місць» у діючій системі ТОіР	37
2.4. Аналіз рівня автоматизації та цифрових практик у системі обслуговування	53
3. ОБґРУНТУВАННЯ ТА ПРОЕКТУВАННЯ ЦИФРОВОЇ МОДЕЛІ ТОіР ВСП «ШАХТОУПРАВЛІННЯ «ІМЕНІ ГЕРОЇВ КОСМОСУ» ПРАТ «ДТЕК ПАВЛОГРАДВУГІЛЛЯ»	58
3.1. Розробка стратегії переходу до предиктивного обслуговування з використанням елементів Індустрії 4.0	58
3.2. Модель цифрової системи ТОіР: структура, принципи, етапи реалізації	74

3.3. Оцінка впливу впровадження диджиталізації на показники ефективності	79
3.4. Економічна оцінка доцільності переходу до цифрової системи ТОІР	83
ВИСНОВКИ	94
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	97

Додаток А. Змодельовані бюджети витрат по основним дільницям шахти ім.Героїв Космосу у 2025р.

## ВСТУП

Сучасний етап розвитку промисловості в Україні супроводжується зростанням потреб у підвищенні ефективності виробничих процесів, особливо в енергоємних та технічно складних галузях, до яких належить вугільна промисловість. Вугільні підприємства відіграють ключову роль у забезпеченні паливно-енергетичного балансу держави, проте стикаються з критичними викликами: фізичним зносом основних фондів, дефіцитом кваліфікованих кадрів та високою собівартістю видобутку. Одним із найважливіших чинників, що визначає безперервність і безпеку вуглевидобутку, є надійність гірничошахтного обладнання.

Традиційні підходи до технічного обслуговування та ремонту (ТОiP), що базуються на планово-попереджувальних ремонтах або реакції на аварійні відмови, в умовах сьогодення втрачають свою ефективність. Вони не дозволяють точно прогнозувати збої, що призводить до значних фінансових втрат, незапланованих простоїв та зниження загальної продуктивності. В умовах концепції Індустрії 4.0 безальтернативним шляхом розвитку стає диджиталізація процесів — використання Інтернету речей (IoT), аналітики великих даних та цифрових двійників. Це дозволяє трансформувати технічну службу з пасивної витратної частини в активний інструмент підвищення операційної ефективності, забезпечуючи перехід до предиктивного обслуговування. З огляду на необхідність оптимізації витрат та підвищення конкурентоспроможності продукції ВСП «Шахтоуправління «Імені Героїв Космосу», обрана тема дослідження є своєчасною та актуальною.

Теоретико-методологічні аспекти управління ефективністю промислових підприємств та впровадження цифрових технологій висвітлено в працях таких вітчизняних та зарубіжних вчених, як В.П. Вишневський [1], С.В. Іванов [4], В.І. Бондаренко [2], В.Д. Чекіна [4], Л.О. Сигида [5] та ін. Питання модернізації гірничого обладнання та специфіки

вугільної галузі досліджували О.А. Карапетян [7], О.В. Стогній [6]. Разом з тим, незважаючи на значний науковий доробок, питання практичної імплементації комплексних цифрових систем ТОіР безпосередньо на вугільних підприємствах України залишаються недостатньо опрацьованими, зокрема в частині економічного обґрунтування переходу до предиктивних моделей обслуговування.

Метою кваліфікаційної роботи є підвищення операційної ефективності ВСП «Шахтоуправління «Імені Героїв Космосу» ПрАТ «ДТЕК Павлоградвугілля» на основі розробки та обґрунтування проєкту диджиталізації процесів технічного обслуговування і ремонту обладнання.

Для досягнення поставленої мети вирішено такі завдання:

вивчити теоретичні основи управління ТОіР та систематизувати сучасні цифрові підходи (IoT, Digital Twins) у промисловості;

здійснити аналіз господарської діяльності та існуючої системи ТОіР на базовому підприємстві, виявити «вузькі місця» та причини операційної неефективності;

оцінити рівень цифровізації підприємства та вплив поточних методів обслуговування на виробничі показники;

обґрунтувати доцільність переходу до стратегії предиктивного обслуговування для критичного обладнання;

розробити проєкт цифрової трансформації ТОіР, включаючи технічну архітектуру та модель бізнес-процесів;

розрахувати економічну ефективність та окупність запропонованих проєктних рішень.

Об'єктом дослідження є система технічного обслуговування і ремонту обладнання на вугільному підприємстві ВСП «Шахтоуправління «Імені Героїв Космосу».

Предметом дослідження є методи, інструменти та цифрові технології управління ТОіР, спрямовані на підвищення операційної ефективності вугільного підприємства.

Методологічну основу роботи становить комплекс загальнонаукових та спеціальних методів, що забезпечують системне вирішення поставлених завдань. Для розкриття теоретичних засад управління використано методи аналізу та синтезу, узагальнення та систематизації. Для діагностики стану підприємства застосовано методи структурно-функціонального аналізу та порівняння (аналіз організаційної структури та виробничих показників); SWOT-аналіз — для виявлення стратегічних розривів у системі TOiP; статистичний аналіз (описова статистика, розрахунок коефіцієнтів варіації, ексцесу та асиметрії) — для оцінки стабільності виробничих процесів.

Дослідження впливу факторів на результативність виробництва виконано за допомогою кореляційно-регресійного аналізу (моделювання залежності видобутку від витрат). Для виявлення причин виробничих втрат застосовано метод Парето та ABC-аналіз (категоризація обладнання). Проектування цільової моделі здійснено з використанням методів бізнес-моделювання (нотація BPMN 2.0) та графічного методу (візуалізація процесів «AS IS» та «TO BE»). Економічне обґрунтування базується на методах інвестиційного аналізу (розрахунок NPV, IRR, PP) та сценарного моделювання (оцінка чутливості проекту).

Інформаційною базою дослідження слугували законодавчі акти України, наукові праці вітчизняних і зарубіжних вчених, змодельована фінансова та статистична звітність ВСП «Шахтоуправління «Імені Героїв Космосу» ПрАТ «ДТЕК Павлоградвугілля», внутрішня технічна документація підприємства та власні данні.

Практичне значення отриманих результатів полягає в розробці прикладних рекомендацій щодо впровадження системи моніторингу стану обладнання на базі IoT. Запропонована модель дозволяє знизити аварійні простой, оптимізувати витрати на ремонти та підвищити надійність очисного обладнання, що може бути використано в практичній діяльності

вугледобувних підприємств для підвищення їхньої операційної ефективності.

# 1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ УПРАВЛІННЯ ТЕХНІЧНИМ ОБСЛУГОВУВАННЯМ І РЕМОНТОМ НА ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

## 1.1. Сутність та роль систем технічного обслуговування і ремонту в забезпеченні операційної ефективності виробництва

Сучасний етап розвитку економіки України, що проходить в умовах воєнного стану, енергетичної кризи та порушення глобальних логістичних ланцюгів, висуває безпрецедентні вимоги до стабільності роботи промислового сектору. Вугільна промисловість, яка історично є фундаментом енергетичної безпеки держави, стикається з подвійним викликом: з одного боку, необхідністю забезпечення ТЕС паливом для генерації електроенергії, а з іншого — критичним зносом основних виробничих фондів в умовах обмежених інвестицій. У такій ситуації підвищення операційної ефективності стає не просто питанням прибутковості, а стратегією виживання вугледобувних підприємств.

У фундаментальній економічній теорії та практиці менеджменту поняття «операційна ефективність» розглядається як здатність виробничої системи мінімізувати втрати всіх видів ресурсів (матеріальних, часових, трудових, фінансових) при досягненні запланованих якісних та кількісних результатів. На відміну від стратегічної ефективності, яка відповідає на питання «чи робимо ми правильні речі?», операційна ефективність відповідає на питання «чи робимо ми речі правильно?».

Для фондомістких галузей, до яких належить вугільна промисловість, лєвова частка собівартості продукції формується за рахунок експлуатації машин та механізмів. Вартість сучасного механізованого комплексу очисного вибою сягає сотень мільйонів гривень, а вартість години його простою обчислюється десятками, а іноді й сотнями тисяч гривень втраченої вигоди. У цьому контексті ключовим важелем

впливу на операційну ефективність стає система технічного обслуговування і ремонту (ТОіР).

Аналіз наукових праць провідних вітчизняних вчених, таких як В.П. Вишневський [1], В.І. Бондаренко [2], та зарубіжних дослідників дозволяє простежити еволюцію поглядів на роль ремонтної служби підприємства. Можна виділити три етапи трансформації цієї ролі.

Це технократичний підхід (до 1980-х рр.). Де ТОіР розглядався виключно як допоміжна інженерна функція, завданням якої було "лагодження того, що зламалося". Ремонтні підрозділи сприймалися як "неминуче зло" і центр витрат, бюджет якого намагалися мінімізувати будь-якою ціною.

Другий етап – це системний підхід (1990–2010 рр.). З появою стандартів якості (ISO 9001) та концепцій Lean Production, ТОіР почали розглядати як систему процесів. Акцент змістився на планування та регламентацію робіт для запобігання аваріям (планово-попереджувальні ремонти).

Сучасний етап – стратегічний підхід . В умовах Індустрії 4.0 ТОіР трансформується у повноцінну систему управління активами (згідно зі стандартами серії ISO 55000). Ремонтна служба розглядається як центр генерації прибутку, оскільки саме вона забезпечує фізичну можливість підприємства виробляти продукт.

Для уточнення понятійного апарату дослідження нами було проведено систематизацію існуючих підходів до визначення сутності ТОіР (табл. 1.1)

Як зазначено в авторському визначенні [29], сучасна сутність ТОіР полягає не в самому факті ремонту, а в управлінні надійністю. Це означає зміну фокусу з питання «як швидко ми можемо відремонтувати?» на питання «що зробити, щоб ремонтувати не довелося?».

Таблиця 1.1 – Систематизація наукових підходів до визначення ключових понять дослідження

Автор/Джерело	Визначення поняття / Підхід	Переваги підходу	Недоліки/Обмеження
В.І. Бондаренко [2, с. 54]	Розглядає ТОіР як комплекс технічних заходів, спрямованих на підтримку працездатності гірничого обладнання в агресивних умовах.	Чітка галузева спрямованість, врахування гірничо-геологічних факторів.	Недостатня увага до економічної складової та впливу на бізнес-результат.
В.П. Вишневський [1, с. 18]	Трактує модернізацію виробництва через призму концепції «Смарт-промисловості», де ТОіР є елементом цифрової екосистеми.	Акцент на інноваціях та цифровізації (Індустрія 4.0).	Висока вартість впровадження, що складно для старих шахт.
ДСТУ 2860-94	ТОіР – це сукупність операцій по підтримці працездатності або справності виробу при використанні за призначенням.	Нормативна чіткість, універсальність визначення.	Статичність, відсутність орієнтації на предиктивні методи та економіку.
В.А. Ситенко [29, с. 209]	Система управління ТОіР – це стратегічний інструмент підвищення операційної ефективності, що базується на інтеграції технічної діагностики та ІТ-рішень для конвертації даних про стан активів у фінансовий результат.	Комплексний підхід, що поєднує інженерну діагностику з економічною доцільністю.	–

Джерело: розроблено автором на основі [1; 2; 29]

Для кількісної оцінки впливу технічного обслуговування на операційну ефективність у світовій практиці використовується інтегральний показник ОЕЕ - Загальна ефективність обладнання. Це золотий стандарт виробничого менеджменту, який дозволяє виявити приховані втрати. Складові загальної ефективності обладнання показанні на рис. 1.1.

Формула розрахунку ОЕЕ виглядає наступним чином [1]:

$$ОЕЕ = A * P * Q \quad (1.1)$$

де А (Availability / Доступність) - це відношення фактичного часу роботи обладнання до планового фонду часу. Це пряма зона відповідальності ремонтної служби. Будь-яка аварійна зупинка або затягування планового ремонту зменшує цей показник. Для шахти, де лава працює у безперервному режимі 24/7, зниження доступності навіть на 1% призводить до втрати тисяч тон видобутку.

Р (Performance / Продуктивність) - це відношення фактичної швидкості роботи до паспортної (номінальної). Зношене обладнання часто не може працювати на повну потужність (наприклад, через вібрацію, перегрів або знос різців комбайн змушений рухатися повільніше). Це явище називається «втрата швидкості» або «мікро-простої». Якісне обслуговування дозволяє підтримувати номінальну продуктивність протягом усього життєвого циклу.

Q (Quality / Якість) - це відношення якісної продукції до загального обсягу виробленого. У вугільній промисловості це стосується зольності вугілля та фракційного складу. Несправність збагачувального обладнання або комбайна (наприклад, неправильна робота шнеків) може призводити до погіршення якості вугілля, що знижує його ринкову ціну.

Таким чином, неефективна система ТОiP "б'є" по всіх трьох множниках формули ОЕЕ. Якщо доступність становить 80%, продуктивність — 80%, а якість — 90%, то загальна ефективність ОЕЕ складе всього 57,6%. Це означає, що майже половина інвестицій у

виробничі потужності не працює. Завданням сучасної системи ТОiP є максимізація саме показника OEE.

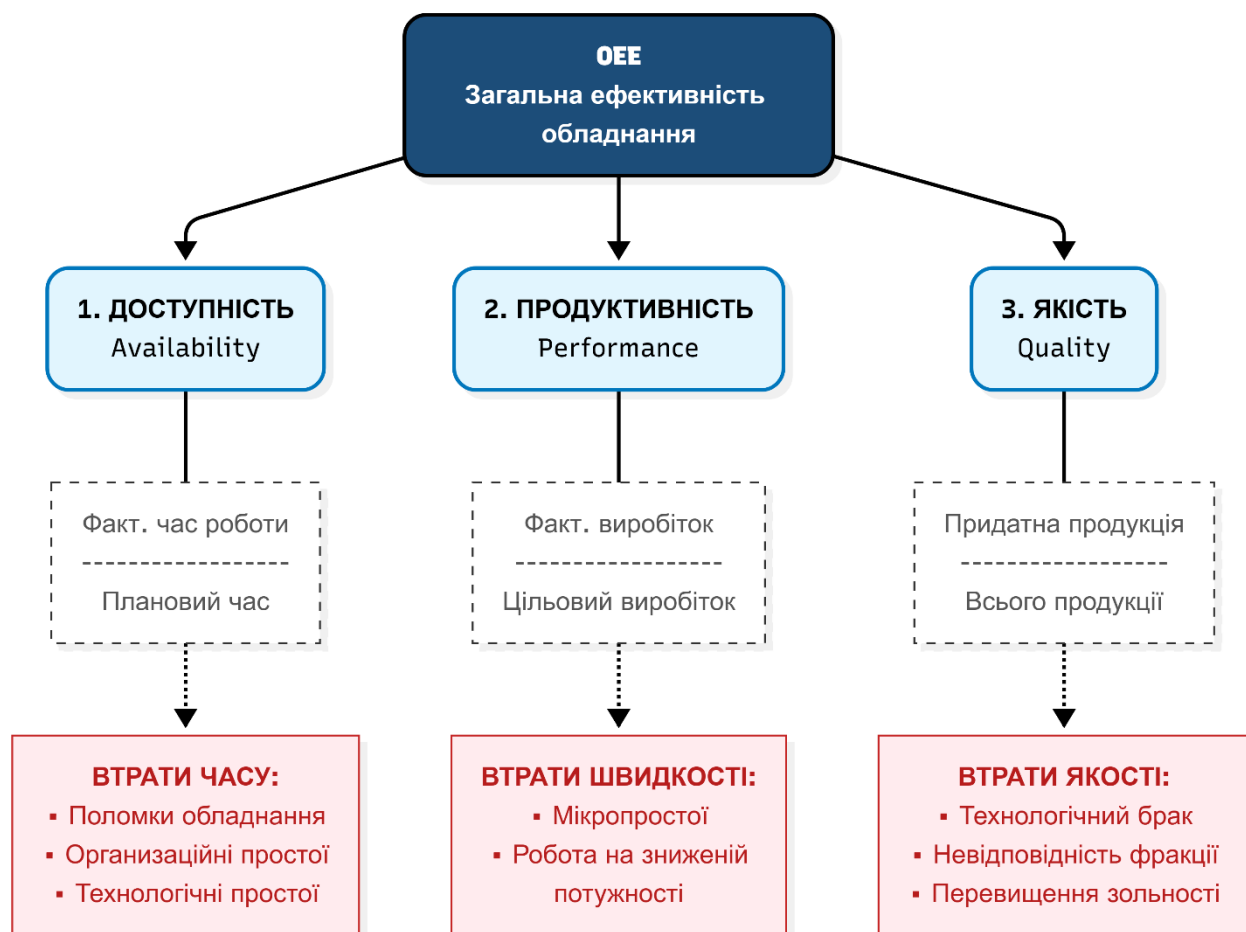


Рисунок 1.1 – Структура показника загальної ефективності обладнання OEE (побудовано автором на основі [1])

Ще одним аспектом, що розкриває економічну роль ТОiP, є концепція Total Cost of Ownership (TCO) — сукупної вартості володіння. Традиційний підхід до закупівель обладнання часто орієнтується на мінімальну початкову ціну (CAPEX). Однак, дослідження показують, що початкова вартість промислового обладнання складає лише 15–20% від загальних витрат за весь період його життя. Решта 80–85% — це операційні витрати (OPEX), левову частку яких складають витрати на ремонти, запчастини, мастильні матеріали та енергію.

Ефективна система ТОіР дозволяє управляти ТСО через подовження життєвого циклу активів. Замість закупівлі нового комбайна кожні 5 років, якісне обслуговування дозволяє експлуатувати його 7–8 років. Також система ТОіР впливає на енергоефективність. Справні механізми (з відцентрованими валами, чистими фільтрами) споживають на 10–15% менше електроенергії.

Роль системи ТОіР на вугільному підприємстві є значно критичнішою, ніж на заводі чи фабриці, через низку специфічних галузевих факторів.

По-перше, це агресивне зовнішнє середовище. Гірниче обладнання працює в умовах високої вологості, абразивної дії вугільного пилу, динамічних навантажень від обвалення порід та постійної вібрації. Це призводить до прискореної деградації матеріалів. Стандартні нормативи зносу, розроблені для нормальних умов, тут не працюють.

Другий фактор - потоковий характер виробництва. Технологічний ланцюжок шахти («вибій — скребковий конвеєр — стрічковий конвеєр — скіповий підйом») є жорстко пов'язаним. Відсутність складів-буферів під землею призводить до того, що аварійна зупинка будь-якого елемента (наприклад, розрив стрічки конвеєра) миттєво зупиняє роботу очисного комбайна. Це явище називається «лавиноподібний простій».

Втретє, це географічна розподіленість та логістика. Ремонтні бази та склади знаходяться на поверхні, тоді як техніка працює на глибині сотень метрів та на відстані кількох кілометрів від ствола. Час доставки запчастини та бригади до місця аварії може складати 2–3 години, протягом яких видобуток стоїть. Тому роль превентивної діагностики (виявлення проблеми до того, як вона зупинить лаву) тут є вирішальною.

Останній, але не менш важливий фактор безпеки. У вугільній шахті несправність обладнання — це не лише економічні втрати, а й пряма загроза життю. Відмова системи дегазації, вентилятора головного провітрювання або іскріння несправного кабелю можуть призвести до

вибуху метану. Тому система ТОіР тут виконує функцію гаранта техногенної безпеки.

Підсумовуючи викладене, можна стверджувати, що в сучасних умовах система технічного обслуговування і ремонту перестала бути суто інженерною дисципліною. Вона трансформувалася у комплексну бізнес-функцію, яка інтегрує технічний, економічний та Інформаційний аспекти.

Технічний аспект забезпечує фізичну працездатності та надійність машин.

Економічний аспект керує собівартістю продукції через мінімізацію витрат на життєвий цикл (ТСО) та максимізацію віддачі від активів (ROA).

Інформаційний аспект генерує дані для прийняття управлінських рішень.

Для ВСП «Шахтоуправління «Імені Героїв Космосу», яке працює в умовах високоінтенсивного навантаження на обладнання, перехід від застарілих моделей реагування на аварії до сучасних систем управління надійністю є ключовим резервом підвищення операційної ефективності. Саме обґрунтування інструментарію такого переходу є завданням даної кваліфікаційної роботи.

## 1.2. Еволюція та класифікація моделей ТОіР: від реактивних до предиктивних стратегій

Історичний розвиток промисловості нерозривно пов'язаний з еволюцією підходів до обслуговування техніки. Зміна технологічних укладів — від механізації до автоматизації і, врешті, до кіберфізичних систем Індустрії 4.0 — диктувала нові вимоги до надійності обладнання. У науковій літературі [4, с. 48; 6, с. 18] прийнято виділяти чотири покоління стратегій технічного обслуговування і ремонту (ТОіР), кожне з яких не заперечує попереднє, а доповнює його, створюючи складні гібридні моделі управління активами.

Розглянемо детальну класифікацію та еволюційну трансформацію цих моделей, аналізуючи їхню економічну доцільність для вугільної промисловості.

Перше покоління - це реактивна модель (Run-to-Failure). Ця стратегія, також відома як «аварійна» або «ремонт після відмови», домінувала в промисловості до середини ХХ століття. Сутність підходу така, що експлуатація обладнання триває до моменту його фізичної зупинки або критичного падіння продуктивності. Втручання технічної служби відбувається лише за фактом поломки.

У контексті вугільної шахти реактивна модель має таку структуру витрат. Прямі витрати дорівнюють вартості заміни зруйнованого вузла. Непрямі витрати призводять до ситуацій, коли руйнування дешевої деталі (наприклад, підшипника) призводить до катастрофічних наслідків для дороговартісних агрегатів (заклинювання валу редуктора, згорання електродвигуна). Витрати на простій є найбільш критичною статтею. У ланцюжку «лава – конвеєр – підйом» зупинка очисного комбайна через дрібну несправність зупиняє весь видобуток шахти.

Друге покоління - планово-попереджувальна модель (Preventive Maintenance — РМ). Зі зростанням складності механізмів у 1950–70-х роках промисловість перейшла до системи планово-попереджувальних ремонтів (ППР). Обслуговування виконується через фіксовані інтервали часу або напрацювання, незалежно від фактичного стану обладнання. Модель базується на припущенні, що ймовірність відмови зростає пропорційно до віку обладнання.

Однак, головним недоліком є «Крива інтенсивності відмов», яка демонструє, що часте втручання в механізм може спровокувати так звану передчасну експлуатаційну відмову. Це призводить до явища переобслуговування, коли до 30% запчастин замінюються передчасно, маючи значний залишковий ресурс.

Третє покоління - обслуговування за станом (Condition-Based Maintenance — CBM). У 1980-х роках розвиток засобів неруйнівного контролю дозволив перейти до обслуговування за фактичним станом. Сутність підходу у тому, що рішення про ремонт приймається не за календарем, а на основі інструментальних замірів діагностичних параметрів (вібрації, температури, струму).

Фундаментальним поняттям CBM є інтервал P-F (P-F Interval), який ілюструє процес деградації обладнання (див. рис. 1.2).

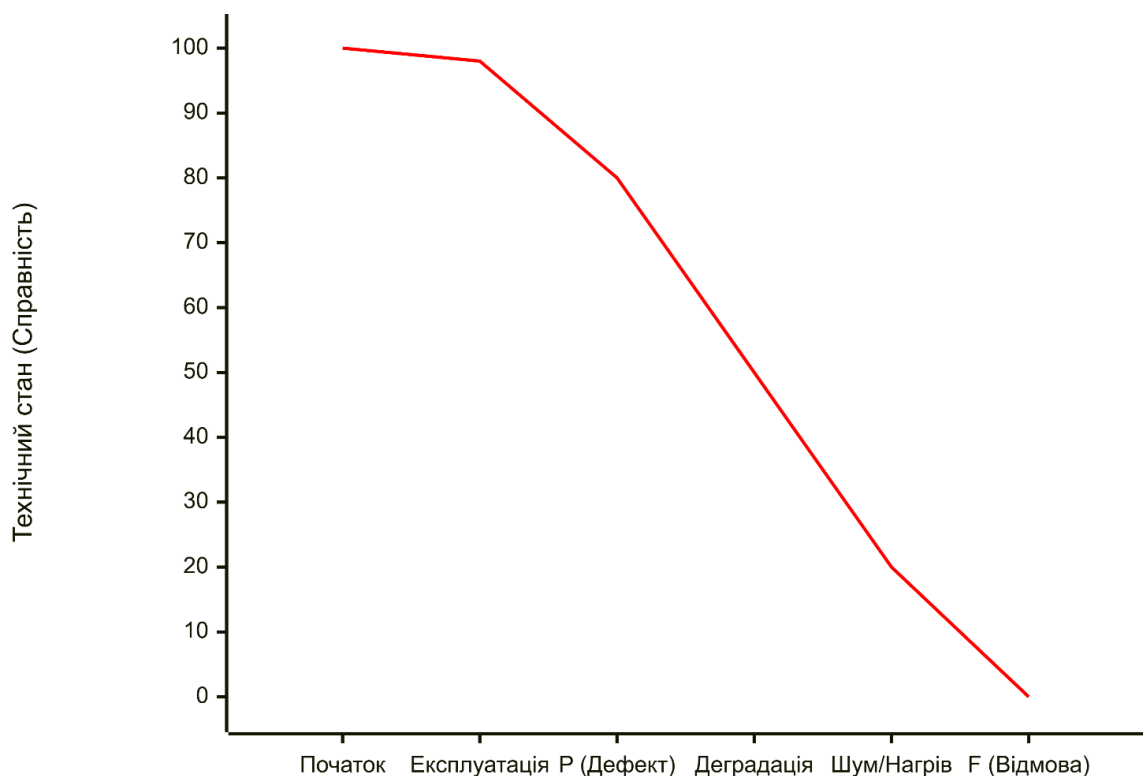


Рисунок 1.2 – Крива P-F та інтервал попередження відмов Примітка: Точка P — початок виявлення дефекту; Точка F — функціональна відмова; Інтервал P-F — час для запобігання аварії (побудовано автором на основі [4])

Як видно з Рис 1.2, деградація не відбувається миттєво. Точка P (Potential Failure), коли дефект стає фізично виявним. Наприклад, вібродіагностика фіксує появу частот, характерних для дефекту підшипника, хоча температура і шум ще в нормі. Деградація, тобто рівень

вібрації зростає, з'являється нагрів. Точка F (Functional Failure), коли обладнання зупиняється.

Мета сучасної системи ТОiP — виявити проблему в точці P. Це дає персоналу часовий запас (P-F інтервал) для планування ремонту без зупинки виробничого процесу.

Четверте покоління, або предиктивне обслуговування (Predictive Maintenance). Це стратегія, що базується на технологіях Індустрії 4.0 (IIoT, Big Data, AI). Якщо CBM відповідає на питання «В якому стані обладнання?», то предиктивна аналітика відповідає на питання «Коли точно станеться відмова?», дозволяючи реалізувати концепцію «Just-in-Time» в ремонтах.

Для систематизації відмінностей між стратегіями нами розроблено порівняльну характеристику (Таблиця 1.2).

