

Український державний університет залізничного транспорту

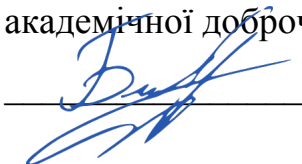
Кафедра залізничних станцій та вузлів

УДОСКОНАЛЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ ВАНТАЖНОЇ
СТАНЦІЇ ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННЯХ ПАРКОМ РІЗНИХ ВЛАСНИКІВ

Пояснювальна записка і розрахунки
до випускної кваліфікаційної роботи

УАСВС.300.00.00.00 ПЗ

Розробив студент групи 221-ОПУТ-Д24
спеціальності 275 / 275.02 (роботу виконано
самостійно, відповідно до принципів
академічної доброчесності)

 Микита БРАЖНИК

Керівник: доцент, канд. техн. наук

Валерій КУЛЕШОВ

Рецензент: професор, доктор техн. наук

Денис ЛОМОТЬКО

АНОТАЦІЯ

Дана кваліфікаційна робота включає в себе 15 слайдів презентації, 77 аркушів пояснювальної записки формату А4, що включає 12 рисунків, 10 таблиць, 36 літературних джерел.

Ключові слова: АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА, ВАНТАЖНА СТАНЦІЯ, ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ, МІСЦЕВА РОБОТА, ПАРК ВАГОНІВ.

Об'єктом дослідження є процес організації перевезень вантажної станції при вантажних перевезеннях парком вагонів різних власників.

Метою дослідження є удосконалення автоматизованих систем вантажної станції, на прикладі вантажної станції Х-С, при перевезеннях парком різних власників, що дозволить розробляти оптимальні організаційні заходи ресурсозбереження та скорочення загальних експлуатаційних витрат залізничних державного і недержавних операторів–власників рухомого складу.

У кваліфікаційній роботі виконаний аналіз використання елементів інфраструктури вантажної станції при перевезеннях парком різних власників. Удосконалення системи управління парком вантажних вагонів різних форм власності. Проведене визначення потреби в парку вагонів при перевезеннях парком вантажних вагонів різних власників. А також удосконалена комплекс моделей організації маршруту з груп вагонів різних власників на мережі залізничного транспорту України та підвищення ефективності роботи вантажної станції при перевезеннях парком різних власників.

Удосконалено інформаційну технологію керування станційними процесами при перевезеннях вагонним парком різних власників.

Практичну цінність має удосконалення інформаційної технології управління станціями відправлення, напрямками руху та станціями призначення вантажопотоків у взаємодії з користувачами залізничних послуг.

Визначена економічна ефективність впровадження нового програмного забезпечення в системі АСК ВП УЗ-Є.

ABSTRACT

This qualification work includes 15 presentation slides, 77 pages of an explanatory note in A4 format, featuring 12 figures, 10 tables, and 36 literature references.

Keywords: AUTOMATED SYSTEM, FREIGHT STATION, INFORMATION TECHNOLOGY, LOCAL WORK, WAGON FLEET.

The object of the study is the process of organizing freight station transportation during freight transportation by a fleet of wagons of different owners.

The purpose of the study is to improve automated freight station systems, using the example of the freight station X-S, during transportation by a fleet of wagons of different owners, which will allow developing optimal organizational measures for resource conservation and reducing the overall operating costs of railway state and non-state operators-owners of rolling stock.

The qualification work analyzes the use of freight station infrastructure elements during transportation by a fleet of wagons of different owners. Improvement of the management system for a fleet of wagons of different ownership forms. Determination of the need for a fleet of wagons during transportation by a fleet of wagons of different owners. As well as improving the complex of models for organizing a route from groups of wagons of different owners on the railway transport network of Ukraine and increasing the efficiency of the freight station during transportation by a fleet of wagons of different owners.

The information technology for managing station processes during transportation by a fleet of wagons of different owners has been improved.

The improvement of information technology for managing departure stations, directions of movement and destination stations of freight flows in interaction with users of railway services is of practical value.

The economic efficiency of implementing new software in the ASK system of the UZ-E railway company has been determined.

Український державний університет залізничного транспорту

Факультет управління процесами перевезень

Кафедра залізничних станцій та вузлів

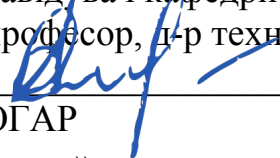
Освітньо-кваліфікаційний рівень: магістр

Спеціальність 8.07010102 «Організація перевезень і управління на транспорті (залізничний транспорт)»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

професор, д-р техн. наук

 Олександр

ОГАР

«___» _____ 2026 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Бражнику Микиті Олександровичу

1 Тема «Удосконалення автоматизованих систем вантажної станції при перевезеннях парком різних власників»

керівник Кулешов Валерій Вячеславович, канд. техн. наук., доцент

затверджені розпорядженням по факультету Управління процесами перевезень від 23 лютого 2026 року № 06/26

2 Строк подання студентом роботи - 15 червня 2026 року

3 Вихідні дані: Схема вантажної станції Х-С. Характеристика примикаючих підходів. Технологічний процес роботи станції. Техніко-розпорядчий акт станції. Показники роботи станції та їх аналіз

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Вступ. Аналіз використання елементів інфраструктури вантажної станції при перевезеннях власного парку вагонів. Удосконалення системи управління парком власних вантажних вагонів. Удосконалення моделі підвищення ефективності роботи вантажної станції при міжнародних вантажних перевезеннях парком власних вагонів. Удосконалення інформаційної технології керування станційними процесами на вантажній станції при перевезеннях парком власних вагонів. Визначення економічної ефективності впровадження нового програмного забезпечення в системі АСК ВП УЗ-Є

5 Перелік графічного матеріалу: мета, предмет, об'єкт та задачі роботи; схема вантажної станції Х-Б; аналіз основних техніко-економічних показників роботи станції Х-Б; визначення потреби в парку вагонів; модель підвищення ефективності роботи вантажної станції при міжнародних вантажних перевезеннях парком власних вагонів; визначення економічної ефективності впровадження нового програмного забезпечення в системі АСК ВП УЗ-Є; висновки

6 Консультанти окремих розділів

Розділ	Прізвище, ініціали, посада та науковий ступінь консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Визначення економічної ефективності впровадження нового програмного забезпечення в системі АСК ВП УЗ-Є	Гриценко Н.В., доцент, к.е.н.		

7. Дата видачі завдання « 24 » лютого 2026 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів	Строк виконання етапів	Примітка
1 Аналіз використання елементів інфраструктури вантажної станції при перевезеннях власного парку вагонів.	20.04.2026	
2 Удосконалення моделі організації маршруту з груп вагонів різних власників на мережі залізничного транспорту України. Удосконалення моделі підвищення ефективності роботи вантажної станції при міжнародних вантажних перевезеннях парком власних вагонів	01.05.2026	
3 Удосконалення інформаційної технології керування станційними процесами на вантажній станції при перевезеннях парком власних вагонів. Визначення економічної ефективності впровадження нового програмного забезпечення в системі АСК ВП УЗ-Є	15.05.2026	
4 Визначення економічної ефективності впровадження нового програмного забезпечення в системі АСК ВП УЗ-Є	01.06.2026	
Оформлення проекту	15.06.2026	

Студент



Микита БРАЖНИК

Керівник

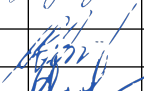
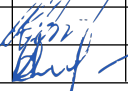
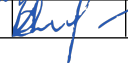


Валерій

КУЛЕШОВ

Зміст

Вступ	8
1 Аналіз використання елементів інфраструктури вантажної станції при перевезеннях парком різних власників	12
1.1 Техніко-експлуатаційна характеристика вантажної станції Х-С	12
1.2 Аналіз елементів використання інфраструктури вантажної станції Х-С	15
1.3 Аналіз інформаційної технології вантажної станції Х-С при перевезеннях парком вагонів різних власників	24
2 Удосконалення системи управління парком вантажних вагонів різних форм власності	28
2.1 Аналіз використання вантажних вагонів різних форм власності на залізницях України	28
2.2 Визначення потреби в парку вагонів при перевезеннях парком вантажних вагонів різних власників	34
3 Удосконалення моделі організації маршруту з груп вагонів різних власників на мережі залізничного транспорту України	33
3.1 Обґрунтування напрямку дослідження щодо підвищення ефективності використання інфраструктури вантажних станцій	35
3.2 Удосконалення моделі підвищення ефективності роботи вантажної станції при перевезеннях парком різних власників	36

					УАСВС.300.00.00.00 ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Удосконалення автоматизованих систем вантажної станції при перевезеннях парком різних власників	Літера	Лист	Листів
Розроб.		Бражник						
Перевір.		Кулешов					6	77
						УкрДУЗТ 6		
Н. Контр.		Шаповал						
Затв.		Огар						

4 Удосконалення інформаційної технології керування станційними процесами при перевезеннях вагонним парком різних власників	49
4.1 Системний аналіз умов забезпечення стабільної доставки вантажів при узгодженні плану формування поїздів і графіка руху	49
4.2 Розвиток інформаційної технології управління станціями відправлення, напрямками руху та станціями призначення вантажопотоків у взаємодії з користувачами залізничних послуг	52
5 Оцінювання економічної ефективності впровадження програмного забезпечення в системі АСК ВП УЗ-Є	58
5.1 Прогнозування обсягів роботи станції	63
5.2 Визначення економічної привабливості інвестиційного проекту з впровадження програмного забезпечення	66
Висновки	69
Список використаних джерел	72
Додаток А Схема вантажної станції Х-С	76
Додаток Б Аналіз показників роботи на вантажній станції Х-С	77

Вступ

На сьогодні частка залізничного транспорту в країнах European Union у сфері внутрішніх вантажних перевезень становить приблизно 16 %, тоді як автомобільний транспорт забезпечує понад 70 % загального вантажообігу у тонно-кілометрах [1]. Основні стратегічні документи ЄС, зокрема транспортна Біла книга та програма розвитку, спрямовані на забезпечення потреб зростаючої мобільності, утримання й залучення нових обсягів перевезень, підвищення рівня безпеки транспортної інфраструктури, а також стимулювання переходу до екологічно безпечних видів транспорту, насамперед із автомобільного на залізничний.

