

ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»
Факультет автоматизації виробництва та цифрових технологій
Кафедра цифрових технологій та проектно-аналітичних рішень

«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 розподілу та експлуатації тепловозного парку на підставі аналізу GPS-навігації»

Керівник роботи

Олексій РЕВА

Консультант від
бази практики

Сергій ХОЛОДОВ

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

Здобувач

Василь ШВЕЦЬ

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

Голова ЕК

Юлія РЯХОВСЬКА

Запоріжжя 2025

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»

Факультет	автоматизації виробництва та цифрових технологій
Кафедра	цифрових технологій та проектно-аналітичних рішень
Ступінь вищої освіти	магістр
Спеціальність	051 Економіка
ОПП	Бізнес-процеси та операційна ефективність

ЗАТВЕРДЖУЮ
Гарант ОПП

Дмитро ЖЕРЛІЦІН

«14» жовтня 2024 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА**

Швець Василій Анатолійович
(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

- Тема роботи «Підвищення операційної ефективності розподілу та експлуатації тепловозного парку на підставі аналізу GPS-навігації»
керівник роботи Рева Олексій Володимирович, канд. екон. наук, доцент.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом Університету від 14.10.2024 р. №238 /14.10.2024
- Термін подання роботи 10.02.2025 р.
- Вихідні дані до роботи Навчальна література, державні стандарти з автоматизації, методична література з спеціальних дисциплін, науково-дослідницькі роботи з логістики та управління на транспорті, літературні джерела, технологічні інструкції, дані вантажної служби УЗТ ПАТ «Камет-сталь» м. Каменське, результати власних експериментів та досліджень тощо
- Зміст пояснювальної записки (перелік питань) Анотація. Зміст. Вступ. 1. Теоретико-методологічні засади реалізації процесів контролю транспортного обслуговування підприємства (літературний огляд, недоліки існуючих систем, сучасні тенденції). 1.1. Процеси контролю транспортного обслуговування підприємства як об'єкт управління (транспортне обслуговування, підприємство, класифікація підприємств, з чого складається транспортне обслуговування, тощо). 1.2 Перспективні інструменти та методи управління процесами транспортного обслуговування підприємства (аналіз наукової літератури, які автори та методики існують, підходи, проблеми, що пропонують і що не вирішено). 1.3. Систематизація підходу до оцінки результатів реалізації інструментів удосконалення процесів транспортного обслуговування підприємства (загальний теоретичний підхід, визначення найефективніших практичних методів). 2. Особливості реалізації процесу впровадження системи GPS-навігації та вдосконалення процесів транспортного обслуговування підприємства. 2.1. Модель бізнес-процесу «AS IS» - «ЯК Є» технологічних операцій з локомотивами в системі транспортного обслуговування технологічних процесів підприємства). 2.2. Модель бізнес-процесу «TO BE» - «ЯК БУДЕ» технологічних операцій з локомотивами в системі транспортного обслуговування підприємства. 2.3. Збір та аналіз даних 2.4. Статистичний аналіз чинників, які впливають на ефективність використання локомотивів та вантажообігу на виробництві. 2.5. Побудова системи критеріїв оцінювання бізнес-процесу та дослідження факторів, що

впливають на тривалість простою локомотивів. 3. Оцінка результатів впровадження системи GPS-навігації для удосконалення процесів транспортного обслуговування підприємства 3.1. Дашборд як інструмент прийняття управлінського рішення в системі транспортного обслуговування виробництва. 3.2. Організаційно-економічні основи впровадження проекту удосконалення процесів транспортного обслуговування. 3.3. Ідентифікація ризиків та визначення джерел економічного ефекту від впровадження проекту. Висновки. Список використаних джерел. Додатки.

5. Перелік графічного (демонстраційного) матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): Технологічний процес операцій з локомотивами в межах технологічних процесів та забезпечення виробництва. Норми виконання транспортних та вантажних операцій. Статистичні розрахунки. Приклади візуалізації інтерактивних дашбордів. Графік впровадження.

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

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта
1	Мінц О.Ю.
2	Мінц О.Ю.
3	Мінц О.Ю.

7. Дата видачі завдання 14.10.2024

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи
1	Розділ 1. Теоретико-методологічні засади реалізації процесів контролю транспортного обслуговування підприємства	25.12.2023-29.12.2023
2	Розділ 2. Особливості реалізації процесу впровадження системи GPS-навігації та вдосконалення процесів транспортного обслуговування підприємства	29.12.2023-03.01.2024
3	Розділ 3. Оцінка результатів впровадження системи GPS-навігації для удосконалення процесів транспортного обслуговування підприємства	03.01.2024-08.01.2024
4	Висновки, перелік посилань	08.01.2024-10.01.2024
5	Подання завершеної роботи	08.01.2024-10.01.2024
6	Остаточне оформлення роботи, презентаційного матеріалу, автореферату	08.01.2024 – 10.01.2024
7	Рецензування завершеної роботи. Захист	10.01.2024 – 16.01.2024

Здобувач

Керівник роботи

Василь ШВЕЦЬ

Олексій РЕВА

АНОТАЦІЯ

Швець В. А. *Підвищення операційної ефективності розподілу та експлуатації тепловозного парку на підставі аналізу GPS-навігації. - 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, 2025.

В першому розділі розглянуто теоретичні основи роботи промислових підприємств з використанням маневрових дизельних тепловозів. Досліджено теоретико-методичне підґрунтя управління часом перебування тепловозів залученими у виробничий процес. Вивчені методичні підходи до аналізу бізнес-процесів технологічних операцій маневровими тепловозами.

В другому розділі проведено аналіз технологічного процесу з тепловозами залізничної мережі на «Камет-сталь». Знайдені «вузькі місця» та потенціал для удосконалення існуючого бізнес-процесу. Побудована модель бізнес-процесу «ТО ВЕ» - «ЯК БУДЕ» технологічних операцій з тепловозами. Розроблені норми часу основних технологічних операцій з тепловозами на виробничих майданчиках, станціях та вантажних фронтах. Досліджені чинники, які впливають на час перебування тепловозів залученими у виробничий процес за допомогою статистичних методів.

В третьому розділі розроблені багаторівневі інтерактивні дашборди для управлінського звіту. Розроблено план впровадження та потенційні ризики реалізації проекту встановлення GPS-навігації. Розрахована економічна ефективність проєкту.

Об'єкт дослідження – процеси удосконалення залізничного транспортного обслуговування підприємства.

Предмет дослідження – механізми, методи та моделі удосконалення процесів залізничного транспортного обслуговування підприємства.

МОДЕЛЬ БІЗНЕС-ПРОЦЕСУ, УПРАВЛІННЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ, ЧАС РОБОТИ ТЕПЛОВОЗІВ, ДАШБОРДИ, ТЕХНОЛОГІЧНІ ОПЕРАЦІЇ, ДИСПЕТЧЕРСЬКИЙ ПЕРСОНАЛ, ОПЕРАЦІЯ, РУХОМИ СКЛАД, ТЯГОВИЙ СКЛАД, ІНФОРМАЦІЙНО-ДИСПЕТЧЕРСЬКА СИСТЕМА, ВАНТАЖНИЙ ФРОНТ.

ПЕРЕЛІК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ВИКОНАННЯ
КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

В.А. Швець. ПІДВИЩЕННЯ ОПЕРАЦІЙНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗПОДІЛУ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТЕПЛОВОЗНОГО ПАРКУ НА ПІДСТАВІ АНАЛІЗУ GPS-НАВІГАЦІЇ // II Міжнародна науково-практична конференція «ПРОБЛЕМИ І ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ» (28-29 листопада 2024 р. м.Дніпро, ДВНЗ «Придніпровський державний технічний університет»). Дніпро, Україна: “Тези доповідей”, 2024. том. 1, 2024. [Електронне видання]. Режим доступу:

<https://drive.google.com/file/d/1hGaxlud1yJgPAGKT9CmlLPB28mhPRWIN/view?usp=sharing>

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ПІДПРИЄМСТВА	12
1.1 Процеси транспортного обслуговування підприємства як об'єкт управління	12
1.2 Перспективні інструменти та методи управління процесами транспортного обслуговування підприємства	16
1.3 Систематизація підходу до оцінки результатів реалізації інструментів удосконалення процесів транспортного обслуговування підприємства.....	24
Висновки по розділу 1	33
2 ОСОБЛИВОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ GPS-НАВІГАЦІЇ ТА ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСІВ ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ПІДПРИЄМСТВА	35
2.1 Модель бізнес-процесу «AS IS» - «ЯК Є» технологічних операцій з локомотивами в системі транспортного обслуговування технологічних процесів підприємства.....	35
2.2 Модель бізнес-процесу «TO BE» - «ЯК БУДЕ» технологічних операцій з локомотивами в системі транспортного обслуговування підприємства.....	40
2.3 Збір та аналіз даних.....	45
2.4 Статистичний аналіз чинників, які впливають на ефективність використання локомотивів та вантажообігу на виробництві.	46
2.5 Побудова системи критеріїв оцінювання бізнес-процесу та дослідження факторів, що впливають на тривалість простою локомотивів.....	57
Висновки по розділу 2	59
3 ОЦІНКА РЕЗУЛЬТАТІВ ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ GPS-НАВІГАЦІЇ ДЛЯ УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСІВ ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ПІДПРИЄМСТВА.....	62

3.1 Дашборд як інструмент прийняття управлінського рішення в системі транспортного обслуговування виробництва	62
3.2 Організаційно-економічні основи впровадження проекту удосконалення процесів транспортного обслуговування	69
3.3 Ідентифікація ризиків та визначення джерел економічного ефекту від впровадження проекту	75
Висновки по розділу 3	78
ВИСНОВКИ.....	80
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	83
ДОДАТОК 1.....	87

ВСТУП

Актуальність теми роботи. У сучасних умовах управління транспортними системами важливо забезпечити оптимальне керування вантажообігом з урахуванням невідкладних потреб виробництва та невизначеності можливостей виробництва на період планування. Зокрема, велика увага приділяється вдосконаленню оперативного керування для зменшення термінів простою тепловозів та подальшого переміщення на технологічні операції на станціях підприємства. Застосування математичного, на підставі зібраних від системи GPS-навігації, програмування та аналітичних методів є актуальним напрямком для досягнення оптимального рівня завантаженості тепловозів. Моделі відстеження стану локомотивів у режимі реального часу допомагають в розв'язанні задач оптимізації, але вимагають уважного врахування додаткових факторів. Дослідження в галузі інтелектуальних систем розподілу робочого парку, моделювання транспортних систем відкривають нові перспективи для покращення роботи транспортно-логістичних комплексів підприємств.

За оцінками експертів, ефективна організація логістичних процесів забезпечує зниження витрат мінімум на 5%, однак частка витрат може значно збільшитися, якщо процеси реалізовані не ефективно. Наприклад, у світовій практиці, у загальному обороті вантажів на промислових підприємствах, непродуктивні простої, що обумовлені виникаючими між операційними простоями сягаються 40%, а простоями у накопиченні рухомого складу – до 25% [1; 2]. При оптимізації логістичного процесу і зменшенні простою локомотивів, бізнес може знизити витрати на перевезення і підвищити ефективність функціонування бізнес-процесів. При оптимізації логістичного процесу і зменшенні простою локомотивів, бізнес може знизити витрати на перевезення і підвищити ефективність функціонування бізнес-процесів. Управління транспортними послугами на підприємстві є

складним завданням через обмежений доступ до інформації про оборот вантажів та запізненість в їх отриманні. Для більш ефективного управління потрібна інформаційна система, яка надавала б оперативний онлайн-моніторинг рухомого складу та його стану.

Дана робота є актуальною у контексті сучасних умов управління транспортними системами, де ключовим аспектом є оптимізація керування локомотивами та скорочення часу міжопераційних простоїв рухомого складу. Зокрема, виникає потреба у ресурсозбереженні та ефективному управлінні локомотивами з використанням сучасних інструментів та методів управлінського обліку, що вирішують завдання оптимізації логістичних процесів підприємства, покращують ефективність та сприяють зниженню витрати у транспортно-логістичних системах.

Постановка проблеми. Низький рівень ефективності використання тягового рухомого складу підприємства водночас із підвищеним рівнем зношування обладнання від застосування невідповідних режимів роботи локомотивів, а також скорочення міжопераційних простоїв.

Мета дослідження полягає у розробленні практичних рекомендацій щодо створення інтерактивних дашбордів для управлінських потреб з оптимізації часу простою, які дають змогу відстежувати ключові показники ефективності і витрат залізничного транспорту. Спираючись на вивчення теоретико-методичних основ управління часом перебування локомотивів на промисловому підприємстві та аналіз чинників, що впливають на тривалість їх простою на під'їзних коліях, запропонований підхід забезпечує можливість фільтрації даних за різними параметрами, що поглиблює аналітику і сприяє підвищенню ефективності транспортного обслуговування підприємства.

Задачі дослідження:

- дослідити особливості, а також актуальні інструменти та методи управління процесами залізничного транспортного обслуговування підприємства;

- систематизувати теоретичні підходи до оцінки результатів реалізації інструментів удосконалення процесів залізничного транспортного обслуговування підприємства;
- проаналізувати існуючі бізнес-процеси та удосконалити модель бізнес-процесу «ТО ВЕ» - «ЯК БУДЕ» технологічних операцій із використанням локомотивів;
- розробити норми часу основних технологічних операцій з локомотивами на відповідних ділянках їхньої роботи;
- дослідити чинники, які впливають на час перебування тепловозів на простої колії за допомогою статистичних методів, та розробити рекомендації щодо зниження простою;
- розробити інтерактивні багаторівневі дашборди для відображення ключових критеріїв ефективності та формування управлінських звітів;
- розробити план впровадження інтерактивних багаторівневих дашбордів та визначити основні пріоритети проекту їх реалізації для вдосконалення процесів залізничного транспортного обслуговування підприємства;
- визначити потенційні ризики та обмеження проекту;
- оцінити економічну ефективність проекту встановлення GPS-навігації на локомотиви підприємства.

Об'єкт дослідження – процеси удосконалення залізничного транспортного обслуговування підприємства.

Предмет дослідження – механізми, методи та моделі удосконалення процесів залізничного транспортного обслуговування підприємства.

Результати та обґрунтування їх ефективності / інноваційності.

Дослідження чинників, що впливають на час простою локомотивів за допомогою статистичних методів та аналізу процесів залізничного транспортного обслуговування підприємства, дало змогу визначити ключові передумови скорочення простою і зменшення витрат на обслуговування та ремонт. Запровадження дашбордів для візуалізації й аналізу даних стало інноваційним кроком у сфері управління

залізничними транспортними послугами, адже в реальному часі можна отримувати інформацію про рухомий склад і оперативно ухвалювати ефективні управлінські рішення. Застосування інтерактивних дашбордів у системі звітності Power BI відкриває нові можливості для візуалізації інформації та швидкого управління виробничими процесами.

Новизна отриманих результатів полягає у наступному:

- З використанням методів функціонального моделювання побудовано моделі бізнес-процесів операцій з локомотивами парка власності підприємства та виявлено критичні процеси, оптимізація яких дозволила збільшити ефективність управління на підприємстві.
- Статистичний аналіз дозволив виділити чинники, які впливають на час перебування локомотивів на виробничих дільницях та виокремити фактори простою локомотивів, які не передбачені технологічними операціями, що дало змогу зменшити час простою та отримати економічний ефект.
- Ґрунтуючись на результатах проведеного дослідження розроблено систему параметрів та показників, які підлягають контролю в режимі реального часу із застосуванням системи інтерактивних дашбордів. Це дозволило збільшити ефективність системи управління залізничним транспортом на підприємстві за рахунок зменшення витрат часу на формування звітів та зниження ймовірності помилок.

Результати цієї роботи вносять значний внесок у розуміння та вдосконалення процесів управління вантажопотоками залізничного транспорту, а їх інноваційні аспекти можуть бути використані для оптимізації логістичних витрат і підвищення ефективності транспортно-логістичних систем підприємств.

За оцінками робочої групи плановий економічний ефект від встановлення систем GPS-навігації та аналітичних інтерактивних дашбордів для управлінського звіту та можливість фільтрації даних в

рамках ПАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ» експертно оцінюється в скороченні часу простою локомотивів та збільшення міжремонтних пробігів загальної мережі на 7% та 12% відповідно, що дозволить заощадити до 8,5 млн грн. на рік.

1 ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ПІДПРИЄМСТВА

1.1 Процеси транспортного обслуговування підприємства як об'єкт управління

Транспортне обслуговування підприємства є важливим елементом логістичної системи та включають в себе різноманітні аспекти взаємодії для забезпечення ефективного руху сировини та готової продукції. Розглянемо підхід до опису цих процесів.

Транспортне обслуговування – це комплекс заходів, спрямованих на забезпечення потреб у перевезенні товарів, робіт чи послуг шляхом використання транспортних засобів та інфраструктури.

Підприємство – це економічний суб'єкт, що виробляє, обробляє чи надає товари чи послуги для задоволення певних потреб ринку.

Класифікація підприємств може ґрунтуватися на різних критеріях, таких як галузь економіки, розмір, власність, форма власності тощо.

Елементи транспортного обслуговування для залізничного транспорту:

1. Збір та аналіз вимог замовника щодо тривалості перевезень на залізничному транспорті.

2. Вибір оптимальних маршрутів та транспортних засобів з урахуванням залізничних шляхів і технічних можливостей тягових локомотивів та їх вантажопідйомності.

3. Планування та оптимізація логістичних процесів, враховуючи особливості руху по залізничних шляхах.

4. Організація вантажопотоків та контроль за їх виконанням між технологічними ділянками на залізничному транспорті.

5. Управління рухомим складом залізниці та здійснення його технічного обслуговування на мережі залізничних шляхів.

Для підвищення ефективності управління транспортними процесами використовуються сучасні інформаційні технології [3]. Які

також повинні забезпечити сталий зв'язок між всіма учасниками логістичного ланцюга та коректно відображати можливі «слабкі місця» на його етапах. Слід враховувати вплив зовнішніх чинників: змін в законодавстві, економіці, технологіях та інших сферах, що можуть впливати на транспортні процеси. Важливі аспекти ефективності: витрати на транспортні послуги, час доставки та можливість швидкого реагування на зміни, надійність та безпека транспортування.