Таблиця 1.2 – Порівняльна характеристика моделей технічного обслуговування

Характеристика	Реактивна (Run-to-Failure)	Планово-попереджувальна (Preventive)	Предиктивна (Predictive / CBM)
Принцип дії	Експлуатація до повної відмови («Зламалося – полагодили»)	Ремонт за жорстким графіком або напрацюванням	Ремонт на основі прогнозу фактичного стану
Тригер для втручання	Аварійна зупинка обладнання	Календарна дата або мотогодини	Дані датчиків (вібрація, температура) перевищили поріг
Вартість ремонтів	Висока (через терміновість, понаднормові, вторинні пошкодження)	Середня (витрати планові, але є ризик заміни справних деталей)	Мінімальна (оптимальний обсяг робіт, відсутність авралів)
Витрати на діагностику	Відсутні	Низькі (періодичні огляди)	Високі (початкові інвестиції в IIoT та ПЗ)

Вплив на ОЕЕ (Доступність)	Вкрай негативний (непередбачувані простои)	Помірний (простои планові, але часті)	Позитивний (мінімізація простоїв, ремонти у «вікна»)
Використання ресурсу деталі	100% (до руйнування)	60–70% (заміна з запасом міцності)	90–95% (заміна перед відмовою)
Сфера застосування на шахті	Освітлення, дрібний інструмент (Категорія С)	Допоміжні насоси, конвеєри з резервом (Категорія В)	Очисні комбайни, головні вентилятори, підйом (Категорія А)

Джерело: розроблено автором на основі [4,6]

Важливо розуміти, що на сучасному підприємстві не може існувати лише одна «ідеальна» модель. Ефективна система — це комбінація стратегій, побудована на методології RCM (Reliability-Centered Maintenance) — технічне обслуговування, орієнтоване на надійність.

Згідно з RCM, для ВСП «Шахтоуправління «Імені Героїв Космосу» доцільним є диференційований підхід: критичне обладнання (очисний комбайн) переводиться на предиктивну модель з встановленням датчиків, тоді як допоміжне обладнання залишається на плановій або навіть реактивній системі, якщо це економічно виправдано.

Підбиваючи висновки, еволюція моделей ТОіР пройшла шлях від реагування на аварії до управління надійністю активів. Впровадження предиктивних стратегій дозволяє не лише знизити витрати на ремонти (на 20–30%), а й, що важливіше, забезпечити безперервність видобутку, максимізуючи операційний прибуток підприємства.

### 1.3. Диджиталізація виробничих процесів як основа трансформації ТОіР: технології Індустрії 4.0

Сучасна трансформація світової економіки, що отримала назву Четверта промислова революція (Industry 4.0), докорінно змінює принципи управління виробничими активами. У гірничодобувній галузі ця концепція

адаптується під терміном Mining 4.0. Її фундаментальна відмінність від попереднього етапу (автоматизації) полягає у переході від ізольованих автоматизованих систем до інтегрованих кіберфізичних систем (Cyber-Physical Systems — CPS).

Якщо автоматизація (Industry 3.0) дозволила замінити фізичну працю машинами, то диджиталізація (Industry 4.0) дозволяє передати машинам частину когнітивних функцій — зокрема, діагностику власного стану та прийняття рішень про необхідність ремонту.

Аналіз праць [1, 5, 29] дозволяє виділити технологічний стек, який формує основу цифрової трансформації системи ТОiP на сучасному вугільному підприємстві. Розглянемо ці технології детально через призму їх застосування для підвищення надійності обладнання.

Впровадження цифрових інструментів ТОiP неможливе без побудови багаторівневої архітектури. Згідно з еталонною моделлю RAMI 4.0 (Reference Architectural Model Industry 4.0), система моніторингу шахти складається з чотирьох рівнів.

Це фізичний рівень, тобто безпосередньо гірниче обладнання (очисний комбайн, конвеєр, насос) та встановлені на ньому первинні перетворювачі (сенсори).

Це рівень зв'язку, а саме інфраструктура передачі даних з підземних виробок на поверхню (промислові шлюзи, оптоволокно, Wi-Fi).

Третій рівень – це рівень даних та платформи. До нього входять хмарні або локальні сервери, де відбувається накопичення, очищення та зберігання масивів інформації.

І останній рівень додатків. Програмне забезпечення, яке перетворює «сирі» дані на корисну інформацію для механіка (дашборди, системи предиктивної аналітики, інтеграція з SAP PM).

Саме безшовна інтеграція цих рівнів дозволяє реалізувати стратегію предиктивного обслуговування.

Фундаментом цифрової системи TOiP є Промисловий Інтернет речей (Industrial Internet of Things — IIoT). На відміну від побутового IoT, промисловий IIoT фокусується на критично важливих параметрах надійності та відмовостійкості.

У контексті вугільної шахти, IIoT — це мережа "розумних" сенсорів, що збирають телеметрію в режимі реального часу (24/7). Ключові типи сенсорів для діагностики гірничого обладнання включають віброакселерометри, термомари та інфрачервоні камери, датчики струму та напруги, датчики якості масла.

Віброакселерометри вимірюють віброприскорення, віброшвидкість та вібропереміщення. Це головний інструмент для діагностики підшипників та зубчастих передач редукторів. Спектральний аналіз вібрації дозволяє виявити дефект на ранній стадії (наприклад, тріщину на внутрішній обіймі підшипника).

Термомари та інфрачервоні камери контролюють температуру вузлів тертя та обмоток електродвигунів. Різне зростання температури є індикатором погіршення змащення або перевантаження.

Датчики струму та напруги виконують аналіз сигнатур споживання струму, який дозволяє виявляти електричні дефекти (міжвиткові замикання, обрив фази) та механічні проблеми (дисбаланс ротора).

Датчики якості масла, що встановлюються в маслостанціях та редукторах для моніторингу наявності металевої стружки, води або зміни в'язкості мастила в реальному часі.

Головним викликом для IIoT у шахті є передача даних. Гірничі виробки діють як «клітка Фарадея», блокуючи радіосигнали. Крім того, інфраструктура має відповідати вимогам іскробезпеки (стандарт Ex ia I Ma). Сучасні рішення використовують гібридні мережі: датчики передають дані на локальний концентратор через енергоефективний протокол (наприклад, Bluetooth LE або ZigBee), а концентратор передає агреговані дані на поверхню через захищене оптоволокно.

Враховуючи величезний обсяг даних (сучасний комбайн генерує до 1 Гб телеметрії за зміну) та можливі перебої зі зв'язком у шахті, передавати весь «сирий» потік даних у хмару нераціонально. Тут на допомогу приходять Переферійні обчислення (Edge Computing).

Сутність технології Переферійних обчислень у наступному. Первинна обробка даних відбувається безпосередньо на борту обладнання (на рівні контролера або шлюзу), а не на віддаленому сервері.

Тобто датчик вібрації вимірює сигнал з частотою 10 кГц (10 000 вимірів на секунду). Edge-контролер обробляє цей потік, розраховує середньоквадратичне значення (RMS) та ексцес, і передає на поверхню лише ці два числа раз на хвилину. Якщо ж фіксується аномалія (удар), контролер передає повний спектр сигналу для детального аналізу.

Переферійні обчислення критично важливі для систем аварійного захисту, де затримка у передачі сигналу на сервер може коштувати життя або призвести до руйнування комбайна.

Накопичені масиви історичних даних про роботу обладнання та його відмови формують те, що називається Big Data (Великі дані). Однак самі по собі дані не мають цінності без аналітики. У сфері ТОiP виділяють чотири рівні аналітики: описова, діагностична, предиктивна, прескриптивна.

*Описова аналітика* відповідає на питання «Що сталося?». Це візуалізація історії поломок та простоїв на дашбордах.

*Діагностична аналітика* відповідає на питання «Чому це сталося?». Пошук кореляцій (наприклад, «вібрація зросла після підвищення температури масла»).

*Предиктивна аналітика* відповідає на питання «Що станеться?». Прогнозування залишкового ресурсу (RUL — Remaining Useful Life).

*Прескриптивна аналітика* відповідає на питання «Що робити?». Автоматична генерація рекомендацій для персоналу.

Ключовим інструментом тут є Машинне навчання (Machine Learning — ML). Алгоритми ML (наприклад, Random Forest, нейронні мережі LSTM) навчаються на історичних даних, знаходячи приховані патерни передаварійного стану, які неможливо описати простими формулами або помітити людським оком.

Вершиною цифрової трансформації TOiP є створення Цифрового двійника (Digital Twin). Це не просто 3D-модель комбайна. Це динамічна віртуальна модель, яка поводить себе так само, як і реальний фізичний об'єкт, завдяки постійному потоку даних від датчиків IIoT.

Структура Цифрового двійника містить геометричну модель, фізичну модель, потік даних. Геометрична модель це є 3D-креслення вузлів. Фізична модель включає в себе математичний опис процесів (кінематика, термодинаміка, опір матеріалів). Потік даних містить реальні показники навантаження, температури, швидкості.

Цифровий двійник дозволяє проводити віртуальні випробування. Наприклад, система може змоделювати, що станеться з редуктором, який вже має 50% зносу, якщо збільшити навантаження на комбайн на 20%. Якщо модель показує ризик руйнування протягом 2 годин, диспетчер отримує попередження і рекомендацію знизити швидкість подачі. Це дозволяє перейти від ремонту до управління режимами експлуатації.

Для підприємств холдингу ДТЕК, до якого належить шахтоуправління «ім. Героїв Космосу», критично важливою є інтеграція цифрових рішень у корпоративну систему управління ресурсами — SAP ERP, зокрема модуль PM (Plant Maintenance).

Технології Індустрії 4.0 дозволяють автоматизувати ланцюжок постачання запчастин. Предиктивна модель фіксує ризик виходу з ладу підшипника через 10 днів. Система автоматично перевіряє наявність деталі на складі в SAP MM (Materials Management). Якщо деталі немає, система автоматично генерує заявку на закупівлю (Purchase Requisition).

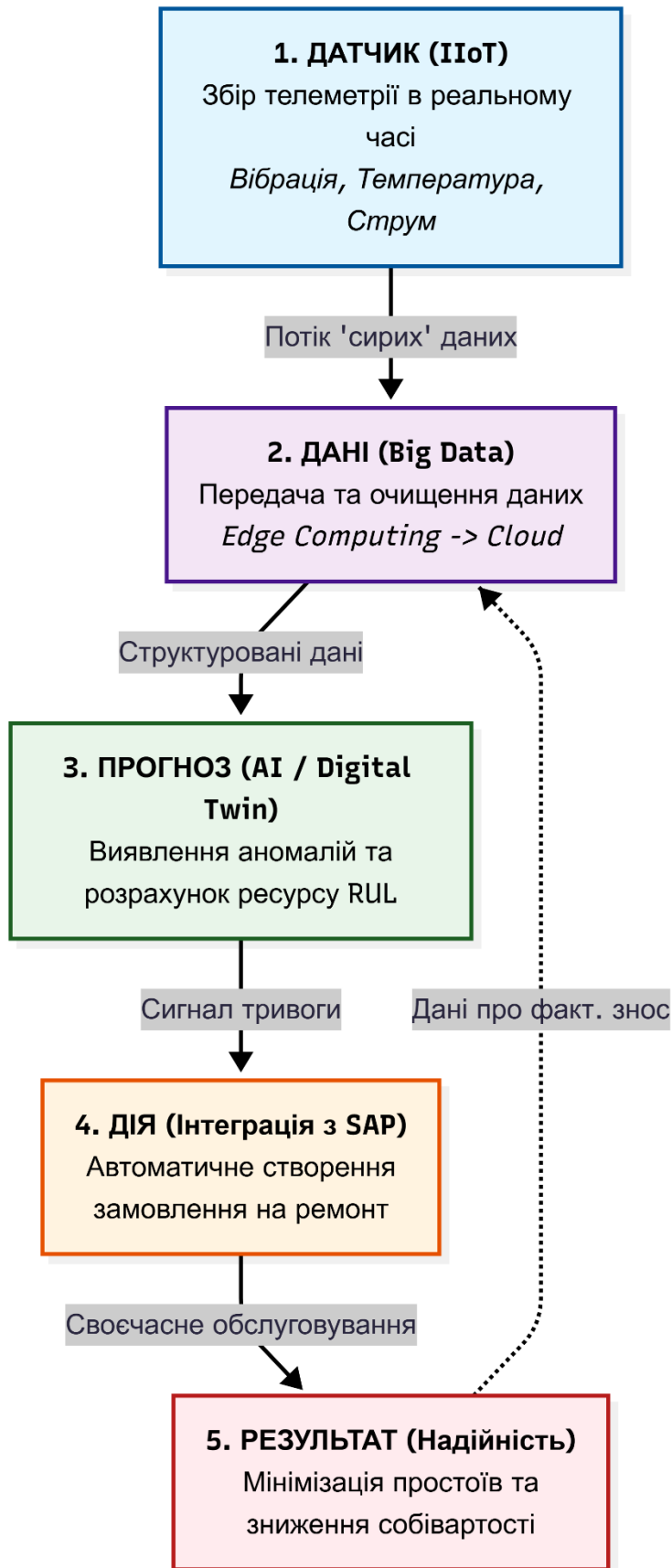


Рисунок 1.3 – Замкнений контур цифрового управління надійністю «Smart Mine» (побудовано автором)

У модулі SAP PM автоматично створюється повідомлення про несправність (Notification) та замовлення на ремонт (Work Order).

Така інтеграція усуває людський фактор та бюрократичні затримки, забезпечуючи наявність необхідних ресурсів саме в момент ремонту (стратегія Just-in-Time).

Нарешті, цифровізація змінює саму роботу механіка. Технології доповненої реальності (Augmented Reality — AR) дозволяють накладати цифрову інформацію на фізичний світ.

Використовуючи AR-окуляри або планшет у вибухозахищеному виконанні, підземний електрослюсар може навести камеру на шафу управління комбайном і побачити:

Поточні параметри (температуру, струм), які система зчитує з контролера.

Інструкцію з ремонту або електричну схему, накладену поверх реального обладнання.

Підказки віддаленого експерта, який знаходиться на поверхні і бачить те саме, що й механік, через камеру.

Це знижує вимоги до кваліфікації лінійного персоналу та прискорює пошук несправностей.

Отож, технології Індустрії 4.0 формують нову екосистему управління технічним станом, де рішення приймаються на основі об'єктивних даних, а не інтуїції. Для вугільного підприємства перехід до моделі «Smart Mine» означає створення замкненого контуру управління, логіка якого представлена на Рис 1.3.

Впровадження цього стеку технологій є необхідною умовою для переходу від реагування на аварії до їх упередження, що є головною метою даної роботи.

Впровадження цього стеку технологій є необхідною умовою для переходу від реагування на аварії до їх упередження, що є головною метою даної роботи.

#### 1.4. Методичний підхід та обґрунтування вибору інструментарію дослідження

Наукова обґрунтованість та достовірність результатів магістерської роботи забезпечується застосуванням комплексного методичного підходу, який поєднує інструменти системного аналізу, економіко-математичного моделювання та інвестиційного проектування. Специфіка об'єкта дослідження — системи технічного обслуговування (ТОіР) вугільної шахти в умовах цифрової трансформації — вимагає синергії інженерних та економічних методів.

У даній роботі реалізовано концепцію доказового менеджменту (Evidence-Based Management): кожне управлінське рішення, від вибору стратегії ремонту до закупівлі датчиків, базується не на інтуїції, а на результатах кількісного та якісного аналізу.

Архітектура дослідження побудована за блочно-модульним принципом і складається з чотирьох взаємопов'язаних етапів. Логіко-структурна схема дослідження наведена на Рис 1.4.

Розглянемо детально інструментарій кожного етапу.

*Першим етапом* дослідження є діагностика поточного стану підприємства («AS IS»). Для цього обрано групу якісних методів стратегічного аналізу.

Підприємство ВСП «Шахтоуправління «Імені Героїв Космосу» розглядається як складна відкрита система. Система ТОіР аналізується не ізольовано, а у взаємозв'язку з іншими підсистемами: технічна підсистема(стан очисних комбайнів, конвеєрів), фінансова підсистема(бюджетування витрат на ремонти), кадрова підсистема(компетентність персоналу), інформаційна підсистема(наявність каналів зв'язку та облікових систем SAP).



Рисунок 1.4 – Логіко-структурна схема методології дослідження (побудовано автором)

Цей метод дозволяє уникнути локальної оптимізації, коли покращення в одному місці (наприклад, економія на запчастинах) призводить до погіршення в іншому (зростання простоїв).

SWOT-аналіз використовується для ідентифікації стратегічних розривів. Внутрішнє середовище (Strengths/Weaknesses) включає аналіз сильних сторін (наприклад, наявність сучасного обладнання) та слабких (застарілі процедури ремонтів). Зовнішнє середовище (Opportunities/Threats) включає аналіз ринкових можливостей (доступність технологій ІІoT) та загроз (воєнні ризики, порушення логістики). Результатом цього методу є матриця стратегічних рішень, що обґрунтовує необхідність цифрової трансформації саме зараз.

PEST-аналіз використовується для оцінки макроекономічного контексту. В умовах війни політичні фактори (державне регулювання енергетики) та технологічні (доступ до імпорتنих компонентів) мають критичний вплив на вибір архітектури системи ТОiP.

Для переходу від якісних оцінок до кількісних доказів на *другому етапі* застосовується математичний апарат. Мета цього блоку — довести гіпотезу про те, що існуюча система планово-попереджувальних ремонтів (ППР) є неефективною.

Кореляційно-регресійний аналіз це є ключовий інструмент аналітичного розділу. Ми досліджуємо зв'язок між результативним показником  $Y$  (обсяг видобутку вугілля) та фактором  $X$  (витрати на технічне обслуговування) та маємо побудувати рівняння регресії виду  $Y = a + bX$ . Щоб оцінити ступінь зв'язку ми маємо розрахувати коефіцієнт детермінації  $R^2$ . Якщо  $R^2$  низький, це математично доводить, що просте збільшення фінансування ремонтів не призводить до зростання видобутку, а отже, систему треба змінювати якісно, а не кількісно.

Оцінка статистичної значущості за критерієм Стьюдента (t-test) та Фішера (F-test), використання методів описової статистики у другому етапі аналітичного розділу. Для оцінки стабільності виробничих процесів

використовуються показники варіації. Це коефіцієнт варіації  $V$ , який дозволяє оцінити ризикованість виробництва. Якщо  $V > 33\%$ , процес вважається неоднорідним і нестабільним, що свідчить про високу аварійність. Показники асиметрії та ексцесу, які дозволяють виявити «викиди» в даних — аномальні прості, що спотворюють середні значення.

Аналіз часових рядів використовується для виявлення сезонності та трендів у відмовах обладнання. Це база для подальшого навчання предиктивних моделей.

*Третій етап* присвячений розробці цільової моделі («ТО ВЕ»). Тут економічні методи поступають місцем інструментам бізнес-інжинірингу. Для візуалізації трансформації використовується міжнародний стандарт BPMN (Business Process Model and Notation), модель бізнес-процесу TOiP робиться у нотації BPMN 2.0. Розробка діаграми процесу «AS IS» (Як є) дозволяє виявити «вузькі місця», дублювання функцій та зайві паперові операції. Розробка діаграми «ТО ВЕ» (Як буде) візуалізує новий цифровий процес, де роль людини зміщується від збору даних до прийняття рішень. Це необхідна умова для автоматизації в системі SAP.

В умовах обмеженого бюджету неможливо оцифрувати все обладнання шахти одночасно. Тому застосовується метод пріоритезації (ABC-аналіз та Принцип Парето). Група А (20% обладнання / 80% втрат) це критичні активи (очисні комбайни, конвеєри), що підлягають повному оснащенню датчиками IIoT. Група В це важливі активи, що обслуговуються за регламентом. Група С це допоміжні активи, що працюють до відмови. Цей метод є основою стратегії RCM (Reliability-Centered Maintenance).

Завершальним *четвертим* етапом є обґрунтування інвестиційної привабливості проєкту. Для цього використовується методологія UNIDO (Організація Об'єднаних Націй з промислового розвитку), адаптована до умов воєнного часу.

Метод дисконтування грошових потоків (DCF — Discounted Cash Flow). Оскільки проект є довгостроковим (5 років), неможливо порівнювати гроші "сьогодні" і "завтра" без урахування фактору часу. Розрахунок NPV (Net Present Value) — чистої приведеної вартості проекту. Визначення ставки дисконтування (WACC) з урахуванням премії за ризик країни та галузевого ризику. Розрахунок показників ефективності: IRR (Internal Rate of Return) внутрішня норма прибутковості, PP (Payback Period) дисконтований період окупності., PI (Profitability Index) індекс рентабельності інвестицій, аналіз чутливості (Sensitivity Analysis).

Важливим елементом методичного підходу є верифікація даних. Інформаційною базою дослідження слугують: внутрішня управлінська звітність ВСП «Шахтоуправління «Імені Героїв Космосу» (звіти про виконання плану видобутку, кошториси витрат, журнали аварійних зупинок), технічна документація на обладнання (паспорти очисних комбайнів), дані з корпоративної системи SAP ERP.

Обмеження. Враховуючи комерційну таємницю та умови воєнного стану, частина абсолютних фінансових показників у роботі може бути представлена у відносних величинах або змодельованому вигляді, що не впливає на достовірність виявлених тенденцій та розрахованих коефіцієнтів ефективності.

Обраний методичний інструментарій, що включає методи діагностики, статистичного доведення (регресія), інженерного моделювання (BPMN) та інвестиційного аналізу, дозволяє всебічно вирішити поставлені завдання. Такий підхід забезпечує логічну єдність роботи: від виявлення проблеми через її математичне підтвердження до розробки технічного рішення та його фінансового обґрунтування

## 2 АНАЛІЗ ПОТОЧНОГО СТАНУ СИСТЕМИ ТОІР ТА РІВНЯ ДИДЖИТАЛІЗАЦІЇ НА ВСП «ШАХТОУПРАВЛІННЯ «ІМЕНІ ГЕРОЇВ КОСМОСУ» ПРАТ «ДТЕК ПАВЛОГРАДВУГІЛЛЯ»

### 2.1. Загальна характеристика обраного вугільного підприємства

Шахта імені Героїв космосу побудована за проектом інституту «Дніпрогірпрошахти» методом Всесоюзного ударного будівництва. Вступила в дію 1 березня 1979 року. Розміри шахтного поля: по простяганню — 15 кілометрів, по падінню — від 2,1 до 4,5 кілометра. На балансі шахти — 7 пластів потужністю від 0,6 до 1,5 метра. Марки вугілля — Г, ДГ. Запланований обсяг видобутку вугілля, 2025 р.: 2,5 млн т. На шахті працює 4 дільниці з видобутку вугілля.

Ключові показники видобутку вугілля шахти ім.Героїв Космосу у 2025р. наведені у Табл 2.1. У Додатку А наведені Бюджети витрат по основним дільницям ШУ ім.Героїв Космосу у 2024р., 2025р.

### 2.2. Аналіз організації процесів технічного обслуговування і ремонту

Система технічного обслуговування і ремонту на шахті організована на основі графіка планово-попереджувальних ремонтів. Виконання ремонтних робіт залежить від виробничих потреб, доступності ресурсів та узгодження між службами. На підприємстві функціонують три центри фінансової відповідальності: служба головного механіка, яка відповідає за ремонт стаціонарного, забійного, електрообладнання, а також засобів зв'язку та автоматики; служба головного інженера, до складу якої входять прохідницькі дільниці, дільниця ВТБ та дільниця ПРпоТБ; служба директора з виробництва, що охоплює дільниці з видобутку вугілля, конвеєрного та шахтного

Таблиця 2.1 – Ключові показники видобутку вугілля шахти ім.Героїв Космосу у 2025р.

		2025р											
		Січ.25	Лют.25	Бер.25	Кві.25	Тра.25	Чер.25	Лип.25	Сер.25	Вер.25	Жов.25	Лис.25	Гру.25
Видобуток з очисних вибоїв, тис.тонн	БП	229,5	158,4	163,8	160,4	191,3	225,4	167	74,4	187,9	252,85	235,1	233,1
	Факт	227,2	164,1	170,9	171,1	148,6	212,1	115,8	104,7	116,3	121,79	78,1	99,1
	+/- до БП	-2,3	5,7	7,1	10,7	-42,7	-13,3	-51,2	30,3	-71,6	-131,1	-157	-134
Видобуток із підготовчих вибоїв, тис.тонн	БП	59,4	52,9	55	50,6	47,5	39,4	23,7	31,3	43,6	43,4	43,7	44,6
	Факт	61,6	49,8	52,2	45,1	39,5	38,7	29,5	29,7	47	54,8	37,7	13,4
	+/- до БП	2,2	-3,1	-2,8	-5,5	-8	-0,7	5,8	-1,6	3,4	11,4	-6	-31,2
Засмічення від інших робіт, тис.тонн	БП	5,1	1,9	2,2	3,2	4,7	4,5	5,5	2,5	4,7	6,6	6,1	5,4
	Факт	5,1	2,5	3,9	3,8	2,7	3,6	2,9	1,7	6	5,7	10	3,1
	+/- до БП	0	0,6	1,7	0,6	-2	-0,9	-2,6	-0,8	1,3	-0,9	3,9	-2,3
Видобуток загальний, тис.тонн	БП	294,0	213,2	221	214,2	243,5	269,3	196,2	108,2	236,2	302,85	284,9	283,1
	Факт	293,9	216,4	227	220	190,8	254,4	148,2	136,1	169,3	182,25	125,8	115,6
	+/- до БП	-0,1	3,2	6,0	5,8	-52,7	-14,9	-48,0	27,9	-66,9	-120,6	-159,1	-167,5
Експлуатаційна зольність, %	БП	56,5	57,2	56	60,8	59,6	55	54	50,6	49,9	44,2	43,8	50,6
	Факт	56,6	54,5	55,2	58,2	54,6	59,9	62,2	56,1	49,4	53,8	53,5	44,9
	+/- до БП	0,1	-2,7	-0,8	-2,6	-5	4,9	8,2	5,5	-0,5	9,6	9,7	-5,7

Джерело: угруповано та розраховано автором на підставі змодельованих даних

транспорту. Така структура ускладнює координацію ремонтів, оскільки кожен центр має власний бюджет і пріоритети.

Бюджети на технічне обслуговування і ремонт плануються на квартал вперед із розбивкою по місяцях. Їхній розмір не прив'язаний до графіків планово-попереджувальних ремонтів, а визначається за принципом фактичних витрат попереднього кварталу з урахуванням інфляційної поправки. Щомісячні бюджети формуються по операційній діяльності, що включає поточні ремонти та технічне обслуговування, тоді як капітальні ремонти відносяться до інвестиційної діяльності і захищаються окремо на інвестиційних комітетах. Такий підхід призводить до відсутності гнучкого фінансового планування, ризику недофінансування або перевитрат та низької прозорості між плановими ремонтами і бюджетом.

Усі ресурси, включаючи матеріали, запчастини та фінанси, обліковуються в системі SAP, що забезпечує централізований контроль витрат і можливість формування звітів щодо використання ресурсів. Проте SAP використовується переважно як бухгалтерський та складський інструмент, а не як інтегрована система управління технічним обслуговуванням і ремонтом. Планування ремонтів у SAP не автоматизоване, а зв'язок між графіками ППР та фактичним бюджетуванням у системі відсутній.

### 2.3. Визначення ключових проблем та «вузьких місць» у діючій системі ТОiP

SWOT-аналіз бізнес-процесу Технічне обслуговування і ремонт обладнання.

Аналіз (Рис 2.1) показав, що система технічного обслуговування і ремонту на шахті має низку проблем, які знижують її ефективність. Основним недоліком є відсутність інтеграції між

**S** 

**STRENGTHS - 16 БАЛІВ**

Наявність графіка планово-попереджувальних ремонтів, що забезпечує базову системність у виконанні робіт.