Очікується, що до 2050 року обсяги перевезень у європейській залізничній системі можуть зрости майже на 80 %. Досягнення такого результату потребує удосконалення існуючих та впровадження нових організаційно-технологічних моделей управління парком вантажних вагонів різних форм власності з орієнтацією на якісне обслуговування споживачів транспортних послуг.

Одним із ключових напрямів реформування залізничної галузі України є модернізація технологічних процесів, розвиток систем взаємодії з вантажовідправниками та впровадження сучасних інструментів управління перевезеннями. Необхідність удосконалення організаційно-технологічної моделі експлуатації вантажних вагонів різних власників зумовлена функціонуванням значної кількості учасників ринку на єдиному інфраструктурному просторі. До них належать залізничні адміністрації, оператори перевезень, власники рухомого складу та вагоноремонтних підприємств. За таких умов власник інфраструктури повинен забезпечувати координацію діяльності всіх учасників перевізного процесу відповідно до єдиних вимог організації руху.

Нині активно обговорюються питання обмеження роботи або закриття малодіяльних залізничних станцій, а також оптимізації функціонування станцій, де відсутні елеваторні потужності чи які розташовані на незначній

відстані одна від одної. З метою підвищення ефективності роботи Ukrzaliznytsia розглядає можливість інвестування у створення вантажної інфраструктури, формуючи конкурентне середовище для елеваторів, розташованих поблизу станцій.

Для забезпечення інформаційного супроводу вантажних перевезень на сучасному етапі впроваджуються технології попереднього інформування, що базуються на системах електронного документообігу із застосуванням електронного цифрового підпису.

Умови жорсткої конкуренції на ринку транспортних послуг зумовлюють підвищення вимог до якості транспортного сервісу, що неможливо реалізувати без використання сучасних інформаційних технологій. Починаючи з 2003 року в Україні спостерігається стабільне збільшення кількості приватних вантажних вагонів. Станом на березень 2018 року парк операторських компаній-власників рухомого складу налічував близько 41 тис. вагонів. Інвентарний парк складав 5,2 тис. одиниць, приватний парк регіональних філій — 13,7 тис. вагонів, а приватний парк вагонних компаній Ukrzaliznytsia — 99,3 тис. вагонів. Із них 75,8 тис. перебували під управлінням ЦТЛ, а 9,8 тис. — поза його управлінням. Загальна кількість вагонів Ukrzaliznytsia, включаючи інвентарний і приватний парк, становила 104,5 тис. одиниць.

Аналіз нормативної бази [3, 4] та наукових досліджень свідчить про недостатнє висвітлення питань підвищення ефективності функціонування вантажних станцій під час здійснення міжнародних перевезень із використанням власного вагонного парку. Саме тому дослідження, присвячене вдосконаленню організації таких перевезень та підвищенню якості залізничних послуг, є актуальним і має практичне значення.

Магістерська робота виконана згідно з Концепцією державної програми реформування залізничного транспорту України, Транспортною стратегією України на період до 2030 року.

Метою роботи є удосконалення автоматизованих систем вантажної станції, на прикладі вантажної станції Х-С, при перевезеннях парком різних власників,

що дозволить розробляти оптимальні організаційні заходи ресурсозбереження та скорочення загальних експлуатаційних витрат залізничних державного і недержавних операторів–власників рухомого складу.

Реалізація цієї мети можлива при постановці і вирішенні наступних задач:

- аналіз використання елементів інфраструктури вантажної станції при перевезеннях парком вагонів різних власників;
- удосконалення моделі підвищення ефективності роботи вантажної станції при перевезеннях парком вагонів різних власників;
- удосконалення інформаційної технології керування станційними процесами на основі підвищення ефективності використання елементів інфраструктури вантажної станції;
- визначення економічної ефективності впровадження нового програмного забезпечення в системі АСК ВП УЗ-Є.

Об'єкт дослідження - процес організації перевезень вантажної станції при вантажних перевезеннях парком вагонів різних власників.

Предмет дослідження – використання елементів інфраструктури вантажної станції при перевезеннях парком власних вагонів.

Під час виконання дослідження для аналізу використання інфраструктурних елементів залізничних станцій застосовувалися методи системного аналізу, математичної статистики та теорії ймовірностей. Удосконалення інформаційної технології управління станційними процесами здійснювалося із використанням підходів теорії прийняття рішень і методів економічного аналізу.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в удосконаленні інформаційної технології управління технологічними процесами вантажної станції під час організації перевезень із використанням вагонного парку різних власників.

Достовірність та обґрунтованість сформульованих наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечується використанням відповідного математичного апарату, коректною формалізацією поставлених задач,

адекватністю розробленої моделі реальним виробничим умовам, а також достатньою репрезентативністю статистичних даних. Надійність отриманих результатів підтверджується збігом результатів експериментальних досліджень із фактичними даними, отриманими на діючій станції, при відхиленні не більше 5 %.

Практична цінність результатів полягає у можливості використання розроблених рекомендацій щодо вдосконалення інформаційної технології обробки поїздів та управління вагонопотоками на вантажній станції в умовах підвищення рівня сервісу для вантажовідправників і вантажоодержувачів. Запропоновані рішення дають змогу забезпечити комплексну взаємодію між вантажовідправниками, станціями відправлення, напрямками перевезень, пунктами призначення та вантажоодержувачами на основі узгодженого плану формування поїздів і чіткого графіка руху, а також реалізувати автоматизований контроль доставки вантажів.

Публікації. Відповідно до теми роботи опубліковано дві наукові тези [35, 36].

Структура та обсяг роботи. Робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків.

1 Аналіз використання елементів інфраструктури вантажної станції при перевезеннях парком різних власників

1.1 Техніко-експлуатаційна характеристика вантажної станції Х-С

Відповідно до положень Концепції державної програми реформування залізничного транспорту України та Транспортної стратегії України до 2030 р., об'єкти залізничної інфраструктури мають залишатися у державній власності. Насамперед це стосується колійного розвитку основних роздільних пунктів та технічних засобів, що забезпечують необхідний рівень пропускну і переробної спроможності для роботи компаній-перевізників.

Станція Х-С належить до вантажних станцій другого класу, входить до складу вузла Х та обслуговує шість напрямків: О, Х-С, І, Р, НБ і Х-В. Схема станції Х-С наведена у додатку А (рисунок А.1). За конструктивною схемою станція є наскрізною з поперечним розташуванням парків.

На станції виконуються операції з приймання, відправлення та пропуску приміських, виставочних і транзитних вантажних поїздів. Також здійснюється прийом поїздів, їх розформування, формування та подальше відправлення після переробки. До функцій станції належать приймання вантажів до перевезення, їх зважування на стаціонарних вагонних вагах, зберігання вантажів у вагонах і середньотоннажних контейнерах, виконання вантажно-розвантажувальних робіт, сортування контейнерів та видача вантажів одержувачам. Крім того, на станції оформлюються перевізні документи, проводяться розрахунки за перевезення та супутні послуги, виконується технічний і комерційний огляд рухомого складу.

Станція також забезпечує виконання митного контролю, ветеринарного, карантинного та фітосанітарного огляду вантажів. Окрім вантажної роботи, здійснюється продаж квитків на пасажирські поїзди приміського, місцевого та

дальнього сполучення, організовується безпечна посадка і висадка пасажирів, а також надається інформація щодо руху поїздів.

Колійний розвиток станції включає три парки - Пасажирський, Балашовський і Беженський, а також вантажний район. Перегони, що примикають до станції Х-С, разом із коліями Пасажирського та Беженського парків електрифіковані й обладнані системами автоматичної локомотивної сигналізації.

Для забезпечення технологічних операцій станція оснащена комплексом засобів зв'язку: міжстанційним поїзним зв'язком, диспетчерським зв'язком, постанційною мережею, маневровим радіозв'язком із машиністом локомотива, складачем поїздів та черговим по станції, двостороннім парковим зв'язком, внутрішньостанційною телефонією та АТС.