Загальний підхід до управління процесами транспортного обслуговування включає в себе оптимізацію, планування та контроль за рухом локомотивів із технологічним вантажем або послуг. Врахування всіх аспектів цих процесів є ключовим для забезпечення ефективності та конкурентоспроможності підприємства в умовах сучасного ринку.

Система управління поєднує комплекс технологічного об'єкта управління та управляючої системи, мета якої спрямована на оптимізацію або поліпшення функціонування об'єкта управління [4]. Об'єкт управління визначається як реальне явище, до якого застосовується технологічний підхід, розглядаючи взаємозв'язок між зовнішніми впливами та характеристиками стану явища. Зовнішні впливи і виходи об'єкта називаються входами та виходами відповідно. Деякі входи піддаються керуванню, інші є некерованими збурюваннями.

За допомогою математичної моделі об'єкта управління визначається формальний опис зв'язку між входами та виходами. Технологічний об'єкт управління включає в себе основне технологічне устаткування та інструкції, які визначають виконання технологічного процесу. Об'єкти управління можна поділити на стійкі та нестійкі.

Нестійкий об'єкт, під впливом зовнішніх чи внутрішніх збурювань, може відхилитися від стану рівноваги, внаслідок чого його вихідна функція може прагнути тенденцію до нескінченності або нуля. Для утримання нестійкого об'єкта в стані рівноваги потрібна система

управління. Стійкий об'єкт, завершивши вплив збурювань, автоматично повертається в початковий стан.

Збурювання не завжди відомі заздалегідь, і можуть бути визначені лише у діапазоні їхньої можливої зміни або на основі спостережень за їхніми ймовірнісними закономірностями. При управлінні важливо враховувати невизначеність збурювань, виходячи з принципу гарантованого чи очікуваного результату.

Управління – це процес, який розвивається в часі і включає в себе прийняття рішень та контроль за їх виконанням. Вибір управляючих впливів є вибором послідовності рішень і методів контролю. Основні принципи управління включають програмне управління, управління за збурюванням та зворотний зв'язок за станом.

Комбінування принципів управління транспортними системами дозволяє досягти оптимальних результатів. Планове та оперативне управління використовуються для ефективного управління транспортними процесами, враховуючи невизначеність та забезпечуючи адаптацію до змін у зовнішньому середовищі.

Відповідно до функціонування об'єкта управління, системи поділяють на детерміновані та стохастичні. У детермінованих системах зміна об'єкта управління в часі відома, в той час як у стохастичних системах ці зміни є випадковими. Управління стохастичними системами складніше, оскільки зміни невизначені. Побудова структури системи управління, яка включатиме елементи та їх зв'язки, надзвичайно важливе в управлінні транспортними процесами. Відповідно до структури, системи поділяють на централізовані, децентралізовані та змішані. Централізовані системи управління керують всіма підсистемами з єдиного центрального пункту, що може призвести до проблем при виході з ладу центрального пункту. У децентралізованих системах кожна підсистема має свій власний диспетчерський пункт, що робить їх надійнішими, але вимагає більших витрат. Системи управління також можуть бути розділені за функціональним призначенням на системи стабілізації, стеження та

програмного управління. Кількість елементів та рівнів управління визначає складність системи. Напрямок розвитку систем управління транспортними процесами включає перехід від централізованих до децентралізованих систем. Децентралізація може бути топологічною, розподіляючи систему на локальні підсистеми. Сучасні технології використовують автоматизовані системи управління (АСУ), які роблять управління більш ефективним і адаптивним до змін в оточенні.

Слід зазначити, що ефективне управління транспортними системами є надзвичайно важливим елементом логістичних процесів підприємства. Сучасні вимоги передбачають високий рівень оптимізації, планування та контролю вантажних транспортних потоків. Комбінація традиційних підходів та інноваційних технологій, зокрема інформаційних систем управління, є ключем до успішного управління. Також варто відзначити, що системи управління транспортними процесами можуть бути різноманітними за структурою, від централізованих до децентралізованих, а також за функціональним призначенням. Розвиток управління транспортними системами націлений на покращення ефективності систем шляхом впровадження автоматизованих систем управління.

З метою виявлення співвідношень між параметрами показників транспортного обслуговування технологічних маршрутів та виявлення статистичних характеристик цих параметрів було проведено дослідження показників ефективності роботи рухомого транспорту на технологічних маршрутах металургійного підприємства ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ».

1.2 Перспективні інструменти та методи управління процесами транспортного обслуговування підприємства

На практиці існують два методи транспортного обслуговування виробництва:

- перший метод передбачає використання у технологічних процесах власного транспорту. При цьому обслуговуючий персонал входить до складу посередницької організації;

- при другому методі використовується транспорт комерційного транспортного агентства, яке на договірній основі здійснює обслуговування тієї чи іншої посередницької структури.

У випадку металургійного підприємства ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ» застосовується перший метод із залученням власного локомотивного парку.

Управління системою залізничних перевезень здійснюється як системне керівництво логістичною структурою, включаючи здійснення основних управлінських функцій, таких як організація, планування, регулювання, координація, контроль, облік та аналіз, з метою досягнення цілей логістичної системи. Це спрямований вплив на просторово-часовий баланс бізнес-процесів, пов'язаних із формуванням потоків матеріальних і нематеріальних цінностей. Головною метою цього управління є досягнення синергетичного ефекту, вираженого у чистому грошовому потоці підприємства [5].

Цілеспрямований та постійний процес логістичного управління передбачає планування, організацію та контроль операцій постачання, виробництва, транспортування і збуту продукції, використовуючи методи та прийоми логістики. Логістичне управління здійснюється на основі загальних принципів управління з урахуванням характеру логістичної діяльності. Переважаючі принципи логістичного управління включають:

- координація дій усіх ланок логістичної системи;
- адаптованість потребам виробництва;
- системність і комплексність, охоплюючи керування поточковими процесами у взаємодії та узгодженні окремих етапів бізнес-процесів з метою оптимізації логістичної системи;
- інтеграційний зв'язок;

- узгодження оцінок ефективності функціонування окремих ланок логістичного ланцюга;
- впровадження ефективної інформаційної бази;
- організацію обліку витрат на управління матеріальними і пов'язаними з ними інформаційними, фінансовими та сервісними потоками вздовж усього логістичного ланцюга;
- впровадження та використання інформаційних сучасних методів моделювання в управлінні логістичними системами;
- адаптованість потребам виробництва [6].

У процесі управління логістикою на підприємствах транспортної галузі важливо виділити різні підсистеми, такі як постачання, складська, транспортна, виробнича і збутова. Підсистема постачання націлена на покращення ефективності, вибираючи конкурентоспроможних постачальників, оптимізуючи процес закупівлі, розробляючи системи управління процесом закупівель. Складська підсистема базується на оптимізації процесів зберігання через впровадження сучасних технологій, підвищення якості складських послуг та раціонального розміщення товаро-матеріальних цінностей. Виробнича підсистема впроваджує методи управління запасами, виробниче планування, забезпечення виробництва, дотримання виробничого циклу, підвищення якості продукції та послуг. Транспортна підсистема забезпечує розроблення раціональних схем постачань, маршрутів перевезень, оптимальне завантаження транспорту, єдність транспортних, виробничих і складських процесів, а також облік на транспорті. Збутова підсистема орієнтована на системний аналіз ринку транспортних послуг, прискорення оформлення та обробки замовлень, підвищення рівня логістичного сервісу та інше. В світі існує велика кількість логістичних систем і методів, а серед них широко використовується система "точно в строк". Згідно з цією системою, матеріальні потоки організовані так, що всі матеріали, комплектуючі та готова продукція постачаються в необхідній кількості та в той момент, коли їх потребують ланки логістичної системи для мінімізації витрат,

пов'язаних зі створенням запасів. Синхронізація всіх процесів поставки продукції споживачам вимагає точності інформації та прогнозування, що досягається надійними телекомунікаційними системами та інформаційно-комп'ютерною підтримкою [7].

Логістична активність підприємства охоплює управління ланцюгом поставок і включає в себе планування, впровадження та контроль ефективного прямого та зворотного потоків зберігання товарів, послуг та пов'язаної інформації між точкою походження та точкою споживання з метою задоволення потреб клієнтів.

Основні аспекти логістичної діяльності включають: постачання та закупівлі; зовнішнє і внутрішнє транспортування; зберігання; управління запасами; комплектування замовлень; обробка вантажів; управління фізичним розподілом; зворотна дистрибуція (управління реверсивним матеріальним потоком); вибір місця розміщення логістичної системи; логістичні комунікації.

Центральна концепція логістики проста, хоча впровадження її у функціонування промислових підприємств може здаватися складним завданням. Особливості управління матеріалами, транспортуванням, запасами, упаковкою та складуванням стають все більш технічними, і ці аспекти потрібно інтегрувати в єдине узгоджене середовище. Для цього важливо мати точну інформацію від кожної окремої функції. У сучасних умовах ефективним засобом отримання та обробки цієї інформації є комп'ютерне програмне забезпечення, а управління логістикою визнається як наука про координацію різних функцій.

Логістична діяльність відіграє ключову роль на всіх рівнях підприємства. Процес організації логістичної діяльності є складним і вимагає значних зусиль зі сторони керівництва. Ефективна організація логістичної діяльності повинна охоплювати всі аспекти підприємства та взаємодіяти з ними. Згодом організація логістичної діяльності стає більш автоматизованою і враховує нові тенденції у розвитку та впровадженні інформаційно-комунікаційних технологій. Цифрові

трансформації перетворюють всі економічні процеси підприємства та вимагають точної координації функцій.

Для значного покращення логістичної діяльності рекомендовано застосовувати поєднання методів і напрямків збору та аналізу даних.

Перший напрямок - Big Data в інформаційних технологіях – це набір методів та засобів опрацювання структурованих і неструктурованих різнотипних динамічних даних великих обсягів з метою їх аналізу та використання для підтримки прийняття рішень.

Використання рішень, базованих на великих даних, є ключовим для оптимізації ланцюгів постачань. Великі дані спрощують прогнозування попиту, оптимізують маршрути та дозволяють керувати ризиками.

Другий напрямок - хмарна логістика та логістичні платформи ланцюгів постачань. Хмарні сервіси стають все більш доступними для постачальників логістичних послуг, спрощуючи отримання ефективних ІТ-рішень для малих підприємств.

Третій напрямок - Інтернет речей (IoT). "Розумні" транспортні засоби, підключені до IoT, забезпечують інформацію про стан вантажівок, вантажі та роблять транспорт більш ефективним.

Отже, оптимізація логістичної діяльності вимагає використання сучасних інформаційних технологій та платформ, а також ефективних моделей управління для оптимізації руху товарів та послуг, ресурсів та інших об'єктів.

Серед інноваційних стратегій, які стали орієнтиром для розвитку логістичного управління, особливо актуальними є концепції Lean Thinking (Лін-підхід), Kaizen (Кайдзен), Six Sigma (Шість сигма), Blue Ocean Strategy (Стратегія блакитного океану), та Стратегічні карти (Balanced Scorecard).

"Lean Thinking" - це практика виробництва, яка вважає витрату ресурсів припустимою лише для створення цінності. Філософія "Кайдзен", яка має японське коріння, зосереджена на досягненні виробництва без втрат. Принципи "Кайдзен" включають фокус на

клієнтах, постійні зміни у всіх аспектах організації (постачання, виробництво, збут), відкрите визнання проблем та поширення культури відкритості. "Шість сигма" (Six Sigma) - це методологія корпоративного менеджменту, спрямована на удосконалення виробництва та усунення дефектів. Методологія DMAIC (визначення потреб, вимірювання, аналіз, вдосконалення, контроль) використовується для вдосконалення наявних бізнес-процесів. Однією з інноваційних стратегій є "Стратегія блакитного океану" (Blue Ocean Strategy), що полягає у створенні незайнятої ніші на ринку, виходячи з незадоволеної потреби різних груп споживачів. Оптимальним підходом є комбінація концепцій управління "Шість сигма та бережливе виробництво", об'єднуючи інструменти для підвищення якості процесу з інструментами "бережливого виробництва" для підвищення швидкості процесу [8].

Головною метою логістичного управління є досягнення синергетичного ефекту в чистому грошовому потоці підприємства. Логістичне управління на підприємствах транспортної галузі вимагає інтеграції різних підсистем і використання сучасних технологій для досягнення ефективності у керуванні матеріальними і інформаційними потоками. Логістика розглядається як наука про координацію різних функцій у системі, що вимагає точної інформації та інтеграції різних аспектів у єдине узгоджене середовище.

Для підвищення рівня адекватності прийняття багатокритеріальних рішень в умовах невизначеності слід зменшити суб'єктивізм і збільшити реальність отриманих результатів. Мета наукового дослідження полягає в запропонуванні нового методу багатокритеріального аналізу, заснованого на нечіткому лінійному програмуванні та методі послідовної інтерактивної моделі для міських систем SIMUS, що отримав назву нечіткий SIMUS [9]. Не використовуючи ваги, він працює з оптимальними значеннями. Методологія дослідження включає три етапи. На першому етапі відбувається формування параметрів багатокритеріальної моделі в

умовах невизначеності. Початкова матриця має три різні значення: нижнє, середнє і верхнє. На другому етапі для кожної цілі створюється нечітка модель SIMUS на основі нечіткого лінійного програмування. Третій етап відповідає за ранжування альтернатив. Методологію експериментально перевірили при плануванні міжміського залізничного транспорту в мережі Болгарії. Досліджено дев'ять альтернативних планів транспорту та вісім критеріїв. Встановлено, що найбільший вплив на ранжування мають наступні цілі: частота зупинок локомотивів (15%), прямі операційні витрати (15%), вантажопідйомність локомотивів (14,7%) і надійність (14,3%). Проведено верифікацію результатів, і встановлено, що стабільність вибору представляє собою прийнятну альтернативу.

Логістичні системи, такі як залізничні станції, мережі та технологічні вузли, часто аналізуються за допомогою теорії черг. Дослідження різних аспектів функціонування залізничних систем включає розгляд аналітичних моделей для оцінки затримок поїздів, визначення місткості та ефективності мережі.

Існують різні підходи до математичного опису операцій залізничних станцій. Деякі дослідження використовують моделі з нескінченними чергами на кожному вузлі для аналізу мережі. Інші праці враховують обмежену місткість станції, припускаючи наявність обмеженої черги. Особливу увагу приділяють вивченню впливу випадкових факторів на обслуговування транспортних потоків. Теорія черг застосовується не лише для моделювання мереж та станцій, але й для прогнозування часу очікування вільного шляху для руху зустрічних поїздів. Важливе значення має використання ймовірнісних моделей для оцінки місткості, ймовірності переповнення системи та ймовірності відмови в обслуговуванні. Більш повний підхід до моделювання операцій транспортних систем, застосовує більш складні моделі чергових мереж. Це дозволяє детально описати маршрут заявок у системах з нелінійною ієрархічною структурою, таких як вантажні залізничні станції та маневрові двори [10].

Забезпечення безперебійних вантажних перевезень та стабільної пропускної здатності вантажних станцій відіграють значущу роль у транспортній системі, а в наслідок і в дотриманні технології металургійного виробництва. Для забезпечення безпечної та надійної роботи транспортної системи і отримання актуальної інформації щодо рівня ризику, важливо розглядати динамічний та інтелектуальний метод управління факторами ризику на станціях.

Розглянемо створення каркасу для розробки інтелектуальної системи управління ризиками [11]. Адаптивна нечітка інференційна система (ANFIS) пропонується як потужна, інтелектуальна вибрана модель для удосконалення управління ризиками та керування невизначеністю в ризикових змінних. Мета цього дослідження - розглянути поточні методи прогнозування рівня ризику в потоці та розробити заходи для оцінки та управління ризиками для поліпшення розуміння підвищення ефективності використання тягового рухомого складу в реальному часі. Два параметри обрані як вхід для рівня ризику переповнення: ефективність трансферу та рівень зношування тягового рухомого складу. Це дослідження спрямоване на вивчення параметрів роботи локомотивів на підставі даних від вже встановлених систем GPS-навігації, аналізу критеріїв впливу на ефективність та залученість техніки у виробничий процес та прогнозування можливих ризиків. Результати прогнозу показують дуже високу точність у прогнозуванні рівня ризику, і доводять можливість робити прогнози та фіксувати значення рівня ризику, в реальному часі ефективно корегувати робочий процес. Така інформація про ризики надзвичайно важлива для прийняття рішень в процесах управління безпекою та ризиками, особливо коли виникають невизначені перешкоди (залпові відвантаження, не сприятливі погодні умови, катастрофи та інше). Нові ідеї, виниклі в результаті цього дослідження, сприятимуть більш ефективному управлінню ризиками вантажних технологічних залізничних перевезень у напрямку безпечних, інтелектуальних та більш стійких транспортних систем.

1.3. Систематизація підходу до оцінки результатів реалізації інструментів удосконалення процесів транспортного обслуговування підприємства

В сучасних умовах воєнного стану, оптимізація транспортної діяльності на металургійних підприємствах обумовлена змінами в технологічних та логістичних процесах виробництва. Збільшилась кількість операцій у логістичних ланцюгах постачання, а взаємозв'язки між елементами транспортних систем металургійних підприємств ускладнилися. Завдяки стрімкому розвитку інформаційних технологій збільшилися обсяги інформації про транспортно-технологічні процеси, що вимагає проведення досліджень для їх аналізу, прогнозу та ефективного використання ресурсів.

Основні завдання промислового транспорту залишаються незмінними: скорочення термінів доставки вантажів за мінімізації ресурсів, необхідних для руху матеріальних потоків. Однак умови цих завдань постійно змінюються, тому результати попередніх досліджень поступово втрачають свою актуальність.

Логістичний підхід широко використовується для розв'язання транспортних задач у реальному часі у всьому світі. Логістичний ланцюг розділяється на логічні частини, які можуть піддаватися подальшому розгортанню. Наприклад, локальна система "вхідна станція – вантажна станція – Рудний двір" може виділятися в загальній логістичній системі постачання сировини для виробництва на металургійних підприємствах.