Використання SAP для обліку ресурсів, що дає централізований контроль витрат і можливість формування звітності.

Чіткий розподіл відповідальності між службами за різні види обладнання.

Розмежування фінансування: щомісячні бюджети формуються по операційній діяльності (ТОіР), а капітальні ремонти відносяться до інвестиційної діяльності та захищаються окремо на інвесткомітетах, що дозволяє контролювати великі витрати

**O** 

**OPPORTUNITIES - 16 БАЛІВ**

Впровадження модуля SAP PM (Plant Maintenance) для автоматизації планування та контролю ремонтів.

Цифровізація процесів узгодження ремонтів між службами та інтеграція мобільних рішень для оперативного обліку.

Використання аналітики на основі даних SAP для прогнозування витрат і оптимізації графіків ППР.

Впровадження KPI для оцінки ефективності ТОіР (час простою, витрати, якість).

**W** 

**WEAKNESSES – 18 БАЛІВ**

Відсутність інтеграції SAP з процесами управління ТОіР: планування ремонтів не автоматизоване, немає зв'язку між графіками ППР і бюджетуванням.

Бюджети ТОіР формуються за принципом «попередні витрати + інфляція», а не на основі реальних потреб і графіків ППР.

Інформаційний розрив: відсутність онлайн-даних про стан вузлів

Проблема діагностики: суб'єктність у прийнятті рішень

Низький рівень аналітики для прогнозування витрат і оптимізації ремонтних робіт

**T** 

**THREATS - 16 БАЛІВ**

Збереження існуючої системи бюджетування без прив'язки до реальних потреб може призвести до хронічного недофінансування або перевитрат.

Високий ризик простоїв обладнання через неузгодженість між службами та відсутність оперативного контролю.

Зростання витрат на ремонти через інфляцію та неефективне використання ресурсів.

Відсутність цифрових рішень може знизити конкурентоспроможність підприємства в умовах ринку.

Рисунок 2.1 - SWOT-аналіз бізнес-процесу Технічне обслуговування і ремонт обладнання на шахті ім.Героїв Космосу (побудовано автором)

планово-попереджувальних ремонтів та фінансовим плануванням. Бюджети формуються за принципом фактичних витрат попереднього кварталу з урахуванням інфляційної поправки, що не враховує реальні потреби ремонту. Це призводить до ризику недофінансування або перевитрат, а також до низької прозорості між плановими роботами і фінансовими ресурсами.

Додатковим вузьким місцем є складна координація між трьома центрами фінансової відповідальності, кожен з яких має власний бюджет і пріоритети. Така структура ускладнює узгодження ремонтних робіт, особливо в умовах обмежених ресурсів. Щомісячні бюджети формуються лише по операційній діяльності, тоді як капітальні ремонти відносяться до інвестиційної діяльності і захищаються окремо на інвестиційних комітетах. Це створює додаткові бюрократичні бар'єри та затримки у прийнятті рішень.

Хоча всі ресурси обліковуються в системі SAP, вона використовується переважно як бухгалтерський та складський інструмент. Планування ремонтів у SAP не автоматизоване, а зв'язок між графіками ППР та фактичним бюджетуванням відсутній. Це обмежує можливості для аналітики, прогнозування витрат і оперативного контролю виконання робіт. Відсутність цифрових рішень для узгодження ремонтів між службами та мобільних інструментів для обліку робіт також є суттєвим недоліком.

Таким чином, ключовими проблемами системи ТОіР є неефективне фінансове планування, слабка інтеграція інформаційних систем, складна координація між підрозділами та низький рівень цифровізації процесів. Ці фактори створюють ризики простоїв обладнання, зростання витрат і зниження операційної ефективності підприємства.

Регресійний аналіз впливу експлуатаційних витрат на обсяги видобутку вугілля.

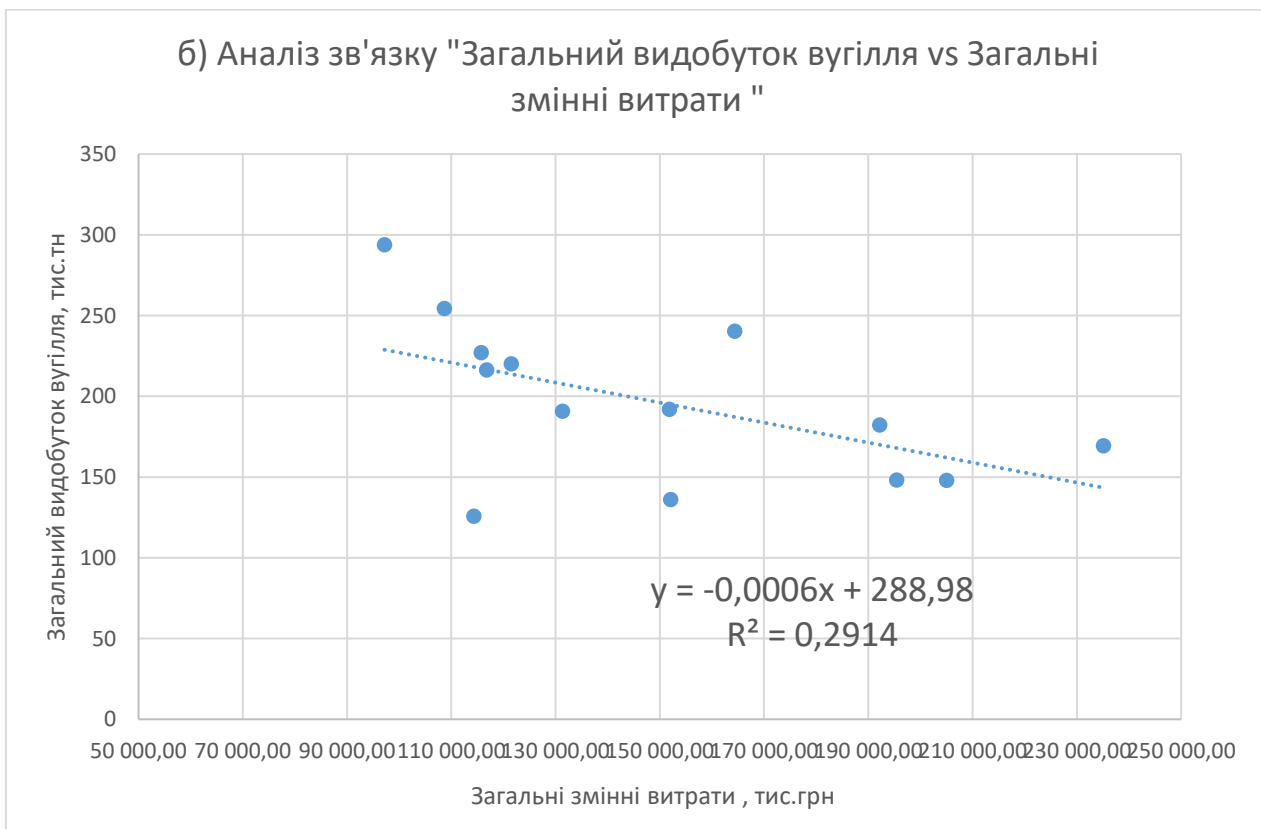
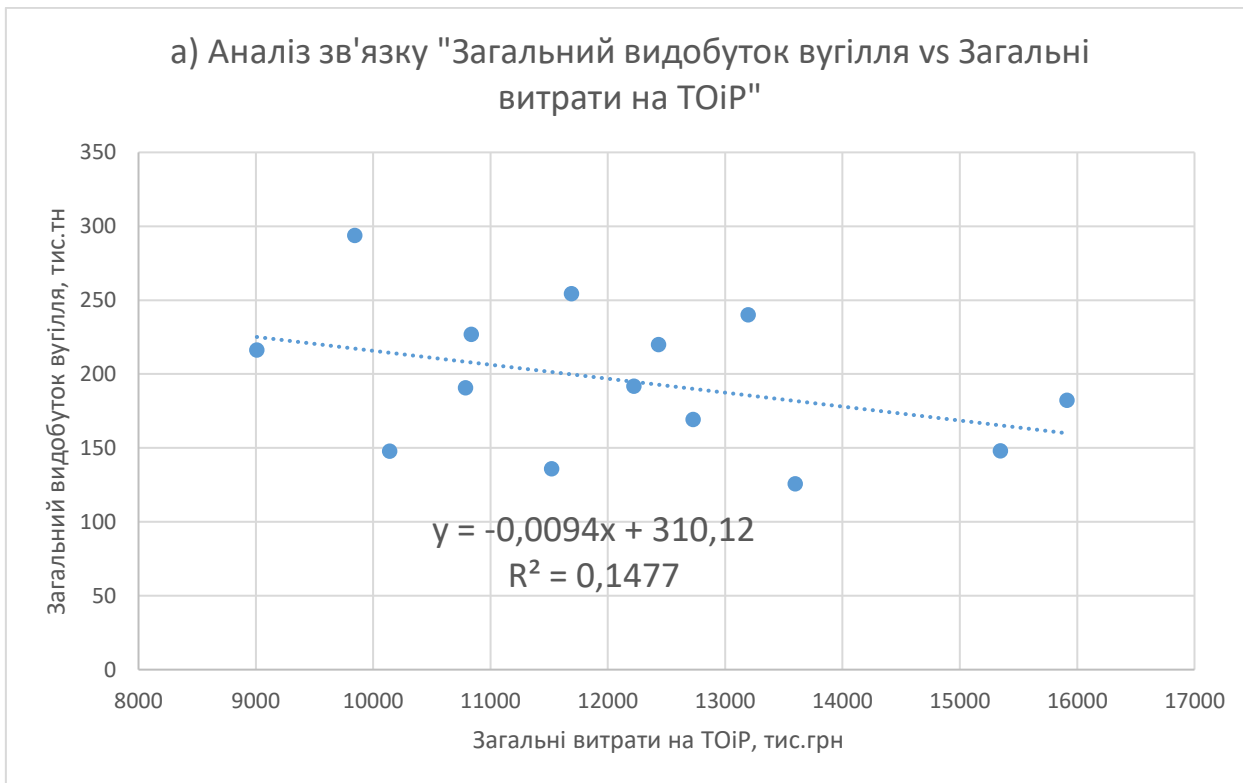
Для об'єктивної оцінки ефективності існуючої системи технічного обслуговування та ремонту (ТОіР) на підприємстві було проведено кореляційно-регресійний аналіз історичних даних. Метою аналізу було встановлення характеру та щільності зв'язку між витратами на підтримку працездатності обладнання та кінцевим результатом діяльності шахти — обсягами видобутку вугілля.

Таблиця 2.2 – Результати регресійного аналізу залежності видобутку від витрат

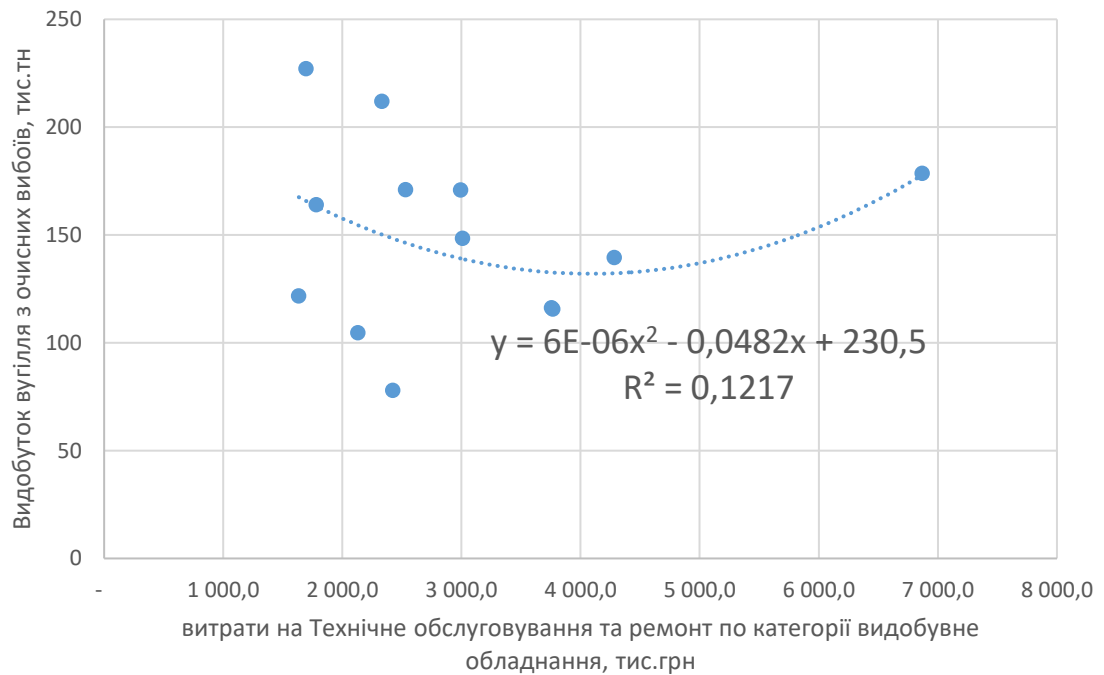
№	Функція, Y	Параметр, X	Залежність	Коефіцієнт R <sup>2</sup>
1	Загальний видобуток вугілля, тис.тн	загальні Змінні витрати на сировину, матеріали, запчастини, тис.грн	$y = -0,0006x + 288,98$	R <sup>2</sup> = 0,2914
2	Загальний видобуток вугілля, тис.тн	Загальні витрати на Технічне обслуговування та ремонт, тис.грн	$y = -0,0094x + 310,12$	R <sup>2</sup> = 0,1477
3	Видобуток вугілля з очисних вибоїв, тис.тн	витрати на Технічне обслуговування та ремонт по категорії видобувне обладнання, тис.грн	$y = 6E-06x^2 + 0,049x + 230,5$	R <sup>2</sup> = 0,1217
4	Видобуток вугілля з підготовчих вибоїв, тис.тн	витрати на Технічне обслуговування та ремонт по категорії прохідницьке обладнання, тис.грн	$y = 0,0021x + 37,392$	R <sup>2</sup> = 0,0918

Джерело: угруповано та розраховано автором на підставі змодельованих даних.

В якості залежної змінної (Y) було обрано обсяг видобутку (тис. т), а в якості незалежних змінних (X) — різні категорії операційних витрат. Результати моделювання наведено у Табл 2.2 та Рис 2.2



в) Аналіз зв'язку "Видобуток вугілля з очисних вибоїв vs Витрати на Технічне обслуговування та ремонт по категорії видобувне обладнання"



г) Аналіз зв'язку "Видобуток вугілля з підготовчих вибоїв vs Витрати на Технічне обслуговування та ремонт по категорії прохідницького обладнання"

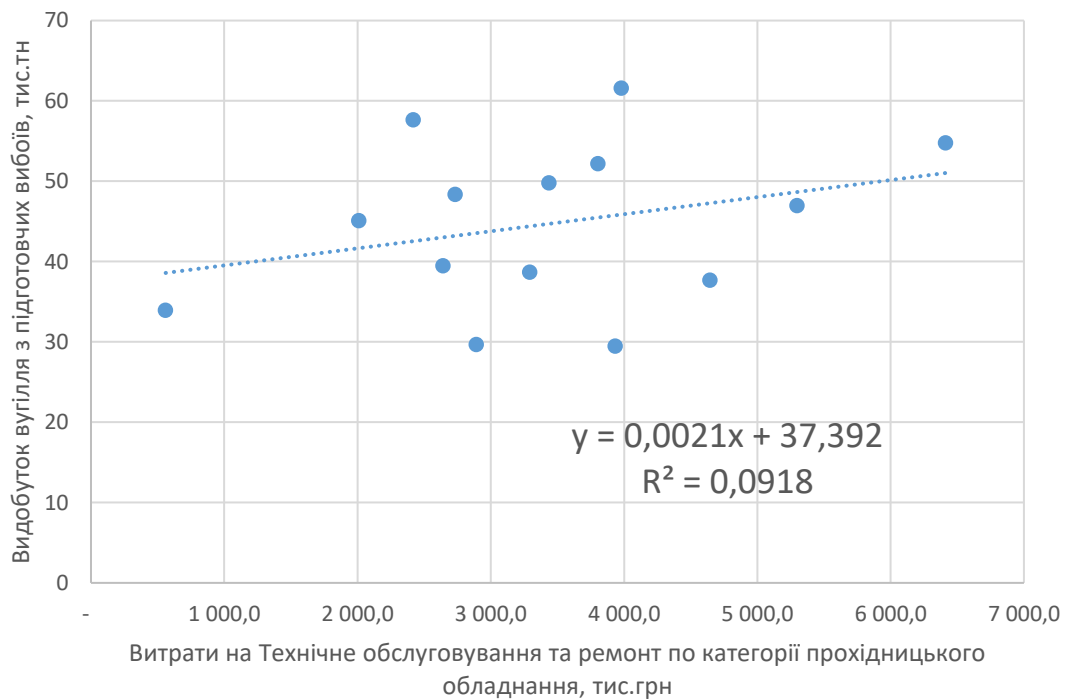


Рисунок 2.2 – Графіки зв'язку видобутку вугілля від витрат (побудовано автором)

Аналіз отриманих рівнянь регресії та коефіцієнтів детермінації ( $R^2$ ) дозволяє зробити ряд критичних висновків щодо поточного стану управління активами підприємства, які підтверджують неефективність існуючої системи.

По-перше, це низька прогнозованість виробничих процесів.

Загальною характеристикою всіх побудованих моделей є низьке значення коефіцієнта детермінації ( $R^2$ ), який варіюється в межах від 0,0918 до 0,2914. Це свідчить про те, що зміна обсягів фінансування ремонтів та матеріального забезпечення пояснює лише 9–29% варіації обсягів видобутку. Решта впливу (понад 70%) припадає на стохастичні (випадкові) фактори: раптові аварії, організаційні простоти та геологічні ускладнення. Це підтверджує тезу, що процес є слабо керованим.

Другий висновок – підтвердження феномену «реактивного обслуговування» (Модель загального ТОіР).

Найбільш показовою є модель залежності загального видобутку від загальних витрат на ТОіР (другий рядок Табл):

$$y = -0,0094x + 310,12$$

У цьому рівнянні зберігається від'ємний коефіцієнт регресії (-0,0094). Це означає наявність оберненої залежності: періоди з найвищими витратами на ремонти характеризуються меншими обсягами видобутку.

Це класична картина для стратегії «працюємо до відмови»:

Обладнання ламається → Видобуток падає.

Для ремонту витрачаються значні кошти → Витрати ростуть.

Тобто гроші інвестуються не у збільшення видобутку, а в порятунок аварійної ситуації.

Третя закономірність — парадокс змінних витрат.

Аналіз залежності видобутку від змінних витрат на сировину та матеріали (перший рядок) описується лінійною функцією зі спадним трендом:

$$y = -0,0006x + 288,98$$

Отриманий результат  $R^2 = 0,2914$  є нетиповим для стабільного виробництва. Зазвичай змінні витрати (сировина, енергія, матеріали) мають зростати разом із видобутком (позитивна кореляція).

Натомість ми бачимо від'ємний коефіцієнт  $-0,0006$ . Це вказує на те, що значна частина матеріалів та запчастин списується саме в періоди низького видобутку (аварійних зупинок). Замість того, щоб витратити матеріали на виробництво продукції, підприємство витрачає їх на відновлення працездатності машин.

Ситуація з прохідницьким та видобувним обладнанням.

Модель для прохідницького обладнання ( $y = 0,0021x + 37,392$ ) показує дуже слабку позитивну тенденцію, але критично низький  $R^2 = 0,0918$  робить цю залежність статистично незначущою. Планувати проходку на основі бюджетів ремонтів неможливо.

Для видобувного обладнання (третій рядок) залежність має вигляд полінома  $y = 6E-06x^2 + 0,049x + 230,5$  проте низький коефіцієнт детермінації  $R^2 = 0,1217$  також вказує на хаотичність витрат, які не корелюють напряму з корисним навантаженням на очисний вибій.

Проведений регресійний аналіз доводить: існуюча система ТОіР є витратною та реактивною. Від'ємні знаки при коефіцієнтах регресії в ключових моделях ( $y = -kx + b$ ) свідчать про те, що підприємство витрачає ресурси на подолання наслідків відмов, а не на забезпечення безперервної роботи. Перехід до предиктивного обслуговування має на меті змінити знак цієї залежності на «плюс», перетворивши витрати на інструмент підвищення продуктивності. Існуюча система ТОіР функціонує в режимі «гасіння пожеж», де високі витрати є наслідком аварій, а не інструментом їх попередження.

Відсутність стійкого позитивного зв'язку між вкладеними коштами в ремонти та обсягами видобутку є прямим економічним обґрунтуванням необхідності зміни стратегії. Перехід до предиктивного обслуговування на основі цифрових даних дозволить змінити знак кореляції у рівнянні ТОіР з

«мінуса» на «плюс» (інвестуємо, щоб більше видобувати), підвищити коефіцієнт детермінації ( $R^2$ ), зробивши виробничий процес прогнозованим та керованим, усунути кореневу причину неефективності — раптові аварійні простої, які наразі спотворюють економічні показники підприємства.

*Статистична оцінка стабільності виробничих процесів та витрат.*

Для поглибленої діагностики існуючої системи управління активами ВСП «Шахтоуправління «Імені Героїв Космосу» було проведено аналіз описової статистики ключових виробничо-економічних показників. Вибірка включає дані за 14 звітних періодів (14 місяців, 10.24-11.25). Результати розрахунку статистичних метрик наведено в Табл 2.3.

Аналіз наведених даних дозволяє оцінити характер розподілу величин, виявити приховані закономірності та оцінити рівень ризику (нестабільності) виробничого процесу. Розглянемо ключові групи показників детальніше.

Спочатку зробимо аналіз стабільності обсягів видобутку вугілля.

Показник «Загальний видобуток вугілля» демонструє середнє значення на рівні 196,02 тис. т із медіаною 191,38 тис. т. Близькість цих двох значень свідчить про відносно симетричний розподіл, проте інші метрики вказують на значну нестабільність процесу. А саме розмах варіації. Різниця між максимальним (293,9 тис. т) та мінімальним (125,79 тис. т) значенням складає 168,11 тис. т. Це критично високий показник, який майже дорівнює середньому обсягу видобутку. Такий широкий діапазон коливань свідчить про нездатність підприємства підтримувати ритмічний темп роботи: в окремі місяці шахта працює на межі потужності, а в інші — обсяги падають більш ніж удвічі.

Стандартне відхилення. Значення 48,8 тис. т вказує на значне розсіювання результатів відносно середнього.

Таблиця 2.3. – Описова статистика показників діяльності підприємства

Виробничий показник	Середнє значення	Стандартна похибка	Медіана	Стандартне відхилення	Вибіркова дисперсія	Ексцес	Асиметрія	Розмах варіації	Мінімум	Максимум	Сума
Загальний видобуток вугілля, тис.тн	196,0193	13,0446	191,38	48,808293	2382,24	-0,455	0,363	168,11	125,8	293,9	2744,27
Видобуток вугілля з очисних вибоїв, тис.тн	147,1764	11,3687	144,11	42,537759	1809,46	-0,461	0,374	149,1	78,1	227,2	2060,47
Видобуток вугілля з підготовчих вибоїв, тис.тн	44,68857	2,71436	46,05	10,156189	103,148	-1,01	-0,01	32,1	29,5	61,6	625,64
Загальні витрати на ТОiP, тис.грн	12090,16	531,187	11956,27	1987,5211	3950 240,1	-0,167	0,492	6905,8	9008	15 914,07	169 262,26
Загальні змінні витрати на сировину,	150128,6	11372,2	141610,7	42550,774	1810568 373	-0,685	0,672	137 941,5	97185	235 126,3	2 101 800,1

матеріали, запчастини, тис.грн												
Витрати на ТОіР по категорії видобувне обладнання, тис.грн	3180,788	402,532	2763,337	1506,1352	2268443,34	1,488	1,298	5233,5	1635	6868,2	44 531,0	
Витрати на ТОіР по категорії прохідницьке обладнання, тис.грн	3432,577	386,974	3364,204	1447,9234	2096482,03	0,817	0,191	5852,8	560,3	6413,1	48 056,1	

Джерело: угруповано та розраховано автором на підставі змодельованих даних.

Розрахунковий коефіцієнт варіації для показника «Загальний видобуток вугілля» становить:

$$CV = \text{Стандартне відхилення} / \text{Середнє значення} * 100\% = 24,9\%$$

Для промислових підприємств значення Коефіцієнт варіації вище 20% вважається ознакою нестабільності технологічного процесу. Це підтверджує, що на обсяги видобутку суттєво впливають стохастичні (випадкові) фактори, ймовірно — аварійні зупинки обладнання або великі технологічні перерви пов'язані з запізненням у проведенні підготовчих виробок.

Проаналізувавши структури витрат на технічне обслуговування (ТОіР), можна зробити такі висновки.

Найбільш показовим з точки зору обґрунтування необхідності цифровізації є аналіз витрат на ремонти, особливо у розрізі «Видобувного обладнання».

Загальні витрати на ТОіР мають середнє значення 12 090 тис. грн із розмахом 6 905 тис. грн. Проте детальний аналіз компонентів витрат виявляє цікаву аномалію в категорії «Витрати на ТОіР видобувного обладнання»:

Асиметрія для видобувного обладнання є найвищим у вибірці і становить 1,298. Позитивна асиметрія (правостороння) означає, що розподіл зміщений вліво, але має довгий «хвіст» у бік високих значень. Це означає, що більшість часу витрати знаходяться на відносно низькому рівні, але періодично трапляються місяці з екстремально високими витратами. Це математичний доказ наявності серйозних аварій, ліквідація яких потребує значних незапланованих інвестицій.

Показник ексцесу для видобувного обладнання становить 1,487, що є суттєво вищим за нуль (нормальний розподіл). Такий розподіл називається лептокуртичним (гостроверхим). Високий ексцес свідчить про те, що ймовірність появи «викидів» (екстремальних значень витрат) є значно вищою, ніж при нормальному, прогнозованому протіканні процесу.

У контексті ТОiP це підтверджує "реактивний" характер обслуговування: система працює стабільно до моменту раптової відмови, яка спричиняє різкий сплеск фінансових витрат.

Для порівняння, категорія «Прохідницьке обладнання» має значно менші показники асиметрії (0,19) та ексцесу (0,81), що свідчить про більш плановий та рівномірний характер витрат у цьому сегменті.

Змінні витрати на матеріали та запчастини (рядок «загальні Змінні витрати») демонструють колосальний розмах — 137 941 тис. грн при середньому значенні 150 128 тис. грн.

Коефіцієнт варіації для цієї статті складає:

$$CV = \text{Стандартне відхилення} / \text{Середнє значення} * 100\% = 28,3\%$$

Така висока волатильність матеріальних витрат (майже 30%) вказує на відсутність ефективного планування складських запасів. Підприємство змушене здійснювати екстрені закупівлі ТМЦ у періоди пікових навантажень або аварій, що, як правило, відбувається за завищеними цінами та призводить до заморожування оборотного капіталу.

Проведений аналіз описової статистики дозволяє сформулювати наступні висновки, що обґрунтовують доцільність впровадження системи предиктивного обслуговування.

По-перше, це висока нестабільність виробництва. Коефіцієнт варіації видобутку на рівні 25% та величезний розмах значень (від 125 до 293 тис. т) свідчать про те, що існуюча система експлуатації не дозволяє гарантувати виконання планових показників. Шахта працює в режимі непередбачуваності.