Сортування вагонів виконується на витяжній колії спеціального профілю. Маневрові операції, пов'язані з формуванням і розформуванням составів, здійснюються методом одиночних поштовхів та осаджуванням вагонів. Для виконання маневрової роботи використовується локомотив серії ChME-3, який обслуговується машиністом локомотивного депо ТЧ-10 та складачем поїздів. Локомотив забезпечує формування і розформування поїздів, а також подавання вагонів на під'їзні колії та вивезення місцевих вантажів.

На станцію надходить місцевий вагонопотік у складі вивізних поїздів зі станції О. Приймання вантажних поїздів здійснюється у приймально-відправному парку. Після технічного й комерційного огляду вагони розформовуються на витяжній колії, сортуються та накопичуються на коліях сортувального парку для подальшої подачі на під'їзні колії підприємств. Основними технологічними операціями з місцевими вагонами є подача під навантаження або вивантаження, прибирання вагонів після завершення вантажних операцій, накопичення вагонів та формування відправницьких поїздів.

Середньодобовий склад поїздів, що прибувають на станцію, становить приблизно 7 вагонів, тоді як у поїздах, що відправляються, — близько 17

вагонів. Вагонопотік формується за рахунок вагонів інвентарного парку, власних, орендованих вагонів та іновагонів. Вантажні поїзди формуються переважно у напрямку станції О.

Технічне обслуговування поїздів, які прибувають та відправляються, здійснюється контрольним пунктом технічного огляду вагонів вагонного депо станції О (ВЧД-3).

Згідно зі Ukrzaliznytsia та вимогами Статуту залізниць України, Правил перевезення вантажів та інших нормативних документів, експлуатація вантажних станцій і під'їзних колій здійснюється на підставі відповідних договорів між залізницею та власниками під'їзних колій щодо подавання і забирання вагонів та організації їх експлуатації.

Незважаючи на незначне значення у пасажирських перевезеннях, станція Х-С виконує важливу роль як великий вантажний вузол. На її території розташовані пристрої для перевантаження вантажів із залізничного транспорту на автомобільний. До станції примикають під'їзні колії низки промислових підприємств, зокрема заводу транспортного машинобудування. Також до станції підключені колії промислової станції Кач. та перегін до станції І, яка обслуговує вантажні операції підприємств Харкова, серед яких Turboatom та інші промислові об'єкти.

Маневрова робота на станції організовується під керівництвом ДСЦ, який формує план виконання маневрових операцій і доводить його до чергових працівників станції, складача поїздів та машиніста локомотива. Для оптимізації організації роботи станція умовно поділена на три маневрові райони [1].

1.2 Аналіз елементів використання інфраструктури вантажної станції Х-С

Нормативи тривалості перебування вагонів на станції визначаються на підставі плану-графіка її роботи. Час простою місцевих вагонів формується із трьох основних складових.

$$T_m = T' + T_{\text{ван}} + T'' , \quad (1.1)$$

де T' - тривалість перебування вагонів на станції з моменту прибуття до подачі під виконання вантажних операцій, включаючи час, необхідний для подавання вагонів на вантажні фронти;

$T_{\text{ван}}$ - тривалість знаходження вагонів безпосередньо під вантажними операціями;

T'' - тривалість перебування вагонів після завершення вантажних операцій до моменту їх відправлення зі станції, включаючи час на прибирання вагонів із вантажних фронтів.

Нормативний час перебування місцевих вагонів на станції від моменту прибуття до подачі під вантажні операції включає такі складові

$$T' = t_{\text{пп}} + t_{\text{розф}}^{\text{очік}} + t_{\text{розф}} + t_{\text{нак}} + t_{\text{под}}^{\text{очік}} + t_{\text{под}} , \quad (1.2)$$

де $t_{\text{пп}}$ - тривалість перебування вагонів у парку прибуття;

$t_{\text{розф}}^{\text{очік}}$ - тривалість очікування виконання операцій з розформування состава;

$t_{\text{розф}}$ - час, необхідний для розформування поїзда;

$t_{\text{нак}}$ - витрати часу на накопичення необхідної групи вагонів;

$t_{\text{под}}^{\text{очік}}$ - тривалість очікування подачі вагонів до вантажного фронту;

$t_{под}$ - час, що витрачається безпосередньо на подавання вагонів до вантажного пункту.

$$T' = 1,17 + 0,17 + 0,63 + 0,6 + 1,8 + 1,4 = 5,77 \text{ год.}$$

Нормативна тривалість перебування вагонів під вантажними операціями визначається шляхом ділення сумарної кількості вагоно-годин, необхідних для виконання вантажних робіт у кожному вантажно-розвантажувальному районі, на загальну кількість місцевих вагонів.

Під час розрахунків слід використовувати нормативи, встановлені Розділом 13 Правил перевезення вантажів, а також розрахункові показники, передбачені договорами на експлуатацію під'їзних колій підприємств.

$$T_{ван} = 210:45 = 4,67 \text{ год.}$$

Середньодобова величина вагоно-годин простою під час очікування митного оформлення становить 700 ваг.-год. За добу під митні операції надходить 12 вагонів. Отже, з урахуванням загального обсягу вагоно-годин простою визначається середня тривалість перебування одного вагона під митними операціями.

$$T_{ван} = 4,67 + (700:12) = 63 \text{ год.}$$

$$T'' = t_{приб}^{очік} + t_{приб} + t_{нак}^c + t_{ф}^{очік} + t_{ф} + t_{в} + t_{в}^{очік}, \quad (1.3)$$

де $t_{приб}^{очік}$ - тривалість очікування прибирання вагонів із вантажних фронтів;

$t_{приб}$ - витрати часу на виконання операцій з прибирання вагонів;

$t_{нак}^c$ - час, необхідний для накопичення вагонів до встановленої норми
состава;

$t_{ф}^{очік}$ - простій вагонів в очікуванні завершення формування поїзда;

$t_{ф}$ - тривалість процесу формування состава;

$t_{в}$ - час простою поїздів власного формування у парку відправлення;

$t_6^{очік}$ - тривалість очікування виконання технологічної обробки та відправлення поїзда.

$$T'' = 1,62 + 0,33 + 2,89 + 1,22 + 1,75 + 0 + 0,5 = 8,31 \text{ год.}$$

Отже, загальна тривалість простою місцевого вагона на станції Х-С визначається як сума витрат часу на виконання всіх технологічних операцій, пов'язаних із прибуттям, переробкою, вантажною обробкою та відправленням вагонів зі станції.

$$T_m = 5,77 + 63,00 + 8,31 = 77,08 \text{ год.}$$

Нормативна тривалість перебування місцевого вагона на станції, віднесена до однієї вантажної операції, визначається шляхом ділення загальної норми простою місцевих вагонів на коефіцієнт здвоєних операцій

$$T_{ван}^m = \frac{T_m}{K_{з\delta в}}, \quad (1.4)$$

$$K_{з\delta в} = \frac{N_n^{60} + N_6^{60}}{N_3^{60}}, \quad (1.5)$$

де N_n^{60} - обсяг навантаження, вагонів;

N_6^{60} - обсяг вивантаження, вагонів;

N_3^{60} - загальна кількість вагонів, що беруть участь у виконанні вантажних операцій.

$$K_{з\delta в} = \frac{38+7}{38} = 1,18 ,$$

$$T_{ван}^m = \frac{77,08}{1,18} = 65,32 \text{ год.}$$

Нормативна тривалість перебування транзитного вагона на станції визначається шляхом ділення загальної кількості вагоно-годин простою транзитних вагонів, які проходять станцію з переробкою або без переробки, на загальну кількість транзитних вагонів

$$T_{TP} = \frac{T_{np}}{T_{ваг}}, \quad (1.6)$$

де T_{np} - загальна тривалість простою транзитних вагонів, год;

$T_{ваг}$ - загальна кількість транзитних вагонів, год.

Отже, нормативна тривалість перебування на станції транзитного вагона без переробки становить

$$T_{TP}^{\frac{6}{n}} = \frac{20}{48} = 0,42 \text{ год.}$$

Для транзитних вагонів, що проходять станцію з переробкою, норма тривалості перебування визначається аналогічним способом

$$T_{TP}^{\frac{3}{n}} = \frac{47}{5} = 9,4 \text{ год.}$$

У квітні 2026 року результати аналізу основних експлуатаційних показників станції Х-С у порівнянні з аналогічним періодом попереднього року свідчать про наявність негативних тенденцій за окремими напрямками роботи. Загальна кількість вагонів станом на 17:00 попередньої доби становила 5825 вагонів, що на 24,5 % перевищує показник минулого року. Із них завантажених вагонів налічувалося 1855 одиниць, що більше на 79,9 %, порожніх — 1834 вагони, що перевищує попередній показник на 19,6 %, а кількість вагонів неробочого парку становила 2136 одиниць, що на 1,1 % більше порівняно з аналогічним періодом.

Разом із тим спостерігалось покращення показників прибуття вагонів. Загальний обсяг прибулих вагонів склав 2359 одиниць, що на 17,0 % більше, ніж у попередньому році. Із них кількість завантажених вагонів досягла 1730 одиниць, збільшившись на 22,2 %, тоді як кількість порожніх вагонів становила 629 одиниць, що на 4,7 % більше. Вагони неробочого парку у складі прибуття були відсутні.