При переході до прогресивної взаємодії виробництва та транспорту важливо забезпечити їх інтеграцію в логістичну транспортно-вантажну систему підприємства на новій технологічній та інформаційній базі. Умови ринкових механізмів ускладнюють взаємодію виробництва та транспорту, вимагаючи паралельного та ефективного оформлення перевізних та інших документів.

Умови ринкових механізмів значно ускладнюють взаємодію між виробництвом та транспортом. Наприклад, роботи, такі як підготовка, упакування та відвантаження металопродукції, вимагають паралельного та тривалого оформлення перевізних та інших документів. Неодноразово невідповідність у часі цих процесів призводить до збільшення тривалості простою локомотивів [12].

Підвищення ефективності взаємодії виробничо-транспортного процесу можливе через логістичний підхід, який передбачає розділення функцій цехів на виробничі та допоміжні. Зростання обсягів роботи з локомотивами операторів ускладнює організацію перевезень, документообіг, взаємодію з транспортними компаніями, облік роботи та розрахунки, що призводить до появи нових виробничих функцій підрозділів комбінату та оперативного персоналу. Умови ринкового середовища наголошують на важливості оптимального керування вантажопотоками металургійних підприємств.

Вирішення завдань оптимізації роботи транспорту передбачає розвиток автоматизованих систем управління та створення інформаційно-керуючих систем з використанням логістичних принципів [13]. Формування інформаційно-керуючих систем зовнішніми перевезеннями залізничного транспорту вимагає вивчення технологічної та інформаційної складових транспортного процесу на різних рівнях керування [14]. Важливо досягти взаємної узгодженості підсистем в організації роботи транспортно-вантажного комплексу, як логістичної системи, з урахуванням логістичних (технологічних) нормативів [15].

Модульна структуризація дозволяє застосовувати методи теорії масового обслуговування для оптимізації транспортних процесів [16]. Робота модуля визначається вектором входу, вектором виходу, функціонуванням каналів пристроїв обслуговування, місцями очікування та виходу, ефективністю застосування режимів управління локомотивом. Алгоритм дослідження процесу обробки вантажопотоку передбачає виявлення взаємозалежних транспортних та інших

операцій та підвищення часу безперервної роботи (міжремонтного пробігу) локомотивів. Теорія масового обслуговування використовується для розрахунку простоїв між операціями. Для оптимізації тривалості обороту рухомого складу на внутрішньозаводських перевезеннях використовуються моделі, що забезпечують синхронізацію технологічних процесів [17].

Вантажні станції металургійних підприємств є багатофункціональними, і коливання обсягів транспортної роботи є істотними через випадкові фактори [18]. Оцінка ефективності використання технічних пристроїв станції за певних умов залишається складною задачею. У складних умовах перевізного процесу збільшується інтенсивність експлуатації вагонів, а старіння та зношування тягового рухомого складу призводять до скорочення робочого парку. Зміни в роботі транспорту металургійних підприємств відбулися через удосконалення технологічних процесів, адаптацію до науково-технічного прогресу та ринкових вимог. Ці зміни іноді відбуваються дуже швидко, і інфраструктура транспорту не завжди може швидко адаптуватись до нових технологій.

З ростом операторських компаній зростає інтенсивність вхідної інформації, збільшенням різноманітності її різноманітності, ускладнюючи оперативне керування транспортними системами. Прийняття диспетчером рішень без використання методів аналізу не гарантує оптимальності. Диспетчерський апарат залізничного цеху стає важливим вузлом концентрації інформації. Ефективність розробки маршрутів може оцінюватись за часом роботи локомотивів з використанням нечітко виражених значень тривалості операцій. Аналітичні моделі на основі теорії масового обслуговування дозволяють спростити аналіз технологічних процесів, що може бути корисним для прийняття оперативних рішень та удосконалення роботи залізничних станцій [19].

Встановлення показників роботи транспорту, які контролюють раціональний режим системи, є окремою задачею. Ступінь залучення є

одним з показників. Завданням керування станцією є зміна інтенсивності роботи для забезпечення нормативних значень завантаження шляхом зміни кількості технічних елементів та тривалості операцій. При оперативному керуванні вантажопотоками в умовах інформаційної невизначеності часто проводиться пошук оптимальних рішень. Більшість з них спрямовані на зменшення термінів обробки вагонів та їх простою в очікуванні формування вагонів у групу (маршрутний состав) для переміщення на наступну технологічну операцію на станціях підприємства [20]. Зазвичай це досягається за рахунок збільшення часу роботи локомотива, що дозволяє зменшити час очікування відправлення від станції до станції шляхом вибору коректного режиму руху тепловоза. Оптимальний вибір відправлення вантажів може бути здійснений за допомогою математичного програмування при наявності прогнозу готових до відправлення на виробництво вагонів. Розгляд питання про ефективність використання кожної окремої одиниці тягового рухомого складу може бути проведений за допомогою простих методів - аналітичної залежності або графічно за номограмами.

У задачах оптимізації роботи транспорту часто використовуються регресійні моделі, але низькі значення коефіцієнтів кореляції можуть бути обумовлені не випадковим розкидом досліджуваної величини та впливом додаткових факторів, які не враховані [21]. Перспективним є дослідження в галузі створення інтелектуальних станційних систем [22], які утворюють самостійний та широкий клас в залізничних інтелектуальних системах.

До залізничних під'їзних колій входять ті шляхи, які призначені для обслуговування окремих підприємств, установ, організацій і пов'язані з узагальненою мережею залізничного транспорту України через безперервну рейкову колію. Під'їзна колія - це комплекс засобів залізничного господарства, який включає в себе розвиток колій, складські пристрої, машини для вантажоперевезення, вагові пристрої, пристрої сигналізації і зв'язку, рухливий склад, дозуючі пристрої,

іншими словами, усе, що стосується завантаження, розвантаження та маневрової роботи.

На під'їзних коліях розпочинається і закінчується процес перевезення, який здійснюється загальними засобами транспорту. Вони також задовольняють потреби промислових підприємств у внутрішньозаводських перевезеннях. Під'їзні колії відіграють важливу роль у вантажній та комерційній діяльності залізниць: на них здійснюється основна частина вантажних операцій - близько 85% навантаження і 70% розвантаження. Робочий обсяг під'їзної колії визначається вантажообігом. Вантажообіг визначається як сума вагонів, які були завантажені і розвантажені на під'їзній колії за звітний період (доба, декада, місяць) часу. Середньодобовий вантажообіг - це загальна кількість завантажених і розвантажених вагонів протягом року, розділена на кількість днів у році. Розміри вантажообігу на під'їзних коліях досить змінюються (від одного-двох до 500 і більше вагонів). Приблизно 55% під'їзних колій мають вантажообіг до п'яти вагонів за добу, тоді як менше 4% мають вантажообіг понад 100 вагонів [23]. Оперативне переміщення навантажених вагонів від під'їзних колій до технологічних ділянок підприємства та у зворотному напрямку забезпечується тяговими одиницями рухомого складу підприємства ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ». Тягові характеристики тепловоза та його технічна надійність дозволяють зменшити кількість переїздів для транспортування сировини чи готової продукції. Що, у свою чергу, не лише зменшує витрати на обслуговування рухомого складу, час очікування вантажу, час простою вагонів, а також дозволяє зменшити інтенсивність руху під'їзними коліями та завантаженість прилеглих до підприємства станцій.

Стан регулювання перевізного процесу нерозривно пов'язаний із здійсненням оперативного планування експлуатаційної роботи. Фактична ситуація на залізниці протягом кожної доби в основному відрізняється від середньої, яка передбачалася при формуванні технічних норм експлуатаційної роботи. Основною метою оперативного

планування роботи є забезпечення виконання установлених технічними нормами показників експлуатаційної роботи в конкретних умовах доби, зміни. Оперативне планування виступає важливим інструментом для забезпечення рівномірності у поїзній та вантажній роботі і для дотримання графіка руху поїздів. Ключовим завданням оперативного планування є визначення:

- кількості і часу відправлення поїздів із станцій та роздільних пунктах;
- розмірів руху та потреб в локомотивах і локомотивних бригадах для забезпечення встановлених розмірів руху;
- обсягів навантаження та вивантаження, враховуючи види вантажів та типи рухомого складу;
- показників використання рухомого складу.

Для складання оперативного планування використовуються наступні вихідні дані:

- графік руху і план формування поїздів;
- технічні норми на вантажні операції та технологічні норми на обробку поїздів, вагонів і вантажних операцій;
- оперативна інформація про поїзну та вантажну роботу;
- заявки цехів на подачу вантажів під технологічні операції.

Для забезпечення ефективного оперативного планування на всіх рівнях управління перевізним процесом важлива постійна, попередня та точна інформація. Точна інформація, що надходить у центр управління перевезеннями, використовується для складання плану переміщення, формування і відправлення поїздів, а також для обліку напрацьованих мотогодин для своєчасного проведення планових технічних оглядів та ремонтів тепловозів.

Залізничні станції виконують ключову роль у організації перевезень вантажу, забезпечуючи координацію виробничого процесу з підприємствами та іншими службами залізничного транспорту.

Основними факторами контролю роботи локомотивів є час роботи; пробіг, що вимірюється у кілометрах; витрата дизельного палива; режим роботи двигуна; простой під час навантаження,

вивантаження, сортування, приймання та видача вантажів; оформлення перевізних документів, складання комерційної та оперативної звітності, а також облік вантажів у поїздах і усунення комерційних браків тощо.

Диспетчерський персонал станцій та центру управління перевезень відповідає за планування та контроль виконання змінного плану з забезпечення вантажних перевезень. Це включає раціональний розподіл роботи між маневровими районами, поєднання операцій розформування і формування поїздів, погодження роботи станції з іншими службами та вантажними фронтами, ефективне використання технічних засобів станції, оперативне перенаправлення тепловозів на екіпірувальні пункти для щозмінного огляду та технічного обслуговування. Екіпірувальні пункти та схема деповських колій забезпечують поточне і найбільш швидке виконання операцій з постачання локомотивів паливом, мастильними матеріалами та матеріалами для обтирання, водою, піском, маслом.

Технологічний процес екіпірування локомотивів складається з ряду операцій, для виконання яких застосовуються різні механізми і пристрої. Їх раціональне розташування забезпечує виконання на одній позиції всього комплексу екіпірувальних операцій.

Для забезпечення основного виробництва залізничними перевезеннями на ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ» використовують декілька стаціонарних екіпірувальних пунктів. Їх кількість і місце розташування визначаються робочим парком локомотивів і територіальним розташуванням цехів підприємства.

Залізничний транспорт підприємства, як транспортно-логістичний комплекс, є складною системою, що складається з взаємозалежних елементів у єдиному процесі керування вантажопотоками та супутніми потоками інформації та документів, де основним критерієм управління є відповідність нормам тривалості технологічних операцій. [24]

Управління транспортними послугами підприємства відноситься до складних технологічних процесів, які характеризуються

багатозадачністю, динамічністю вхідного виробництва і обмеженістю часу на прийняття рішень. У багатьох випадках оперативна обстановка по технічному стану та завантаженості окремо взятого локомотива на підприємстві відома тільки машиністу тепловоза, який безпосередньо не впливає на прийняття рішень у процесі перевезення. Диспетчерський персонал, який керує процесом перевезення, отримує неактуальну інформацію, із запізненням або не отримує її зовсім, як наслідок, координація дій служб, цехів і майстерень основного виробництва на низькому рівні. Оскільки результати оперативної роботи підсумовуються та передаються, в кращому випадку, двічі на добу, чого вкрай недостатньо для ефективної роботи транспорту. Аналіз ефективності використання локомотива на підприємстві проводиться фактично після здачі його у ремонт, коли вже допущені негативні відхилення в роботі його механізмів. Отже, основним завданням є оптимізація діяльності підприємства на основі застосування інформаційних технологій [25]. Тобто, ефективне керівництво процесами транспортного обслуговування підприємства неможливе без створення інформаційної системи управління, яка забезпечить оперативний онлайн-моніторинг місцезнаходження та стану рухомого складу.

Сучасні інформаційні системи GPS навігації локомотива забезпечують контроль основних характеристик роботи локомотивів і їх окремих систем. А саме:

Місця розташування і переміщення локомотивів:

- Розташування локомотива на карті;
- Контроль зупинок і точний час, проведений на них;
- Контроль маршруту;
- Контроль швидкості та режимів руху.
- Аналіз якості управління локомотивом і своєчасна робота з машиністом.

Контроль палива:

- Витрати палива;

- Звіт по витраченому паливу;
- Відстеження зливів або недоливів палива;
- Контроль заправок;
- Поточний рівень палива в баку.

Можливості GPS контролю роботи двигуна:

- Облік мотогодин;
- Контроль оборотів;
- Контроль температури двигуна.
- Контроль тиску масла.

Інформаційно-диспетчерська система (IDS) є потужним інструментом автоматизації транспортних процесів. IDS за бажанням оператора дозволяє відображати різні форми звітності по роботі з локомотивами. Дана система збирає, зберігає і обробляє величезну кількість інформації, необхідної для прийняття оперативних рішень. Якісне та ефективне надання послуг без удосконалення відповідних автоматичних систем неможливе. Тому для підвищення якості прийнятих управлінських рішень, за рахунок раціонального використання внутрішніх ресурсів, пропонується удосконалити структуру та розробити комплекс додаткових завдань інформаційно-керуючої системи перевізного процесу.

Для виконання аналізу отриманих від систем GPS-навігації даних доцільно використання сучасних інструментів та методів управління процесами транспортного обслуговування підприємства. У цій роботі запропоновано побудувати модель бізнес-процесу «AS IS» - «ЯК Є» технологічних операцій з тепловозами в системі транспортного обслуговування підприємства з потенційних ускладнень у забезпеченні безперервного вантажообігу на підприємстві. Опрацювати пропозиції щодо ефективності використання маневрових тепловозів та збільшення загального міжремонтного пробігу. Побудувати запропоновану модель бізнес-процесу «TO BE» - «ЯК БУДЕ». Буде розроблено норми часу основних технологічних операцій з

локомотивами, виконання операцій на вантажних фронтах та запропоновано впровадження систему дашбордів, як засобу забезпечення персоналу необхідною інформацією, управління даними та прийняття обґрунтованих рішень щодо транспортного процесу [26].

Висновки за розділом 1

Оптимізація залізничних транспортних операцій на металургійних підприємствах зберігає свою актуальність через постійні зміни в технологічних і логістичних процесах. Логістичний підхід, що передбачає розмежування функцій цехів та тісну інтеграцію виробництва й транспорту в єдину систему, є визначальним чинником підвищення ефективності. Сучасні ринкові умови ускладнюють взаємодію між учасниками логістичного ланцюга, що робить критично важливим питання правильного оформлення документів. У цих обставинах особливої уваги набуває впровадження автоматизованих та інформаційно-керуючих систем, побудованих на логістичних принципах. Розвиток і модернізація залізничного транспорту для металургійних підприємств стали можливими завдяки вдосконаленню виробничих процесів, орієнтації на науково-технічний прогрес та реагуванню на ринкові вимоги. Управління в умовах інформаційної невизначеності вимагає гнучких рішень, здатних мінімізувати час простоїв тепловозів, які часто очікують на початок технологічної операції або перевезення вантажу на наступний етап виробництва. Вибір оптимальних параметрів такого процесу ґрунтується на регресійних моделях, але низькі коефіцієнти кореляції сигналізують про значну варіативність даних і вплив неврахованих чинників. Для підвищення ефективності дедалі ширше застосовуються системи моніторингу, GPS-датчики, інформаційно-диспетчерські платформи та аналіз отриманих даних у реальному часі. Завдяки їх використанню досягається оперативний контроль руху та раціональне управління транспортними потоками, що позитивно впливає на прийняття управлінських рішень.

Отримання даних від цеху ремонту УЗТ, а також інформації, здобутої за допомогою наявних систем GPS-моніторингу, створює передумови для оцінки впливу різноманітних факторів інфраструктури залізничного транспорту. Йдеться про кількість тепловозів в експлуатації, дотримання стандартів щодо режимів роботи локомотивів, наявність резервної техніки на екіпірувальних пунктах, обсяг несправних локомотивів, що перебувають у ремонті, та час простою, не передбачений технологічним циклом виробництва. Зіставлення цієї статистики дає змогу сформулювати конкретні пропозиції з удосконалення процесу перевезень. Крім того, доцільно детальніше проаналізувати критерії оцінювання бізнес-процесів і фактори, які впливають на тривалість простою локомотивів, а також підготувати бізнес-вимоги МІД для розробки дашбордів. Важливим етапом є складання календарного плану реалізації проєкту, що охоплює розробку та тестування дашбордів, навчання персоналу, який їх використовуватиме, підготовку вхідних даних, а також визначення стейкхолдерів і побудову RACI матриці. Завершальний крок полягає в аналізі можливих ризиків і обмежень проєкту та обчисленні економічної доцільності запропонованих рішень, щоб підтвердити їхню результативність у практичній діяльності підприємства.

2 ОСОБЛИВОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ GPS-НАВІГАЦІЇ ТА ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСІВ ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ПІДПРИЄМСТВА

2.1 Модель бізнес-процесу «AS IS» - «ЯК Є» технологічних операцій з локомотивами в системі транспортного обслуговування технологічних процесів підприємства

Аналіз діючого на підприємстві бізнес-процесу технологічних операцій з локомотивами дозволяє констатувати наступне:

1. Перед початком роботи кожен локомотив має пройти технічний огляд поїзною бригадою, екіпірування паливно-мастильними та витратними матеріалами. Співробітники бригади мають пересвідчитися в справності механізмів та безпеці їхнього використання.