По-друге, математичне підтвердження аварійності. Високі показники асиметрії (1,29) та ексцесу (1,48) для витрат на ремонт видобувного обладнання статистично доводять, що бюджет ремонтів формується не планово, а під впливом раптових аварійних інцидентів («важкі хвости» розподілу).

В-третьє, потенціал стабілізації. Головною метою впровадження цифрових двійників та моніторингу вібрації є не просто зниження середнього рівня витрат, а звуження коридору варіації (зменшення стандартного відхилення).

Перехід до стратегії прогнозованого ремонту дозволить знизити ексцес розподілу витрат (усунути пікові аварійні виплати) та зменшити коефіцієнт варіації видобутку до прийнятних 5–10%, забезпечивши ритмічність відвантаження вугілля.

Таким чином, статистичні дані підтверджують гіпотезу про те, що поточна модель управління є реактивною та потребує трансформації за допомогою інструментів Індустрії 4.0.

#### *Аналіз причин виробничих простоїв*

Попередній регресійний та статистичний аналіз виявив загальну неефективність системи технічного обслуговування, яка характеризується високою аварійністю. Для локалізації джерел проблем та визначення пріоритетних об'єктів для впровадження системи предиктивного моніторингу було застосовано метод діаграми Парето (принцип 80/20).

Мета аналізу — виявити «життєво важливу меншість» активів, відмови яких генерують основну частку втрат робочого часу.

Для аналізу було використано змодельовані дані журналу обліку внутрішньозмінних простоїв видобувної ділянки за звітний рік (на підприємстві не ведеться облік простоїв обладнання). Загальний фонд втраченого часу склав 582 години. Структурування причин простоїв та розрахунок кумулятивного (накопиченого) відсотка наведено в Табл 2.4.

На основі табличних даних побудовано діаграму Парето (Рис. 2.3), яка поєднує стовпчикову діаграму абсолютних значень простоїв та криву Лоренца, що відображає накопичений підсумок. Діаграма чітко демонструє нерівномірність розподілу причин аварійності:

Таблиця 2.4 – Структура причин аварійних простоїв видобувної дільниці

Група	Причина простою (Обладнання / Система)	Час простою, годин/рік	Частка від загального, %	Кумулятивний (накопичений) відсоток, %
А	Очисний комбайн (Механічна частина)	215	36,94%	36,94%
А	Вибійний скребковий конвеєр (СП)	148	25,43%	62,37%
В	Очисний комбайн (Електрична частина)	55	9,45%	71,82%
В	Насосні станції (Гідравліка)	42	7,22%	79,04%
С	Стрічковий конвеєр (Штрековий)	38	6,53%	85,57%
С	Електропостачання дільниці (Мережа)	30	5,15%	90,72%
С	Інші причини (Вентиляція, Газ тощо)	28	4,81%	95,53%
С	Гірничо-геологічні умови	26	4,47%	100,00%
Разом		582	100%	

Джерело: угруповано та розраховано автором на підставі змодельованих даних.

Група А (Критичні активи): Перші дві позиції — Механічна частина очисного комбайна та Вибійний скребковий конвеєр — сумарно генерують 363 години простоїв, що становить 62,4% від усіх втрат часу.

Основні дефекти в цій групі: вихід з ладу редукторів, підшипникових вузлів, обриви ланцюгів. Це саме ті дефекти, які найбільш ефективно діагностуються методами вібраційного аналізу та термометрії.

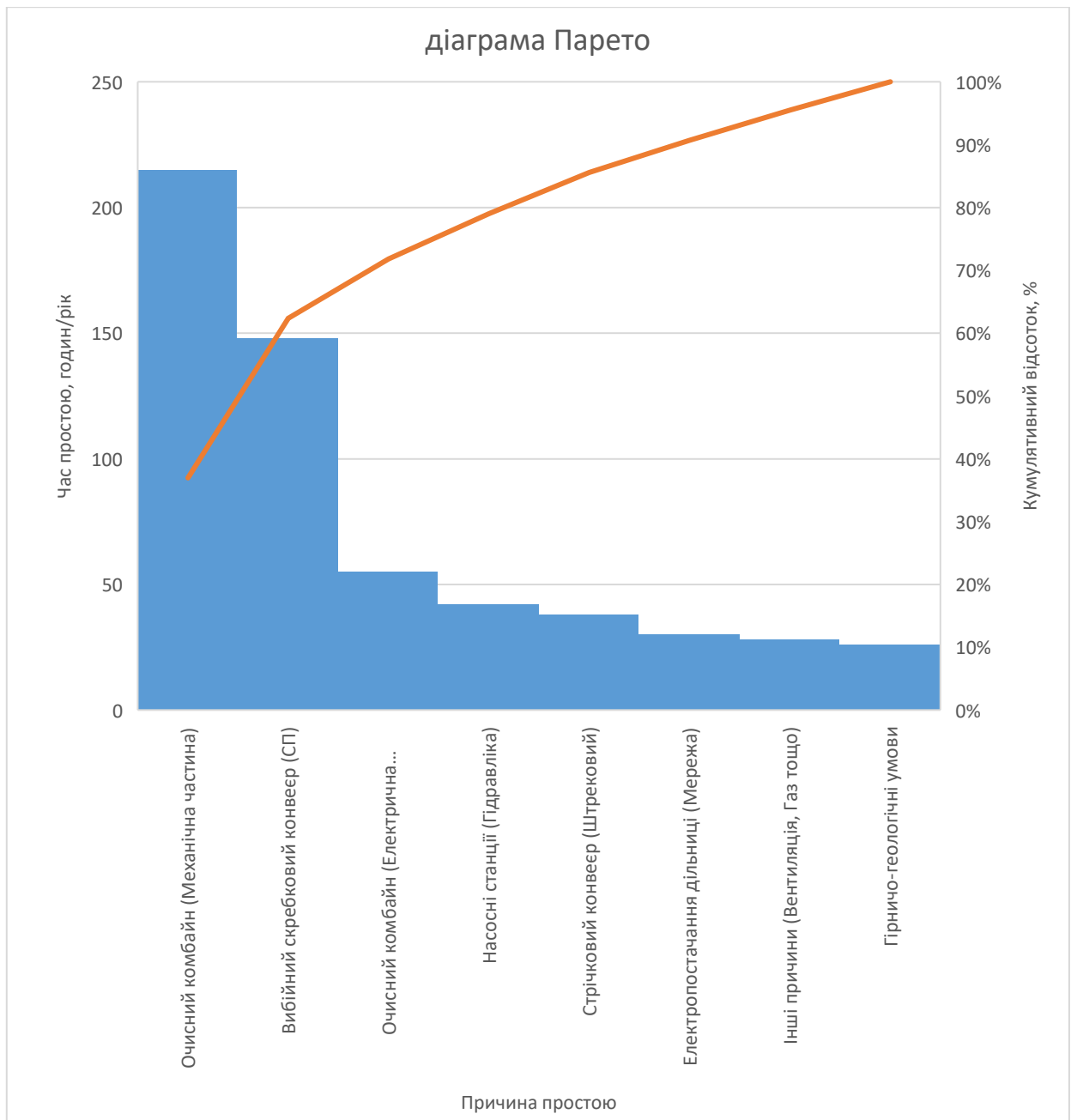


Рисунок 2.3 – Діаграма Парето простоїв обладнання (побудовано автором)

Група В (Важливі активи): Включає електричну частину комбайна та насосні станції. Разом із Групою А вони формують 79% проблем (майже класичне співвідношення 80/20).

Група С (Інші): Решта 5 причин (стрічкові конвеєри, мережа, вентиляція) сумарно дають лише близько 20% простоїв, хоча за кількістю одиниць обладнання вони можуть переважати.

Згідно з принципом Парето, усунення лише 20% причин (проблем з механікою комбайна та конвеєра) дозволить усунути понад 60% часу аварійних простоїв.

Розпорошення інвестицій на моніторинг всього допоміжного обладнання (насоси, вентилятори, стрічки) на першому етапі є економічно недоцільним. Стратегія цифровізації повинна бути сфокусована на Групі А.

#### 2.4 Аналіз рівня автоматизації та цифрових практик у системі обслуговування

Оцінка цифрової зрілості підприємства є критичним етапом у розробці стратегії вдосконалення системи технічного обслуговування і ремонту (ТОiP). Проведений аудит бізнес-процесів ВСП «Шахтоуправління «Імені Героїв Космосу» свідчить про те, що попри наявність сучасного видобувного обладнання, рівень автоматизації процесів його обслуговування залишається недостатнім і відповідає переважно другому технологічному укладу (механізація з елементами локальної автоматизації).

На сьогоднішній день IT-ландшафт підприємства у сфері управління виробничими активами сформований декількома розрізненими програмними продуктами, які функціонують ізольовано один від одного: корпоративна система управління (ERP) на базі SAP та системи візуалізації та диспетчеризації (SCADA-рівень).

Корпоративна система управління (ERP) на базі SAP. Дана система є ядром фінансового та складського обліку компанії. У модулях SAP MM (Material Management) та SAP PM (Plant Maintenance) ведеться облік руху запасів, формування заявок на закупівлю та списання матеріалів. Однак, на поточному етапі SAP використовується переважно як «система запису», а не як інструмент оперативного управління. Внесення даних про

використанні запчастини відбувається постфактум, часто із затримкою у декілька днів після завершення ремонту, що унеможлиблює отримання актуальної картини стану складських запасів у реальному часі.

Системи візуалізації та диспетчеризації (SCADA-рівень). На видобувних дільницях впроваджено системи моніторингу роботи очисного обладнання, такі як КДА-ЕЕ (Комплекс діагностики та аналізу електроенергетичний) та ELSTA. Ці системи дозволяють диспетчеру та оператору в режимі онлайн бачити поточні параметри роботи: струмові навантаження на електродвигуни, стан пускової апаратури, положення комбайна в лаві. Проте, критичним недоліком є відсутність інтеграції цих даних із системою SAP. Інформація про аварійні зупинки, перевантаження або перегрів двигунів залишається «замкненою» в локальних базах даних АСУТП і не використовується для автоматичного формування замовлень на ремонт. Аналіз цих даних проводиться вручну, епізодично, і часто вже після того, як сталася серйозна поломка.

Незважаючи на цифровізацію обліку, первинна документація на рівні дільниці (змінні рапорти гірничих майстрів, журнали огляду обладнання, дефектні відомості) ведеться у паперовому вигляді. Це створює значний часовий лаг між виявленням дефекту під землею та прийняттям рішення про виділення ресурсів на поверхні.

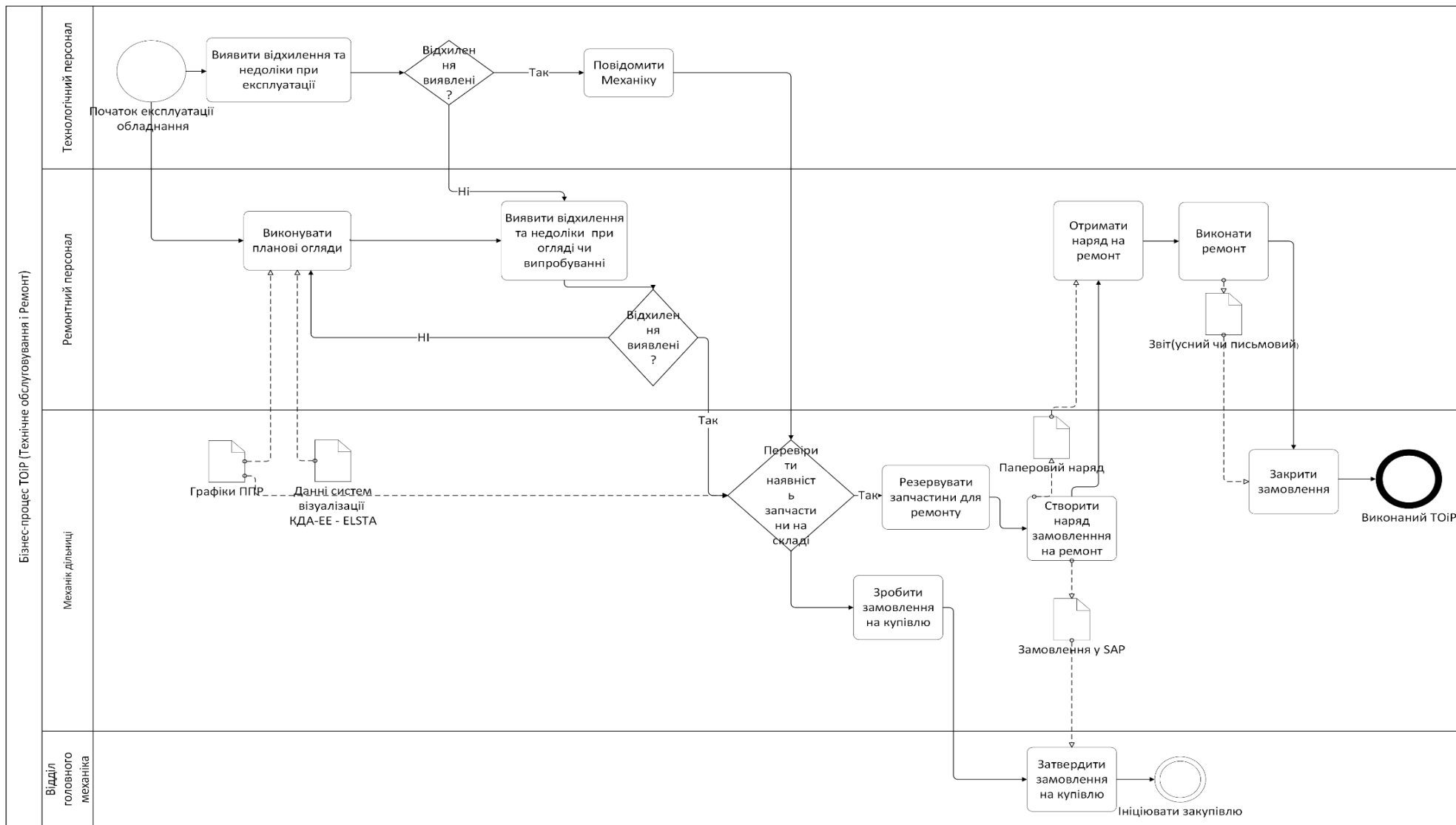


Рисунок 2.4 – Модель бізнес-процесу Технічне обслуговування і ремонт «AS IS» в нотації BPMN 2.0 (побудовано автором)

Для виявлення «вузьких місць» та розривів у інформаційних потоках було побудовано графічну модель існуючого бізнес-процесу технічного обслуговування за методологією BPMN 2.0. Модель стану «Як є» (AS IS) наведена на Рис 2.4.

Детальний аналіз моделі дозволяє виділити наступні критичні вади організації процесу.

По-перше, це розрив ланцюжка прийняття рішень. Як видно зі схеми, процес ініціюється оператором (машиністом гірничих виїмкових машин МГВМ) або обслуговуючим персоналом за фактом виявлення несправності або відхилення в роботі. Передача інформації на поверхню здійснюється голосовим зв'язком (шахтний телефон), що призводить до викривлення даних («зіпсований телефон») та втрати технічних деталей, важливих для діагностики.

По-друге, ізолюваність даних моніторингу. Блок «Системи візуалізації КДА-ЕЕ / ELSTA» на схемі не має вихідних зв'язків керування до системи забезпечення. Дані про вібрацію або перегрів доступні лише для візуального контролю оператором. Система не генерує автоматичних сповіщень для служби головного механіка, що робить процес залежним виключно від пильності або наявності персоналу.

Наступна вада - це бюрократизація процедури закупівлі. Нижня частина діаграми («Відділ головного механіка») демонструє складний та тривалий шлях погодження заявки на запчастини. Оскільки система SAP не має актуальних даних про прогноз відмов, складські запаси формуються на основі усереднених норм, а не реальної потреби. Це призводить до ситуацій, коли необхідна деталь відсутня на складі (гілка «Ні» на шлюзі «Перевірити наявність»), що запускає тривалий процес аварійної закупівлі. У цей час основне обладнання простоє або працює з ризиком повної руйнації вузла.

Відсутність зворотного зв'язку. Завершальний етап процесу — «Закриття наряду» — часто носить формальний характер. Інформація про

те, що саме стало причиною поломки і які саме роботи були виконані, залишається в паперових звітах і не аналізується для запобігання подібним випадкам у майбутньому.

Базуючись на моделі AS IS, можна констатувати, що поточний рівень автоматизації ТОiP на шахті характеризується наступними ознаками.

Планування ручне, на основі календарного графіку ППР (Планово-попереджувальних ремонтів), без урахування фактичного зносу.

Діагностика органолептична (на слух, на дотик, візуально) або за фактом аварійної зупинки.

Облік автоматизований (SAP), але з ручним введенням первинних даних.

Реагування реактивне — дії починаються тільки після виявлення очевидного дефекту.

Такий підхід був прийнятним в умовах індустріальної економіки минулого століття, проте в умовах Індустрії 4.0 він стає джерелом прямих збитків. Відсутність інтеграції між операційними технологіями (OT — датчики, SCADA) та інформаційними технологіями (IT — SAP ERP) унеможливорює перехід до високоефективних стратегій обслуговування.

Для подолання виявлених проблем необхідно реалізувати цифрову трансформацію процесу ТОiP. Ключовим завданням є ліквідація розривів, показаних на моделі AS IS, шляхом впровадження системи предиктивної аналітики. Це дозволить замкнути контур управління: дані з датчиків повинні автоматично ініціювати процеси в SAP, мінімізуючи вплив людського фактору та перетворюючи ТОiP з «центру витрат» на інструмент підвищення операційної ефективності.

### 3 ОБГРУНТУВАННЯ ТА ПРОЕКТУВАННЯ ЦИФРОВОЇ МОДЕЛІ ТОІР ВСП «ШАХТОУПРАВЛІННЯ «ІМЕНІ ГЕРОЇВ КОСМОСУ» ПРАТ «ДТЕК ПАВЛОГРАДВУГІЛЛЯ»

#### 3.1. Розробка стратегії переходу до предиктивного обслуговування з використанням елементів Індустрії 4.0

Впровадження стратегії предиктивного обслуговування на ВСП «Шахтоуправління «Імені Героїв Космосу» є критично важливим кроком для підвищення операційної ефективності. На відміну від традиційних підходів, предиктивне обслуговування базується не на статистиці минулих поломок, а на прогнозуванні майбутнього технічного стану обладнання за допомогою аналізу даних у реальному часі.

Стратегія переходу є складним багаторівневим процесом, що охоплює технічні, програмні та організаційні зміни. Логічну послідовність реалізації цієї стратегії наведено на Рис. 3.1

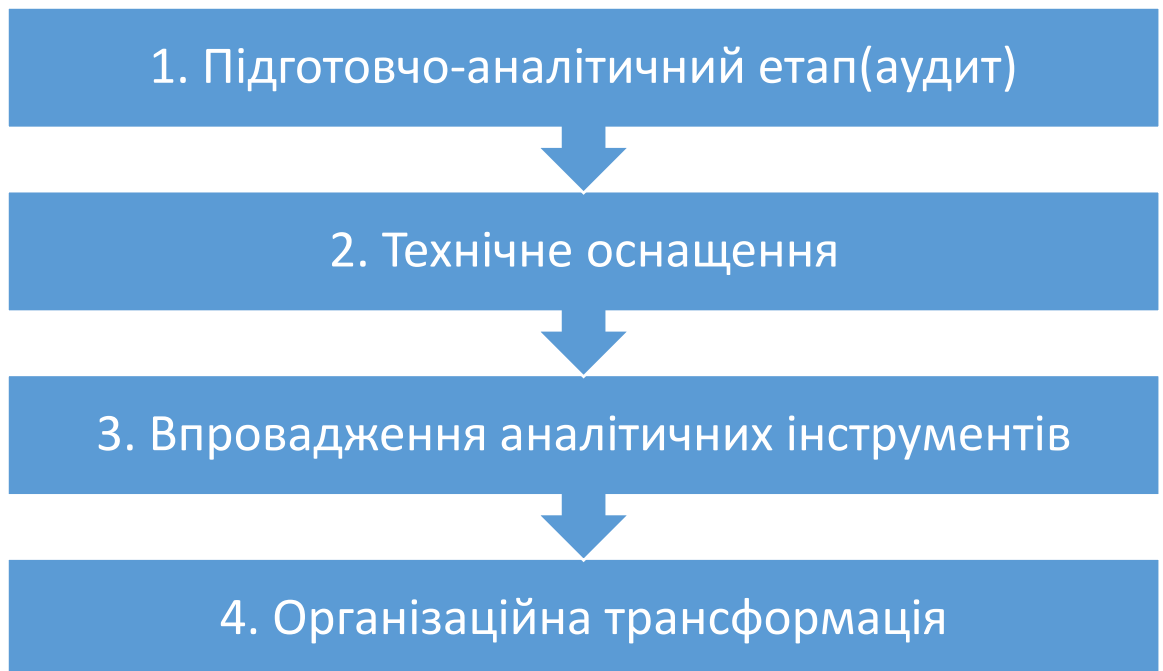


Рисунок 3.1 – Стратегія переходу до предиктивного обслуговування (побудовано автором)

Аудит та категоризація обладнання.

Неможливо і економічно недоцільно переводити на предиктивне обслуговування все обладнання шахти одночасно.

На Рис 3.2 показана діаграма з розподілом витрат на технічне обслуговування і ремонт обладнання за 2024 рік в розрізі дільниць шахти. Майже половина витрат , а саме 47% приходить на дільницю з ремонту обладнання.

Враховуючи розподіл витрат на технічне обслуговування та ремонт обладнання, проведемо аналіз критичності обладнання (ABC-аналіз), розділивши парк машин на три групи: Категорія А (Критичне обладнання), Категорія В (Важливе обладнання), Категорія С (Допоміжне обладнання).

Аналіз структури витрат на технічне обслуговування та ремонт (ТОiP) ВСП «Шахтоуправління «Імені Героїв Космосу» свідчить про те, що значна частина бюджету витрачається на ліквідацію наслідків раптових аварійних зупинок основного технологічного обладнання. Проведений ABC-аналіз критичності активів підтвердив дію принципу Парето в умовах вугільного підприємства: близько 15–20% одиниць обладнання (Категорія А) генерують до 80% усіх витрат від недовидобутку вугілля та понад 60% витрат ремонтного фонду.

Враховуючи високу вартість розгортання повноцінної системи Індустрії 4.0 (вартість вібродатчиків, серверної інфраструктури, ліцензій на програмне забезпечення для предиктивної аналітики), одночасна цифровізація всього парку машин є економічно недоцільною. Для обладнання Категорії В (Важливе обладнання) та Категорії С (допоміжне обладнання) на даному етапі рентабельніше залишити стратегії планово-попереджувальних ремонтів або експлуатації до відмови.

На основі вищевикладеного зроблено висновок про доцільність

### Витрати на ТОіР за 2024рік в розрізі діленьць

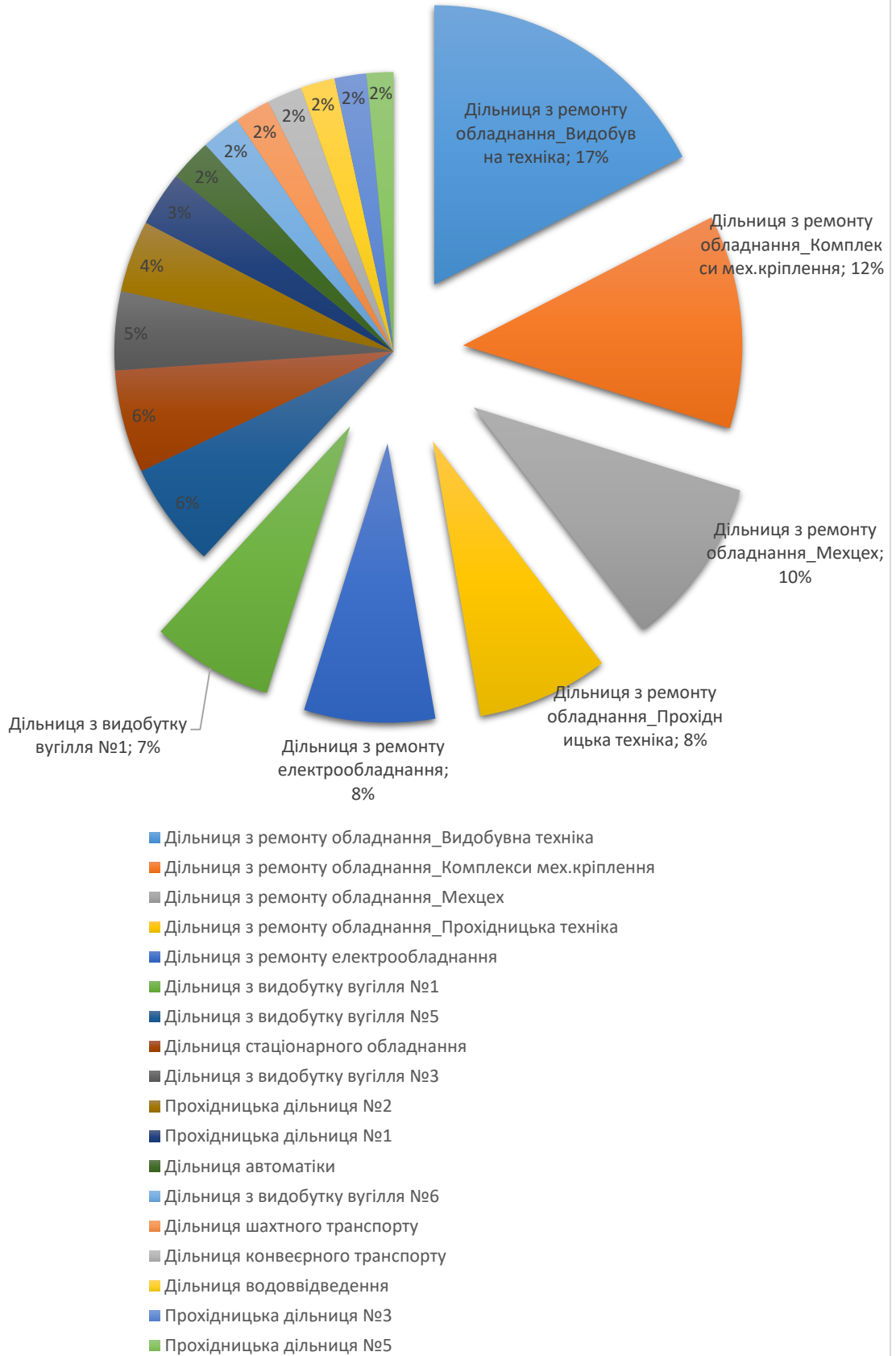


Рисунок 3.2 – Витрати на ТОіР за 2024рік в розрізі діленьць (побудовано автором)

Таблиця 3.1 – ABC-аналіз гірничо-шахтного обладнання за категоріями критичності

№ п/п	Категорія критичності	Тип Обладнання	Вплив на виробничий процес	Доля у витратах на ТОiP, %	Обрана стратегія обслуговування	Цифрові рішення
1.	Категорія А (Критичне обладнання)	1.Очисні комбайни УКД200-500, КА200 2. Скребкові конвеєри лави СП-251, СП-326 та підлавні перевантажувачі ПТК 3. Магістральні стрічкові конвеєри 2Л-1000, 2Л-1200 4. Вентилятори головного провітрювання ВОД-30 5. Вентилятори ВМЦГ6, ВМЦГ7 6. Шахтні підйомні машини 7. Насосні агрегати живлення комплексів мех.кріплення НА200-320, СНД-300	Зупинка шахти/лави. Вихід з ладу призводить до повної зупинки видобутку або транспортування вугілля. Високий ризик для безпеки (газова обстановка). Найдорожчі запчастини.	54%	Предиктивне обслуговування. Обслуговування на основі прогнозування залишкового ресурсу в реальному часі.	Встановлення стаціонарних датчиків вібрації та температури. Предиктивна аналітика на основі Big Data. Автоматична генерація заявок в ERP.
	Категорія В (Важливе обладнання)	1. Прохідницькі комбайни ( П-110, РН-110, РН-160, КСП-35). 2. Насосні станції дільничного водовідливу ЦНС, 6Ш-8. 3. Електровози АМ8Д. 4. Трансформаторні підстанції дільниць ТСВП630, КТПВ630.	Обмеження потужності. Поломка сповільнює підготовку нових виробок або ускладнює логістику, але є буфер часу (накопичувальні	26%	Обслуговування за станом. Періодичний інструментальний контроль без безперервного онлайн-моніторингу.	Використання портативних вібродіагностичних приладів. Тепловізійний контроль (огляди). Мобільні додатки (планшети) для фіксації результатів оглядів та чек-листів.