Позитивна динаміка також спостерігалася за показниками вантажної роботи станції. Обсяги навантаження становили 181 вагон, що перевищує минулорічний рівень на 44,8 %, а показник вивантаження досяг 800 вагонів, збільшившись на 55,6 %.

Відправлення вагонів також покращилося. Загальна кількість відправлених вагонів становила 2360 одиниць, що на 16,1 % більше порівняно з аналогічним періодом попереднього року. Із них 1085 вагонів були завантаженими, що забезпечило приріст на 6,7 %, а кількість порожніх вагонів склала 1275 одиниць, що більше на 25,5 %. Вагони неробочого парку серед відправлених також були відсутні.

Незважаючи на покращення окремих показників, оборот вагона погіршився та становив 1,93 доби, або 46,32 години, що на 16,3 % перевищує відповідний показник попереднього року.

Результати аналізу добової нерівномірності основних показників роботи станції Х-С за квітень 2025–2026 років наведено на рисунках 1.1 та 1.2. Аналіз нерівномірності процесів навантаження та вивантаження станції Х-Б за аналогічний період подано на рисунку 1.3.

Показники роботи станції Х-С за всіма видами рухомого складу та категоріями власників наведені у таблиці 1.1. Порівняльний аналіз діяльності станції за травень 2026 року відносно відповідного періоду минулого року представлено на рисунку 1.4.

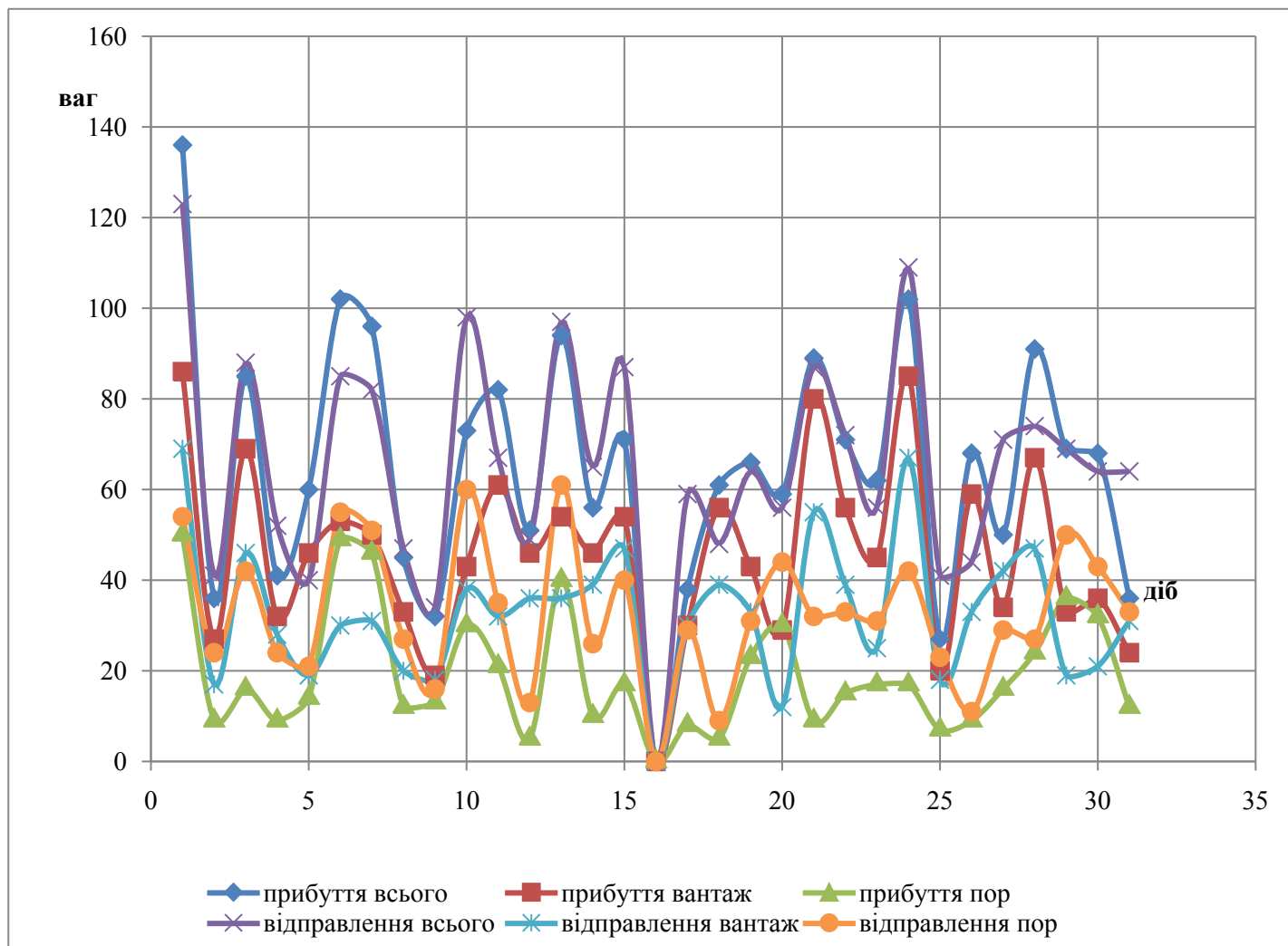


Рисунок 1.1 - Аналіз добової нерівномірності основних показників роботи станції Х-С за квітень 2026 р.

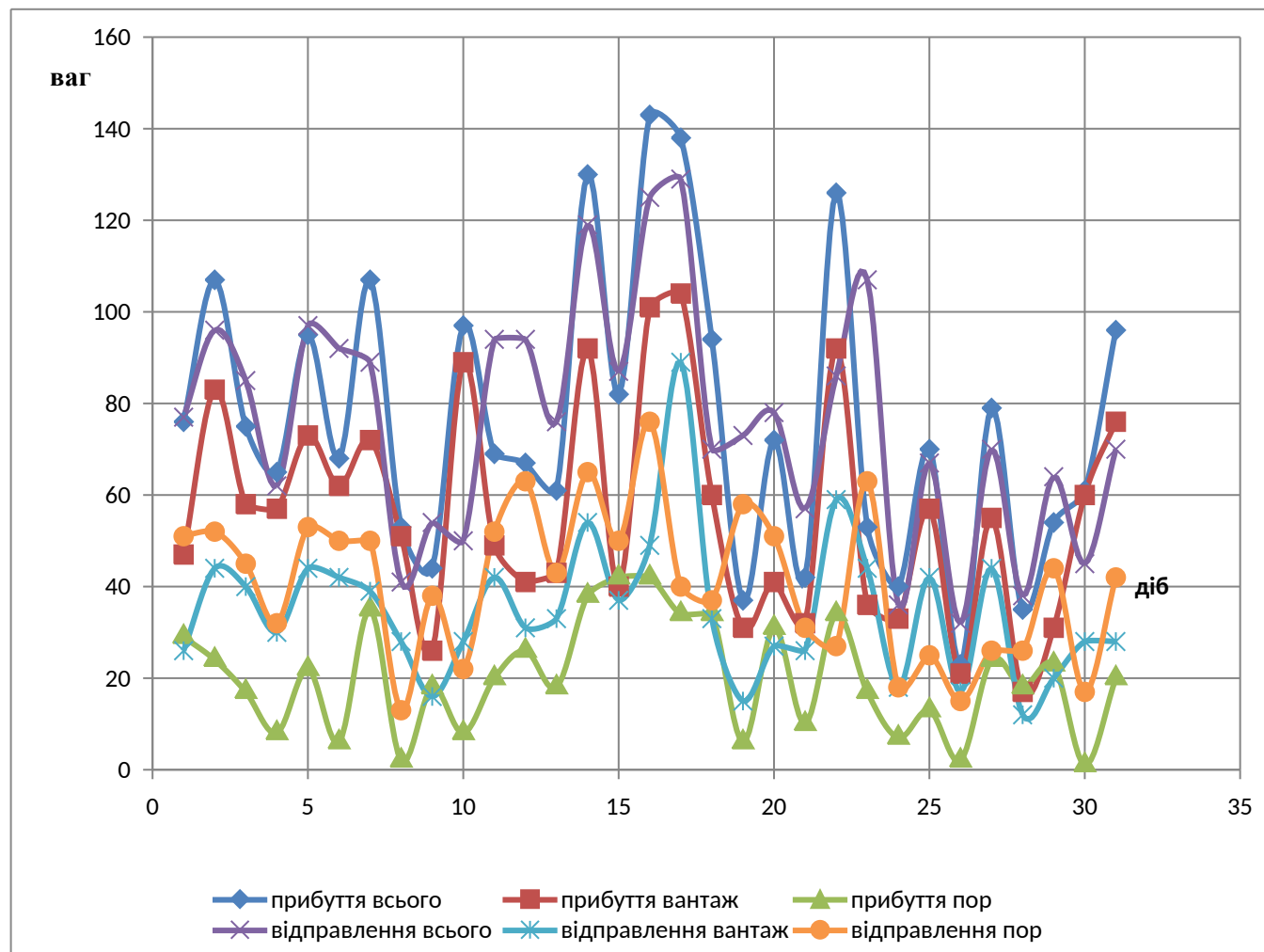
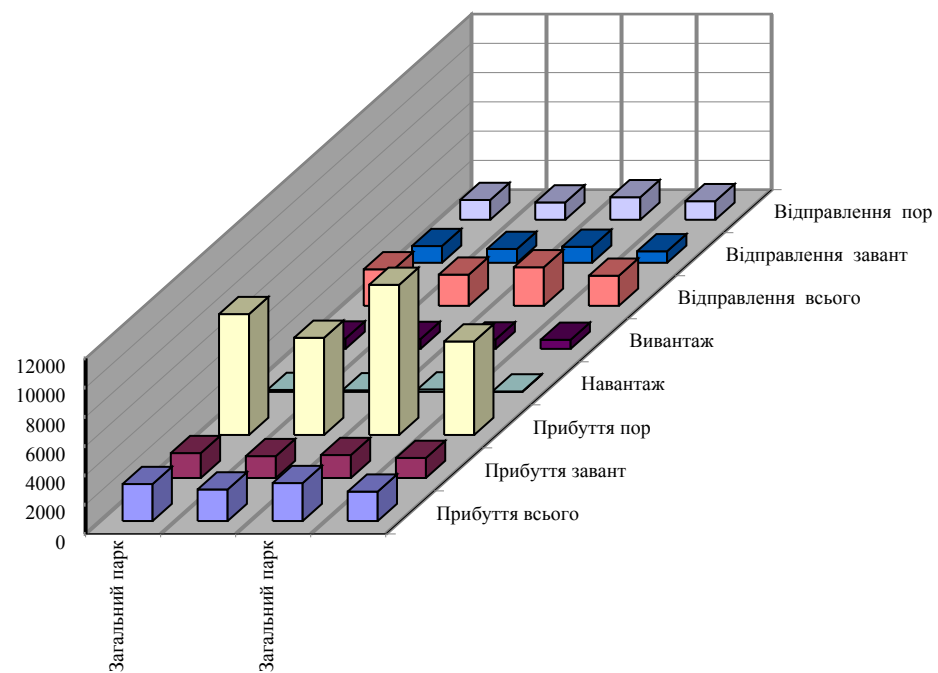