2. Після підтвердження безпеки користування локомотивом, бригада отримує робочі завдання. Для прийому вантажів при підході до станцій призначення, диспетчери в електронній базі готують транспортні документи для прийому, огляду та передачі вантажу на завод - імпорт з електронної системи АС Клієнт рахунків УЗ, оформлених і переданих відправником на станції відправлення. Повідомлення черговим зі станції (працівника УЗ) про прибуття локомотива за вантажем для одержувача (ПРАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ») та закріплення состава, приймальники підприємства спільно з представниками станції від УЗ виконують візуальний огляд та перевірку вантажів тощо. Також програма розподіляє технологічні операції на території підприємства без виїзду на колії УЗ.

3. Поїзні локомотиви експлуатованого парку в обліку розподіляються за елементами виробничого циклу: робота на ділянці, простої на станціях зміни локомотивних бригад, простої на станціях приписки та станціях обороту. До локомотивів, зайнятих у роботі на ділянці, відносять локомотиви, що перебувають у русі на перегонах,

що простоюють на проміжних станціях ділянки на чолі поїзда, у подвійній тязі, одиночному слідуванні, що працюють за системою багатьох одиниць, у підштовхуванні. У простої на станціях приписки та станціях обороту враховуються локомотиви, які простоюють чи виконують маневрову роботу, як у станційних так і на деповських шляхах. За вихідними даними диспетчера начальник дільниці приписки локомотива розподіляє локомотиви вантажного руху за елементами виробничого циклу.

4. Для забезпечення ефективного використання рухомого складу підприємства необхідно дотримуватись:

- забезпечення змінного плану експлуатаційної роботи локомотивами і локомотивними бригадами;
- забезпечення разом із поїзними диспетчерами виконання встановлених завдань по середньодобовій продуктивності локомотива, середній вазі поїзда, середньодобовому пробігу локомотива і графітових норм показників використання локомотивного парку;
- забезпечення виконання встановлених нормативів тривалості безупинної роботи і відпочинку локомотивних бригад;
- забезпечення локомотивним парком сортувальних і дільничних станцій, видача локомотивів і локомотивних бригад у відповідності зі змінним планом роботи;
- при неможливості швидкого усунення причин затримки поїздів, забезпечення підміни локомотивних бригад;
- забезпечення повернення локомотивів у депо приписки у встановлений планом час для проведення ремонту і технічного обслуговування,
- завчасне інформування чергових по депо і пунктах зміни бригад про всі зміни в добовому (змінному) плані і поїзній обстановці для своєчасного корегування часу явки бригад на роботу, а також про необхідність виділення провідників із бригадами інших залізниць і регіонів;

- ведення графіку роботи поїзних локомотивів депо, що знаходяться на дільниці обслуговування по 3-х годинному періоду;
- контроль просування цистерн з дизельним паливом і маслом по Південній залізниці.

5. Диспетчер з вантажних перевезень в процесі чергування збирає заявки на навантаження номенклатурних вантажів на наступну добу по території підприємства та залізниці в цілому, приймає звіт від станцій підприємства та веде облік забезпечення та виконання плану навантаження основних номенклатурних вантажів, веде облік підготування та забезпечення станцій залізниці порожнім рухомим складом під навантаження, регулює подачу вагонів під навантаження та вивантаження. Щодобово готує довідку про вантажну роботу залізничних бригад, розраховує передачу та розвіз місцевого вантажу на наступну добу (на 7⁰⁰, 19⁰⁰) та визначає їх фактичні розміри на 7⁰⁰, 19⁰⁰, приймає звіт на 7⁰⁰ та 19⁰⁰ про облік виконаних завдань по станціям підприємства, веде облік відбору вагонів по станціям, які надходять для навантаження залізничної сировини, щодобово готує звіт про вантажну роботу керівництву служби, взаємодіє з диспетчерським апаратом.

6. Служба експлуатації тягового рухомого складу координує питання щодо розробки, коригуванню та аналізу виконання плану формування вантажних поїздів, розрахунку та коригуванню технічних норм експлуатаційної роботи дирекцій і залізниці та аналізу виконання показників експлуатаційної роботи, виконання планів, програм, рішень, заходів по господарству перевезень, розробки та контролю виконання організаційно-технічних заходів з покращення роботи господарства перевезень, вирішення та координації питань, пов'язаних з будівництвом і реконструкцією, впровадженням нової техніки, автоматизованих систем управління та нових технологій.

Кожна з представлених на рис.2.1, рис. 2.2 операцій вимагає детальної інформації з рухомого складу, які безпосередньо впливають на відхилення від нормативних показників в процесі роботи.

Управління транспортними послугами підприємства - це складний технологічний процес, який характеризується багатозадачністю, динамічністю вхідного виробництва і обмеженістю часу на прийняття рішень.

У багатьох випадках оперативна обстановка по забезпеченню виробництва маневровими локомотивами на підприємстві відома тільки начальнику дільниці приписки локомотива, який безпосередньо не впливає на прийняття рішень у процесі перевезення.

Диспетчерський персонал, який керує процесом перевезення, отримує неактуальну інформацію, із запізненням або не отримує її зовсім, як наслідок, координація дій служб, цехів і майстерень основного виробництва на низькому рівні. Оскільки результати оперативної роботи підсумовуються та передаються, в кращому випадку, двічі на добу, чого недостатньо для ефективної роботи транспорту.

Аналіз вантажообігу проводиться фактично після здачі зміни між поїзними бригадами, коли вже допущені негативні відхилення в перерахунку на нормативний час обороту тепловозів, допущене нераціональне використання локомотивів ті їхні простої, а виправити ситуацію неможливо.

2.2 Модель бізнес-процесу «ТО ВЕ» - «ЯК БУДЕ» технологічних операцій з локомотивами в системі транспортного обслуговування підприємства

Система GPS-навігації є потужним інструментом збору та аналізу транспортних процесів з моменту передавання локомотива на станцію приписки підприємства до здачі на планове технічне обслуговування чи поточний ремонт та прийняття оперативних

управлінських рішень. GPS-навігація за бажанням оператора дозволяє відображати різні форми звітності по роботі з локомотивами. Ефективне керівництво процесами транспортного обслуговування підприємства неможливе без інтерпретації як саме працює система. Для реалізації проекту пропонується розробити норми часу основних технологічних операцій з локомотивами, табл.2.1, та порівнювати ці значення з фактичними, що в онлайн режимі дозволить керувати процесом транспортного перевезення більш ефективно. Крім того повинно закріпити обов'язки персоналу з введення інформації та прийняття керуючих рішень, щодо оперативної логістики з локомотивами власного парку.

Таблиця 2.1- Норми часу основних технологічних операцій з локомотивами

№	Технологічні операції з локомотивами	Норма, год
1	Приймання зміни поїзною бригадою	0,5
2	Щозмінний технічний огляд та екіпірування локомотива	1
3	Очікування відправлення на розвантажувальну станцію	0,5
4	Транспортування до станції призначення	0,5
4	Очікування виконання вантажних операцій із вагонами на станціях	0,5
5	Маневрові роботи із складання поїздів	2,5
6	Транспортування вантажів до станції призначення	1
7	Транспортування до місця виконання технологічних операцій	0,5
8	Виконання технологічних операцій	3,5
9	Транспортування до місця здавання зміни	0,5
10	Здавання зміни поїзною бригадою	0,5
Разом		11,5

Слід зазначити, що користувачі стикаються з необхідністю перегляду та аналізу даних зручним і зрозумілим способом. Ось тут і виникає необхідність в створенні інтерактивних дашбордів для

підвищення ефективності системи транспортного обслуговування підприємства у цілому, рис.2.3.

Розв'язання проблемної ситуації передбачає, насамперед, зібрання необхідних даних. Загальна кількість інформації та повідомлень, які висвітлюють дану ситуацію, формує інформаційну модель цієї проблемної ситуації. На основі аналізу цієї інформаційної моделі в уяві керівника складається концептуальна модель – його власне уявлення про цю проблему. Існують два типи проблем. Проблеми стабілізації передбачають прийняття рішень, спрямованих на виправлення недоліків, які заважають нормальному функціонуванню системи. Вирішення проблеми стабілізації включає заходи, які не впливають на основні характеристики системи. Проблеми розвитку та удосконалення потребують рішень, спрямованих на покращення продуктивності функціонування системи шляхом зміни основних характеристик об'єкта управління або системи управління ним. Для вирішення таких проблем використовують комплекс заходів для переходу системи з поточного стану до удосконаленого. Аспекти вирішення проблем під час управлінських рішень можуть бути економічні, організаційні, соціальні та технологічні. Технологічний зміст виявляється в можливості забезпечення персоналу необхідними технічними, інформаційними засобами й ресурсами для розробки та реалізації рішень [27].

Саме дашборди дозволяють забезпечити персонал необхідною інформацією, поліпшити управління даними, приймати обґрунтовані рішення та оптимізувати процеси, табл. 2.3.

Таблиця 2.3 - Заплановані вдосконалення впровадження системи GPS-навігації

№ п/п	Поточна ситуація	Заплановані доопрацювання впровадження Дашборду
1	Простий локомотивів за звітний період аналізується при закритті звітного періоду (змiна /день / місяць)	Аналіз часу простою локомотивів буде проводитися в міру зайнятості у виробництві локомотивів протягом звітного дня.
2	Управління локомотивами, що стоять більш нормативного часу здійснюється в ручному режимі згідно даних про активність тепловоза	Локомотиви, що стоять більш нормативного часу будуть підсвічуватися на екрані інформацією про їх місцезнаходження та роботу в режимі онлайн
3	Технологічні операції – маневрові роботи аналізуються тільки в кінці місяця	Інформація про виконання нормативних показників по технологічним операціям буде зрозуміла і доступна не тільки співробітникам УЗТ, а й безпосередньо виробничим цехам в поточний момент часу
4	Відсутній аналіз роботи залізничних станцій (наявність вагонів, вантажообіг, маневрові роботи)	Вибравши будь-який локомотив на екрані, можна буде оцінити його роботу за якісними і кількісними показниками онлайн, в т. ч. за звітні періоди.

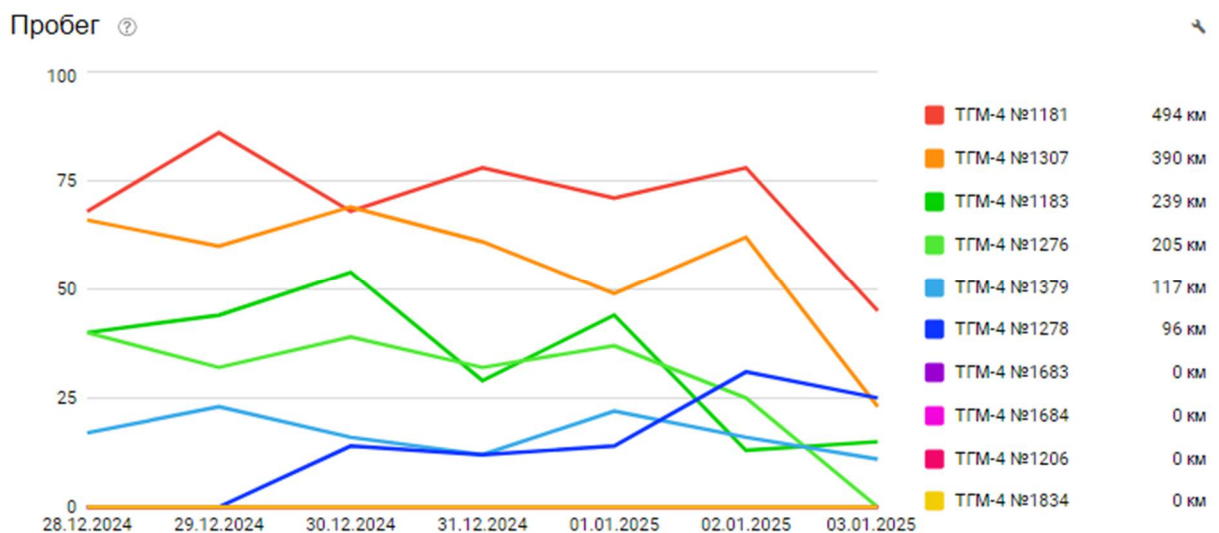
Ця оперативна інформація потрібна не тільки диспетчерській службі УЗТ, а й керівникам управління залізничного транспорту, а також безпосереднім керівникам залізничних станцій. По мірі внесення та оновлення інформації про локомотиви власного парку, система буде порівнювати заплановані показники з реальними, виділяти «вузькі місця» і відправляти електронні листи учасникам процесу для прийняття оперативних управлінських рішень.

2.3 Збір та нормалізація даних

Для якісного аналізу потрібно враховувати 3 етапи; чітко сформовані цілі (встановлені у попередньому пункті), зібрати відповідні данні та виконати оброблення та очищення даних. Видалити дублікати, замінити або видалити відсутні значення, виправити помилки. Це допоможе уникнути помилки в аналізі. Данні стосовно часу простою локомотивів по роздільним пунктам та під'їзним коліям, вагоно обороту та виконання технологічних завдань збирає та аналізує служба УЗТ. Данні по кількості тепловози на роздільних пунктах, що потребують дрібного ремонту (ДР) - цех експлуатації УЗТ. З огляду на конфіденційність інформації зібрані данні були скориговані. Приклад скорегованих данних наведений у додатку 1.

Враховуючи розбіжності між простоями і пробігом у різних локомотивах на різних виробничих ділянках скорегували на середне значення – розділили данні по кожному локомотиву на середне значення. Приклад наведений у табл. 2.4.1 та 2.4.2

Таблиця 2.4.1 - Масштабовані данні з пробігу локомотивів



Таблиця 2.4.1 - Масштабовані данні з простої локомотивів



2.4 Статистичний аналіз чинників, які впливають на час перебування локомотивів на виробничих дільницях

Дисперсійний аналіз дозволяє визначити, чи існують статистично значущі різниці в тривалості простою локомотивів між різними технологічними операціями. Він допомагає ідентифікувати фактори, які можуть впливати на цю тривалість, такі як розташування станції, обсяг руху, структура вантажів, режим роботи локомотива тощо. Також дисперсійний аналіз дозволяє визначити, чи існують великі коливання тривалості простою локомотивів в межах однієї операції. Це може свідчити про організаційні проблеми, які потребують уваги та оперативного корегування. Результати дисперсійного аналізу можуть служити основою для управлінських рішень щодо раціоналізації технологічних процесів, покращення логістики та зменшення тривалості простою локомотивів.

Одно факторний дисперсійний аналіз виконаємо за допомогою програмного продукту Microsoft Excel. Результати одно факторного дисперсійного аналізу часу простою локомотивів надані у табл.2.5, та рис.2.5

Таблиця 2.5 - Однофакторний дисперсійний аналіз часу простою локомотивів

Тепловоз	Пробіг за тиждень, км	Технологічні зупинки за тиждень, год	Простої, год	Перевезений вантаж, т
ТГМ4 №1181	523	96,5	23	218,3
ТГМ4 №1307	388	92	19	161
ТГМ4 №1183	220	124	11,5	91,7
ТГМ4 №1276	134	138,5	8	56
ТГМ4 №1379	126	132	2	52,5
ТГМ4 №1278	198	115	12	82,6
ТЕМ18 №320	509	78	19	212
ТЕМ7А №0318	278	107	11	115,8
ТГМ6Д №0367	146	138	6	60,9
ТГМ6А №1712	477	59	7	199
ТЕМ2УМ №912	551	84	17	229,7
Загальне значення	3550	1164	135,5	1479,5
Середнє значення	322,73	105,82	12,32	134,5

Дисперсійний аналіз

Джерело дисперсії	Число ступенів вільності	Сума квадратів	Середній квадрат	Математичне сподівання середнього квадрату
Рівні фактору	3	41,85	13,95	219,71
Залишок	10	523,06	52,31	38,36
Загальна сума	29	564,91	19,48	

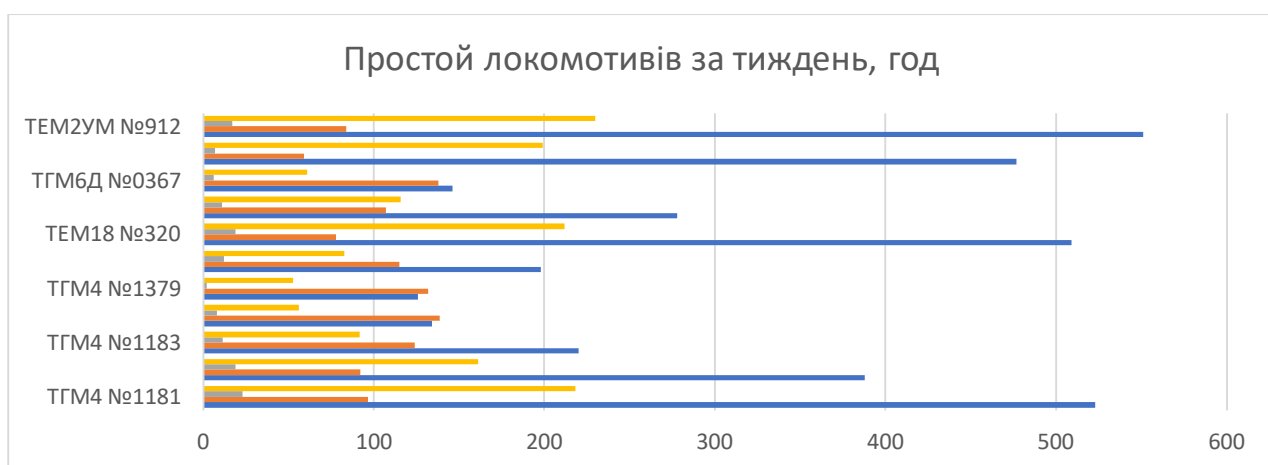


Рисунок 2.5 - Простої локомотивів між технологічними операціями, год

SS(Sum of Squares)- 523,06 всередині груп показує, як різняться значення всередині кожної групи, а SS - 41,85 між групами - як різняться середні значення між групами. Р-значення "Між групами" маленьке (13,95), що свідчить про статистично значущі відмінності між групами. F-статистика дорівнює 564,91, що більше за критичне значення F (13,95). Отже, на основі результатів дисперсійного аналізу можна висунути гіпотезу про те, що існують статистично значущі відмінності між групами. Слід відхилити нульову гіпотезу і прийняти альтернативну гіпотезу, яка стверджує, що середні значення між групами відрізняються.