		5. Вентилятори місцевого провітрювання (ВМП) ВМЕУ6,ВМЕУ8,ВМЕУ10.	бункери) або резервні одиниці.			
	Категорія С (Допоміжне обладнання)	1. Допоміжні лебідки ЛГКН, ЛМ71. 2. Напочвені канатні дороги ДКНУ. 3. Секції мех.кріплення 1КД80, 1КД90. 4. Конвеєри допоміжних діляниць (з низьким навантаженням) . 5. Побутове обладнання АБК.	Мінімальний вплив. Вихід з ладу не впливає на основний технологічний потік. Вартість ремонту нижча за вартість впровадження моніторингу.	20%	Експлуатація до відмови. Планово-попереджувальний ремонт (тільки базове ТО: змащення, чистка).	Облік фактів поломок у цифровій системі (журнал дефектів) для аналізу статистики списання.

Джерело: угруповано автором на підставі змодельованих даних.

концентрації інвестиційних ресурсів на першому етапі впровадження предиктивного обслуговування виключно на обладнанні Категорії А видобувних дільниць. Саме цей сегмент є «вузьким місцем», що визначає загальну продуктивність шахти.

До переліку пріоритетних об'єктів для оснащення засобами онлайн-моніторингу та діагностики включено:

Очисні комбайни. Є ключовим виробничим активом лави. Будь-яка поломка ріжучої частини або приводів подачі призводить до миттєвої зупинки видобутку. Впровадження моніторингу навантажень та вібрації дозволить попередити критичні поломки редукторів та електродвигунів, вартість заміни яких є найвищою у структурі основних фондів.

Вибійні скребкові конвеєри (СП). Забезпечують безперервність потоку вугілля від комбайна. Через надважкі умови експлуатації та перемінні навантаження, ланцюгові приводи та редуктори конвеєрів схильні до прискореного зносу. Предиктивна аналітика дозволить планувати їх обслуговування у міжзмінні паузи, уникаючи аварійних розривів ланцюга під час робочої зміни.

Насосні агрегати (станції) живлення механізованого комплексу. Це «серце» гідравлічної системи лави. Відмова насосів призводить до падіння тиску в системі, що унеможливорює пересування секцій кріплення та, як наслідок, зупиняє рух очисного вибою. Моніторинг тиску, температури та концентрації робочої рідини є критичним для запобігання відмовам.

Вентилятори місцевого провітрювання (ВМП/ВМЦГ). Критичні з точки зору аерогазової безпеки. Зупинка вентилятора призводить до загазування виробки та автоматичного знеструмлення дільниці, що означає повний параліч роботи. Забезпечення 100% надійності цих агрегатів через вібродіагностику підшипникових вузлів є вимогою не лише економіки, а й охорони праці.

Таким чином, стратегія поетапного впровадження, сфокусована на обладнанні видобувних дільниць, дозволить отримати максимальний економічний ефект (ROI) у найкоротші терміни. Зниження аварійності саме на цих чотирьох типах активів забезпечить зростання коефіцієнта технічної готовності (КТГ) всього комплексу та стабілізацію обсягів видобутку вугілля, що і є головною метою підвищення операційної ефективності підприємства.

*Технічне оснащення - Розробка архітектури системи збору та передачі даних для обладнання Категорії А.*

Для практичної реалізації стратегії предиктивного обслуговування на ВСП «Шахтоуправління «Імені Героїв Космосу» критично важливим є створення надійного фізичного фундаменту — інфраструктури Industrial Internet of Things (IIoT). Оскільки обрана стратегія фокусується на обладнанні Категорії А (критичні активи видобувних дільниць), архітектура системи повинна забезпечувати безперервний потік даних від вибою до диспетчерського пункту в умовах агресивного шахтного середовища.

Пропонована архітектура базується на ієрархічній трирівневій моделі: «Рівень фізичних датчиків» — «Рівень передачі даних» — «Рівень зберігання та обробки», що зображена на Рис 3.3.

Нижче наведено детальну характеристику кожного рівня.

Рівень 1. Рівень фізичних датчиків. Цей рівень відповідає за первинну оцифровку фізичних параметрів роботи обладнання. Для кожного типу активів Категорії А визначено специфічний набір діагностичних параметрів.

Вібромоніторинг та температурний контроль Впровадження стаціонарних систем віброаналізу є пріоритетним для обертових механізмів. Датчики віброшвидкості (для низькочастотних дефектів) та віброприскорення (для діагностики підшипників та зубчастих зачеплень)

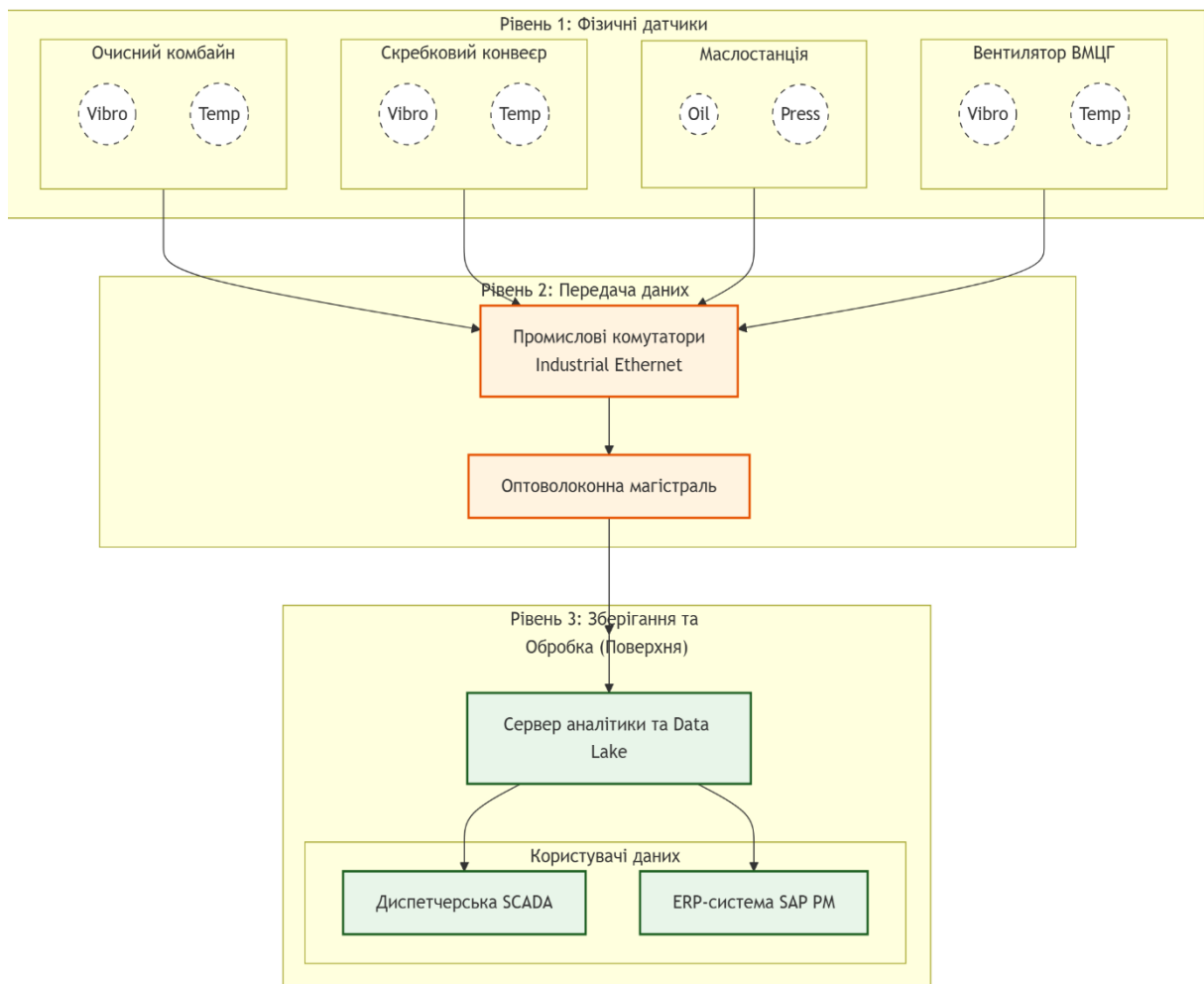


Рисунок 3.3 – Архітектура системи збору та передачі даних (побудовано автором)

встановлюються на:

- очисні комбайни, де особлива увага приділяється редукторам різання та електродвигунам подачі. Враховуючи високу динаміку навантажень комбайна, датчики повинні мати розширений динамічний діапазон та високий рівень захисту від механічних пошкоджень (IP67/IP68);

- приводи скребкових конвеєрів (СП), де датчики встановлюються на підшипникових вузлах головного та кінцевого приводів. Це дозволяє

виявляти перекося валів, дефекти муфт та знос редукторів, що працюють у важкому пусковому режимі.

- вентилятори місцевого провітрювання (типу ВМЦГ). Для цих агрегатів критичним є контроль дисбалансу робочого колеса, який може виникнути через налипання пилу або знос лопаток. Безперервний моніторинг вібрації гарантує безаварійну роботу системи вентиляції видобувних вибоїв.

Контроль параметрів робочої рідини для насосних станцій (агрегатів живлення механізованих комплексів) ключовим фактором надійності є якість водомасляної емульсії. Відхилення у складі рідини призводять до корозії гідростійок або виходу з ладу плунжерних насосів. Система передбачає встановлення потокових датчиків у баках маслостанцій для контролю:

- концентрації емульсолу та забезпечення стабільного відсотка мастильної домішки;
- рівня забруднення, а саме виявлення механічних домішок, що можуть пошкодити елементи гідравлічних систем;
- температури та тиску в напірних магістралях.

Інтеграція існуючих датчиків струмового навантаження. На більшості електродвигунів шахти (комбайни, конвеєри) вже встановлені датчики струму в рамках систем електрозахисту (від перевантаження, струмів короткого замикання). Однак, на даний момент вони працюють в режимі «реле» (відключення при аварії). Завданням модернізації є інтеграція цих датчиків у систему предиктивної аналітики. Аналіз трендів споживання струму дозволяє виявляти непрямі ознаки механічних проблем: наприклад, зростання струму холостого ходу конвеєра свідчить про проблеми з рештатним ставом або заклинювання ланцюга ще до того, як спрацює тепловий захист.

Рівень 2. Рівень передачі даних. Специфіка вугільної шахти (велика протяжність виробок, екранування радіосигналів гірським масивом, електромагнітні перешкоди) вимагає створення надійної транспортної мережі для телеметрії.

Магістральні лінії зв'язку. В якості опорної мережі пропонується використання оптоволоконних ліній зв'язку стандарту Industrial Ethernet. Оптоволокну є оптимальним рішенням для шахтних умов, оскільки воно задовільняє наступним умовам: абсолютно нечутливе до електромагнітних завад від потужних електродвигунів та трансформаторів; забезпечує високу пропускну здатність для передачі великих масивів вібродіагностичних даних; є іскробезпечним (світловий сигнал не створює ризику вибуху газу метану).

Локальна комутація. Безпосередньо у лавах та шахтних виробках сигнали від датчиків (вібрації, температури) збираються на локальні концентратори даних або програмовані логічні контролери, які конвертують аналогові або цифрові сигнали датчиків у пакети даних Ethernet для передачі на поверхню в диспетчерську.

Рівень 3. Рівень зберігання та обробки.

Це верхній рівень архітектури, де розрізнені потоки даних перетворюються на корисну інформацію для прийняття рішень.

Єдина база даних (Data Lake). Традиційні системи автоматизації часто зберігають дані локально або фрагментарно. Для реалізації предиктивного підходу необхідно створити централізоване сховище даних — «Озеро даних» (Data Lake). Сюди стікається вся «сиря» інформація: високочастотні дані вібрації (спектри), часові ряди температур і тисків, журнали подій та помилок.

Синхронізація з системою SCADA. Критично важливим елементом є контекстуалізація даних. Вібрація 5 мм/с може бути нормою при різанні міцної породи, але аномалією при роботі комбайна вхолосту. Тому

архітектура передбачає повну інтеграцію з існуючою системою диспетчерського управління (SCADA). Це дозволяє накласти дані діагностики на дані про режими роботи:

Чи працював двигун у цей момент?

Яке було навантаження?

Де саме знаходився комбайн у лаві?

Така синхронізація дозволяє алгоритмам машинного навчання коректно інтерпретувати показники датчиків, відсіювати хибні спрацювання та формувати точні прогнози щодо залишкового ресурсу обладнання.

Висновок Розгортання описаної інфраструктури збору даних створює необхідне цифрове середовище для переходу ВСП «ШУ «Імені Героїв Космосу» на обслуговування за станом. Комплексне охоплення обладнання Категорії А сенсорами та їх інтеграція в єдину мережу дозволить виявляти дефекти на ранніх стадіях розвитку, що є економічним фундаментом запропонованої магістерської роботи.

### *Впровадження аналітичних інструментів.*

Сама по собі наявність масивів даних (Big Data), отриманих із сенсорів, не гарантує підвищення ефективності виробництва. «Сирі» дані є лише ресурсом, який потребує глибокої переробки для отримання цінної управлінської інформації. Стратегія цифровізації ВСП «Шахтоуправління «Імені Героїв Космосу» передбачає розгортання багаторівневої системи аналітики, яка трансформує потік телеметрії у конкретні дії персоналу.

Архітектура аналітичного ядра системи повинна включати три функціональні модулі:

1. Модуль моніторингу відхилень. Це базовий рівень діагностики, що працює за принципом порівняння поточних показників із заздалегідь встановленими нормативами. Для гірничого обладнання критично

важливим є налаштування адаптивних порогових значень відповідно до стандартів ISO 10816 (оцінка вібраційного стану машин). Система функціонує у режимі реального часу.

Зона «Увага». Наприклад, якщо віброшвидкість на вхідному валу редуктора комбайна перевищує 4,5 мм/с, система надсилає повідомлення механіку дільниці про необхідність позапланового огляду.

Зона «Небезпека». Якщо показник перевищує 7,1 мм/с, система може автоматично подати команду на аварійну зупинку агрегату, щоб запобігти руйнуванню механізму. Важливим аспектом є фільтрація «шумів» та хибних спрацювань, викликаних специфікою шахти (ударні навантаження при різанні породи), щоб уникнути десенситизації операторів до сигналів тривоги.

2. Модуль предиктивної аналітики та машинного навчання. Це найбільш інтелектуальна складова системи, що дозволяє виявляти приховані аномалії, непомітні для людини. Використання алгоритмів машинного навчання дозволяє побудувати «Цифрового двійника» ключових вузлів — віртуальну модель, яка імітує поведінку реального обладнання в ідеальних умовах. Порівнюючи поведінку реального об'єкта та його цифрової моделі, система знаходить неочевидні кореляції. Наприклад, зростання температури масла на 2°C при стабільному навантаженні на двигун та незмінній температурі навколишнього середовища може свідчити про початок деградації мастильних властивостей або мікропошкодження сепаратора підшипника. Результатом роботи цього модуля є розрахунок показника залишкового корисного ресурсу. Це дозволяє спрогнозувати вихід вузла з ладу за 2–3 тижні до фактичної аварії, перетворивши аварійний ремонт на плановий.

3. Інтеграція з корпоративною ERP-системою (на прикладі SAP PM). Аналітика не має сенсу без організаційних дій. Для замикання циклу управління необхідно забезпечити безшовну інтеграцію діагностичного ПЗ

з модулем технічного обслуговування підприємства (SAP Plant Maintenance). Автоматизований бізнес-процес виглядає наступним чином.

При фіксації системою машинного навчання передаварійного стану (ймовірність відмови > 80%), програмне забезпечення автоматично генерує повідомлення про несправність (Notification) у системі SAP.

На основі повідомлення автоматично створюється замовлення на ремонт (Work Order).

Система перевіряє наявність необхідних запчастин на складі (модуль SAP MM). Якщо деталь відсутня, автоматично формується заявка на закупівлю.

Такий підхід виключає «людський фактор», коли діагност виявив проблему, але забув замовити запчастину, або інформація про дефект загубилася при передачі зміни.

Алгоритм автоматизованого управління обслуговуванням на основі технології «Цифровий двійник» та інтеграції з SAP PM показан на Рис 3.4.

### *Організаційна трансформація.*

Успіх цифровізації ВСП «Шахтоуправління «Імені Героїв Космосу» лише на 20% залежить від встановлення датчиків та програмного забезпечення, і на 80% — від трансформації організаційної структури та зміни культури виробництва. Впровадження предиктивного обслуговування вимагає переходу від традиційної ієрархічної моделі управління до гнучкої, де технічні дані автоматично конвертуються в управлінські рішення без зайвих бюрократичних ланок.

Автоматизація документообігу та інтеграція з ERP. Ключовим елементом нової організаційної моделі є виключення «людського фактору» з ланцюжка передачі інформації про дефекти. У існуючій системі шлях від виявлення проблеми до початку ремонту може займати тривалий

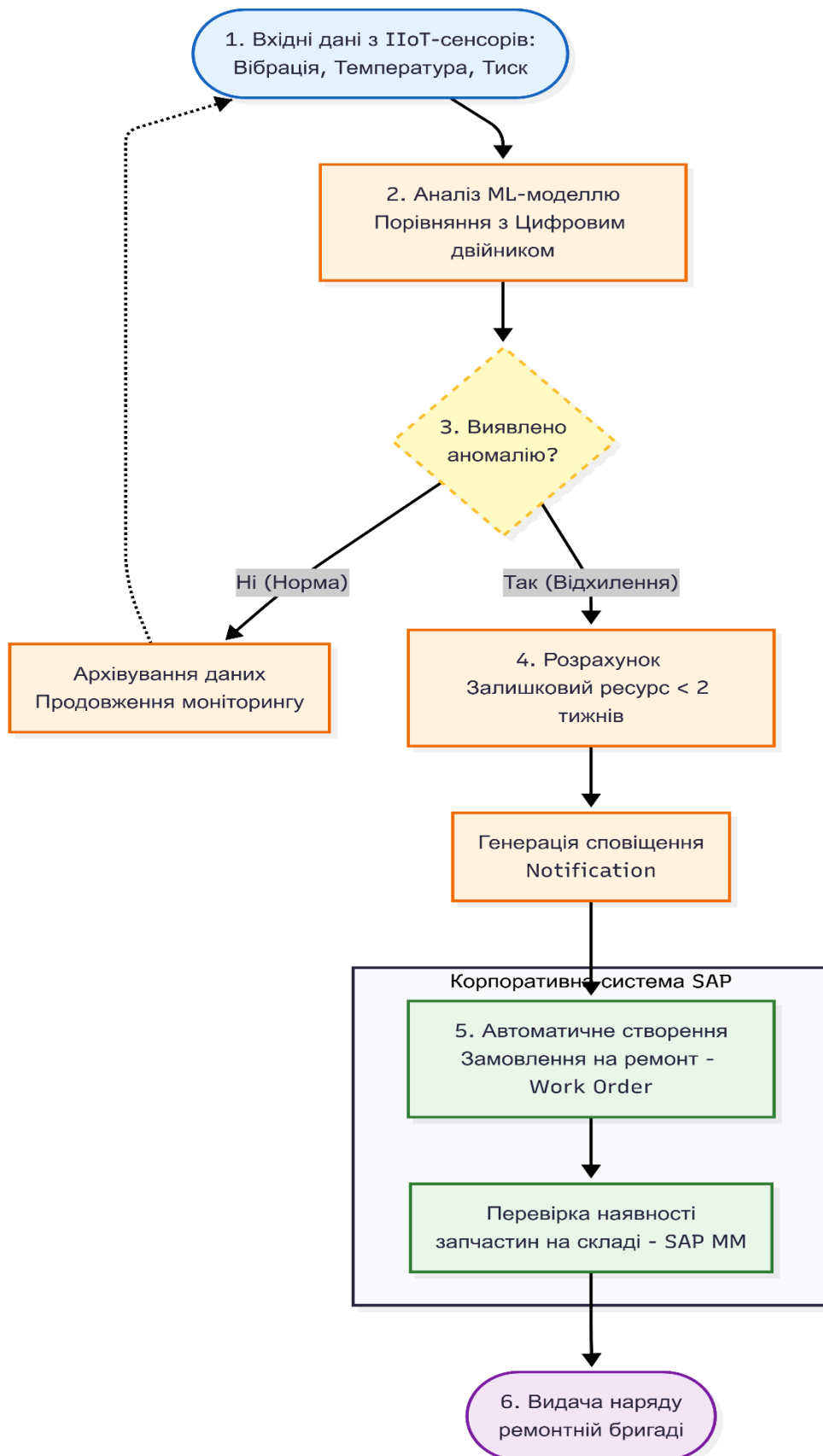


Рисунок 3.4 – Алгоритм автоматизованого управління обслуговуванням на основі технології «Цифровий двійник» та інтеграції з SAP PM (побудовано автором)

час (звіт майстра — планерка — заявка в постачання — видача наряду). Запропонована модель передбачає повну автоматизацію цього циклу. При спрацюванні тригера в аналітичній системі (наприклад, прогноз виходу з ладу підшипника через 100 годин), відбувається двостороння інтеграція з ERP-системою підприємства (SAP PM):

1. Генерація повідомлення: Система автоматично створює запис про несправність із зазначенням конкретного вузла та коду дефекту.
2. Перевірка ресурсів: Модуль автоматично резервує необхідні запчастини на складі. Якщо деталь відсутня, формується термінова заявка на закупівлю.
3. Формування замовлення на ремонт : Створюється змінне завдання для ремонтної бригади, яке миттєво стає доступним у цифровій системі.

Концепція «Connected Worker» (Підключений працівник) Змінюється інструментарій взаємодії з персоналом. Замість паперових нарядів та усних розпоряджень у нарядній, інформація доставляється безпосередньо виконавцю через мобільні пристрої (промислові планшети або смартфони). Використання корпоративних месенджерів та мобільних додатків дозволяє отримувати сповіщення про аварійні події в реальному часі та звітувати про виконання роботи (закриття наряду) натисканням однієї кнопки з фотофіксацією результату.

Трансформація ролі служби діагностики. Впровадження віддаленого моніторингу докорінно змінює функціонал відділу головного механіка. Відбувається еволюція професії: від «діагноста-обхідника», який витрачає 90% часу на переміщення шахтою для фізичних замірів, до «інженера з надійності» або дата-аналітика. Основні завдання нової служби: не збір даних, а їх інтерпретація; аналіз трендів на дашбордах та виявлення кореляцій; налаштування та коригування алгоритмів ML

(навчання системи); стратегічне планування втручань у роботу обладнання під час технологічних пауз, щоб уникнути зупинок видобутку.

Зміна виробничої культури. Найскладнішим етапом є ментальний перехід від реактивної культури («гасіння пожеж», героїчне усунення аварій) до проактивної (попередження проблем). Це вимагає зміни системи KPI: персонал повинен преміюватися не за кількість відремонтованих поломок, а за час безаварійної роботи обладнання.

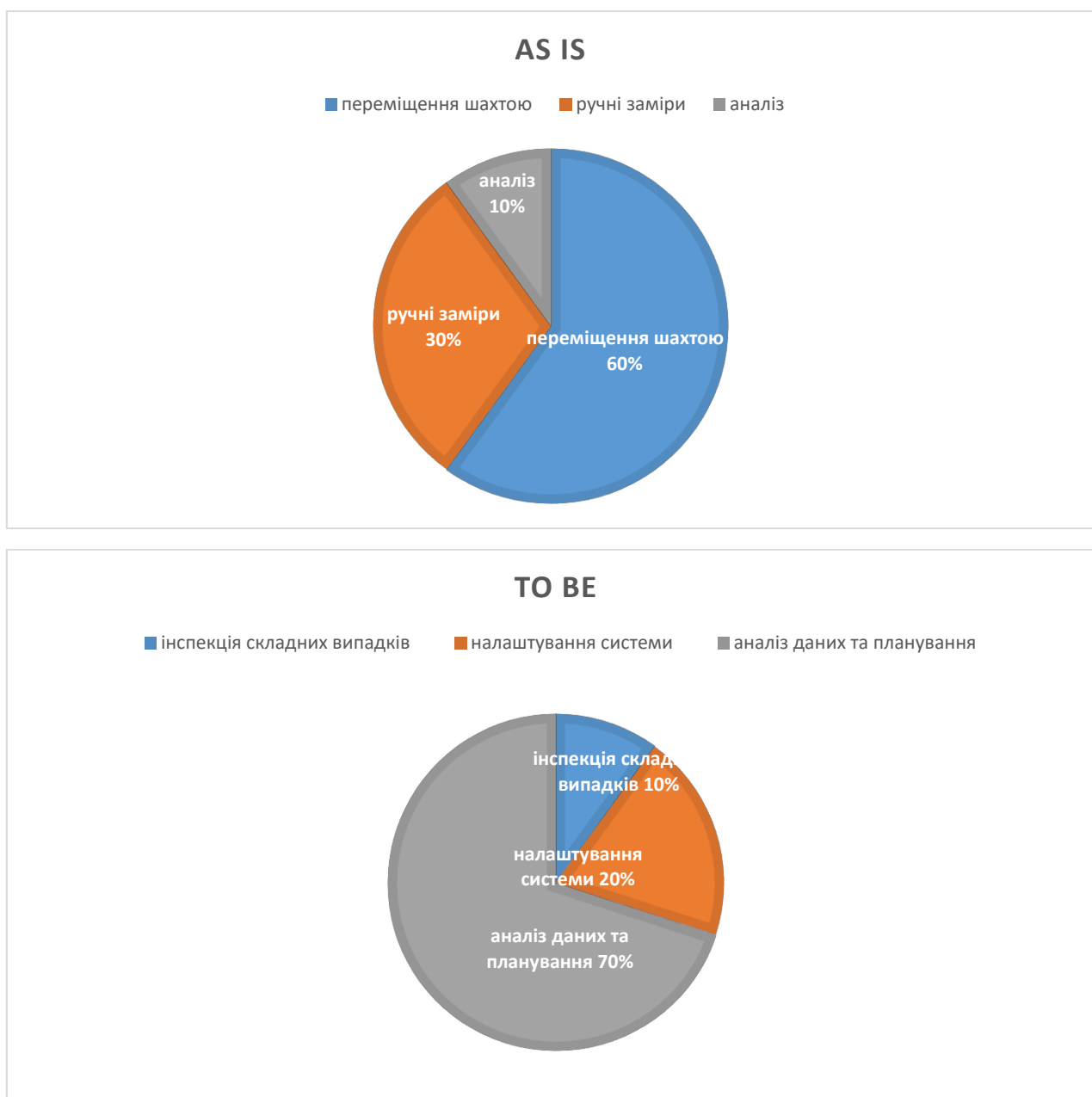


Рисунок 3.5 – Подання структури витрат часу на діагностику обладнання (побудовано автором)

Предиктивне обслуговування робить роботу шахтаря більш планомірною, безпечною та менш стресовою, що можна побачити на прикладі Рис 3.5.