Рисунок 1.2 - Аналіз добової нерівномірності основних показників роботи станції Х-С за травень 2026 р.

Таблиця 1.1 - Аналіз роботи станції Х-С по всіх родах рухомого складу по всіх власниках

Період	Показник	Прибуття			Навантаження	Вивантаження	Відправлення			Оборот, діб
		всього	завант	пор			всього	завант	пор	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
травень 2025	Загальний парк	2528	1702	8260	135	707	2498	1145	1353	2,18
	Власний парк	2158	1494	6640	111	677	2133	947	1186	2,34
травень 2026	Загальний парк	2594	1568	10260	171	644	2637	1096	1541	2,76
	Власний парк	2010	1371	6390	33	620	2058	788	1270	2,94

вар



■ Прибуття всього ■ Прибуття завант ■ Прибуття пор ■ Навантаж ■ Вивантаж ■ Відправлення всього ■ Відправлення завант ■ Відправлення пор

Рисунок 1.3 - Аналіз роботи станції Х-С по всіх родах рухомого складу по всіх власниках за травень 2026 року у порівнянні із аналогічним періодом минулого року

1.3 Аналіз інформаційної технології вантажної станції Х-С при перевезеннях парком вагонів різних власників

Тривалість очікування подавання вагонів на під'їзну колію та після їх повернення на станцію, виконання операцій прибуття і відправлення з під'їзної колії, приймально-здавальних операцій, розформування составів, подавання та розставлення вагонів, виконання навантажувально-розвантажувальних робіт, переставлення, прибирання та накопичення вагонів визначаються відповідно до встановлених нормативів.

Критерії оцінювання подаються у відносних показниках та формуються на основі нечітких, тобто суб'єктивних, характеристик користувача. Побудову запропонованої моделі доцільно здійснювати за двома основними параметрами, що дають змогу визначити пріоритетність розподілу ниток графіка руху на напрямку проходження вантажного маршруту. Це дозволяє забезпечити дотримання встановлених термінів доставки вантажів як під час погодження заявки, так і на подальших етапах контролю її виконання.

Оскільки зміна станів даної системи відбувається у дискретні моменти часу, її аналітичний опис є складним. У зв'язку з цим доцільним є застосування алгоритмічної імітаційної функціональної математичної моделі, яка відображає процеси функціонування об'єктів динамічної системи в часовому просторі.

Запропоновані наукові положення рекомендується використовувати під час розроблення планів перевезень у взаємодіючих автоматизованих робочих місцях системи планування для диспетчерів-вагонорозподільників служби перевезень, працівників підрозділів маркетингу залізниці, менеджерів логістичних та маркетингових служб операторів перевезень. Це забезпечить користувачів ефективним інструментом планування використання технічних засобів операторів власного рухомого складу у взаємодії з державним залізничним перевізником.

Відповідно до вимог статей 10, 66 та 71 Статуту залізниць України, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України №457 від 6 квітня 1998 року, усі споруди й технічні пристрої вантажного господарства повинні за своєю потужністю та переробною спроможністю забезпечувати своєчасне виконання запланованих обсягів вантажних операцій. У разі збільшення обсягів перевезень колійний розвиток станції підлягає модернізації, яка здійснюється за рахунок вантажовласників. Порядок взаємодії між залізницею та підприємствами, а також умови експлуатації під'їзних колій визначаються відповідними договорами.

За умов наявності розвинених телекомунікаційних систем на мережі залізниць та функціонування логістичних центрів лінійного і мережного рівнів поставлену задачу доцільно розв'язувати із застосуванням пакетів прикладних програм Інституту кібернетики НАН України Method_E_1, зокрема за наявності постанційних кореспонденцій. Водночас у випадках, коли використовуються лише міждорожні кореспонденції та спостерігається неповнота або нечіткість вихідних даних, доцільно застосовувати пакет Method_E_2.

Реалізована на мережі Ukrzaliznytsia інформаційна технологія управління вагонним парком підприємств базується на використанні повідомлень автоматизованої системи керування вагонним парком УЗ-Є щодо дислокації кожного власного вагона, часу виконання вантажних операцій, виявлення порушень установлених полігонів курсування, а також на веденні електронних картотек вагонів на мережевому та дорожньому рівнях. Забезпечення чіткої інформаційної взаємодії між усіма рівнями управління - станціями, вагонними депо, дирекціями, залізницями та УЗ - у питаннях обліку, реєстрації та експлуатації власного рухомого складу.

З урахуванням зазначених вимог структурна схема організаційної та інформаційно-технологічної взаємодії рівнів управління під час вантажних перевезень із використанням вагонів різних власників та відповідні функціональні задачі наведені на рисунку 1.4.

Одним із ключових напрямів удосконалення інформаційної технології роботи з вагонами власності підприємств є автоматизація процесів реєстрації та перереєстрації власного рухомого складу на основі взаємодії автоматизованих робочих місць мережевого рівня та залізниць України.