Дані для розрахунків надані Охоронним Холдингом, та складають комерційну таємницю ПРАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ».

Результати однофакторного дисперсійного аналізу часу не передбачених технологією простоїв локомотивів надані у табл.2.6, та рис.2.6

Таблиця 2.6 - Однофакторний дисперсійний аналіз часу не передбачених технологією простоїв локомотивів

Висновки

Груповий	Рахунок	Сума	Середнє	Дисперсія
ТГМ4 №1181	11	860,8	78,2545455	20,56869773
ТГМ4 №1307	11	660	60	15,77060932
ТГМ4 №1183	11	447,2	40,6545455	10,68578256
ТГМ4 №1276	11	336,5	30,5909091	8,040621266
ТГМ4 №1379	11	312,5	28,4090909	7,467144564
ТГМ4 №1278	11	407,6	37,0545455	9,739545998
ТЕМ18 №320	11	818	74,3636364	19,54599761
ТЕМ7А №0318	11	511,8	46,5272727	12,22939068
ТГМ6Д №0367	11	350,9	31,9	8,384707288
ТГМ6А №1712	11	742	67,4545455	17,72998805
ТЕМ2УМ №912	11	881,7	80,1545455	21,06810036
Загальне значення	121	6329	575,363636	151,2305854
Середнє значення	11	575,36	52,31	13,75

Дисперсійний аналіз

Джерело дисперсії	Число ступенів вільності	Сума квадратів	Середній квадрат	Математичне сподівання середнього квадрату
Рівні фактору	3	47,45	15,82	209,61
Залишок	30	593,11	19,77	3,95
Загальна сума	43	640,56	14,9	

Час не передбачених технологією простоїв локомотивів,
год

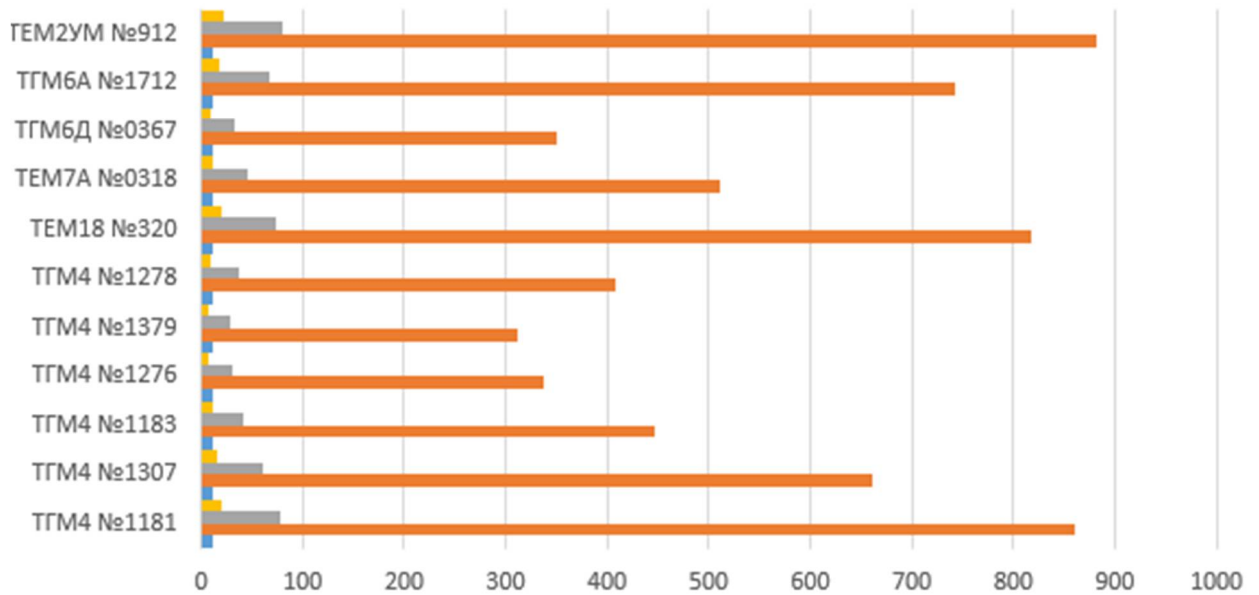


Рисунок 2.6 - Час не передбачених технологією простоїв локомотивів,
год

SS(Sum of Squares)- 593,11 всередині груп показує, як різняться значення всередині кожної групи, а SS -19,77 між групами - як різняться середні значення між групами. Р-значення "Між групами" дуже маленьке (0), що свідчить про статистично значущі відмінності між групами. F-статистика дорівнює 640,56, що більше за критичне значення F (209,61). Отже, на основі результатів дисперсійного аналізу можна висунути гіпотезу про те, що існують статистично значущі відмінності між групами. Слід відхилити нульову гіпотезу і прийняти альтернативну гіпотезу, яка стверджує, що середні значення між групами відрізняються.

Необхідно зазначити той факт, що час простою локомотивів на кожній технологічній операції різниться, що свідчить про різні обсяги

робіт на кожній станції закріплення локомотивів. При цьому кількість локомотивів у межах одної станції закріплення – приблизно стала величина, що свідчить про ефективне управління логістикою. На станціях закріплення та дільницях роботи локомотивів діють ефективні логістичні системи, які дозволяють підтримувати сталі обсяги перевезень і забезпечити рівномірний вантажообіг.

Дані для розрахунків надані Охоронним Холдингом, та складають комерційну таємницю ПРАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ».

Кореляційний аналіз ступеню взаємозв'язку вантажообігу від простою локомотивів

Кореляція між простоем тепловозів і вантажообігом по технологічним ділянкам може допомогти визначити, чи існує статистичний зв'язок між цими двома факторами. Кореляція вказує на те, наскільки змінна вантажопотоку пов'язана зі змінною тривалості простою локомотивів.

Кореляційний аналіз виконаємо за допомогою програмного продукту Microsoft Excel. Данні для розрахунку кореляції наведені у Додатку 1.

Результати кореляційного аналізу ступеню взаємозв'язку простоем тепловозів і вантажообігом по технологічним ділянкам по тепловозу ТГМ4 № 1181 надані в табл.2.7, рис.2.7

Позитивне значення кореляції (0,396) вказує на те, що існує слабкий позитивний взаємозв'язок між простоем тепловозів і кількістю виконаних технологічних операцій на технологічних ділянках для тепловоза ТГМ4 № 1181.

Таблиця 2.7 - Кореляційний аналіз ступеню взаємозв'язку простоїв тепловозів і кількістю виконаних технологічних операцій на ділянках по тепловозу ТГМ4 № 1181

	<i>1181, ваг</i>	<i>1181, год</i>
1181, ваг	1	
1181, год	0,39625	1

Іншими словами, зі збільшенням кількості вагонів спостерігається певне збільшення часу простою тепловоза при підготовці потяга, маневрових роботах на станціях та перегонах. Зі збільшенням вхідного вагонопотоку збільшується час очікування тепловоза до наступної технологічної операції.



Рисунок 2.7- Крпкова діаграма залежності простоїв тепловоза і кількості виконаних технологічних операцій по ділянкам для тепловоза ТГМ4 № 1181

Таблиця 2.8 - Кореляційний аналіз залежності простоїв тепловоза і вантажообігу по технологічним ділянкам для тепловоза ТГМ4 № 1181

	<i>Вагонів загалом</i>	<i>Загальний простой ,ч</i>
Вагонів загалом	1	
Загальний простой ,ч	0,71322	1

Значення кореляції відрізняється від нуля (0,713), що свідчить про наявність лінійного взаємозв'язку між кількістю не технологічних простоїв та інтенсивністю загального вантажообігу. Відсутність взаємозв'язку між вантажопотоком та часом знаходження локомотивів на простой свідчить що вантажопотік і час знаходження локомотивів на станціях приписки можуть бути незалежними один від одного.

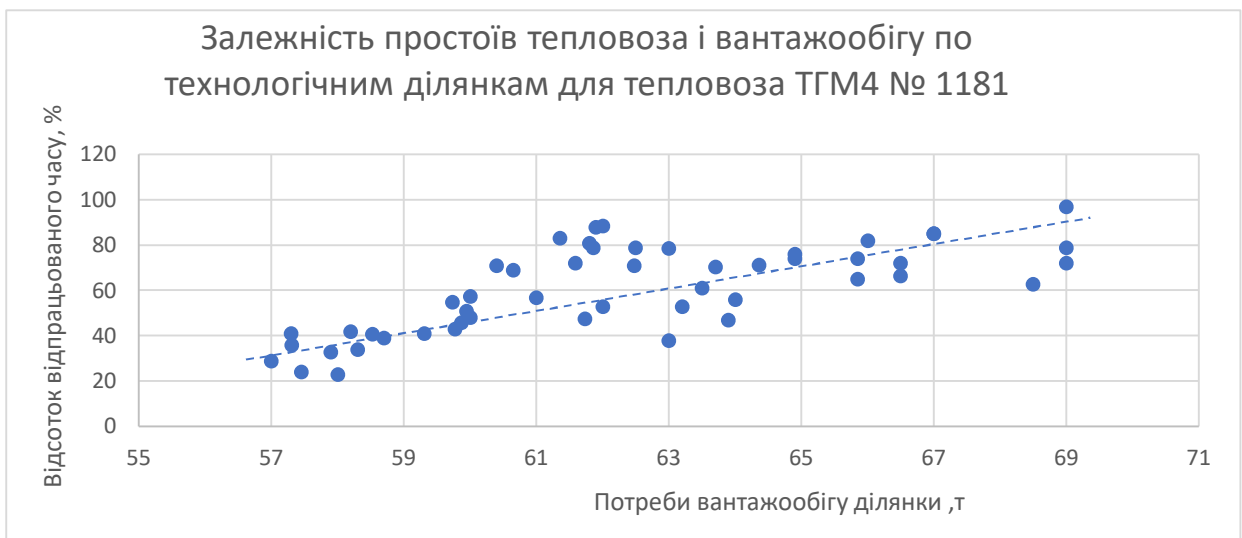


Рисунок 2.8 - Крпкова діаграма залежності простоїв тепловоза і обсягу перевезення вантажів з урахуванням потужності тепловозів серії ТГМ4

Це означає, що зміни в кількості тепловозів, які надходять на технологічну ділянку, не впливають на те, як швидко або довго триває технологічна операція. При таких розмірах надходження вантажів на час знаходження тепловозів на технологічних ділянках впливають інші чинники: ефективність виконання маневрових робіт, застосування машиністом тепловоза відповідних режимів роботи, швидкість руху тепловозі, кількість і тривалість не технологічних зупинок, час перебування тепловоза на екіпірувальних пунктах та інше.

Слід зазначити, що цей зв'язок для різних моделей тепловозів відрізняється. Зведемо данні в таблицю 2.9

Таблиця 2.9 – Коефіцієнт корисного використання часу на перевезення партії вантажу від вантажопідйомності тепловозів різних серій

Номер	Назва серії тепловоза	Значення коефіцієнтів регресивної моделі (час перевезення партії вантажу від вантажопідйомності тепловозів різних серій)
1	ТЄМ2	0,980036
2	ТЄМ18	0,884086
3	ТЄМ7	0,647482
4	ТГМ4	0,453115
5	ТГМ6	0,433387

На основі отриманих від систем GPS-навігації даних можна дістати наступних висновків:

1. В цілому вантажопотік таких розмірах залежить таких чинники роботи тепловозів: ефективність виконання маневрових робіт, застосування машиністом тепловоза відповідних режимів роботи, швидкість руху тепловозі, кількість і тривалість не технологічних зупинок, час перебування тепловоза на екіпірувальних пунктах та інше.

2. Треба звернути увагу на станцію Південна, за якою нема закріпленого тепловозу. На цій станції швидкість вантажообігу суттєво нижча за подібні данні інших станцій.

3. Значний коефіцієнт кореляції по тепловозам серій ТЕМ2 та ТЕМ18. Тобто вони здатні переміщувати більшу кількість вантажу за одну технологічну операцію. Їх використання доцільне у випадках забезпечення виробництва сировиною та відвантаження готової продукції. Тепловози серії ТГМ4 та ТГМ6 мають меншу потужність та, в

той же час, більший кут повороту. Це означає, що вони ефективніші при виконанні технологічних перевезень всередині підприємства та міжцехової логістики.

4. Значення коефіцієнта кореляції для тепловозів серії ТЕМ7 розкриває їхню універсальність для виробництва. Хоча значення кута повороту для цієї серії тепловозів не дозволяє повністю замінити тепловози серій ТГМ4 та ТГМ6, та все ж дає більшу прохідну спроможність у поєднанні із більшою потужністю у порівнянні із ТГМ .

Кореляція часу на перевезення партії вантажу від вантажопідйомності тепловозів різних серій може допомогти визначити, чи існує статистичний зв'язок між цими двома факторами. Кореляція вказує на те, наскільки характеристики роботи локомотивів пов'язані із змінною тривалості не технологічних простоїв.

Кореляційний аналіз виконаємо за допомогою програмного продукту Microsoft Excel. Дані для розрахунку кореляції наведені у Додатку 1.

Результати кореляційного аналізу перевезення партії вантажу від вантажопідйомності тепловозів різних серій надані в табл.2.10, рис.2.9

Дані для розрахунків надані Охоронним Холдингом, та складають комерційну таємницю ПРАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ».

Таблиця 2.10 - Кореляційний аналіз перевезення партії вантажу від вантажопідйомності тепловозів різних серій

	<i>ТЕМ2, од</i>	<i>ТЕМ2</i>
<i>ТЕМ2, од</i>	1	
<i>ТЕМ2</i>	-0,71322	1

Коефіцієнт кореляції від'ємний і дорівнює -0,71, це означає, що із використанням тепловозів більш потужних серій зменшуються не

технологічні простой при забезпеченні виробництва та відвантаженні готової сировини.

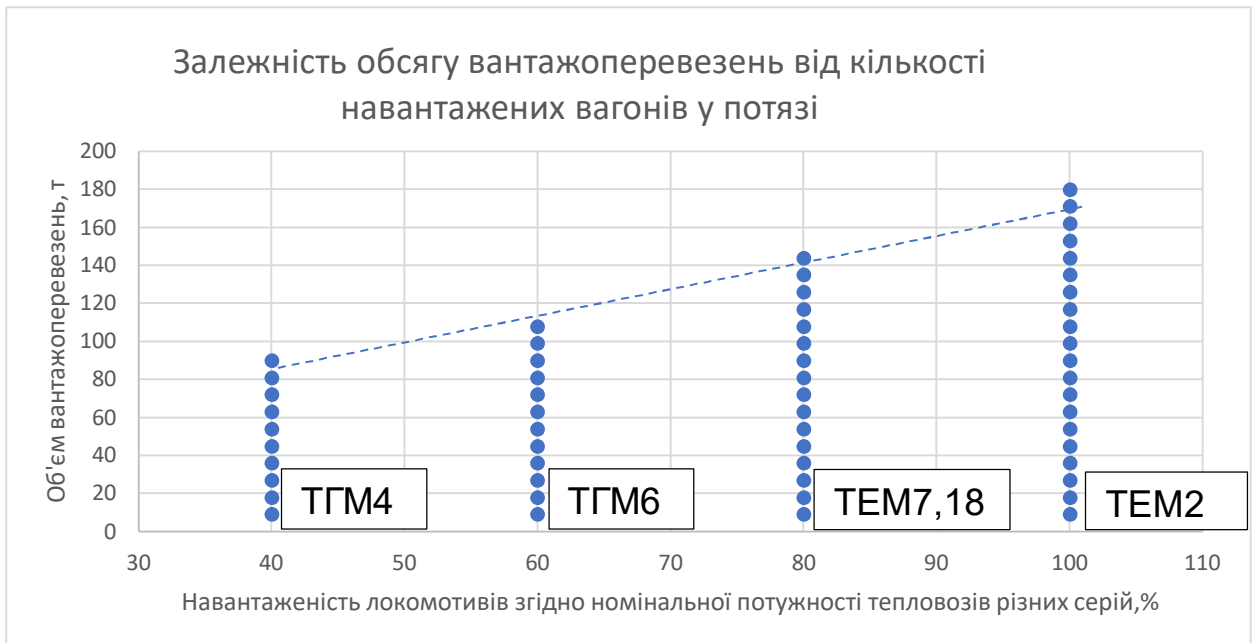


Рисунок 2.9 - Крпковий графік залежності обсягу вантажообігу від кількості навантажених вагонів в потязі (потужності локомотивів).

Побудуємо множину регресію потенційних збитків за неякісне логістичне керування тепловозами в наслідок якого виникає не передбачений технологією виробництва простой локомотивів на станціях закріплення.

Результати регресійного аналізу надані на рис.2.10

Регресивна статистика	
Множинний R	0,492253748
R-квадрат	0,242313753
Номінальний R-квадрат	0,151446095
Стандартна похибка	181,9284831
Спостереження	158

Регресійний аналіз виконаємо за допомогою програмного продукту Microsoft Excel. Данні для розрахунку регресії наведені у Додатку 1.

Дисперсійний аналіз					
Регресія	11	16965000	1542272,727	7,00000	0,090909091
Залишок	66	14541428,57	220324,6753		
Всього	77	220324,6753			

	Коефіцієнти	Стандартна похибка	t-статистика	P-значення	Нижні 95%	Верхні 95%
Y-перетин	3350	507,3444197	6,603009454	76,83533141	6,272858981	6,93315993
ТЄМ2	0,980036298	0,148422671	0,599184161	0,247707934	0,569224953	0,62914337
ТЄМ18	0,884086444	0,13389144	1,297251366	0,103211639	1,232388798	1,36211393
ТЄМ7	0,647482014	0,098058623	2,375183257	0,041284656	2,256424094	2,49394242
ТГМ4	0,453115167	0,068622523	0,416593656	0,074638453	-0,39576397	-0,4374233
ТГМ6	0,433386838	0,065634744	0,264968277	0,107353358	-0,25171986	-0,2782167

Рисунок 2.10 - Регресія потенційних збитків за неякісне логістичне керування тепловозами в наслідок якого виникає не передбачений технологією виробництва простої локомотивів на станціях закріплення

Множинний R дорівнює 0,492, що вказує на наявність слабого позитивного зв'язку між незалежними та залежними змінними. F-статистика в регресії має значення 7 з великою ступенем значимості (p-value = 0,0324). Це свідчить про те, що регресійна модель статистично значуща. Коефіцієнти регресії для різних незалежних змінних (наприклад, технічні характеристики серій тепловозів, тощо) мають свої значення та статистичну значущість. Модель регресії має статистичну значущість, існуючи певний вплив незалежних змінних на залежну змінну. Однак R-квадрат вказує на те, що модель пояснює лише невелику частину варіації залежної змінної, що може свідчити про неповноту або несприйняття деяких факторів у моделі. Узагальнюючи, результати регресійного аналізу показують важливість моделі, але також вказують на те, що існують додаткові аспекти, які можуть впливати на залежну змінну та варто розглядати їх у подальшому дослідженні.