### 3.2. Модель цифрової системи ТОiP: структура, принципи, етапи реалізації

На основі проведеного аналізу недоліків існуючої системи технічного обслуговування (Розділ 2) та виявлення критичного обладнання методом (розділ 2, 3), розроблено цільову модель бізнес-процесів (ТО BE) цифрової системи ТоiP, що представлена на Рис 3.6 Запропонована модель базується на переході від реактивного підходу («ремонт після відмови») до проактивного (предиктивного) обслуговування на основі даних .

Цифрова трансформація процесу ТоiP на вугільному підприємстві передбачає інтеграцію фізичних активів з цифровим середовищем управління. Архітектура запропонованої системи базується на чотирьох ключових рівнях: фізичний рівень, комунікаційний рівень, аналітичний рівень, рівень бізнес-логіки.

Фізичний рівень включає масив датчиків вібрації, температури та струмового навантаження, встановлених на критичних вузлах очисного комбайна, скребкового та стрічкового конвеєрів, насосних агрегатів.

Комунікаційний рівень забезпечує передачу даних з підземних виробок на поверхню через іскробезпечні мережі Ethernet в режимі реального часу.

Аналітичний рівень – це хмарна або локальна платформа, де розгорнуто алгоритми машинного навчання (ML), які аналізують вхідні потоки даних, виявляють аномалії та прогнозують залишковий ресурс обладнання до поломки.

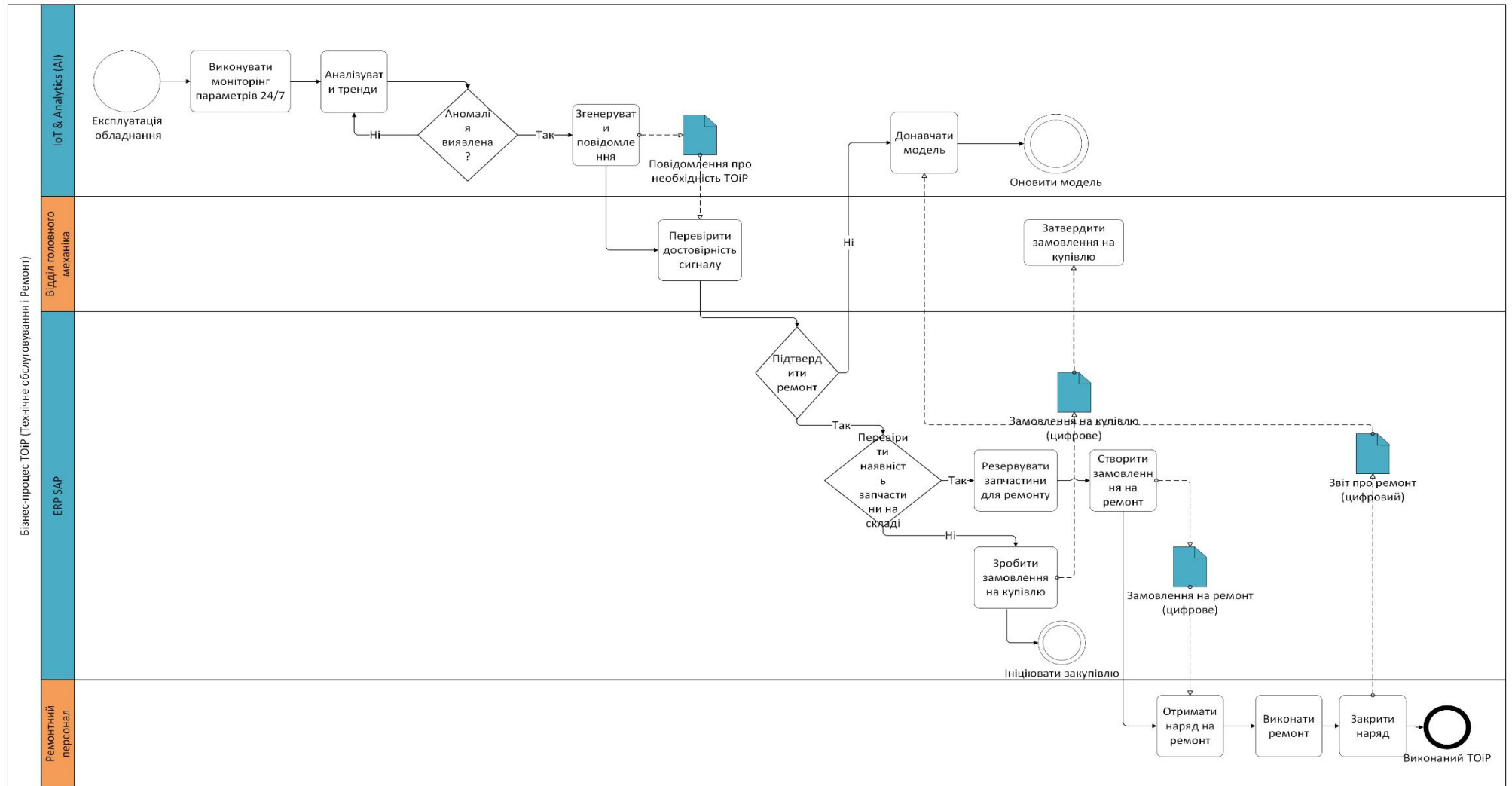


Рисунок 3.6. – Модель бізнес-процесу Технічне обслуговування і ремонт «ТО ВЕ» в нотації BPMN 2.0 (побудовано автором)

Рівень бізнес-логіки (ERP) – це корпоративна система управління ресурсами (наприклад, SAP PM), яка автоматизує процеси логістики, закупівлі запчастин та формування нарядів на виконання робіт.

Ключовим принципом функціонування моделі є концепція «Людина в контурі». Вона передбачає, що штучний інтелект виконує функцію діагностики та раннього оповіщення, проте остаточне рішення про зупинку обладнання та фінансові витрати приймає кваліфікований фахівець (відділ головного механіка), що мінімізує ризики хибних спрацювань.

Розроблена модель бізнес-процесу в нотації BPMN 2.0 (Рисунок 3.2.1) демонструє наскрізний потік інформації від моменту зародження дефекту до його усунення. Процес ініціюється не фактом аварії, а прогнозом системи моніторингу.

Алгоритм функціонування системи включає наступні етапи: безперервний моніторинг та аналіз, детекція аномалії, верифікація (валідація), автоматизація забезпечення (ERP-рівень), планове виконання ремонту, зворотний зв'язок.

Безперервний моніторинг та аналіз. Підсистема IoT у режимі 24/7 зчитує параметри роботи обладнання. Модуль аналітики порівнює поточні показники з «еталонною моделлю» нормальної роботи.

Детекція аномалії. У разі виявлення відхилень (наприклад, зростання вібрації на частоті обертання підшипника), система автоматично генерує повідомлення із зазначенням ймовірної причини та часу до відмови.

Верифікація (Валідація). Повідомлення надходить до Відділу головного механіка. Інженер аналізує спектр вібрації та історію навантажень, щоб виключити вплив зовнішніх факторів (наприклад, проходження геологічного порушення).

Якщо тривога хибна — система отримує зворотний зв'язок для донавчання моделі.

Якщо загроза підтверджена — інженер акцептує створення заявки на ремонт.

Автоматизація забезпечення (ERP-рівень). Після підтвердження дефекту ERP-система автоматично перевіряє наявність необхідних запчастин на складі. При наявності ТМЦ відбувається їх миттєве резервування. При відсутності — автоматично формується та надсилається на погодження заявка на закупівлю.

Планове виконання ремонту: На основі підтверджених даних формується цифровий наряд-замовлення на ремонт, який надходить безпосередньо ремонтному персоналу. Ремонт виконується у найближчу регламентовану ремонтну зміну, без зупинки видобутку в робочий час.

Зворотний зв'язок. Після закриття наряду інформація про фактичний стан заміненої деталі вноситься в систему, що дозволяє підвищити точність майбутніх прогнозів.



Рисунок 3.7 – Діаграма Ганта впровадження проекту предиктивного обслуговування (побудовано автором)

Впровадження запропонованої моделі є складним організаційно-технічним процесом, який пропонується реалізувати у три етапи (Рис. 3.7):

Етап 1. Пілотний проект та навчання персоналу (3-6 місяців). Оснащення датчиками найбільш критичного обладнання (очисний комбайн та привідна станція конвеєра). Налаштування передачі даних та навчання базової ML-моделі. Паралельно проводиться інтенсивна підготовка кадрів. Для електрослюсарів та механіків дільниці: навчання правилам монтажу та обслуговування нових IoT-датчиків. Для ІТР (гірничих майстрів та механіків): тренінги з роботи у цифровому інтерфейсі системи моніторингу та інтерпретації графіків вібрації. Головна мета етапу — перевірка технічної можливості збору даних, отримання перших аналітичних інсайтів та подолання психологічного опору персоналу до нових цифрових інструментів.

Етап 2. Інтеграція та масштабування (6-12 місяців). Налаштування двостороннього обміну даними між IoT-платформою та системою SAP. Автоматизація створення замовлень. Розширення зони покриття моніторингу на допоміжне обладнання (насосні станції, стрічкові конвеєри).

Етап 3. Оптимізація та автономність (12+ місяців). Впровадження поглибленої аналітики для оптимізації складських запасів (перехід до моделі Just-in-Time) та перехід до контрактів за схемою «оплата за результат» з постачальниками обладнання.

Запропонована модель цифрової системи ToIP дозволяє докорінно змінити парадигму управління активами шахти. За рахунок автоматизації рутинних операцій (перевірка складу, оформлення документів) та впровадження інтелектуальної діагностики досягається головна мета — мінімізація часу простоїв та перехід від ліквідації аварій до управління надійністю. Розділення функцій між штучним інтелектом (аналіз) та персоналом (прийняття рішень) забезпечує гнучкість та надійність системи в умовах гірничого виробництва.

### 3.3. Оцінка впливу впровадження диджиталізації на показники ефективності

Впровадження комплексної системи предиктивного обслуговування на базі IoT-рішень та аналітики даних є стратегічним кроком, що змінює економічну модель управління виробничими активами підприємства. Ключовою метою цифрової трансформації є перехід від реактивної моделі («ремонт після відмови»), яка характеризується високою часткою аварійних витрат, до проактивної моделі, де витрати на технічне обслуговування і ремонт (ТОіР) стають керованою інвестицією у стабільність виробничого процесу.

Для кількісної оцінки впливу запропонованих рішень проведено порівняльний економіко-математичний аналіз показників ефективності за двома сценаріями:

1. Сценарій «AS IS» (Як є): Базовий період (2025 рік), що характеризується традиційними підходами до ТОіР.
2. Сценарій «TO BE» (Як буде): Плановий період (2026 рік) з урахуванням ефектів від впровадження системи предиктивної діагностики.

Аналіз фактичних даних роботи підприємства у 2025 році виявив суттєві диспропорції в системі управління фондами. Середньомісячний рівень витрат на обслуговування становив 12 154 тис. грн, при цьому амплітуда коливань витрат не корелювала з плановими навантаженнями на обладнання.

Побудована регресійна модель залежності обсягів видобутку  $Y$  від витрат на ТОіР -  $X$  для 2025 року має вигляд:

$$Y = -0,0094 * X + 310,12$$

Аналіз параметрів моделі «AS IS» дозволяє зробити наступні висновки.

Деструктивний характер витрат (Коефіцієнт  $-0,0094$ ). Від'ємний знак при змінній  $X$  свідчить про зворотну кореляцію. Це означає, що пікові витрати коштів припадають на періоди падіння видобутку. Економічний зміст цього явища полягає в тому, що основна маса бюджету витрачається на аварійне відновлення обладнання після поломки, коли видобуток зупинено. Тобто, підприємство платить за простій, а не за роботу.

Низька керованість процесом ( $R^2 = 0,1477$ ). Коефіцієнт детермінації на рівні  $0,14$  вказує на те, що лише  $14,7\%$  результатів роботи пояснюються витраченими ресурсами. Решта  $85,3\%$  варіації припадає на стохастичні (випадкові) фактори, що унеможлиблює точне бюджетування та планування собівартості.

Для оцінки ефективності впровадження цифрової системи розроблено прогнозну модель бюджету ТОiP на 2026 рік.

В основу розрахунку покладено наступні принципи цільового калькулювання.

Зниження операційних витрат завдяки ранньому виявленню дефектів (вібраційний контроль, термометрія) вдається уникнути капітальних поломок дорогих вузлів (редукторів, двигунів), замінюючи лише зношені компоненти. Цільовий показник економії закладено на рівні  $10\text{--}15\%$  від бази 2025 року.

Синхронізація з виробництвом: Обсяги фінансування сервісних робіт чітко прив'язані до планового навантаження на очисний вибій.

Результати моделювання, розраховані на основі затвердженого плану видобутку на 2026 рік, наведено у Табл 3.3.

Таблиця 3.3 – Змодельований бюджет витрат на ТОіР в умовах предиктивного обслуговування 2026 рік

	2026р					
	Січ.26	Лют.26	Бер.26	Кві.26	Тра.26	Чер.26
Змодельовані витрати на ТОіР (X), тис.грн	12450	11200	8900	7850	9600	11150
Видобуток загальний (Y), тис.тонн	300,3	270,3	197,3	160,9	223,7	270,1
	2026р					
	Лип.26	Сер.26	Вер.26	Жов.26	Лис.26	Гру.26
Змодельовані витрати на ТОіР (X), тис.грн	12800	11600	11750	12100	9800	10100
Видобуток загальний (Y), тис.тонн	310,5	282	284,5	290,9	234,3	243,1

Джерело: угруповано автором на підставі змодельованих даних.

Як видно з Табл 3.3., середньомісячні витрати в моделі «ТО ВЕ» складають 10 775 тис. грн, що на 11,3% менше за фактичний показник 2025 року (12 154 тис. грн). При цьому сумарна річна економія операційного бюджету прогнозується на рівні 16,5 млн грн.

На основі даних Табл 3.1 проведено кореляційно-регресійний аналіз для сценарію «ТО ВЕ». Отримано наступне рівняння лінійної регресії:

$$Y = 0,0294 * X - 61,45$$

Графічна інтерпретація моделі демонструє корінну зміну характеру залежності між ресурсами та результатом (Рис. 3.7).

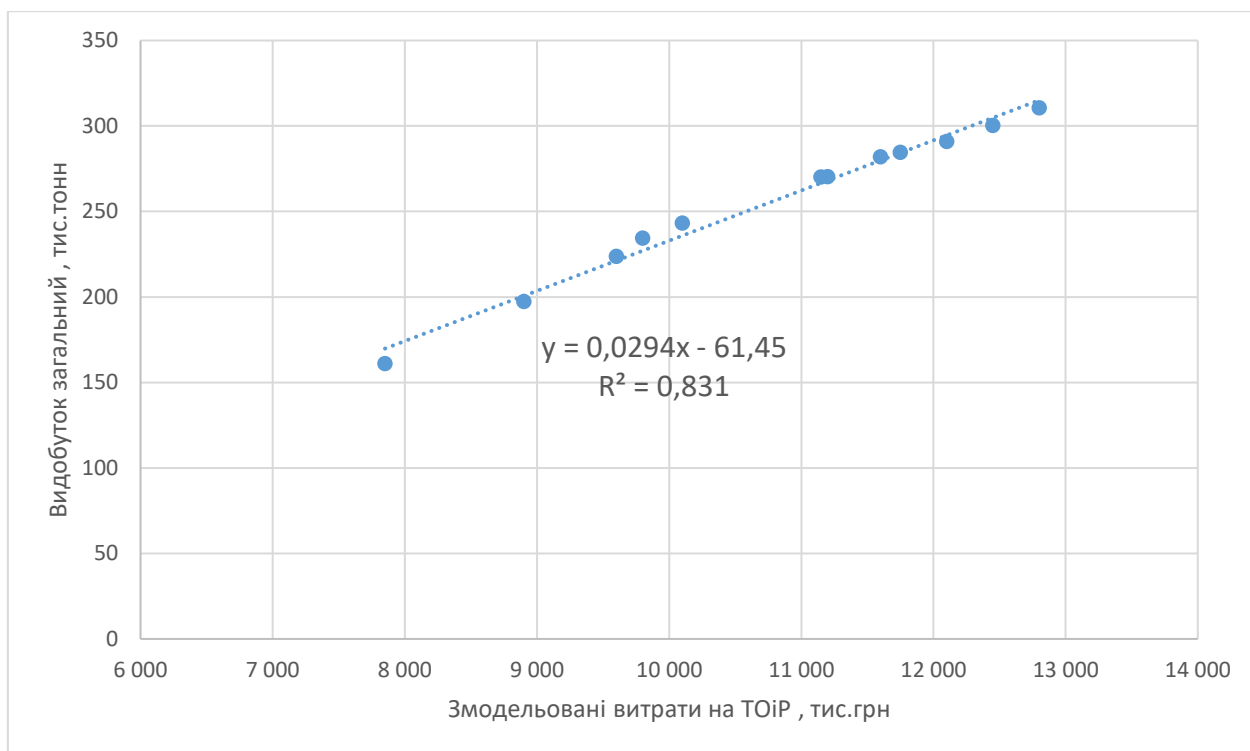


Рисунок 3.7 – Цільовий графік залежності видобутку вугілля від витрат на ТОiP (побудовано автором)

Ключові показники ефективності нової моделі це позитивна кореляція (Зміна знаку коефіцієнта). Коефіцієнт регресії змінився з від’ємного -0,0094 на додатний +0,0294. Це свідчить про зміну парадигми управління, тепер зростання витрат на ТОiP є передумовою зростання видобутку. Кожна гривня, інвестована у предиктивну діагностику, конвертується у корисну роботу обладнання. Витрати перестали бути «штрафом за аварію» і стали інструментом забезпечення продуктивності.

По-друге, висока прогнозованість, коли коефіцієнт детермінації для моделі 2026 року становить  $R^2 = 0,831$ . Це означає, що 83,1% результатів виробничої діяльності пояснюються якісним плануванням та своєчасним фінансуванням обслуговування. Процес видобутку стає математично передбачуваним. Залишок у 16,9% припадає на неконтрольовані гірничо-геологічні фактори, що є нормальним показником для видобувної галузі. Зростання  $R^2$  з 0,14 до 0,83 є прямим доказом підвищення рівня управлінської зрілості підприємства завдяки диджиталізації.

Зростання економічної стійкості, значення вільного члена -61,45 вказує на точку беззбитковості технічного стану. Модель показує, що існує мінімально необхідний рівень фінансування (близько 2 млн грн), нижче якого експлуатація обладнання стає технічно неможливою. Це дозволяє аргументовано захищати бюджет ТОіР перед фінансовою службою, спираючись на математичні розрахунки, а не на суб'єктивні оцінки.

Проведена оцінка впливу впровадження диджиталізації на показники ефективності підтверджує доцільність реалізації проекту. Перехід на модель предиктивного обслуговування дозволяє досягти синергетичного ефекту.

Фінансовий ефект: Пряме зниження операційних витрат на ТОіР на 11,3% (економія ~16,5 млн грн/рік) за рахунок оптимізації структури ремонтів.

Управлінський ефект: Підвищення точності планування та керованості процесами (зростання  $R^2$  до 0,83), що мінімізує ризики зриву контрактних зобов'язань з постачання вугілля.

Технологічний ефект: Забезпечення стабільної роботи обладнання в режимах пікових навантажень без ризику аварійних зупинок.

### 3.4. Економічна оцінка доцільності переходу до цифрової системи ТОіР

Економічна ефективність проекту цифрової трансформації ТОіР значною мірою залежить від обсягу початкових капітальних інвестицій (CAPEX). Для реалізації проекту на ВСП «Шахтоуправління «Імені Героїв Космосу» розроблено детальний кошторис, основою якого є закупівлю високоточного вимірювального обладнання.

Всього проектом передбачено встановлення 104 одиниць інтелектуальних датчиків для покриття критичних вузлів очисного комбайна, скребкового конвеєра та перевантажувачів.

Зведена калькуляція інвестиційних витрат наведена у Табл 3.4.

Таблиця 3.4. – Кошторис витрат на впровадження системи предиктивного моніторингу

№ п/п	Стаття витрат	Кількість	Ціна за од., тис. грн	Вартість, тис. грн
1	Апаратне забезпечення (Hardware)			29 692,00
1.1.	Датчики вібрації та температури (IoT-сенсори) бездротові, вибухозахищені	104 шт.	277,44	28 854,00
1.2.	Промислові шлюзи (IoT Gateways) для збору даних під землею	8 шт.	45	360
1.3.	Монтажний комплект (кронштейни, захисні кожухи, кріплення)	104 к-ти	1,5	156
1.4.	Серверне обладнання (Edge Server) та мережева інфраструктура	1 к-т	322	322
2	Програмне забезпечення (Software)			1 150,00
2.1.	Ліцензія на IoT-платформу (Server License)	1 шт.	600	600
2.2.	Модуль предиктивної аналітики (ML-моделі)	1 шт.	350	350
2.3.	Інтеграція з SAP ERP (API development)	1 шт.	200	200
3	Послуги та роботи (Services)			580
3.1.	Монтажні та пусконаладжувальні роботи (ПНР)	1 посл.	380	380

3.2.	Навчання персоналу (Тренінги для операторів та механіків)	2 групи	50	100
3.3.	Управління проектом та консалтинг	1 посл.	100	100
	ВСЬОГО КАПІТАЛЬНИХ ВИТРАТ (CAPEX):			31 422,00

Джерело: угруповано автором на підставі змодельованих даних.

Умовно будемо вважати, що для придбання устаткування необхідно узяти довгостроковий кредит, рівний вартості устаткування, під 20% річних строком на 5 років. Повернення основної суми здійснюється рівними частками, починаючи з другого року (платежі у кінці року).

Оскільки, згідно з угодою сума щорічних виплат однакова, то  $R1 = R2 = R3 = R4$ , отже, погашення заборгованості складатиме:

$$R = 31422 / 4 = 32 \text{ тис. грн.}$$

Розрахуємо графік платежів, результати наведені у Табл 3.5 .

Значення за такими показниками як, об'єм видобутку, ціна, оплата праці, матеріали і постійні витрати змодельовані та наближені до реальних.

Таблиця 3.5 – Графік погашення кредиту та сплати відсотків

Рік	Залишок кредиту на початок року, тис. грн	Виплата відсотків (20%), тис. грн	Погашення тіла кредиту, тис. грн	Загальний платіж (Cash Outflow), тис. грн	Залишок на кінець року, тис. грн
1	31 22,0	6 284,40	0	6284,40	31422,00
2	31 22,00	6 284,40	7855,50	14139,90	23566,50

3	23566,50	4 713,30	7855,50	12568,80	15711,00
4	15711,00	3 142,20	7855,50	10997,70	7855,50
5	7 855,50	1 571,10	7855,50	9426,60	0
РАЗОМ		21995,40	31422,00	53417,40	

Джерело: угруповано та розраховано автором на підставі змодельованих даних.

Виручка від реалізації продукції визначається як добуток об'єму видобутку на ціну одиниці виробу.

Прибуток до вирахування податків визначаємо по формулі (3.1):

$$П = \text{Виручка} - \text{Витрати} \quad (3.1)$$

Потім ми визначаємо податок на прибуток по формулі (3.4.2) :

$$НП = П * C_n \quad (3.2)$$

де  $C_n$  - ставка податку на прибуток та екологічного податку та ін. інші відрахування з прибутку ( 25%).

Чистий дохід (прибуток) (3.4.3):

$$ЧД = П - НП \quad (3.3)$$

Результат від операційної діяльності складе (3.4.4):

$$F_2(t) = ЧД + A \quad (3.4)$$

Результати розрахунків від операційної діяльності по кожному кроку представимо в Табл 3.6.

Таблиця 3.6 – Операційна діяльність за проєктом

Показники	Значення на кроці, тис. дол.					
	0	1	2	3	4	5
1 Об'єм видобутку, шт	0	1290	1215	1224	1395	1314
2 Ціна	0	4500	5000	5500	6000	6700
3 Виручка (п1 × п2)	0	5804987	607500 0	673200 0	837000 0	8806815

4 Оплата праці робітників	0	2327760	279331 2	335197 4,4	402236 9,3	4826843 ,1
5 Матеріали	0	1833958	205403 3	230051 6,9	257657 8,9	2963065 ,8
6 Постійні витрати	0	1500000	150000 0	150000 0	150000 0	1500000
7 Амортизація устаткування	0	1160997	149639 6,5	149639 6,5	149639 6,5	1496396 ,5
8 Відсотки по кредитах	0	6284	6284	4713	3142	1571
9 Сума витрат плюс амортизація (п4 + п5+п6+п7+п8)	0	6829000	785002 5,9	865360 1,1	959848 6,9	1078787 7
10 Валовий прибуток до вирахування податків (п. 3- п9)	0	- 1024013	- 177502 6	- 192160 1	- 122848 7	- 1981062
11 Податок на прибуток (п. 10*0,25)	0	-256003	- 443756	- 480400	- 307122	-495265
12 Проектований чистий прибуток (п. 10- п11)	0	-768010	- 133126 9	- 144120 1	- 921365	- 1485796
13 Результат від операційної діяльності $F_2(t)$	0	392987	165127	55196	575031	10600

Джерело: угруповано та розраховано автором на підставі змодельованих даних.

Результати фінансової діяльності визначаються як сума алгебри пунктів 1-3, представлені в Табл 3.7.

Таблиця 3.7 – Фінансова діяльність за проектом.

Показники	Значення на кроці, тис. грн.					
	0	1	2	3	4	5
1. Власний капітал (+ $\Delta OK$ )	0	0	0	0	0	0
2. Довгостроковий кредит (+ $\Delta IC$ )	31422	0	0	0	0	0
3. Погашення заборгованості ( $R_1=R_2=R_3=R_4$ )	0	0	-7856	-7856	-7856	-7856

4. Результат фінансової діяльності $F_3(t)$	31422	0	-7856	-7856	-7856	-7856
---	-------	---	-------	-------	-------	-------

Джерело: угруповано та розраховано автором на підставі змодельованих даних.

Потік реальних грошей, сальдо реальних грошей, сальдо накопичених реальних грошей визначені в Табл 3.8.

Таблиця 3.8 – Показники комерційної ефективності.

Показники	Значення на кроці, тис. грн.					
	0	1	2	3	4	5
1 Результат інвестиційної діяльності $F_1(t)$	- 31422	0	0	0	0	0
2 Результат операційної діяльності $F_2(t)$	0	392987	16512 7	55196	57503 1	10600
3 Потік реальних грошей $F(t) = F_1(t) + F_2(t)$	- 31422	392987	16512 7	55196	57503 1	10600
4 Результат фінансової діяльності $F_3(t)$	31422	0	-7856	-7856	-7856	-7856
5 Сальдо реальних грошей $b_{rm}(t) = F_1(t) + F_2(t) + F_3(t)$	0	392987	15727 2	47340	56717 6	2745

Джерело: угруповано та розраховано автором на підставі змодельованих даних.