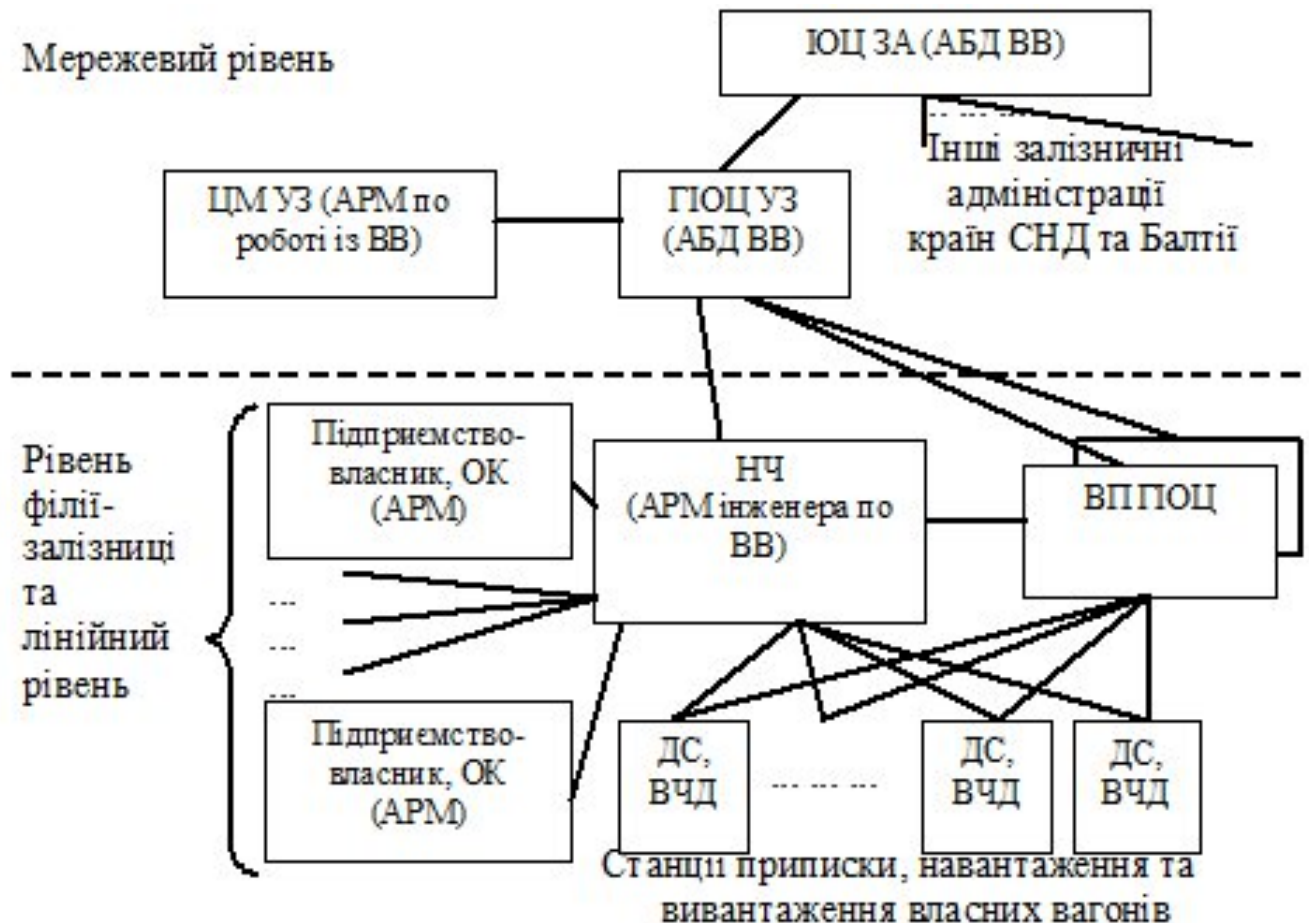


Рисунок 1.4 - Структурна схема інформаційно-технологічної взаємодії підприємств-власників з структурними та виробничими підрозділами залізниць України при перевезеннях парком вагонів різних власників

Підприємство-власник вагонного парку формує за допомогою автоматизованого робочого місця заявку на реєстрацію вагонів, дотримуючись принципу одноразового введення інформації до автоматизованої системи керування вагонним парком УЗ. До системи вносяться дані про рід вагона, його номер і заводський номер, технічні характеристики, перелік вантажів, дозволених до перевезення, полігон курсування із зазначенням станцій

навантаження та вивантаження, дати побудови, проведення капітального та деповського ремонтів, а також код і назва станції приписки відповідно до встановленої форми. До заявки додаються супровідні документи, зокрема технічний паспорт вагона, договір із вагонобудівним підприємством та акт приймання-передачі вагона на станції приписки.

Після надходження зазначених документів до автоматизованого робочого місця служби статистики залізниці інженер, відповідальний за роботу з вагонами власності підприємств, здійснює перевірку повноти та достовірності поданих відомостей. У разі виявлення помилок або невідповідностей до електронної бази вносяться необхідні коригування. Переліки вагонів, які власник планує використовувати для перевезень коліями загального користування, проходять аналіз у відповідних структурних підрозділах УЗ (ЦД, ЦІТ та ЦД). На цьому етапі розглядається й погоджується полігон курсування вагонів. Контрольні та перевірочні процедури виконуються із застосуванням спеціалізованих автоматизованих робочих місць, що функціонують у ЦМ.

Функції присвоєння номерів вагонам, ведення централізованої бази даних власних вантажних вагонів та єдиного довідника підприємств-власників рухомого складу покладаються на ІОЦ ЗА. ГІОЦ формує та передає до ІОЦ ЗА оброблені заявки щодо реєстрації вагонів, які належать підприємствам, організаціям і фізичним особам.

Після присвоєння номерів власним вагонам та реєстрації нових власників із ІОЦ ЗА до автоматизованого робочого місця ГІОЦ УЗ надходить повідомлення про закріплені номери. На підставі цієї інформації формується коригувальний файл, який використовується для внесення змін до автоматизованої бази даних власних вагонів.

У ГІОЦ функціонує автоматизоване робоче місце для ведення центральної картотеки власних вагонів, що містить технічні характеристики рухомого складу, інформацію про види перевезених вантажів та полігони курсування. Зазначена система забезпечує введення, перегляд, редагування інформації, а також формування довідкових матеріалів щодо вагонів власності підприємств.

2 Удосконалення системи управління парком вантажних вагонів різних форм власності

2.1 Аналіз використання вантажних вагонів різних форм власності на залізницях України

В Україні спостерігається поступовий розвиток ринку транспортних послуг, у межах якого функціонують операторські компанії — власники рухомого складу різних форм власності. Значну частку вагонного парку становлять вагони державних вагонних компаній. Загальна кількість вагонів із ознакою ЦТЛ становить близько 87,5 тис. одиниць. У структурі цього парку 0,7 % припадає на криті вагони з нумерацією на цифру «5», 5,8 % — на криті вагони з нумерацією на «2», 49,6 % складають піввагони з нумерацією на «6», 1,2 % — піввагони на «5», 8,3 % — цистерни, 0,2 % — рефрижераторні вагони, а 34,1 % становлять інші типи рухомого складу.

Із загальної кількості вагонів приблизно 70 % перебувають у робочому парку, тоді як близько 30 % знаходяться у неробочому стані. Найбільша частка вагонів належить окремим філіям та структурним підрозділам УЗ. Зокрема, 11,4% вагонного парку експлуатується філією «Стрийський вагоноремонтний завод», 25,9 % — філією «Панютинський вагоноремонтний завод», 9,9 % — філією «Рефрижераторна вагонна компанія», 0,4 % — Центром транспортного сервісу «Ліски», 26,7 % — філією «Дарницький вагоноремонтний завод», а 12,2 % вагонів перебувають безпосередньо у підпорядкуванні ЦТЛ.

Відповідно до статті 95 Цивільного кодексу України регіональні філії та інші структурні підрозділи наділяються майном юридичної особи, яка їх створила. У даному випадку йдеться про вантажні вагони, експлуатацію, утримання та ремонт яких здійснюють відповідні підрозділи.

Результати аналізу технічного стану рухомого складу державних вагонних компаній із ознакою ЦТЛ станом на 11.03.2023 року наведено у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Аналіз стану рухомого складу Державних вагонних компаній
з ознакою ЦТЛ

Парк	Під-приємство	Всі вагони	КР «5»	КР «2»	ПВ «6»	ПВ «5»	ЦС	РФ	Інші
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Всього	ВСІ	87538	583	5061	43452	1070	7282	205	29885
	СВРЗ	10011	0	0	582	219	641	0	8569
	УСВ	22645	0	0	20696	1	0	0	1948
	УРТ	8668	583	5024	0	0	0	203	2858
	Ліски	389	0	0	0	0	0	0	389
	ДВРЗ	23408	0	0	21078	850	0	0	1480
	ЦТЛ	10683	0	0	0	0	0	0	10683
Робочий парк	ВСІ	61240	520	2962	28957	778	2929	126	24968
	СВРЗ	7301	0	0	572	203	127	0	6399
	УСВ	16063	0	0	14210	1	0	0	1852
	УРТ	5734	520	2944	0	0	0	125	2145
	Ліски	226	0	0	0	0	0	0	226
	ДВРЗ	14879	0	0	13162	574	0	0	1143
	ЦТЛ	10168	0	0	0	0	0	0	10168
Неробочий парк	ВСІ	26298	63	2099	14495	292	4353	79	4917
	СВРЗ	2710	0	0	10	16	514	0	2170
	УСВ	6582	0	0	6486	0	0	0	96
	УРТ	2934	63	2080	0	0	0	78	713
	Ліски	163	0	0	0	0	0	0	163
	ДВРЗ	8529	0	0	7916	276	0	0	337
	ЦТЛ	515	0	0	0	0	0	0	515

Результати аналізу технічного та експлуатаційного стану рухомого складу державних вагонних компаній із ознакою ЦТЛ подано на рисунку 2.1.