Дані для розрахунків надані Охоронним Холдингом, та складають комерційну таємницю ПРАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ».

2.5 Побудова системи критеріїв оцінювання бізнес-процесу та дослідження факторів, що впливають на тривалість простою локомотивів

На тривалість не технологічних простоїв локомотивів у транспортній логістиці діють багато різноманітних чинників. Розглянемо основні.

1. Вантажопотік або кількість вагонів та швидкості маневрових робіт при складанні потягів які. Обсяг та склад вантажів, які перевозяться вагонами та формуються на вхідних вантажних станціях, може впливати на тривалість простою. Велика кількість вантажів або їх різноманітність може призводити до довших періодів обробки і припинення руху вантажів.

2. Стан та ефективність залізничної інфраструктури грають важливу роль. Ворожі маршрути, збільшення вагонів на під'їзному шляху, ремонти, обмежені потоки та інші інфраструктурні обмеження можуть збільшувати час очікування дозволу на виїзд локомотива з території ПРАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ» на вантажну станцію.

3. Позапланові ремонти, спричинені некоректним вибором режиму роботи локомотива машиністом (систематичне перевищення швидкості, режим гальмування, занижкий рівень мастила в вузлах та агрегатах тепловоза, перегрів двигуна та ін.) та час очікування ремонту в депо.

4. Погодні умови, такі як снігопади, ожеледиця, хуртовини, сильні опади, можуть призводити до тимчасових обмежень у русі поїздів та составів і збільшувати час простою локомотивів.

5. Технічний стан і технічна готовність локомотивів грають важливу роль. Відсутність зауважень щодо технічного стану локомотивів та регулярне технічне обслуговування і виконання планових ремонтів може зменшити ризик простою.

6. Тип власності локомотивів (приватні або державні) та модель управління можуть впливати на тривалість простою.

7. Кількість тепловозів в роботі. Чим більше тепловозів в роботі тим швидше виконуються операції вантажообігу між технологічними ділянками підприємства, що скорочує між операційні простої виробництва в цілому. Але при цьому зростають операційні витрати утримання тепловозного парку. Тож простої локомотивів в цьому випадку повинно розглядати як баланс ефективності між економією коштів від скорочення простою виробництва та додатковими витратами коштів від утримання тепловозів у безперервному стані готовності. Тип вантажу: наявність особливих вимог або обмежень для перевезення конкретного типу вантажу може впливати на час підготовки до транспортування та тривалість простою.

8. Технічні інновації. Впровадження нових технологій та інновацій у транспортний процес може позитивно впливати на ефективність та зменшення часу простою.

9. Планування маршрутів. Ефективне планування маршрутів та відповідно до потреб технологічних операцій управління ними може знижувати час не технологічних простоїв тепловозів.

10. Тарифи та регулювання. Зміни в тарифах та регулюванні можуть впливати на обсяги перевезень та, відповідно, на тривалість простою.

11. Технічні проблеми. Несправності або аварії колії, які виникають під час перевезення, можуть призводити до примусового простою та впливати на загальний час доставки.

12. Економічні чинники. Зміни в економіці, такі як зростання або зниження попиту на перевезення вантажів, можуть впливати на тривалість сортування вагонів на станціях, і, як наслідок, простою локомотивів.

Загальний успіх у управлінні тривалістю простою вагонів полягає у комплексному підході, який враховує всі ці чинники та використовує сучасні технології та інновації для оптимізації логістичних процесів.

Висновки за розділом 2

За допомогою класичних аналітичних методів проаналізували дані про вантажообіг на підприємстві і технологічних ділянках та визначили фактори, що впливають на тривалість нетехнологічних простоїв.

При проведенні аналізу існуючої моделі технологічних операцій з участю локомотивів «AS IS» - «ЯК Є» при переході локомотивів від ділянки до ділянки, що через брак оперативної та достовірної інформації тепловози простоюють в очікуванні маневрових робіт при складанні поїздів, відсутності підготовки вантажних пристроїв та прийняття управлінських рішень. Запропоновано вдосконалити існуючу модель бізнес- процесу щодо скорочення меж операційних простоїв за рахунок:

- нормування часу знаходження тепловозів на технологічних об'єктах та роздільних пунктах;
- оперативного та наочного онлайн-моніторингу за допомогою систем GPS-навігації над виконанням нормативів знаходження тепловозів задіяними і технологічних операціях, на станціях та вантажних фронтах;
- використання сучасних засобів управлінського звіту- інтерактивних дашбордів, що забезпечує можливість фільтрації даних за різними

параметрами для глибшого аналізу та забезпечує умови підвищення ефективності процесів транспортного обслуговування підприємства;

- розділення відповідальності відповідальних за транспорт и начальників цехів за дотримання встановлених норм часу виконання технологічних операцій локомотивами;
- встановлення додаткових точок контролю над виконання нормативів з простою локомотивів на роздільних пунктах та вантажних фронтах;
- використання розсилки на електронну пошту та смартфони звітів в POWER BI з інформацією про відхилення від нормативу.

Яка ефективність від впровадження інтерактивних дашбордів, складених на підставі даних систем GPS-навігації тепловозів:

- аналіз часу не технологічного простою локомотивів буде проводитися в протязом звітного дня;
- тепловози, що стоять більш нормативного часу будуть підсвічуватися на екрані з інформацією про їх місцезнаходження та роботу в режимі онлайн;
- інформація про виконання нормативних показників по вантажних операціях буде зрозуміла і доступна не тільки співробітникам УЗТ, а й безпосередньо виробничим цехам в поточний момент часу;
- вибравши будь-який локомотив на екрані, можна буде оцінити його роботу за якісними і кількісними показниками онлайн, в т. ч. за звітні періоди;
- буде зекономлено час та підвищена якість підготування управлінської звітності;
- за оцінками експертів, забезпечить зниження заощадити до 8,5 млн грн. на рік. за рахунок скорочення часу простою локомотивів та збільшення міжремонтних пробігів загальної мережі на 7% та 12% відповідно.

За матеріалами вантажної служби управління залізничного транспорту досліджені чинники, які впливають на час перебування локомотивів у не передбаченому технологією простої за допомогою статистичних методів. На основі результатів дисперсійного аналізу простою локомотивів на станціях комбінату та технологічних ділянках можна висунути гіпотезу про те, що існують статистично значущі відмінності часу перебування локомотивів на станціях комбінату. Необхідно зазначити той факт, що час корисної роботи та загального перебування локомотивів на кожному роздільному пункті різниться, що свідчить про різні обсяги робіт/операцій на кожному роздільному пункті. Коефіцієнт кореляції об'ємів перевезення партії вантажу від вантажопідйомності тепловозів різних серій від'ємний і дорівнює $-0,32$, це означає, що із використанням тепловозів більш потужних серій зменшуються не технологічні простої при забезпеченні виробництва та відвантаженні готової сировини. Коефіцієнт кореляції залежності простоїв тепловоза і вантажообігу по технологічним ділянкам позитивний і дорівнює $0,062$, що свідчить про відсутність або дуже слабкий лінійний взаємозв'язок між кількістю не технологічних простоїв та інтенсивністю загального вантажообігу. Відсутність взаємозв'язку між вантажопотоком та часом знаходження локомотивів на простой свідчить що вантажопотік і час знаходження локомотивів на станціях приписки можуть бути незалежними один від одного.

Беручи до уваги, що підприємство завантажене на 70% (з трьох доменних печей працюють дві), пропонувати технічні рішення, які потребують значних капіталовкладень немає сенсу. Тож запропонуємо підвищити ефективність управління існуючими ресурсами та скоротити час не технологічних простоїв за рахунок впровадження інтерактивних дашбордів, як технологічної складової для оперативного прийняття управлінських рішень.

3. ОЦІНКА РЕЗУЛЬТАТІВ ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ GPS-НАВІГАЦІЇ ДЛЯ УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСІВ ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ПІДПРИЄМСТВА.

3.1 Дашборд як інструмент прийняття управлінського рішення в системі транспортного обслуговування виробництва.

Дані, зібрані системою GPS-навігації, за бажанням оператора дозволяє відображати різні форми звітності по роботі з локомотивами. Дана система збирає, зберігає і обробляє величезну кількість інформації, необхідної для прийняття оперативних рішень. Слід зазначити, що користувачі стикаються з необхідністю перегляду та аналізу даних зручним і зрозумілим способом. Ось тут і виникає необхідність в створенні інтерактивних дашбордів для підвищення ефективності системи транспортного обслуговування виробничих процесів у цілому.

Дашборди дозволяють поліпшити управління даними, приймати обґрунтовані рішення та оптимізувати процеси. Ця оперативна інформація потрібна не тільки диспетчерській службі УЗТ, а й керівникам управління залізничного транспорту, а також безпосереднім керівникам залізничних станцій.

По мірі внесення та оновлення інформації про роботу локомотивів власності ПРАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ», за допомогою системи можна порівнювати заплановані показники з реальними, виділяти «вузькі місця» і відправляти електронні листи учасникам процесу для прийняття оперативних управлінських рішень.

Для якісної оцінки роботи залізничного транспорту необхідні норми на виконання транспортних операцій, приклад наведено у табл.

3.1

Норми на транспортні операції визначені за кращим досягнутим показником.

Таблиця 3.1 - Норма на транспорті операції

Технологічна ділянка	Технологічні операції з локомотивами	Серія локомотива	Норма проведення операції, год
Станція Ново-стальна	Приймання зміни поїзною бригадою	ТГМ4	0,5
	Щозмінний технічний огляд та екіпірування локомотива		1
	Очікування відправлення на розвантажувальну станцію		0,5
	Транспортування до станції призначення		0,5
	Очікування виконання вантажних операцій із вагонами на станціях		0,5
	Маневрові роботи із складання поїздів		2,5
	Транспортування вантажів до станції призначення		1
	Транспортування до місця виконання технологічних операцій		0,5
	Виконання технологічних операцій		3,5
	Транспортування до місця здавання зміни		0,5
Станція Ново-стальна	Здавання зміни поїзною бригадою	ТГМ4	0,5
Разом			11,5

Для якісної оцінки роботи залізничного транспорту необхідні норми виконання вантажних операцій структурними підрозділами підприємства, приклад наведено у табл. 3.2

Норми на вантажні операції встановлені з урахуванням вимог технології виробництва та «Правил перевезень вантажів (Правила експлуатації під'їзній колії)».

Вхідна інформація для формування дашбордів: номер та дислокація локомотива, дата прибуття на технологічну ділянку та станцію, час простою, швидкісний режим, витрата палива, час простою з ввімкненим двигуном, час початку та закінчення технологічної операції, робочий час тепловозів, контроль роботи параметрів тепловоза та його систем, та інші.

Дашборд побудуємо за допомогою програмного продукту Microsoft Excel, рис.3.1.

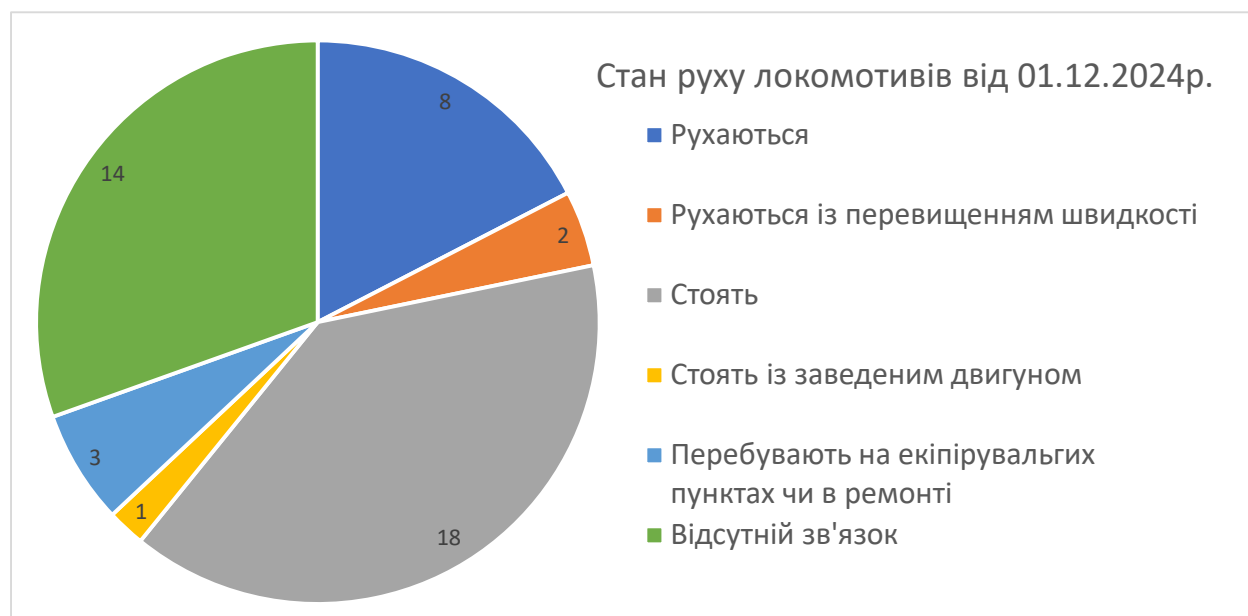


Рисунок 3.1- Приклад візуалізації інтерактивного дашборду 1-го рівня

На дашборді першого рівня кількість задіяних у виробничих процесах локомотивів у режимі реального часу. Також на дашборді врахована кількість локомотивів, що простоюють та причини простоїв.

Якщо навести на поле плитки, то на екрані відобразиться інформація щодо середнього простою вагонів, нормативного простою, та кількості вагонів. Для смартфонів буде відображатися наступна інформація, рис 3.2

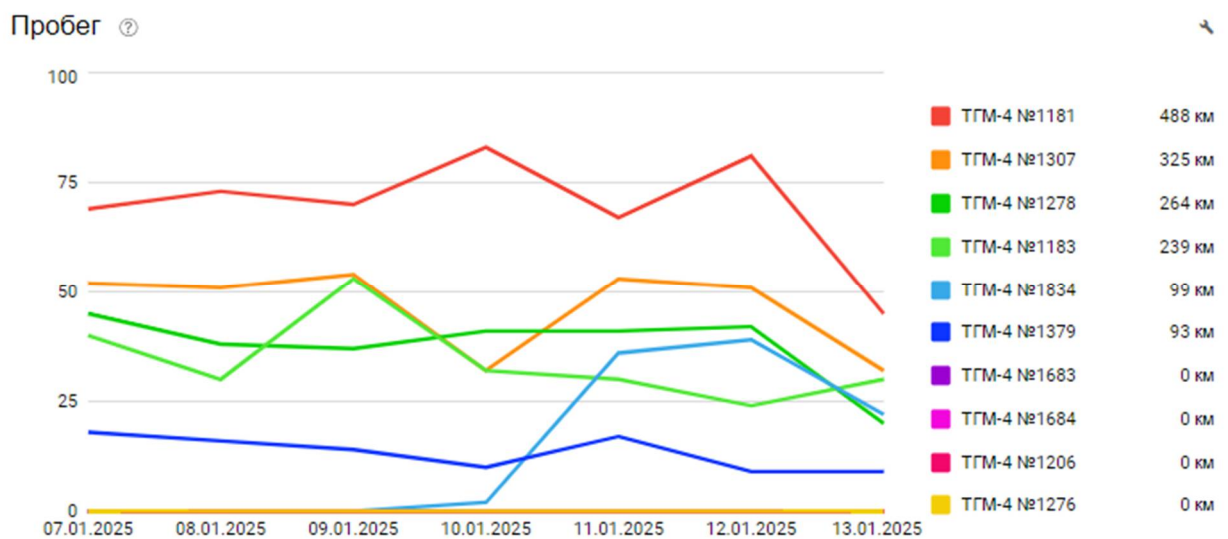
Таблиця 3.2 - Норма виконання вантажних операцій структурними підрозділами підприємства

Технологічна ділянка	Структурний підрозділ	Технологічні операції з локомотивами	Норма проведення операції, год
Екіпірувальний пункт		Приймання зміни поїзною бригадою	0,5
		Щозмінний технічний огляд та екіпірування локомотива	1
		Очікування відправлення на розвантажувальну станцію	0,3
		Транспортування до станції призначення	0,5
Станція Ново-стальна	Киснево-конверторний цех	Виконання вантажних операцій із вагонами на ділянці (навантаження вагонів для транспортування сталених виливків на наступний етап виробництва)	1,2
Прокатний цех	Сортопрокатний стан	Маневрові роботи із складання поїздів	2,5
		Транспортування вантажів до станції призначення	1
		Транспортування до місця виконання технологічних операцій	0,5
		Виконання технологічних операцій (маневрові роботи із подачі вагонів під розвантаження та виведення з території цеха вагонів з готовою продукцією на склад)	3,2
Екіпірувальний пункт		Транспортування до місця здавання зміни	0,3
		Здавання зміни поїзною бригадою	0,5
Разом			11,5



Рисунок 3.2 - Приклад візуалізації інтерактивного дашборду 1-го рівня

На другому рівні системи дашбордів, рис.3.3 буде відображатися середній пробіг локомотивів. При цьому буде вказана серія та номери локомотивів. Це дозволить визначити найбільш затребувану серію локомотивів на технологічних ділянках металургійного виробництва ПРАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ» не тільки у розрізі зміни а також дозволяє аналізувати використання локомотивів у заданий період часу.