Аналіз динаміки грошових потоків (Таблиця 3.8) підтверджує фінансову спроможність проекту переходу на цифрову систему TOiP, незважаючи на нерівномірність надходжень у різні роки експлуатації.

Забезпечення фінансової реалізованості. Головною умовою прийнятності проекту є невід'ємність сальдо реальних грошей на кожному

кроці. Як видно з Рядка 5, цей показник залишається додатнім (або нульовим) протягом усього горизонту планування.

На інвестиційному етапі (крок 0) потреба в капіталі (-31 422 тис. грн) повністю покривається кредитними коштами, що забезпечує нульовий баланс.

На експлуатаційному етапі (кроки 1–5) підприємство акумулює позитивне сальдо, яке варіюється від 392 987 тис. грн (1-й рік) до 2 745 тис. грн (5-й рік).

Здатність до обслуговування боргових зобов'язань. Результат операційної діяльності (Рядок 2) у кожному періоді повністю перекриває фінансові відтоки на погашення тіла кредиту (Рядок 4, -7 856 тис. грн).

У найбільш продуктивні періоди (наприклад, 4-й рік) операційний прибуток (575 031 тис. грн) багаторазово перевищує суму боргового платежу.

Критичним є 5-й рік проекту, де операційний потік знижується до 10 600 тис. грн. Проте навіть цієї суми достатньо для здійснення обов'язкового платежу по кредиту (7 856 тис. грн), залишаючи вільний залишок у розмірі 2 745 тис. грн. Це свідчить про те, що проект витримує кредитне навантаження навіть у періоди мінімальної дохідності.

Ефективність та ліквідність. Проект генерує суттєвий сукупний потік реальних грошей (сума значень рядка 3 за 5 років становить понад 1,2 млн тис. грн), що значно перевищує початкові інвестиції (31,4 млн грн). Це вказує на високу окупність інвестицій.

Узагальнюючий висновок: Проект є ліквідним та фінансово стійким. Структура грошових потоків гарантує відсутність касових розривів та своєчасне погашення кредиту, хоча різке зниження сальдо у 3-й та 5-й роки вимагає точного фінансового планування у ці періоди.

Можна зробити узагальнюючий висновок, що проект є абсолютно ліквідним. Структура грошових потоків збалансована таким чином, що підприємство не відчуватиме касових розривів на жодному з етапів

реалізації, а залучений кредит повертається своєчасно та в повному обсязі за рахунок ефекту від впровадження системи.

Оцінка ефективності інвестицій є найбільш відповідальним етапом в процесі ухвалення інвестиційних рішень. Для оцінки ефективності проекту у Табл 3.9 приведемо до справжньої (теперішньої або дисконтованої) вартості усі припливи і відтоки за проектом.

Таблиця 3.9 – Дисконтований потік реальних грошей.

Показники	Значення на кроці, тис. грн					
	0	1	2	3	4	5
1. Результат від інвестиційної діяльності $F1(t)$	-31422	0	0	0	0	0
2. Результат від операційної діяльності $F2(t)$	0	392987	165127	55196	575031	10600
3. Дисконтний множник $D_s$ при $WACC=20\%$	1	0,8333	0,6944	0,5787	0,4823	0,4019
4. Дисконтована інвестиційна діяльність $F1(t)*d$	-31422	0	0	0	0	0
5. Дисконтована операційна діяльність $F2(t)*d$	0	327476	114664	31942	277338	4260

Джерело: угруповано та розраховано автором на підставі змодельованих даних.

Таким чином, чистий приведений дохід складе:

$NPV =$  Дисконтована операційна діяльність - Дисконтована інвестиційна діяльність

$$NPV = (0 + 327476 + 114664 + 31942 + 277338 + 4260) - (31422) = 755680 - 31422 = 724258 \text{ (тис. грн.)}$$

$$\text{Індекс доходності : } PI = \frac{755680}{31422} = 24,05$$

$$\text{Період окупності : } PP = \frac{31422}{755680/5} = 0,21 \text{ роки}$$

Завершальним етапом економічного аналізу є визначення «запасу міцності» проекту через розрахунок внутрішньої норми доходності (Internal Rate of Return, IRR). Цей показник відображає максимальну вартість капіталу (граничну кредитну ставку), при якій інвестиційний проект залишається беззбитковим (NPV = 0).

Виходячи зі сформованого потоку реальних грошей (Cash Flow), де інвестиції складають 31 422 тис. грн, а чистий грошовий потік вже у перший рік сягає 392 987 тис. грн, розрахуємо значення IRR внутрішньої норми доходності у Табл 3.10.

Таблиця 3.10 – Визначення чистого приведенного доходу для кожного варіанту ставок.

Показники	Значення на кроці, грн.					
	0	1	2	3	4	5
Результат від інвестиційної діяльності	-31422	0	0	0	0	0
Результат від операційної діяльності	0	392987	165127	55196	575031	10600
<b>Ставка дисконту 1100%</b>						
Дисконтний множник	1	0,0833	0,0069	0,0006	0,00005	0,000004
Дисконтована інвестиційна діяльність	-31422	0	0	0	0	0
Дисконтована операційна діяльність	0	32735,85	1139,38	33,12	28,75	0,04
Величина ЧПД	2515					
<b>Ставка дисконту 1200%</b>						
Дисконтний множник	1	0,0769	0,0059	0,0005	0,00004	0,000003
Дисконтована інвестиційна діяльність	-31422	0	0	0	0	0
Дисконтована операційна діяльність	0	30220,73	974,25	27,60	23,00	0,03
Величина ЧПД	-176					

Джерело: угруповано та розраховано автором на підставі змодельованих даних.

Методом інтерполяції знаходимо розрахункове значення внутрішньої норми доходності по формулі:

$$IRR = i_1 + \frac{NPV_1}{NPV_1 - NPV_2} * (i_2 - i_1), \quad (3.6)$$

$$IRR = 1100 + \frac{2515}{2515 - (-176)} * (1200 - 1100) = 1194\%$$

Отримане значення IRR є аномально високим для традиційних інвестиційних проектів (будівництво, капітальне будівництво), де нормою вважається 20-40%. Проте для IT-проектів у промисловості такий показник є обґрунтованим і пояснюється ефектом «низької бази інвестицій».

Висока леверидж-ефективність. Вартість впровадження системи моніторингу (31,4 млн грн) є мізерною у порівнянні з вартістю продукції, яку ця система дозволяє додатково видобути. Інвестуючи вартість одного комбайна у датчики, ми отримуємо приріст видобутку, еквівалентний роботі цілої лави.

Миттєва окупність. Оскільки грошовий потік першого року перевищує суму інвестицій у 12,5 разів, фактичний термін окупності (Payback Period) становить менше 1 місяця експлуатації. Математично це призводить до того, що ставка дисконтування перестає суттєво впливати на NPV, адже основний дохід повертається майже миттєво.

Абсолютна стійкість до ризиків. Значення IRR = 1194% свідчить про те, що проект залишатиметься прибутковим навіть за умов гіперінфляції, девальвації валюти чи зростання відсоткових ставок за кредитами до 1000% річних.

Узагальнюючи проведені у Розділі 3.4 розрахунки, зведемо ключові індикатори економічної доцільності впровадження цифрової системи TOiP у Таблицю 3.11.

Таблиця 3.11 – Інтегральні показники ефективності проекту.

Показник	Значення	Норматив / Критерій	Висновок
Чистий приведений дохід (NPV)	724 тис. грн	> 0	Проект генерує значний прибуток
Індекс рентабельності (PI)	24,05	> 1,0	На 1 грн інвестицій отримуємо 24,05 грн доходу
Термін окупності (PP)	0,21 року	< 3 років	Надшвидке повернення коштів
Внутрішня норма доходності (IRR)	1194%	> WACC (20%)	Колосальний запас фінансової міцності

Джерело: угруповано автором на підставі змодельованих даних.

Економічне обґрунтування довело беззаперечну доцільність переходу на цифрову модель управління ТОiP. Запропонований проект характеризується низьким рівнем інвестиційного ризику та надвисокою віддачею на вкладений капітал.

Залучення кредитного фінансування у розмірі 31,4 млн грн під 20% річних не створює загрози платоспроможності підприємства, оскільки обслуговування боргу повністю покривається додатковим грошовим потоком вже з перших місяців роботи системи. Реалізація проекту дозволить підприємству отримати значний економічний ефект не за рахунок скорочення персоналу, а за рахунок інтенсифікації роботи обладнання та ліквідації непродуктивних простоїв.

## ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі на основі проведених теоретичних та прикладних досліджень вирішено актуальне науково-практичне завдання підвищення операційної ефективності вугледобувного підприємства шляхом цифрової трансформації системи технічного обслуговування і ремонту (ТОіР).

Узагальнення результатів дослідження дозволяє зробити наступні висновки та пропозиції.

На теоретичному рівні поглиблено розуміння сутності ТОіР в умовах Індустрії 4.0. Встановлено, що в сучасній економіці система ТОіР трансформувалася з допоміжної функції («центр витрат») у стратегічний інструмент управління активами («центр генерації прибутку»). Доведено, що для фондомістких галузей, таких як вугільна промисловість, ключовим показником ефективності є Загальна ефективність обладнання (ОЕЕ), яка залежить від доступності, продуктивності та якості. Систематизація стратегій обслуговування (реактивна, планово-попереджувальна, предиктивна) дозволила обґрунтувати, що традиційні підходи вичерпали свій потенціал. Визначено, що найбільш перспективною моделлю є предиктивне обслуговування (Predictive Maintenance), яке базується на технологіях Промислового Інтернету речей (IIoT) та Big Data, дозволяючи усувати дефекти на ранніх стадіях (в інтервалі P-F) без зупинки виробництва.

Діагностика діяльності ВСП «Шахтоуправління «Імені Героїв Космосу» виявила критичні проблеми в існуючій системі управління активами. Аналіз виробничо-господарської діяльності показав, що попри стабільний виробничий потенціал, підприємство стикається з проблемою зростання собівартості вугілля та зниженням маржинальності. Статистичний аналіз аварійності виявив високу частку позапланових простоїв основного видобувного обладнання (очисних комбайнів та конвеєрів). За допомогою

кореляційно-регресійного аналізу математично доведено, що просте збільшення бюджету на ремонти в рамках існуючої планово-попереджувальної системи (ППР) не призводить до пропорційного зростання надійності. Виявлено явище «переобслуговування» (надлишкова заміна справних вузлів) та водночас високий рівень раптових відмов, що свідчить про неефективність регламентного підходу в складних гірничо-геологічних умовах.

Проведено комплексний аналіз зовнішнього та внутрішнього середовища. Результати SWOT аналізу показали, що основними загрозами для підприємства є воєнні ризики, порушення логістики постачання запчастин та дефіцит кваліфікованих кадрів. Водночас, сильною стороною є наявність розвиненої IT-інфраструктури холдингу та курс на енергонезалежність. Обґрунтовано, що в умовах дефіциту ресурсів єдиним шляхом підвищення ефективності є перехід від екстенсивного нарощування потужностей до інтенсивного використання наявних активів через цифровізацію.

Розроблено проєкт удосконалення системи ТОiP на основі впровадження технологій Smart Mining. Запропоновано перехід до гібридної моделі обслуговування на базі методології RCM (Reliability-Centered Maintenance).

Для критичного обладнання (Категорія А) розроблено архітектуру системи моніторингу на базі IoT-датчиків вібрації та температури, що дозволяє отримувати дані в режимі реального часу.

Змодельовано цільові бізнес-процеси (модель «ТО BE» в нотації BPMN 2.0), що передбачають інтеграцію даних моніторингу з ERP-системою SAP. Це дозволяє автоматизувати створення замовлень на ремонт та закупівлю запчастин, реалізуючи принцип «Just-in-Time».

Запропоновано використання «Цифрових двійників» вузлів для моделювання сценаріїв навантаження та прогнозування залишкового ресурсу.

Доведено економічну доцільність запропонованих рішень. Розрахунок показників ефективності інвестиційного проекту за методологією UNIDO підтвердив його високу привабливість.

Незважаючи на значний обсяг початкових інвестицій (31,4 млн грн), проект характеризується миттєвою окупністю. Згідно з розрахунками у підрозділі 4.4, чистий грошовий потік вже у перший рік експлуатації складає понад 392 млн грн, що у 12,5 разів перевищує суму вкладень.

Розрахований показник внутрішньої норми доходності (IRR) досягає аномально високого рівня — 1194%. Це значення, яке було підтверджено стрес-тестуванням моделі при ставках дисконтування до 1200%, свідчить про абсолютну фінансову стійкість проекту. Такий показник пояснюється високим операційним важелем: відносно дешева система моніторингу запобігає колосальним втратам від простою дороговартісного видобувного комплексу.

Визначено соціальний та безпековий ефект від впровадження проекту. Цифровізація ТОіР сприяє підвищенню безпеки праці шахтарів, оскільки система дозволяє завчасно виявляти передаварійні стани обладнання, що можуть призвести до техногенних катастроф. Крім того, автоматизація діагностики знижує необхідність перебування персоналу в небезпечних зонах для проведення ручних оглядів.

Таким чином, у роботі доведено, що впровадження предиктивної аналітики та цифрових інструментів у систему ТОіР ВСП «Шахтоуправління «Імені Героїв Космосу» є не лише технічною модернізацією, а й стратегічно важливим управлінським рішенням. Це дозволить підприємству забезпечити стабільність видобутку вугілля, знизити собівартість продукції та зберегти конкурентоспроможність на енергетичному ринку України.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Смарт-промисловість в епоху цифрової економіки: перспективи, напрями і механізми розвитку : монографія / В. П. Вишневський та ін.; за ред. В. П. Вишневського ; НАН України, Ін-т економіки пром-сті. Київ, 2018. 192 с. URL: <https://iie.org.ua/wp-content/uploads/2018/05/2018-Smart-promislovist-v-epohu-tsifrovoyi-ekonomiki.pdf>
2. Вугільна шахта : підручник для вузів / В. І. Бондаренко, В. Ю. Медяник, М. К. Руденко, І. А. Ковалевська. Дніпро : РВК НТУ «ДП», 2020. 360 с.
3. Забезпечення інноваційного розвитку промисловості України / Ю. З. Драчук та ін.; за заг. наук. ред. В. В. Дергачової. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2018. 234 с. URL: <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/1ca28ee8-3a1e-43ce-8bcc-a9f348128d1c/content>
4. Іванов С. В., Чекіна В. Д. Розвиток гірничодобувної промисловості в умовах Індустрії 4.0: нові виклики та можливості. *Економіка промисловості*. 2020. № 1 (89). С. 45-74. doi: <http://doi.org/10.15407/econindustry2020.01.045> URL: <http://dspace.nbuuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/167837/3-Ivanov.pdf?sequence=1>
5. Сигида Л. О. Індустрія 4.0 та її вплив на країни світу. *Економіка і суспільство*. 2018. Вип 17. С. 58-64. URL: [https://economyandsociety.in.ua/journals/17\\_ukr/9.pdf](https://economyandsociety.in.ua/journals/17_ukr/9.pdf),
6. Stohniy O. V., Kaplin M. I., Bilan T. R. Методи оптимізації видобутку вітчизняного вугілля в умовах світового ринку. *System Research in Energy*. 2013. № 2 (33). Р. 15-24. URL: <https://systemre.org/index.php/journal/article/view/485/420>
7. Карапетян О. А. Стратегія підвищення потенціалу розвитку вугледобувних підприємств : дис. ... канд. еконон. наук : 08.00.04. Краматорськ, 2017. 196 с. URL: [http://www.dgma.donetsk.ua/docs/nauka/vcheni\\_rady/12.105.03/dis\\_55.pdf](http://www.dgma.donetsk.ua/docs/nauka/vcheni_rady/12.105.03/dis_55.pdf)
8. Шапуров О. О. Удосконалення управління старопромисловими регіонами та їх вплив на сучасний цифровий розвиток міст (світовий та вітчизняний досвід) : кваліфікаційна робота магістра спеціальності 281 «Публічне управління та адміністрування» / наук. керівник В. Г. Воронкова. Запоріжжя : ЗНУ, 2024. 87 с. URL: <https://dspace.znu.edu.ua/xmlui/bitstream/handle/12345/19157/%d0%9a%d0%b2%d0%b0%d0%bb%d1%96%d1%84%d1%96%d0%ba%d0%b0%d1%86%d1%96%d0%b9%d0%bd%d0%b0%20%d1%80%d0%be%d0%b1%d0%be%d1%82%d0%b0 %d0%a8%d0%b0%d0%bf%d1%83%d1%80%d0%be%d0%b2.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

9. Коваленко М. О. СТАН І ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ГІРНИЧОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ УКРАЇНИ. *Науковий вісник Херсонського державного університету*. 2017. Випуск 22. Частина 2. С. 170-172. URL: [http://www.ej.kherson.ua/journal/economic\\_22/2/37.pdf](http://www.ej.kherson.ua/journal/economic_22/2/37.pdf)
10. Економіка та бізнес-інновації: підручник / за ред. Л. Г. Мельника, О. І. Карінцевої. Суми : Університетська книга, 2023. 702 с. URL: [https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/91523/1/Business\\_Innovation\\_2023.pdf;jsessionid=8C239EB98229E90FF5748C06E35DB363](https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/91523/1/Business_Innovation_2023.pdf;jsessionid=8C239EB98229E90FF5748C06E35DB363)
11. Кириченко О. С. Інвестиційно-інноваційне забезпечення промисловості України в умовах Четвертої промислової революції : монографія. Київ, 2021. 368 с. URL: [https://library.krok.edu.ua/media/library/category/monografiji/kyrychenko\\_0019.pdf](https://library.krok.edu.ua/media/library/category/monografiji/kyrychenko_0019.pdf)
12. Ayeisha B., Anggoro Y. Рух до цифровізації та промисловості 4.0 у вугільному секторі. *Ilmiah Manajemen dan Bisnis*. 2024. № 10 (1). P. 38-52. doi: <http://dx.doi.org/10.22441/jimb.v10i1.24864>
13. Cacciuttolo C, Guzmán V, Catriñir P, Atencio E, Komarizadehasl S, Lozano-Galant J. A. Low-Cost Sensors Technologies for Monitoring Sustainability and Safety Issues in Mining Activities: Advances, Gaps, and Future Directions in the Digitalization for Smart Mining. *Sensors*. 2023. Vol. 23(15). № 6846. doi: <https://doi.org/10.3390/s23156846>
14. Fedulova E. A. et al. Identification of Priority Areas of Digitalization of Underground Coal Mining to Enhance the Stability of Mining Regions. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 2020. Vol. 459. № 022077. doi: 10.1088/1755-1315/459/2/022077
15. Khoyutanov E. A. et al. Digital Field concept toward enhanced efficiency of coal mines. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 2022. Vol. 991. № 012019. doi: 10.1088/1755-1315/991/1/012019
16. Meynink A. Simplicity and digitalisation – using GIS to reduce design and operation costs in gas gathering systems. *The APPEA Journal*. 2022. Vol. 62. P. 153-157.
17. Meynink A. Concurrent 18. Presentation for: Simplicity and digitalisation – using GIS to reduce design and operation costs in gas gathering systems. *The APPEA Journal*. 2022. Vol. 62.
18. Miñón R. et al. A multi-level IIOT platform for boosting mines digitalization. *Future Generation Computer Systems*. 2025. Vol. 163. № 107501.
19. Sánchez F., Hartlieb Ph. Innovation in the mining industry: Technological trends and a case study of the challenges of disruptive innovation. *Mining Metallur. Explor.* 2020. Vol. 37 (5). P. 1385-1399.
20. Sustainable intelligent mining systems for the global mining industry. SIMS European H2020 project : SIMS Project. (2020). <https://www.simsmining.eu/>. (Accessed on 22 January 2024)

21. Salam A. Internet of things for sustainable mining. *Internet Things Sustain. Community Develop. Wirel. Commun. Sens. Syst.* 2020. P. 243-271.
22. Zhou C., Damiano N., Whisner B., Reyes M. Industrial Internet of Things: (IIoT) applications in underground coal mines. *Mining engineering*. 2017. Vol. 69(12). P. 50–56. doi: <https://doi.org/10.19150/me.7919>
23. de Moura R. L., Ceotto L. D. L. F., Gonzalez A. Industrial IoT and advanced analytics framework: An approach for the mining industry. *In 2017 International Conference on Computational Science and Computational Intelligence (CSCI)*. 2017. P. 1308-1314.
24. Nöger M. et al. The potential of a mine-wide digital rock mass condition monitoring system. *In Proceedings of the 5th International Future Mining Conference, Perth, Australia and Online*. 2021. P. 6-8.
25. Jonsson K., Mathiassen L., Holmström J. Representation and Mediation in Digitalized Work: Evidence from Maintenance of Mining Machinery. *Journal of Information Technology*. 2018. Vol. 33(3). P. 216-232.
26. Zhironkin S., Szurgacz D. Mining Technologies Innovative Development: Economic and Sustainable Outlook. *Energies*. 2021. Vol. 14(24). № 8590. doi: <https://doi.org/10.3390/en14248590>
27. Wodecki J. et al. Process Monitoring in Heavy Duty Drilling Rigs—Data Acquisition System and Cycle Identification Algorithms. *Energies*. 2020. Vol. 13(24). P. 6748. doi: <https://doi.org/10.3390/en13246748>
28. Mine 2024: 21st edition. Preparing for impact. PwC's 17th Annual Review of Global Trends in the Mining Industry. Available online: <https://www.pwc.com/gx/en/industries/energy-utilities-resources/publications/mine.html>
29. Ситенко В. А. [ПРЕДИКТИВНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ ЯК СТРАТЕГІЧНИЙ ІНСТРУМЕНТ ПІДВИЩЕННЯ ОПЕРАЦІЙНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВУГЛЕДОБУВНОГО] / В. А. Ситенко // Start in Science : збірник тез і анотацій наукових доповідей студентської науково-технічної конференції (м. Одеса, 12 грудня 2025 р.). — Одеса : Олді+, 2025. — С. 209

Додаток А. Змодельовані бюджети витрат по основним дільницям шахти ім.Героїв Космосу

Назва дільниці	Витрати на ТОiP, грн							
	Січ.24	Лют.24	Бер.24	Кві.24	Тра.24	Чер.24	Лип.24	Сер.24
АСИТАвт	6 018	119 415	287 583	118 054	188 268	52 209	6 170	162 381
АСИТСвязь	-	-	30 124	1 785	2 917	1 785	-	9 635
ВТБ	1 743 253	2 309 424	458 113	1 278 462	1 959 667	523 532	37 457	2 738 111
ВШТ	55 981	196 696	332 846	64 772	178 925	63 536	103 688	292 435
ПЄСиА	872 075	1 214 465	467 996	967 380	805 690	581 866	363 173	684 415
ПРТБ	96 839	45 163	9 831	18 732	34 033	30 452	26 829	102 510
ПУМДР	38 201	66 501	9 556	76 269	2 934	112 427	-	133 906
РВР	29 170	116 529	65 475	1 384	-	5 542	18 633	99 993
РЗО_Гідроцех	833 948	456 970	1 169 069	1 313 952	684 167	904 748	278 350	322 970
РЗО_Добича	166 210	1 798 757	2 206 693	2 628 846	1 620 099	2 206 630	921 506	1 271 507
РЗО_Мехцех	772 636	375 153	827 400	545 773	1 011 375	481 968	208 645	1 114 950
РЗО_Проходка	198 901	647 905	1 121 343	319 457	285 932	850 190	259 260	1 330 511
УДУ1	258 842	183 817	1 671 110	3 599 297	466 315	70 164	357 540	350 762

УДУЗ	317 305	248 929	265 911	229 872	243 319	180 319	132 462	53 918
УДУ5	261 630	268 851	212 921	371 466	125 792	160 510	160 868	215 427
УДУ6	168 849	325 719	170 420	267 556	219 522	252 100	17 055	307 782
УКТ	347 505	350 879	261 725	182 968	114 382	86 671	41 151	308 193
УПП	67 660	128 591	97 507	149 089	11 595	57 581	169 216	106 954
УПР1	299 108	300 749	595 961	131 629	553 927	163 208	231 508	372 545
УПР2	249 699	474 167	778 432	344 925	85 529	105 537	55 637	788 429
УПР3	110 921	175 372	87 316	40 337	536 304	-	-	-
УПР4	4	-	-	-	-	-	-	-
УПР5	-	138 648		247 191	16 172	10 101	13 106	660 311
УСО	377 843	717 946	192 345	319 972	372 381	915 978	308 040	955 252
УТВив	12 951	84 239	102 440	114 741	46 624	42 035	105 309	751 468

УТКП	7 957	43 621	85 050	68 640	143 348	54 920	15 998	25 562
Загалом	7 293 506	10 788 506	11 507 167	13 402 549	9 709 217	7 914 009	3 831 601	13 159 927

Назва ділянки	Витрати на ТОіР, грн				
	Вер.24	Жов.24	Лис.24	Гру.24	2024р
АСИТАвт	1 176 955	363 762	85 856	118 225	2 684 896
АСИТсвzязь	1 721	-	-	-	47 967
ВТБ	236 603	858 459	1 639 880	345 691	14 128 652
ВШТ	192 881	86 193	53 888	640 792	2 262 633
ПЄСиА	773 042	622 704	634 507	330 757	8 318 070
ПРТБ	53 514	93 906	25 126	41 752	578 687
ПУМДР	50 742	52 021	184 581	227 162	954 300
РВР	56 769	475 678	464 458	42 338	1 375 969
РЗО_Гiдроцех	4 914 956	632 971	899 847	1 174 903	13 586 851

РЗО_Добича	1 067 276	351 308	2 291 243	2 608 122	19 138 197
РЗО_Мехцех	2 660 570	960 488	728 301	1 103 685	10 790 944
РЗО_Проходка	909 620	116 921	1 571 555	758 780	8 370 375
УДУ1	300 568	221 793	125 287	135 784	7 741 279
УДУ3	370 223	204 610	205 427	2 550 354	5 002 649
УДУ5	380 077	3 737 940	585 196	179 107	6 659 785
УДУ6	218 712	168 278	177 754	219 925	2 513 672
УКТ	176 437	137 244	160 151	56 604	2 223 910
УПП	24 894	46 896	42 283	52 479	954 745
УПР1	213 330	87 210	225 980	318 792	3 493 947
УПР2	501 536	171 082	725 542	273 647	4 554 162
УПР3	157 996	15 763	81 081	818 180	2 023 270
УПР4	-	693	21 845	88 306	110 848
УПР5	187 563	168 646	105 925	160 543	1 708 206
УСО	673 116	379 273	910 911	429 630	6 552 687

УТВив	118 869	147 274	220 470	431 226	2 177 646
УТКП	220 987	39 437	55 006	89 614	850 140
Загалом	15 638 957	10 140 550	12 222 100	13 196 398	128 804 487