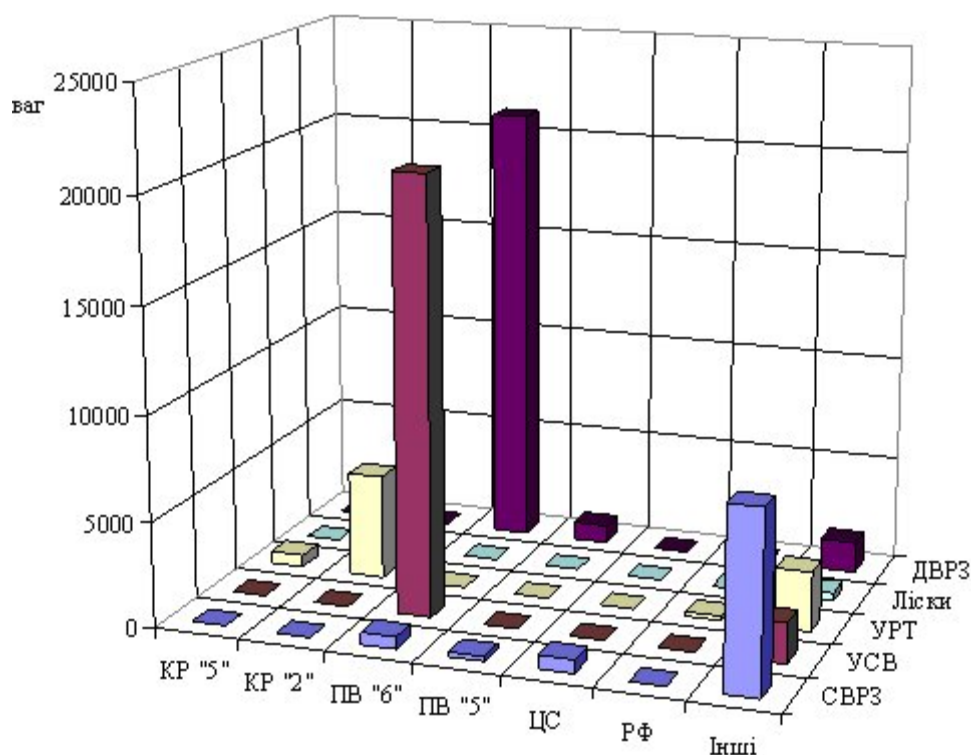


Рисунок 2.1 – Аналіз стану рухомого складу Державних вагонних компаній з ознакою ЦТЛ

Протягом перших чотирьох місяців 2026 року в Україні всіма видами транспорту було перевезено 104,4 млн тонн вантажів, що на 5 % перевищує показник аналогічного періоду 2025 року. При цьому провідну роль у транспортно-логістичній системі країни продовжують відігравати залізничний та автомобільний транспорт.

Обсяг перевезень залізничним транспортом становив 47,9 млн тонн, що відповідає зростанню на 1,7 %, тоді як автомобільним транспортом перевезено 45,9 млн тонн, що демонструє більш динамічне зростання — на 18,1 %.

Після періоду значного скорочення перевезень у попередні роки (зокрема, у 2025 році загальний обсяг становив 322,2 млн тонн), у 2026 році спостерігається поступове відновлення вантажопотоків. Основними чинниками позитивної динаміки є збільшення обсягів експорту аграрної продукції та металургійної продукції.

Аналіз залізничних вантажних перевезень свідчить про загальне зниження їх обсягів. У 2025 році Ukrzaliznytsia перевезла 161,3 млн тонн вантажів, що на 8 % менше порівняно з 2024 роком і майже у два рази нижче довоєнного рівня 2021 року.

Структура перевезень за видами сполучень у 2024–2025 роках характеризується такими тенденціями. Обсяг внутрішніх перевезень стабілізувався на рівні близько 74,5 млн тонн. Експортні перевезення залишаються основним драйвером вантажопотоків і становлять близько 74 млн тонн, що відповідає приблизно 46 % загального обсягу. Імпортні перевезення зросли до 12,3 млн тонн, що пов'язано з активізацією будівельної галузі. Водночас транзитні перевезення скоротилися до мінімального рівня — близько 0,5 млн тонн.

Ринок вантажних вагонів в Україні функціонує в умовах поділу рухомого складу на парк Ukrzaliznytsia та приватний вагонний парк, що належить промисловим холдингам, експедиторським і лізинговим компаніям.

Вагони Ukrzaliznytsia переважно використовуються для перевезення соціально значущих та масових вантажів, таких як вугілля, щебінь і будівельні матеріали. Їх експлуатація здійснюється через централізовану систему управління з регульованими ставками плати за використання.

Приватний вагонний парк, у свою чергу, забезпечує перевезення переважно високомаржинальних вантажів, зокрема зернових культур, залізної руди та чорних металів. Такий рухомий склад характеризується підвищеною ефективністю використання, однак його експлуатація потребує обов'язкового погодження маршрутів та офіційної реєстрації прав відповідно до чинних договірних умов.

Зміна структури вантажопотоків свідчить про перегляд пріоритетів у перевезеннях. Зокрема, обсяги транспортування мінерально-будівельних матеріалів зросли до 31,2 млн тонн, уперше перевищивши показники зернових вантажів. Така динаміка пояснюється зростанням внутрішнього попиту, пов'язаного з відновленням та розвитком інфраструктурних об'єктів.

Водночас у сегменті зернових вантажів спостерігається суттєве скорочення перевезень — до 28,8 млн тонн, що на 27,3 % менше попереднього рівня. Основною причиною зниження є вичерпання запасів попередніх врожаїв та відповідне зменшення експортного ресурсу.

Окремо слід відзначити регуляторні зміни на ринку перевезень. З метою підвищення прозорості та ефективності функціонування вагонного парку Ukrzaliznytsia запровадила оновлені правила використання як власних, так і приватних порожніх вагонів. Це посилило контроль за їх переміщенням на території України та сприяло більш чіткому обліку рухомого складу.

Таблиця 2.3 - Аналіз обсягів перевезень вагонами різної форми власності в межах України вантажів за 2025 р.

Місяць 2025 р.	Обсяги перевезень за видами сполучень, млн.тонн			
	Експорт	Імпорт	Транзит	Внутрішньо- державне
1	2	3	4	5
01	9,496	3,225	1,579	14,024
02	9,084	2,804	1,490	12,054
03	11,114	3,118	1,983	12,785
04	10,704	3,112	1,629	12,329
05	10,302	3,406	1,489	13,539
06	8,631	3,448	1,539	13,399
07	8,431	3,716	1,478	14,162
08	9,892	3,703	1,683	13,790
09	9,427	3,876	1,554	13,041
10	9,556	4,437	1,808	14,085
11	9,586	4,341	1,764	13,679
12	9,899	4,684	1,559	13,389

2.2 Визначення потреби в парку вагонів при перевезеннях парком вантажних вагонів різних власників

Визначення потреби у вагонному парку при перевезеннях із використанням рухомого складу операторських компаній-власників (ОК) може бути виконане за допомогою відповідної розрахункової залежності [8]:

$$N_{номр} = \frac{Q \cdot t_{об}}{q \cdot T \cdot k_{вик}}, \quad (2.1)$$

де Q - обсяг перевезень за розрахунковий період, т;

$t_{об}$ - повний оборот вагона, діб;

q - середня статична вантажопідйомність вагона, т;

T - тривалість розрахункового періоду, діб;

$k_{вик}$ - коефіцієнт використання вагонного парку.

Під оборотом вагона слід розуміти тривалість повного технологічного циклу виконання вантажних перевезень операторськими компаніями-власниками вагонів у часовому вимірі. Інакше кажучи, це проміжок календарного часу, що охоплює період від початку першої операції — завантаження вагона — до завершення останньої операції, а саме повернення порожнього вагона після вивантаження на станцію наступного навантаження.

Показник обороту вагона може бути описаний із використанням апарату мереж Петрі як для умов випадкового характеру роботи, так і для перевезень, що здійснюються з дотриманням певної ритмічності та графіків доставки вантажів «до визначеного терміну».

Розрахунок потреби у вагонному парку під час виконання міжнародних вантажних перевезень із використанням власного рухомого складу операторських компаній та залежність цієї потреби від нормативного часу обігу вагона при перевезеннях між станціями О та Х-С наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Визначення потреби у вагонному парку для міжнародних вантажних перевезень власними вагонами операторських компаній залежно від нормативного обігу вагона

Станція навантаження	Назва вантажу	Середнього- довий обсяг перевезень, тонн	Потрібний парк вагонів									
			Обіг вагона, діб									
			2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
Х-С	Брухт чорних металів	36732	6	11	16	22	27	32	38	43	48	54
	Машини та устаткування	4971	1	2	3	3	4	5	5	6	7	8

Наявний вагонний парк на теперішній час забезпечує виконання необхідних обсягів перевезень. Водночас рівень зношеності вагонів становить близько 70 %, що свідчить про значне технічне старіння рухомого складу. За умов збільшення обсягів перевезень та скорочення кількості вагонів інвентарного парку Укрзалізниця може виникнути дефіцит вагонного забезпечення.

3 Удосконалення моделі організації маршруту з груп вагонів різних власників на мережі залізничного транспорту України

3.1 Обґрунтування напрямку дослідження щодо підвищення ефективності використання інфраструктури вантажної станції

Комплексний аналіз функціонування інфраструктурних елементів вантажних станцій виконується з урахуванням експлуатації вагонів різних форм власності та спрямований на вдосконалення обслуговування вантажовідправників і вантажоодержувачів. Основною метою є забезпечення раціонального використання технічних засобів станції та мінімізація експлуатаційних витрат у процесі організації перевезень.

Під час формування моделей взаємодії вантажної станції з клієнтами доцільно використовувати методи динамічного програмування, дискретної математики та математичного моделювання. Їх застосування створює умови для оптимізації технологічних операцій, пов'язаних із переробкою вагонопотоків, а також для підвищення ефективності використання станційної інфраструктури.

Розвиток інформаційних технологій управління станційними процесами та систем доставки вантажів вимагає застосування методів теорії прийняття рішень і економічного аналізу. Це дозволяє обґрунтовувати найбільш ефективні режими функціонування вантажних станцій залежно від інтенсивності вагонопотоків та умов експлуатації технічних засобів.