Топ объектов по пробегу ?



Рисунок 3.3 - Пример визуализации интерактивного дашборда 2-го уровня

Третий уровень отображает больше детальной информации по локомотиву, избранному на втором уровне. Работу локомотива можно переключить за различными критериями.

Например, отслеживать зависимость скорости движения и времени поддержания этой скорости. Важным фактором является время использования того или иного скоростного режима для понимания целесообразности использования этого режима в различных потребностях конкретного технологического процесса.

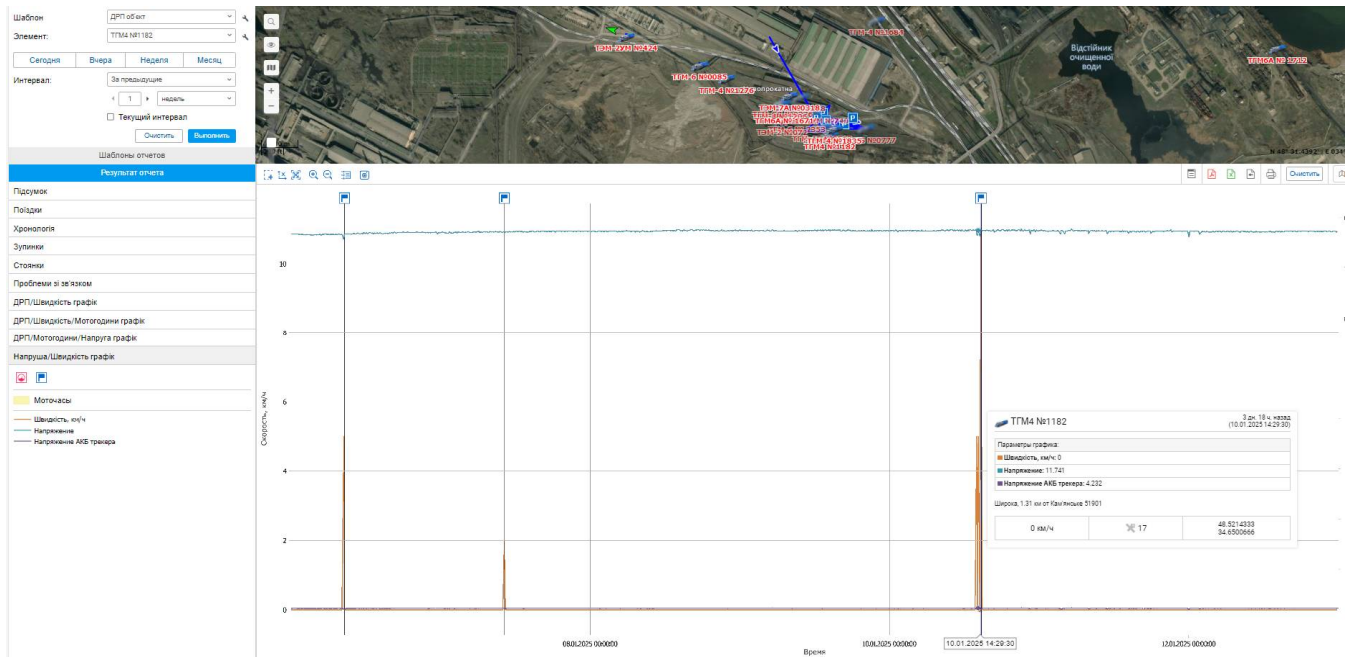


Рисунок 3.4 - Приклад візуалізації інтерактивного дашборду 3-го рівня

Можна обрати критерій тривалості пробігу із прив'язкою до часу та маршруту руху локомотива, рис. 3.5

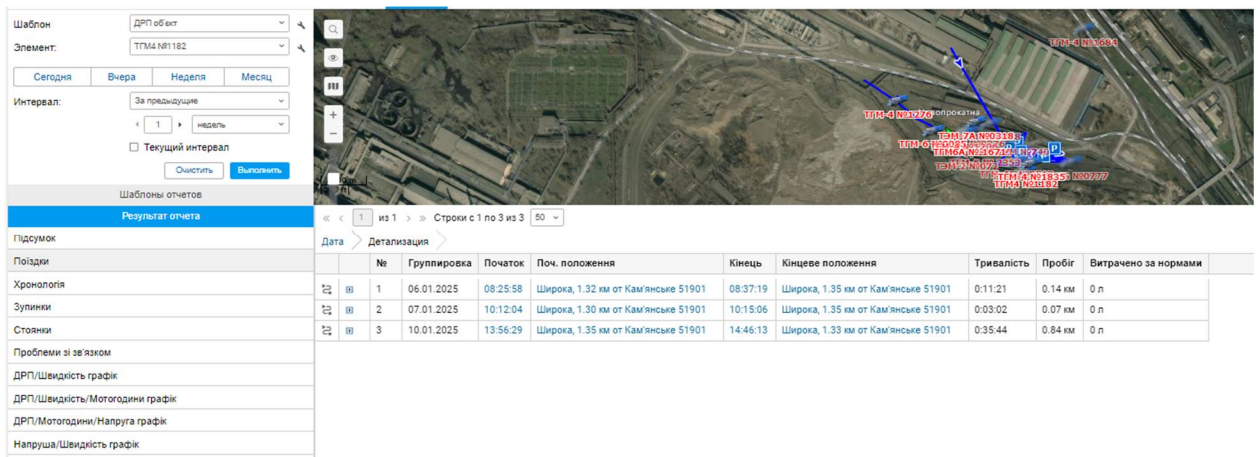


Рисунок 3.5 - Приклад візуалізації інтерактивного дашборду 3-го рівня
візуалізацією маршруту локомотива

Четвертий рівень відображає історію нетехнологічних зупинок та стоянок локомотива, обраного на третьому рівні.

Підсумок		Дата > Деталізація >					
Поїздки		№	Групування	Початок	Кінець	Тривалість	Місцезнаходження
Хронологія	☐	1	06.01.2025	08:29:21	08:33:58	0:00:00	Широка, 1.31 км от Кам'янське 51901
Зупинки	☐	2	10.01.2025	14:02:09	14:35:59	0:08:00	Широка, 1.30 км от Кам'янське 51901
Стоянки							

Поїздки		№	Групування	Початок	Кінець	Тривалість	Місцезнаходження
Хронологія	☐	1	06.01.2025	00:01:59	07.01.2025 10:12:04	1 день 9:58:44	Широка, 1.32 км от Кам'янське 51901
Зупинки	☐	2	07.01.2025	10:15:06	10.01.2025 13:56:29	3 дня 3:41:23	Широка, 1.35 км от Кам'янське 51901
Стоянки	☐	3	10.01.2025	14:15:30	12.01.2025 23:58:40	2 дня 9:26:27	Широка, 1.31 км от Кам'янське 51901

Рисунок 3.5 - Приклад візуалізації інтерактивного дашборду 4-го рівня (історія зупинок локомотивів)

Інформація щодо руху, зупинок та стану дизеля локомотива із системи датчиків GPS-навігатора надходить у режимі реального часу на сервер диспетчерської служби та зберігається там. Дані залишаються доступними для співробітників транспортного підрозділу підприємства та відповідальних за логістику у виробничих цехах. Інформацію згідно переміщення локомотива на під'їзній колії з однієї технологічної операції на іншу доступна та актуальна. Дашборд буде оновлюватися кожні 30 хвилин. Дашборд в режимі реального часу відображає ситуацію з локомотивами на технологічних ділянках та вантажних фронтах для прийняття управлінських рішень.

3.2 Організаційно-економічні основи впровадження проекту удосконалення процесів транспортного обслуговування

Проект впровадження використання дашбордів складається з розробки проекту впровадження, розробки дашбордів, тестування дашбордів, навчання персоналу, який буде використовувати дашборди, підготовка Регламенту щодо прийняття управлінських рішень згідно аналізу інформації з дашбордів, продуктивний старт системи. Докладний план впровадження надано на рис.3.3

Даний проект буде впроваджено у розвиток проекту запуску Інформаційно-диспетчерської системи на КАМЕТ-СТАЛЬ. За розробку

концепту інформаційних панелей відповідальний УЗТ, розробку та налаштування самих дашбордів виконує Метінвест Діджитал (MD). З метою мінімізації ризиків розроблено детальний план впровадження, який узгоджено замовником та виконавцем робіт, двічі на тиждень проводяться наради щодо виконання етапів плану впровадження. Призначено розробника з боку MD та призначена відповідальна особа з боку цеху експлуатації та ремонту УЗТ за розробку бізнес запитів та тестування інформаційних панелей. Інформацію до моніторингової системи, на основі даних якої будуються дашборди, обробляють диспетчери служби УЗТ в рамках своїх посадових обов'язків. Для формалізації дій та відносин користувачів інформаційно-диспетчерської системи та дашбордів, УЗТ ініціює розробку Регламенту для прийняття управлінських рішень для мінімізації часу не технологічного простою локомотивів власності ПРАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ».

Мета проєкту - аналіз і вдосконалення моделі бізнес-процесу технологічних операцій з локомотивами в системі транспортного обслуговування підприємства за рахунок впровадження інтерактивних дашбордів. На основі яких є можливість оперативного прийняття мір для скорочення часу нетехнологічних простоїв та підвищення ефективності використання тягового рухомого складу підприємства.

Розробка дашбордів дозволить вирішити наступні питання.

Усі подані звітні форми та багато інших у діючому програмному забезпеченні вимагають додаткового часу на їх формування. Наразі дані звітні відомості формуються інженерним складом управління залізничного транспорту, які безпосередньо не впливають на транспортні процеси та маневрові рухи на технологічних ділянках та вантажних станціях. Крім того, виконана робота УЗТ аналізується після її виконання, тобто коли вже допущені від'ємні відхилення за нормативним часом виконання переміщення вантажу з порушенням технологічного процесу та створенням загрози простою основних виробничих ділянок, нераціональним використанням локомотивів, вибором не коректного режиму роботи локомотивів та іншими показниками роботи залізничного транспорту.

Таким чином, працівникам, які безпосередньо впливають на переміщення вантажів, потрібні інтерфейси, що дозволяють оцінювати ситуацію та приймати рішення в режимі онлайн на основі існуючого стану. Ця оперативна інформація потрібна не лише диспетчерській службі УЗТ, але і керівникам управління залізничного транспорту, а також особам, відповідальним за міжцехову логістику на виробничих ділянках.

З метою оперативного впливу на транспортні процеси пропонується використовувати сучасні інтерактивні принципи подачі інформації, а також наочні та зрозумілі інтерфейси, що дозволяють миттєво оцінювати положення та приймати зважені рішення. Таким інструментом є приладова панель (Dashboard), яка дозволить не лише візуалізувати процеси по всіх операціях з локомотивами, але й оперативно відображати інформацію на екрані ПК.

Користувачі проєкту- оператори, диспетчери, чергові по станціям приписки локомотивів на підприємстві, диспетчерський персонал УЗТ,

комбінату, виробничих підрозділів, керівники районів та станцій, керівники цеху експлуатації та цеху ремонту, відповідальні за транспортне обслуговування виробничих цехів, керівники виробничих цехів, спеціалісти виробничого відділу тощо.

Термін реалізації проекту - 59 робочих днів.

Результати від провадження проєкту:

- відміна ручного формування звітів двічі на добу дозволить зекономити час персоналу на 17-22%, який може бути використаний для інших важливих завдань;
- миттєве отримання актуальної інформації завдяки режиму онлайн. Це дозволяє швидше виявляти поточні проблеми чи відхилення, а також оперативно реагувати на них;
- робочий персонал, який безпосередньо впливає на транспортні процеси, отримує змогу миттєво оцінювати ситуацію та приймати виважені рішення, що сприятиме оптимізації роботи локомотивного парка та управлінню ресурсами. За оцінками експертів, ефективна організація логістичних процесів забезпечує зниження витрат мінімум на 8%;
- онлайн-зрізи інформації роблять усі дані доступними в реальному часі, що забезпечує транспарентність процесів та поліпшує співпрацю між різними рівнями управління.

Таким чином, використання дашбордів для режиму онлайн зрізів інформації призведе до покращення ефективності, швидкості та якості управління транспортними процесами. Пріоритерізація стейкхолдерів проєкту приведено на рис.3.4

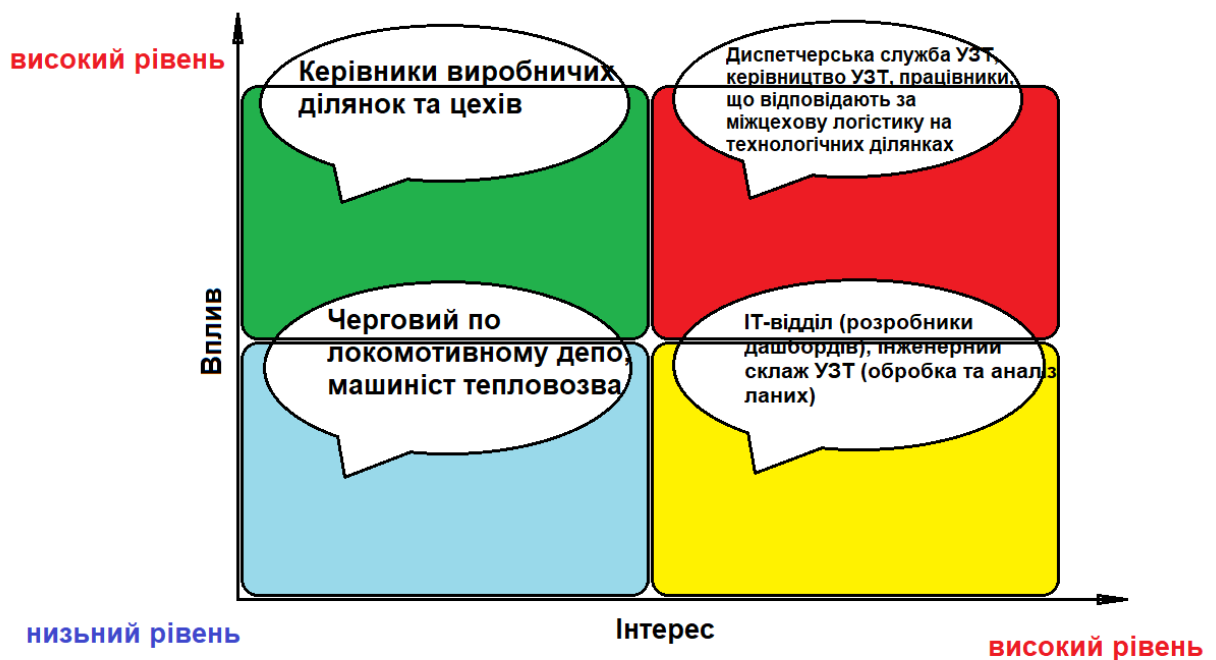


Рис. 3.4 - Пріоритерізація стейкхолдерів проєкт

Матрицю RACI використовують для чіткого розподілу обов'язків і ролей у бізнес-процесах. RACI допомагає уникнути ситуацій, коли невизначено, хто приймає рішення, хто виконує конкретну роботу і хто несе відповідальність. Матриця, представлена в Таблиці 3.3, є засобом, де завдання розташовані в колонках, а прізвища відповідальних осіб – в рядках. В кожній комірці вказано, яку роль ці особи виконують у проєкті:

- R (Responsible - відповідальний за роботу): особа, яка безпосередньо виконує завдання.
- A (Accountable - відповідальний за результат): особа, яка приймає роботу і несе відповідальність за її результат.
- C (Consulted - той, хто консультує): особа, яка надає консультативну допомогу.
- I (Informed - той, кого інформують): особа, яка повинна бути проінформована про прийняті рішення і хід виконання завдань.

Таблиця 3.3 - Матриця RACI

RACI	Диспетчери	Керівництво	IT-відділ	Працівники	Розробники	Інженери
R	R	R	C/A	A	A	A/C
A	C/A	I/A	R/A	I/A	I/A	C/A
C	I	I	I	I	I	I
I	I	I	I	R	I	I

Ця матриця служить ефективним інструментом для визначення ролей у команді, сприяючи ясній комунікації та ефективному управлінню в рамках технологічного процесу.

3.3 Ідентифікація ризиків та визначення джерел економічного ефекту від впровадження проєкту

При реалізації проєкту з залучення додаткових аналітичних даних від систем GPS-навігації в опрацювання бізнес-потреб підприємства в рамках наданих людино-годин (FTE) для підтримки IT-послуг, можуть виникнути різноманітні ризики та обмеження. Ось деякі потенційні ризики та інструменти для їх управління.

Потенційні ризики:

1. Для уникнення ризику **«недооцінка обсягу робіт»** рекомендовано проведення детального аналізу вимог та чітке визначення обсягу робіт. Доцільно проводити регулярні ревізії та оновлення плану проєкту згідно з поточними потребами виробництва.

2. Для уникнення ризику **«зміни у вимогах»** потрібні систематичні комунікаційні наради (2-3 рази на тиждень) для огляду вимог та узгодження їх із зацікавленими сторонами (стейкхолдери).

3. Для уникнення ризику **«недостатня ефективність комунікації»** вводяться регулярні наради та ведення Протоколу. Використання платформ віддаленого зв'язку та інструментів для ефективної комунікації.

4. Для уникнення **«технічних проблем»** необхідне проведення тестування та аудиту технічних рішень із симуляцією критичних ситуацій та подальшим аналізом прийнятих на всіх рівнях керування рішень.

Потенційні обмеження:

1. Для уникнення **обмежень бюджету** потрібно аналізувати використання бюджету проекту та оптимізувати витрати згідно потреб виробництва.

2. Для уникнення **обмежень людські ресурси (FTE)** доцільно аналізувати навантаження та доступність ресурсів. Оптимізувати завдання та розподіл завдань за проектами та пріоритетами.

3. Для уникнення **обмежень за терміном** доцільно розробити детальний реалістичний графік проекту. Застосувати керування проектами у заплановані терміни.