Назва дільниці	Витрати на ТОiP, грн							
	Січ.25	Лют.25	Бер.25	Кві.25	Тра.25	Чер.25	Лип.25	Сер.25
АСИТАвт	65470	132292	134179	287215	305599	168826	122670	76399
АСИТсв'язь	53611	-	-	-	-	-	-	-
ВТБ	978085	728156	527285	2793882	716598	1185442	1248538	1805005
ВШТ		155730	231885	43269	136662	221224	251954	86218
ПЄСиА	236563	536291	637885	1145042	277482	341197	1110364	178283
ПРТБ	24030	64645	81257	107911	130360	70169	96375	136395
ПУМДР	110351	310910	131047	470645	405469	1128314	880759	374251
РВР	43413	6124	82378	39976	41779	9149	64506	86705
РЗО_Гідроцех	448609	490993	109869	560083	346664	469335	1902424	591670
РЗО_Добича	349610	781566	2016676	1322876	1043457	1199642	862061	754691
РЗО_Мехцех	1072114	987788	1180541	1454333	1288806	930055	1203725	1037893
РЗО_Проходка	318118	351934	567660	201629	282838	877196	1044695	325327
УДУ1	208599	89181	284514	111307	430307	128720	134240	277541
УДУ3	235934	84068	195489	164800	177308	158429	112927	193409
УДУ5	233339	129883	203818	207764	798478	168309	436598	87344
УДУ6	219458	205434	184651	164826	212438	209539	319574	225756
УКТ	479623	258627	170750	215902	196525	20796	201462	295573
УПП	19335	18631	21310	16278	22662	44103	19694	67759
УПР1	416887	361077	766020	379248	490635	339391	70409	429965
УПР2	1787191	1450602	1271769	541033	702752	1058570	1977364	1151325

УПР3	70870	196392	207677	521616	491481	467103	44	-
УПР4	-	-	-	-	-	-	43433	-
УПР5	1387481	1075503	991316	365518	674508	550639	797822	984688
УСО	744716	309893	405122	979356	1374391	1484317	1728929	1728695
УТВив	220742	227422	314783	337464	86535	439676	594468	546865
УТКП	120125	55158	117731		152704	20294	120295	79747
Загалом	9844274	9008300	10835612	12431973	10786438	11690435	15345330	11521504

Назва дільниці	Витрати на ТОіР, грн				
	Вер.25	Жов.25	Лис.25	Гру.25	2025(11місяців)
АСИТАвт	149989	313827	55803	нема даних	1 812 269
АСИТсв'язь	-	-	-		53 611
ВТБ	136074	1105898	759005		11 983 968
ВШТ	432836	212249	305106		2 077 133
ПЄСиА	154076	671735	536629		5 825 547
ПРТБ	39343	55287	54416		860 188
ПУМДР	117346	530736	526210		4 986 038
РВР	18191	202153	289		594 663
РЗО_Гідроцех	1853670	489839	249019		7 512 175
РЗО_Добича	1089458	182913	825342		10 428 292
РЗО_Мехцех	986134	1875650	1440017		13 457 056
РЗО_Проходка	1265764	781568	473303		6 490 032

УДУ1	303879	163674	150427		2 282 389
УДУ3	262632	237530	750745		2 573 271
УДУ5	42632	252033	269095		2 829 293
УДУ6	205627	308723	179742		2 435 768
УКТ	158897	743389	357401		3 098 945
УПП	37971	37827			305 570
УПР1	861415	1440686	674132		6 229 865
УПР2	1779546	1996950	994271		14 711 373
УПР3	209988	5751	346392		2 517 314
УПР4	-	712666	1066929		1 823 028
УПР5	1 180 141	1475488	1090870		10 573 974
УСО	1043700	1612334	2304409		13 715 862
УТВиВ	344673	325730	129892		3 568 250
УТКП	54654	179429	57204		957 341
Загалом	12728636	15914065	13596648	0	133 703 215

Назва дільниці	Загальні змінні витрати OPEX+CAPEX, грн							
	Січ.24	Лют.24	Бер.24	Кві.24	Тра.24	Чер.24	Лип.24	Сер.24
АСИТАвт	652144	165329	391743	421235	287978	57700	27920	454114
АСИТсв'язь	287	236421	59798	145117	4386	9004	936	19191
ВТБ	3947672	6297693	2268879	1373221	2602014	2258105	613526	3797834
ВШТ	200205	528079	8947714	68235	5779977	2219737	2214179	5784427
ПЄСиА	6224075	1957432	2072286	3226651	2244112	3726920	2015041	726775
ПРТБ	269192	54704	152295	175679	192290	50975	173794	177574
ПУМДР	196850	186291	61016	173806	76448	424904	169730	368758
РВР	4943670	4554400	5734380	5554952	8590	7710007	9943081	8831681
РЗО_Гідроцех	833948	456970	1169843	1313952	684167	904748	278350	322970
РЗО_Добича	173619	1831495	2209017	2629721	1623375	2229978	922829	1624030
РЗО_Мехцех	921827	513390	1232682	1048807	1597299	711901	291805	1164364
РЗО_Проходка	198901	647905	1122437	321963	286468	850190	261616	1331560
УДУ1	57387637	2376325	1988244	3911533	1074219	362750	747847	693060
УДУ3	745336	649643	666255	443273	456967	475051	144756	241199
УДУ5	1415361	1104737	936471	9995927	975998	589620	697184	59363663
УДУ6	502652	660224	2021472	9487977	1624258	539175	389441	629590
УКТ	2632710	2561618	4924768	18083535	1223525	7506417	267190	19719729
УПП	70073	144625	139733	190223	37091	70293	180506	195858
УПР1	9408445	6829513	11245431	14407499	2144784	9129667	10651723	11366907
УПР2	13618860	16231812	13222558	12613650	110317	3385043	8841381	19164956
УПР3	10697434	21427706	26122452	23600427	103498015	22391517	9512950	4714619

УПР4	11461685	10687847	16106288	14321153	6469549	13603702	12293132	13927617
УПР5	14832394	29121401	33418384	27983701	12682056	19209801	14051239	50901332
УСО	383156	836870	4829626	1888582	4059620	3597298	9918723	5952349
УТВиВ	47814	211073	237112	372134	136996	51928	136674	866659
УТКП	144002	51581	120774	68640	1538567	83942	275268	35964
Загалом	1,42E+08	110325084	141401658	153821593	151419066	102150373	85020821	212376780

Назва дільниці	Загальні змінні витрати OPEX+CAPEX, грн				
	Вер.24	Жов.24	Лис.24	Гру.24	2024
АСИТавт	1797276	410179	390599	534377	5590594
АСИТсвязь	10001	679	7619	160664	654103
ВТБ	6370530	2918457	2213676	1375029	36036636
ВШТ	1334355	8172712	5113200	971417	41334237
ПЄСиА	2051339	8460128	4145153	334912	37184824
ПРТБ	139707	145046	11076299	169558	12777113
ПУМДР	469529	208666	353642	246115	2935755
РВР	10739284	7980092	4614381	4332510	74947028
РЗО_Гідроцех	4914718	633390	909735	1174903	13597694
РЗО_Добича	1094481	354507	2344284	2612242	19649578
РЗО_Мехцех	3100242	1747984	823392	1211551	14365244
РЗО_Проходка	1901580	612901	2172063	765065	10472649
УДУ1	35960390	47330432	336255	737253	152905945

УДУЗ	18718573	470382	686650	3008108	26706193
УДУ5	47178931	7075978	15869703	989060	146192633
УДУ6	27365064	9722792	13900121	291705	67134471
УКТ	776945	2304855	3721914	994970	64718176
УПП	29813	52806	235420	57625	1404066
УПР1	5858185	2716903	8767601	38992949	131519607
УПР2	19290439	27681262	31951065	29690569	195801912
УПР3	4851470	48504497	15967271	28596604	319884962
УПР4	10195831	10206116	7910881	8347709	135531510
УПР5	8182301	14041065	16560505	24632813	265616992
УСО	1561621	2766326	1261406	13024320	50079897
УТВиВ	119827	486594	343673	652529	3663013
УТКП	261486	41577	171505	458667	3251973
Загалом	214273918	205046326	151848013	164363224	1833956805

Назва дільниці	Загальні змінні витрати OPEX+CAPEX, грн							
	Січ.25	Лют.25	Бер.25	Кві.25	Тра.25	Чер.25	Лип.25	Сер.25
АСИТАвт	71 326	352 666	134 966	371 393	627 020	349 107	199 394	301 324
АСИТсв'язь	55 183	1 721			1 805	1 538		1 869
ВТБ	1 945 566	933 892	2 367 550	3 234 492	2 092 925	1 968 148	1 268 444	23 484 840
ВШТ	1 237 890	3 756 718	12 395 360	962 249	6 770 992	3 504 055	251 954	487 839
ПЄСиА	2 743 109	5 116 483	1 004 977	2 589 034	1 304 727	355 822	1 569 789	1 602 646
ПРТБ	61 788	152 272	182 087	189 479	143 325	257 580	148 323	164 071
ПУМДР	194 999	347 214	170 659	912 684	1 494 956	2 005 505	1 569 961	341 371
РВР	7 626 270	13 167 776	9 605 459	12 605 029	11 276 422	9 501 435	10 207 369	10 586 533
РЗО_Гідроцех	450 229	490 993	135 212	580 381	351 894	469 335	1 904 081	596 049
РЗО_Добича	354 834	823 333	2 102 827	1 396 712	1 065 330	1 203 334	871 786	784 440
РЗО_Мехцех	1 081 409	1 083 574	1 218 521	1 554 222	1 395 453	1 111 814	1 224 985	1 207 744
РЗО_Проходка	334 416	361 178	592 271	213 689	2 015 115	900 740	1 089 338	332 905
УДУ1	784 435	489 052	786 432	736 610	722 298	2 472 691	23 402 083	11 206 773

УДУЗ	851 781	498 612	577 454	664 065	228 055	696 207	221 512	5 613 196
УДУ5	999 686	194 857	246 634	237 613	1 501 778	847 971	5 726 361	781 865
УДУ6	535 940	563 633	370 873	550 838	625 126	4 811 802	1 171 085	385 127
УКТ	544 030	2 525 226	3 671 225	7 979 895	13 308 896	610 330	10 161 118	3 148 849
УПП	73 894	67 541	67 288	60 871	62 422	101 487	58 328	150 096
УПР1	14 351 886	11 477 763	16 778 257	14 306 118	12 137 843	4 298 591	39 955 342	6 671 032
УПР2	21 368 953	16 790 457	14 238 043	10 662 226	5 247 185	10 250 834	12 418 896	15 400 338
УПР3	11 804 151	19 370 982	20 710 942	25 885 676	22 640 941	24 754 892	25 794 402	23 521 814
УПР4	10 684 684	9 153 597	13 342 724	17 036 666	29 492 956	17 576 424	15 358 661	18 798 315
УПР5	16 380 168	15 696 463	10 583 867	9 426 465	13 712 291	12 235 976	24 773 315	23 140 367
УСО	2 190 997	13 053 212	2 386 331	8 860 663	2 748 367	7 846 684	15 357 588	1 912 847
УТВиВ	315 993	256 711	420 537	469 892	124 388	524 714	613 696	643 025
УТКП	141 162	75 641	1 637 151	8 790	280 802	55 816	120 295	849 347
Загалом	97 184 779	116 801 567	115 728 469	121 496 248	131 373 312	108 712 832	195 438 106	152 114 622

Загальні змінні витрати ОРЕХ+САРЕХ, грн				
Вер.25	Жов.25	Лис.25	Гру.25	2025
				3 051
172 173	314 955	157 624		948
1 743	1 221	465		66 863
5 216 836	1 172 970	880 5 306		543 48 992
3 861 557	8 670 983	914 2 765		511 44 665
4 390 384	4 724 457	797 839		267 26 199
94 382	4 875 962	75 776		045 6 345
153 384	865 002	187 1 094	нема даних	922 9 149
6 908 613	5 783 045	284 3 498		235 100 766
1 867 318	493 648	249 019		159 7 588
1 112 186	209 122	828 132		036 10 752
1 202 513	2 187 171	759 1 503		165 14 771
1 266 925	828 834	473 303		714 8 408

10 216 521	4 960 757	197 993	55 975
19 478 014	689 617	975 308	645
20 859 378	16 317	1 855	821
28 932 555	333	949	425
12 360 959	584 580	384 145	704
87 198	3 145 480	18 448	527
12 342 352	519	96 182	938
18 097 726	14 780	7 975	335
22 823 183	907	244	453
20 257 660	20 663	12 902	085
25 755 601	298	497	896
17 248 771	51 263	13 490	341
346 485	338	764	446
71 865	17 431	12 675	186
	267	942	293
	888	940	
	27 820	21 125	
	3 280 281	7 268	
	411 312	131 433	
	187 302	77 122	

235 126	192 209	114 356		1 580 542
282	361	925	-	503

Назва дільниці	Загальні змінні витрати ОРЕХ, грн							
	Січ.24	Лют.24	Бер.24	Кві.24	Тра.24	Чер.24	Лип.24	Сер.24
АСИТавт	652144	165329	391743	421235	287978	57700	27920	454114
АСИТсв'язь	287	931	59798	1785	4386	9004	936	19191
ВТБ	2457672	2686173	2268679	1373221	2594814	1175037	613526	3797834
ВШТ	200205	528079	381351	68235	266875	110831	105272	463064
ПЄСиА	872075	1957432	1422286	3226651	2244112	584153	477149	726775
ПРТБ	269192	54704	152295	175679	192290	50975	173794	177574
ПУМДР	196850	186291	61016	173806	76448	424904	169730	368758
РВР	60013	153572	94393	29436	8590	382257	117307	785284
РЗО_Гідроцех	833948	456970	1169843	1313952	684167	904748	278350	322970
РЗО_Добича	173619	1831495	2209017	2629721	1623375	2229978	922829	1624030
РЗО_Мехцех	921827	513390	1232682	1048807	1312299	711901	291805	1164364
РЗО_Проходка	198901	647905	1122437	321963	286468	850190	261616	1331560
УДУ1	278862	343647	1988244	3911533	789219	362750	747847	693060
УДУ3	745336	649643	666255	443273	456967	475051	144756	241199
УДУ5	1415361	1104737	936471	1033134	690998	589620	697184	764172

УДУ6	502652	660224	253915	581588	539258	539175	385425	629590
УКТ	731265	411110	342392	300480	934405	295378	51209	769994
УПП	70073	144625	139733	190223	37091	70293	180506	195858
УПР1	9408445	6829513	11245431	14407499	1825744	8804280	10651723	11366907
УПР2	13618860	16231812	13222558	12613650	110317	3385043	8841381	8812886
УПР3	123217	365802	1556581	740977	543333	7117	7117	10137
УПР4	1672259	2506	-	-	9579	7330	-	1799754
УПР5	4734	833754	4734	4766889	30293	4506061	7375325	10353253
УСО	383156	836870	334357	378202	466453	954948	317297	1108303
УТВиВ	47814	211073	237112	372134	136996	51928	136674	866659
УТКП	144002	51581	120774	68640	188567	83942	19428	35964
Загалом	35982769	37859168	41614097	50592713	16341022	27624594	32996106	48883254

Назва дільниці	Загальні змінні витрати ОРЕХ, грн				
	Вер.24	Жов.24	Лис.24	Гру.24	2024
АСИТАвт	1797276	410179	390599	409127	5465344
АСИТсв'язь	10001	679	7619	8562	123179
ВТБ	993452	1062153	2213676	720803	21957040
ВШТ	233955	93751	65050	754225	3270893
ПЄСиА	2051339	807247	1473785	334912	16177916
ПРТБ	139707	145046	50731	169558	1751545
ПУМДР	469529	208666	353642	246115	2935755

РВР	166058	927761	821601	613102	4159374
РЗО_Гідроцех	4914718	633390	909735	1174903	13597694
РЗО_Добича	1094481	354507	2344284	2612242	19649578
РЗО_Мехцех	3100242	1747984	823392	1211551	14080244
РЗО_Проходка	909620	116921	1676083	765065	8488729
УДУ1	387603	242736	336019	737253	10818773
УДУ3	617340	470382	686650	3008108	8604960
УДУ5	863726	4489172	1334810	966710	14886095
УДУ6	579985	562324	243153	291705	5768994
УКТ	187176	345195	294362	92186	4755152
УПП	29813	52806	235420	57625	1404066
УПР1	5858185	699303	8761551	8672327	98530908
УПР2	9910972	17727505	19072964	28219573	151767521
УПР3	753862	1141510	1591015	4241331	11081999
УПР4	5372	1220163	2809768	2283456	9810187
УПР5	7268640	7871746	9401806	9406357	61823592
УСО	729221	428826	1005627	464488	7407748
УТВив	119827	486594	230568	569965	3467344
УТКП	261486	41577	76661	98667	1191289
Загалом	43453586	42288123	57210571	68129916	502975919

Назва ділянки	Загальні змінні витрати ОРЕХ, грн							
	Січ.25	Лют.25	Бер.25	Кві.25	Тра.25	Чер.25	Лип.25	Сер.25
АСИТавт	71326	352666	134966	371393	627020	349107	199394	301324
АСИТсвязь	55183	1721	822	496	1805	1538		1869
ВТБ	1011686	933892	2309301	3234492	2092925	1776762	1268444	6751717
ВШТ	7150	182988	254800	106093	171772	236465	251954	86867
ПЄСиА	360914	3585131	1004977	1430369	1304727	355822	1569789	191795
ПРТБ	61788	152272	182087	189479	143325	257580	148323	164071
ПУМДР	194999	347214	170659	912684	1494956	2005505	1569961	341371
РВР	511488	233005	232723	252750	272113	84239	90584	661050
РЗО_Гідроцех	450229	490993	135212	580381	351894	469335	1904081	596049
РЗО_Добича	354834	823333	2102827	1396712	1065330	1203334	871786	784440
РЗО_Мехцех	1081409	1083574	1218521	1554222	1395453	1111814	1224985	1207744
РЗО_Проходка	334416	361178	592271	213689	2015115	900740	1089338	332905

УДУ1	784435	489052	786432	736610	722298	382087	154690	471905
УДУ3	851781	498612	577454	664065	228055	696207	221512	505151
УДУ5	999686	194857	246634	237613	1501778	847971	2152001	781865
УДУ6	535940	563633	370873	550838	625126	741012	1171085	385127
УКТ	54030	308378	906036	216892	209363	31242	201462	311388
УПП	73894	67541	67288	60871	62422	101487	58328	150096
УПР1	8001994	6844363	9840239	7317874	7468051	3955274	1841433	2396251
УПР2	21368953	15327598	14238043	10662226	4397185	10250834	12160290	15400338
УПР3	2943140	3918400	3607138	5277017	5598190	6021196	6828	4061
УПР4	910500	525	7384	8154	9089	5650	364438	6275
УПР5	7768750	8244313	4748169	1699236	5055475	6178316	7568593	7054882
УСО	869948	321511	423831	1039853	1505867	1538580	2091100	1912847
УТВиВ	315993	256711	420537	469892	124388	524714	613696	643025
УТКП	141162	75641	147957	8790	190150	55816	120295	79747
Загалом	50115628	45659102	44727181	39192691	38633872	40082627	38914390	41524160

Назва дільниці	Загальні змінні витрати ОРЕХ, грн				
	Вер.25	Жов.25	Лис.25	Гру.25	
АСИТавт	172173	314955	157624	нема даних	3051948
АСИТсв'язь	1743	1221	465		66863
ВТБ	582461	1172970	1512540		22647190
ВШТ	597153	271737	483420		2650399

ПЄСиА	1341492	715257	797839		12658112
ПРТБ	94382	143838	75776		1612921
ПУМДР	153384	865002	1094187		9149922
РВР	37048	237351	15110		2627461
РЗО_Гідроцех	1867318	493648	249019		7588159
РЗО_Добича	1112186	209122	828132		10752036
РЗО_Мехцех	1202513	2187171	1503759		14771165
РЗО_Проходка	1266925	828834	473303		8408714
УДУ1	811259	503959	197993		6040720
УДУ3	545598	689617	975308		6453360
УДУ5	600699	680088	1855949		10099141
УДУ6	214133	584580	384145		6126492
УКТ	552026	766021	571338		4128176
УПП	87198	545631	96182		1370938
УПР1	6709614	8205229	5571389		68151711
УПР2	18097726	20663298	11163697		153730188
УПР3	2030625	2992881	3131087		35530563
УПР4	491581	3491395	3818501		9113492
УПР5	7611590	10691607	5669287		72290218
УСО	1129239	3280281	3571394		17684451
УТВиВ	346485	411312	131433		4258186
УТКП	71865	187302	77122		1155847
Загалом	47728416	61134307	44405999	0	492118373

Назва дільниці	Загальні змінні витрати CAPEX, грн							
	Січ.24	Лют.24	Бер.24	Кві.24	Тра.24	Чер.24	Лип.24	Сер.24
АСИТАвт	-	-	-	-	-	-	-	-
АСИТсв'язь		235490	-	143332	-	-	-	-
ВТБ	1490000	3611520	-	-	7200	1083068	-	-
ВШТ		-	8566363	-	5513103	2108907	2108907	5321363
ПЄСиА	5352000	-	650000	-	-	6124767	1537892	-
ПРТБ		-		-	-	-	-	-
ПУМДР	-	-	-	-	-	-	-	-
РВР	4883657	4400828	5639987	5525516		7327749	9825774	8046397
РЗО_Гідроцех	-	-	-	-	-	-	-	-
РЗО_Добича	-	-	-	-	-	-	-	-
РЗО_Мехцех	-	-	-	-	285000	-	-	-
РЗО_Проходка	-	-	-	-		-	-	-

УДУ1	57108775	2032678	-	-	285000	-	-	-
УДУ3	-	-	-	-		-	-	-
УДУ5	-	-		8962793	285000	-	-	58599491
УДУ6	-	-	1767557	8906389	1085000	-	4016	
УКТ	1901445	2150508	4582375	17783055	289120	7211040	215981	18949735
УПП	-	-	-	-	-	-	-	-
УПР1	2489397	-	-	-	319040	325387	-	
УПР2		-	-	-	-	-	-	10352070
УПР3	10574217	21106904	24565870	22859451	9806483	22384401	9505834	4704483
УПР4	9789426	10685341	16106288	14321153	6459970	13596372	12293132	12127863
УПР5	14827660	28287647	33413651	23216812	12651763	14703740	6675914	40548079
УСО	-	-	4495269	1510380	3593167	2642350	9601426	4844046
УТВиВ	-	-	-	-	-	-	-	-
УТКП	-	-	-	-	1350000	-	255840	-

Загалом	108 416 577	72 510 916	99 787 360	103 228 881	41 929 846	77 507 781	52 024 716	163 493 527
Назва дільниці	Загальні змінні витрати CAPEX, грн							
	Вер.24	Жов.24	Лис.24	Гру.24	2024			
АСИТавт	-	-	24242	125250	149492			
АСИТсвязь	-	-	-	152101	530923			
ВТБ	5377078	1856301	-	654226	14079393			
ВШТ	1100400	8078961	5048150	217193	38063347			
ПЄСиА	-	7652881	2671368	-	23988908			
ПРТБ	-	-	11025568	9160	11034728			
ПУМДР	-	-	-	-	0			
РВР	10573227	7052332	3792780	3719408	70787655			
РЗО_Гідроцех	-	-	-	-	0			
РЗО_Добича	-	-	-	-	0			
РЗО_Мехцех	-	-	-	-	285000			
РЗО_Проходка	991960	495980	495980		1983920			
УДУ1	35572786	47087695	236	46	142087216			
УДУ3	18101233	-	-	-	18101233			
УДУ5	46315205	2586807	14534894	22350	131306540			
УДУ6	26785079	9160467	13656968	-	61365476			
УКТ	589769	1959660	3427552	902784	59963024			
УПП	-	-	-	-	0			
УПР1	-	2017900	6050	30320622	35478396			

УПР2	9379467	9953757	12878102	1470996	44034392
УПР3	4097608	47362987	14376256	24355273	215699767
УПР4	10190460	8986953	5101113	6064253	125722324
УПР5	913660	6169320	7158699	15226455	203793400
УСО	832400	2337500	255779	12559832	42672149
УТВиВ			113104	82834	195938
УТКП	-	-	94844	360000	2060684
Загалом	170 820 332	162 759 501	94 661 685	96 242 783	1 243 383 905

Назва дільниці	Загальні змінні витрати CAPEX, грн							
	Січ.25	Лют.25	Бер.25	Кві.25	Тра.25	Чер.25	Лип.25	Сер.25
АСИТАвт	-	-	-	-	-	-	-	-
АСИТсвязь	-	-	-	-	-	-	-	-
ВТБ	933085	-	58250	-	-	191386	-	16733375
ВШТ	1230740	3573730	12140560	856156	6599220	3267590	-	400972
ПССиА	2382195	1531351	-	1158664	-	-	-	1410850
ПРТБ	-	-	-	-	-	-	-	-
ПУМДР	-	-	-	-	-	-	-	-
РВР	7114783	12934771	9372736	12352279	11004309	9417197	10116785	9925483
РЗО_Гідроцех	-	-	-	-	-	-	-	-
РЗО_Добича	-	-	-	-	-	-	-	-
РЗО_Мехцех	-	-	-	-	-	-	-	-
РЗО_Проходка	-	-	-	-	1709832	-	-	-

УДУ1	-	-	-	-	-	2090604	23247393	10734867
УДУ3	-	-	-	-	-	-	-	5180044
УДУ5	-	-	-	-	-	-	3574360	-
УДУ6	-	-	-	-	-	4070790	-	-
УКТ	-	2216847	2765190	7763003	13099533	579088	9959656	2837460
УПП	-	-	-	-	-	-	-	-
УПР1	6349893	4633400	6938019	6988244	4669792	343317	38113909	4274781
УПР2	-	1462868	-	-	850000	-	258606	-
УПР3	8861010	15812582	17103804	20608659	17051751	18733696	25787574	23517753
УПР4	9774184	9153072	13335340	17028512	29483867	17570774	14994313	18792039
УПР5	8611418	7452150	5835698	7727229	8656816	6057661	17204722	16085485
УСО	1321050	12731702	1962500	7820870	1242500	6308104	13266488	-
УТВиВ	-	-	-	-	29398	-	-	-
УТКП	-	-	1489194	-	90652	-	-	769600
Загалом	46578358	71502473	71001291	82303616	94487670	68630207	156523806	110662709

Назва дільниці	Загальні змінні витрати CAPEX, грн				
	Вер.25	Жов.25	Лис.25	Гру.25	
АСИТавт	-	-	-		0
АСИТсвязь	-	-	-		0
ВТБ	4634375	-	3794340		26344811
ВШТ	3264403	8399245	2282494		42015110
ПЄСиА	3048892	4009200	-		13541152
ПРТБ	-	4732124	-		4732124
ПУМДР	-	-	-		0
РВР	6871565	5545684	3483175		98138767
РЗО_Гідроцех	-	-	-		0
РЗО_Добича	-	-	-		0
РЗО_Мехцех	-	-	-	нема даних	0
РЗО_Проходка	-	-	-		1709832
УДУ1	9405262	4456798	-		49934924
УДУ3	18932417	-	-		24112461
УДУ5	20258679	15637245	-		39470284
УДУ6	28718422	-	-		32789212
УКТ	11808933	2379460	17877180		71286350
УПП	-	-	-		0
УПР1	5632738	6575677	2403855		86923625
УПР2	-	-	1738800		4310274
УПР3	20792558	48270456	10359677		226899520

УПР4	19766079	13939873	8857441		172695494
УПР5	18144012	17129281	15456653		128361125
УСО	16119532		3697311		64470057
УТВиВ	-	-	-		29398
УТКП	-	-	-		2349446
Загалом	187397867	131075043	69950926	0	1090113966