Ефективне управління ризиками та обмеженнями вимагає регулярного моніторингу, систематичного аналізу та оперативного впровадження заходів щодо їх зменшення або уникнення.

Якщо технічні системи управління залізничним транспортом, такі як системи моніторингу та навігації, недосконалі або відсутні, це може викликати затримки в роботі транспорту та вплинути на ефективність роботи виробництва в цілому. Втрати через між операційні простої, викликані несвоєчасним ухваленням управлінських рішень через відсутність та несвоєчасність надходження інформації, можуть бути значними та залежать від різних факторів. Ось кілька аспектів, які можуть впливати на розмір втрат:

1. Прості локомотивів можуть призвести до затримок в доставці вантажів, що вплине на логістичні ланцюги та може мати наслідки для виробництва та інших технологічних ділянок, які розраховані на своєчасну поставку сировини або готової продукції.

2. Транспортні системи та логістичні процеси надто залежать від наявності актуальної та точної інформації. Наприклад, ефективно маршрутування, планування доставок та управління логістичними вузлами вимагають постійного оновлення у режимі реального часу для прийняття швидких та обґрунтованих рішень.

3. Втрати можуть бути пов'язані з фінансовими аспектами, такими як втрачений дохід, додаткові витрати на відновлення, штрафи та втратою клієнтів, штрафи за недотримання строків постачання продукції що затверджені договором між сторонами виробника та клієнта.

4. Для попередження серйозних простоїв через відсутність інформації, важливо вдосконалювати технологічні системи моніторингу, встановлювати точні системи GPS-навігації, датчики та системи моніторингу параметрів роботи тепловозів, надійні системи зв'язку. Регулярне навчання персоналу та використання передових аналітичних інструментів можуть підвищити якість та доступність інформації.

Цей проєкт буде виконано ІТ-компанією Метінвест Діджітал як доопрацювання бізнес потреб підприємства в рамках наданих людино-годин (FTE- Full-Time Equivalent) на підтримку ІТ- послуг. Орієнтовно 1,1 FTE або $1,1 \cdot 472 \cdot 300 = 156$ тис. грн. Затрати будуть віднесені до «інших операційних витрат».

Таким чином, економічна ефективність від впровадження та використання системи інтерактивних дашбордів щодо транспортного обслуговування підприємства буде залежати від результатів їх використання та відповідних змін у системі прийняття рішень. Робоча

група команди, що бере участь у реалізації цього проекту експертно оцінила результат впровадження інструменту. Це дозволить знизити термін не технологічних простоїв щонайменше на 7%. Слід зазначити, що представлені рекомендації носять універсальний характер та можуть бути використані на будь-яких підприємствах. В рамках ПАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ» зниження не технологічних простоїв щонайменше на 7% дозволить заощадити до 8,5 млн грн. на рік при затратах на реалізацію проекту 156 тис. грн.

Висновки за розділом 3

Для можливості оперативного управління системою та контролю змін розташування рухомого складу запропоновано впровадити інтерактивні дашборди як додатковий інструмент для приймання управлінських рішень. За допомогою інтерактивних дашбордів буде вирішено ряд питань:

- аналіз розташування локомотива на карті в реальному часі протягом звітного дня;
- аналіз зупинок локомотива на карті і точний час, проведений на них;
- інформація про маршрут дозволяє переглядати маршрут за будь-який обраний період часу;
- контроль швидкості дозволяє відстежувати різкі розгони і гальмування локомотива, а також постійну швидкість руху та запобігти передчасному зношуванню вузлів локомотивів;
- аналіз якості управління локомотивом як критерій оцінки роботи машиніста та потенційний показник скорочень витрат на ремонт.

Економічний ефект від провадження інтерактивних дашбордів для управлінського звіту та можливість фільтрації даних за різними параметрами та врахування будь-якого звітного періоду для глибшого

аналізу дозволить зекономити ресурс на підготовку звітів, запобігти нетехнологічним простоям локомотивів та підвищити ефективність міжцехової логістики, на підставі доступності інформації для прийняття оптимальних управлінських рішень. Є можливість трансформувати прийняття рішення на інші активи компанії.

ВИСНОВКИ

Вивчаючи та аналізуючи особливості логістичних процесів, особливостей управління транспортними послугами та реалізації проєктів у сфері ІТ, було з'ясовано, що оперативне та ефективне управління є важливим чинником для забезпечення оптимальної продуктивності та зниження витрат у бізнесі. Передача інформації та оптимізація внутрішніх логістичних процесів на підприємстві та вантажообігом за його межами, може призвести до значних економічних вигід, зокрема, зниження не технологічних простоїв локомотивів, виключення загрози зупинки основного технологічного обладнання через порушення міжцехової логістики, зниження ризику виходу з ладу локомотивів через вибір некоректного режиму роботи машиністом.

За підсумками виконаної кваліфікаційної роботи можна зробити наступні висновки.

На основі результатів дисперсійного аналізу простою локомотивів на станціях приписки та технологічних ділянках доведена гіпотеза про те, що існують статистично значущі відмінності часу перебування локомотива на станціях комбінату. Необхідно зазначити той факт, що час не технологічного простою локомотивів на кожному роздільному пункті різниться, що свідчить про різні обсяги робіт/операцій для кожної технологічної операції. При цьому кількість локомотивів у межах одної технологічної операції приблизно стала величина, що свідчить про ефективне управління процесами транспортного обслуговування. Тож діють ефективні логістичні системи, які дозволяють підтримувати сталі обсяги перевезень і забезпечити рівномірний потік різноманітних вантажів.

‘ В цілому вантажопотік на виробництві не перевищує переробну спроможність. При таких розмірах надходження вантажів на час

знаходження поїздів на під'їзній колі впливають інші чинники. Ефективність маневрових робіт, кількість поїзних та маневрових локомотивів, погодні умови та інше.

Необхідно звернути увагу на обслуговування станції Південна, за якою нема закріпленого тепловозу. На цій станції чим менше вантажів, тим більший час очікування логістичних операцій. Це свідчить про те, що станція обслуговується не регулярно та може впливати на загальний технологічний процес. В останній час додатково витрачається час на усунення комерційних та технічних недоліків, та параметрів роботи. Іншими словами зі збільшенням вхідного вантажообігу збільшується час виконання маневрових робіт до наступної операції. Тож важливо цим станціям приділяти більш уваги з точки зору обігу вантажів та скорочення міжопераційних очікувань та не технологічних простоїв.

Коефіцієнт кореляції перевезення партії вантажу від вантажопідйомності тепловозів різних серій від'ємний і дорівнює $-0,71$, це означає, що із використанням тепловозів більш потужних серій зменшуються не технологічні простої при забезпеченні виробництва та відвантаженні готової сировини. Позитивний коефіцієнт кореляції залежності простоїв тепловоза і вантажообігу по технологічним ділянкам для тепловоза ТГМ4. При відсутності або дуже слабкій лінійний взаємозв'язок між кількістю не технологічних простоїв та інтенсивністю загального вантажообігу коефіцієнт кореляції наближається до нуля.

Коефіцієнт потенційних збитків за неякісне логістичне керування тепловозами в наслідок якого виникає не передбачений технологією виробництва простої локомотивів на станціях закріплення позитивний і дорівнює $0,492$, це означає, що регресійна модель статистично значуща. Значення R-квадрат $0,242$ вказує на те, що модель пояснює лише невелику частину варіації залежної змінної, що може свідчити

про неповноту або несприйняття деяких факторів у моделі та має велику ступінь значущості.

В межах підвищення операційної ефективності було оптимізовано технологічний процес операцій з локомотивами власного парка підприємства ПРАТ «КАМЕД-СТАЛЬ», а саме запропоноване наступне.

Для якісної оцінки роботи залізничного транспорту були розроблені норми на виконання вантажних та транспортних операцій, які встановлені з урахуванням Норми виконання вантажних операцій структурними підрозділами підприємства. Норми на транспортні операції визначені за кращим досягнутим показником.

Існуючу транспорту систему на основі даних систем GPS-навігаторів запропоновано удосконалити за рахунок впровадження інтерактивних дашбордів. На основі яких є можливість оперативного прийняття мір для скорочення часу не технологічних простоїв локомотивів на станціях та вантажних фронтах, що за оцінками експертів, забезпечить зниження витрат на 7% від загальної вартості обслуговування тепловозного парку. В рамках ПАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ» таких витрат на 7% дозволить заощадити на утримуванні власного локомотивного парка до 8,5 млн грн. на рік. Даний проєкт буде виконано ІТ- відділом як доопрацювання бізнес потреб підприємства в рамках наданих людино-годин на підтримку ІТ- послуг, орієнтовно 1,1 FTE або 156 тис. грн.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кривов'язюк І.В., Сидорчук І. С. Цифрові трансформації та управління логістикою промислового підприємства . *Наукові тренди постіндустріального суспільства: матеріали III Міжнародної наукової конференції, м. Дніпро, 21 жовтня, 2022 р.* Міжнародний центр наукових досліджень. Вінниця: Європейська наукова платформа, 2022. С.36-38. URL: <https://doi.org/10.36074/mcnd-21.10.2022>

2. Paksoy, T., Kochan, C.G., & Ali, S.S. (2020). Logistics 4.0: Digital Transformation of Supply Chain Management. NY: Taylor & Francis Group, LLC. 368 p. URL: <https://doi.org/10.1201/9780429327636>

3. Kovalenko O.V. ENHANCING THE EFFICIENCY OF ENTERPRISE TRANSPORT SERVICE PROCESSES BY USING INTERACTIVE DASHBOARDS // International scientific conference “MININGMETALTECH 2023 – The mining and metals sector: integration of business, technology and education” : conference proceedings (November 29–30, 2023. Riga, the Republic of Latvia). Riga, Latvia : “Baltija Publishing”, 2023. Vol. 2, 2023. [Електронне видання]. Режим доступу: <http://www.baltijapublishing.lv/omp/index.php/bp/catalog/view/385/10614/22147-1>

4. Куш Є. І. Конспект лекцій з дисципліни «Системи управління транспортом» (для студентів 5 курсу денної та 6 курсу заочної форм навчання спеціальностей «Транспортні системи» і «Організація перевезень і управління на транспорті») / Є. І. Куш; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. – 36 с.

5. Фролова Л.В. Механізми логістичного управління торговельним підприємством: [монографія] / Лариса Володимирівна Фролова. Донецьк: ДонДУЕТ ім. М. Туган-Барановського, 2005. 322 с.

6. Кальченко А.Г. Логістика: підручник / Кальченко А.Г. К.: КНЕУ, 2006. 284 с

7. Бойко Є.О. Логістичне управління підприємством – запорука його конкурентоспроможності / Є.О. Бойко // URL: <http://rtpp.com.ua/news/2014/02/19/5/3089.html>.

8. Моделі і методи логістичного управління суб'єктами господарювання й економікою регіону: монографія [Текст] / Р.Р. Ларіна, О.Г. Череп, А.О. Ілаєва. Сімферополь: ВД «АРІАЛ», 2011. 234 с.

9. Stoilova, S.; Munier, N. A. Novel Fuzzy SIMUS Multicriteria Decision-Making Method. An Application in Railway Passenger Transport Planning. *Symmetry* 2021, 13, 483. <https://doi.org/10.3390/sym13030483>

10. Bychkov, I.; Kazakov, A.; Lempert, A.; Zharkov, M. Modeling of Railway Stations Based on Queuing Networks. *Appl. Sci.* 2021, 11, 2425. <https://doi.org/10.3390/app11052425>

11. Asada, T.; Roberts, C.; Koseki, T. An algorithm for improved performance of railway condition monitoring equipment: Alternating-current point machine case study. *Transp. Res. Part C Emerg. Technol.* 2013, 30, 81–92.

12. Парунакян, В.Є. Визначення технологічних характеристик логістичного ланцюга в транспортно-вантажному комплексі відвантаження металопродукції. Ч. 1 [Текст] / В.Є. Парунакян, А.В. Маслак, Є.І. Сизова // Вісник Приазов. Держ. техн. ун-ту: зб. Науки. Прак/ПДТУ. - Маріуполь, 2007. - Вип. 17. - П. 198-203.

13. Панкратов, В. І. Удосконалення технології роботи залізничного транспорту незагального користування на базі інформаційно-керуючої системи / В. І. Панкратов // Зб. наук. праць УкрДАЗТ: Випуск 85. – Харків, 2007. – С. 12-24.

14. Маслак, А. В. Принципи формування інформаційно-управлінської системи зовнішнього вагонного руху металургійних

підприємств [Текст] / А. В. Маслак, М. Л. Аксенов // Вісник Приазовського державного технічного університету : зб. наукових праць / ПДТУ. Маріуполь, 2010. Вип. 20. С. 274-278.

15. Парунакян, В. Э. До питання формування логістичних ланцюгів у транспортно-вантажних системах металургійних підприємств [Текст] / В. Є. Парунакян, Ю. В. Гусев, Е. И. Сизова // Вісник Приазов. держ. техн. ун-ту : зб. наук. праць / ПДТУ. Маріуполь, 2006. Вип. 16. С. 220-226.

16. Парунакян В.Є. Моделювання процесу обробки вантажних потоків в модулях логістичного ланцюга / В. Э. Парунакян, В. А. Бойко // Вісн. Приазов. держ. техн. ун-ту. – 2005. – Вип. 15. – С. 183-185.

17. Гусев Ю.В. Математична модель процесу транспортування чавуну в конвертованому цеху [Текст]/Ю.В. Гусев, Д.Я. Гусев//Вісник Приазов. держ. Техн. ун-ту: ЗБ. Науки. Прак/ПДТУ. - Маріуполь, 2008. - Вип. 18, гл. 1. - П. 230-232.

18. Парунакян В.Є. Методика оцінки переробної потужності вантажної залізничної станції промислового підприємства. Ч. 1 [Текст]/В.Є. Парунакян, В.А. Бойко//Вісник Приазов. Держ. техн. ун-ту: зб. Науки. Праці/ПДТУ. - Маріуполь, 2007. - Вип. 17. - 193-197.

19. Бойко, В.А. Аналіз і структурування процесу просування вагонного руху, що надходить на металургійне підприємство/В.А. Бойко, Ю.В. Гусев//Вісник Приазов. держ. техн. ун-ту: зб. науки. праці/ПДТУ. - Маріуполь, 2004. - Вип. 14. - с. 323-327.

20. Гусев, Ю. В. Оптимізація управління автомобільним рухом підприємств/Ю.В. Гусев//Вісник Приазовського енергетичного технічного університету: Зб. Саєнтович Прац/ПДТУ. Маріуполь, 2002. - Вип. 12. - П. 259-263.

21. Parunakian, V. E. Дослідження процесу розморожування залізовмісної сировини в каретах з використанням комп "ютерної технології" DATA MINING "[Текст]/V. E. Parunakian, V. G.

Genchako//Вісник Азова Power techno-Tetu: 3. Саєнтович Прац/ПДТУ. - Маріуполь, 2010. - Вип. 20. - П. 267-274.

22. Уманський, В.І. Загальні засади інтелектуалізації систем управління станціями/В.І. Уманський, С.І. Долганюк//Вісник ВНІСТ. - 2012. - 6. - Р.8-12.

23. Вантажні перевезення на залізничному транспорті: Підручник / О. В. Лаврухін Д. І. Мкртчян, М. Ю. Куценко та ін. – 2-ге вид., переробл. та допов. – Харків: УкрДУЗТ, 2021. – Ч. 2. – 237 с., рис. 16, табл. 2.

24. Парунакян В.Є. Логістичне управління транспортно-вантажними комплексами металургійних підприємств/В.Є. Парунакян, Ю.В. Гусєв/Вісник Приазова. Державний технічний університет: працює/ПДТУ. - Маріуполь, 2005. - ст. 15, ч. 1. - П. 177-182.

25. Голуб А. Сучасні інформаційні технології в системі управління підприємством. *Матеріали VI науково-технічної конференції „Інформаційні моделі, системи та технології“* (12-13 грудня 2018 року). Т. : ТНТУ, 2018. С. 17. (Інформаційні системи та технології).

26. Ковальова О. В. Удосконалення системи забезпечення вантажовласників транспортними ресурсами / О. В. Ковальова, Ю. І. Приходько, П. А. Павлюк // Інтелектуальні транспортні технології : тези доповідей 3-ї міжнар. наук.-техн. конф. (22-23 листопада 2022 р.). - Харків : УкрДУЗТ, 2022. - С. 118-119.

27. Прийняття управлінських рішень : навчальний посібник / уклад.: Ю. Є. Петруня, Б. В. Літовченко, Т. О. Пасічник та ін. ; за ред. Ю. Є. Петруні. 3-тє вид., переробл. і доп. Дніпропетровськ : Університет митної справи та фінансів, 2015. 209 с.

Додаток 1

Таблиця 2.3 - Дані для розрахунку кореляції

№ тепловоза	моточаси с 01.по 10.01 включительно	рух	простої	стоянки	стоянки з відкритим двигуном	перевищення швидкості
025	230	193	27	10	13	3
424	168	131	67	32	12	6
809	158	156	57	17	14	8
912	230	199	12	19	1	7
8911	138	136	53	41	24	2
9318	230	187	29	14	9	5
320	230	220	8	2	3	1
0318	179	142	56	32	33	0
0108	201	200	27	3	24	11
2173	230	188	36	6	11	9
2347	230	175	34	21	7	3
0367	230	206	16	8	6	1
0370	230	199	19	12	3	0
0085	230	167	21	42	34	15
0198	65	65	162	3	0	4
0368	209	177	37	16	13	2
1604	230	212	16	2	6	7
1985	230	215	8	7	3	9
2356	230	222	0	8	7	2
1671	230	189	23	18	1	0
1712	230	207	17	6	7	3
1181	230	229	0	1	0	0
1182	46	46	112	72	15	9
1183	214	214	9	7	7	9
1276	46	46	153	31	19	7
1278	230	221	7	2	3	1
1379	230	229	0	1	0	1
1413	192	192	25	13	4	0
2514	230	195	27	8	8	2
2559	230	198	13	19	4	6
2846	230	211	10	9	3	0
2885	230	217	1	12	1	15
2400	75	75	137	18	3	1