На відміну від традиційних підходів, у дослідженні продуктивність елементів інфраструктури вантажної станції - колійного розвитку, сортувальних засобів, перевантажувальної техніки, маневрових локомотивів і рухомого складу розглядається через співвідношення між плановими обсягами вагонопотоків та експлуатаційними витратами. Такий підхід забезпечує надійне обслуговування вантажовласників при одночасному скороченні витрат на організацію перевізного процесу.

Залежно від параметрів вагонопотоків та рівня завантаження технічних засобів формується перспективне, річне, місячне та оперативне планування роботи станцій, а також визначається технологічна взаємодія між елементами інфраструктури сортувальних і вантажних станцій залізничної мережі України.

3.2 Удосконалення моделі підвищення ефективності функціонування вантажної станції при міжнародних перевезеннях власним вагонним парком

У процесі планування формування поїздів маневровий диспетчер вантажної станції Х-С використовує дані щодо залишку вагонів на коліях сортувального парку, кількості вагонів на вантажних фронтах, стану навантажувально-розвантажувальних робіт та інформацію про підхід порожніх напіввагонів. На підставі отриманої інформації приймаються рішення стосовно формування маршрутів і порядку їх відправлення.

Якщо на станції недостатньо вагонів для формування повносоставного маршруту, організовується багатоступенева схема поїздоутворення. Початкова частина маршруту накопичується та відправляється із сортувальної станції О, після чого на станції Х-С здійснюється доформування состава до встановлених параметрів довжини або маси. До завершення цієї операції вагонна група повинна бути підготовлена до відправлення. Після закінчення формування состав подається на технічну та комерційну обробку, тривалість якої складає близько 0,5 години.

Відповідно до плану формування поїздів станція також забезпечує організацію технологічних маршрутів призначенням на сортувальну станцію О. Після погодження з черговим по дирекції перевезень наскрізні або кільцеві маршрути можуть бути спрямовані і на інші станції мережі.

Для оцінювання ефективності використання кільцевих та технологічних маршрутів при перевезенні масових вантажів запропоновано застосування мереж Петрі з елементами нечіткого логічного висновку. Такий підхід дозволяє визначати доцільність використання маршрутних перевезень у порівнянні з

перевезенням окремих вагонів або вагонних груп за критеріями часу доставки, рівня витрат і використання технічних ресурсів.

Кільцеві маршрути, сформовані у вигляді поїздів сталої маси або довжини, здійснюють безперервний обіг між станціями навантаження та вивантаження без розформування на проміжних станціях. Для їх організації можуть використовуватися як універсальні, так і спеціалізовані типи вагонів.

У дослідженні враховано, що найбільш економічно ефективною є схема доставки вантажів без перевантаження в дорозі за принципом «під'їзна колія – магістральна мережа – під'їзна колія». Координація роботи під'їзних колій підприємств та станцій примикання забезпечується на основі добових планів-графіків у межах Єдиного технологічного процесу.

Формування маршрутів із груп вагонів різних власників може здійснюватися перевізником, оператором рухомого складу, структурними підрозділами залізниці або вантажовідправниками на під'їзних чи станційних коліях. У межах дослідження враховуються такі категорії маршрутів:

- прямі маршрути оператора магістральної залізничної мережі;
- ступінчасті маршрути, організовані відповідно до договорів експлуатації під'їзних колій;
- маршрути до станцій або пунктів розпилення;
- маршрути на розподільні та вхідні станції паливних вантажів.

Частка порожнього пробігу досягла 40,9 %, збільшившись на 0,3 %. Зниження середньої маси маршрутних поїздів пояснюється застосуванням паралельних вагових норм та необхідністю виконання операцій із причеплення і відчеплення окремих вагонних груп на окремих напрямках.

Вибір маршрутних призначень доцільно здійснювати на основі техніко-економічного порівняння альтернативних варіантів організації перевезень. У маркетинговій підсистемі АСК ВП УЗ-Є задається календарна періодичність курсування маршрутів за постійними графіками, а також забезпечується можливість об'єднання суміжних ділянок роботи локомотивних бригад для прискорення доставки вантажів і збільшення маси поїздів.

У процесі моніторингу маршрутних перевезень необхідно враховувати наявність вагонного парку різних операторських компаній, технічну продуктивність елементів інфраструктури та пропускну спроможність залізничних напрямків. Оптимізація маршрутизації базується на використанні оціночних функцій витрат, що формуються на основі інформаційних баз автоматизованих систем управління перевезеннями.

Для моделювання маршрутних перевезень запропоновано застосування кольорових мереж Петрі. Зважаючи на неоднорідність перевізних процесів, наявність часових затримок, пріоритетів та різних видів витрат, такий підхід дозволяє формалізовано описувати технологічні операції. Наприклад, операції навантаження можуть позначатися червоним кольором, а операції вивантаження синім.

Використання мереж Петрі забезпечує можливість моделювання процесів підвищення ефективності роботи вантажних станцій при міжнародних перевезеннях власним вагонним парком, організації наскрізних повновагових маршрутів та доставки вантажів технологічними маршрутами з мінімальною кількістю переробок. Це сприяє скороченню простою вагонів та підвищенню ефективності функціонування перевізного процесу загалом.

Для складання диференціальних рівнянь попередньо визначається значення параметра, що характеризує зміну стану системи λ_i

$$\lambda_i = \frac{1}{t_i} \quad (3.1)$$

де t_i – тривалість зміни стану системи визначається часовими параметрами виконання технологічних операцій.

Графічна модель руху маршрутних поїздів від станції навантаження (або пункту приймання на прикордонному контрольному пункті) до станції вивантаження мережею залізниць формується з урахуванням виконання митних операцій та інших технологічних процедур у процесі перевезення (Рис. 3.1).

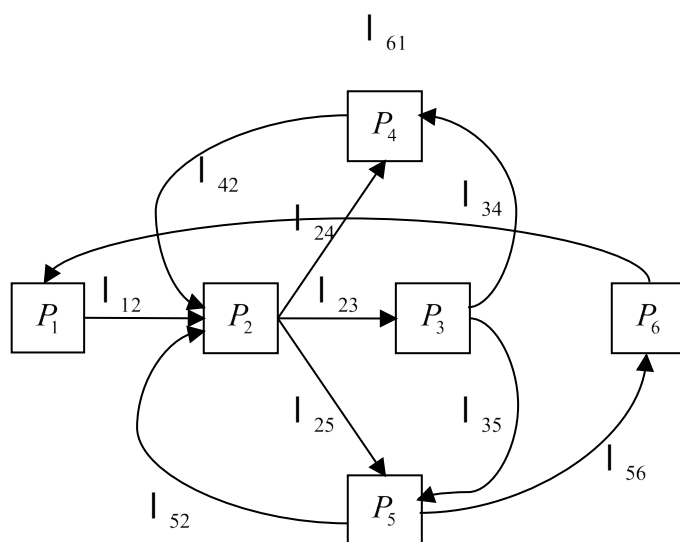


Рисунок 3.1 - Графічна модель руху маршрутних поїздів зі станції навантаження (приймання на прикордонному пункті контролю) до станції вивантаження з урахуванням митних операцій

Позначення до рис. 3.1:

P_1 - перебування маршруту під навантаженням або прийманням на прикордонній станції;

P_2 - перебування маршруту на станції відправлення;

P_3 - прямування маршруту ділянками залізничної мережі;

P_4 - перебування маршруту на технічних станціях;

P_5 - перебування маршруту на станції переходу або в порту;

P_6 - виконання передавальних та митних операцій.

Для опису процесу переходу маршрутного поїзда між окремими станами системи використовується система диференціальних рівнянь Колмогорова, яка має вигляд:

$$\frac{dP_i(t)}{dt} = \sum \lambda_{ji} P_j(t) - \sum \lambda_{ij} P_i(t) , \quad (3.2)$$

де $P_i(t)$ - імовірність перебування маршруту у i -му стані в момент часу t ;

λ_{ij} - інтенсивність переходу системи зі стану i у стан j ;

λ_{ji} - інтенсивність переходу зі стану j у стан i .

$$\left. \begin{aligned}
\frac{dP_1}{dt} &= \lambda_{61}P_6 - \lambda_{12}P_2; \\
\frac{dP_2}{dt} &= \lambda_{42}P_4 + \lambda_{52}P_5 + \lambda_{12}P_1 - \lambda_{23}P_2 - \lambda_{24}P_2 - \lambda_{25}P_2 = \\
&= \lambda_{42}P_4 + \lambda_{52}P_5 + \lambda_{12}P_1 - P_2(\lambda_{23} + \lambda_{24} + \lambda_{25}); \\
\frac{dP_3}{dt} &= \lambda_{23}P_2 - \lambda_{34}P_3 - \lambda_{35}P_3; \\
\frac{dP_4}{dt} &= \lambda_{24}P_2 + \lambda_{34}P_3 - \lambda_{42}P_4; \\
\frac{dP_5}{dt} &= \lambda_{25}P_2 + \lambda_{35}P_3 - \lambda_{52}P_5 - \lambda_{56}P_5; \\
\frac{dP_6}{dt} &= \lambda_{56}P_5 - \lambda_{61}P_6.
\end{aligned} \right\} \quad (3.3)$$

Умова нормування ймовірностей.

$$P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 = 1.$$

Виключимо з системи, як найбільш складне, друге рівняння, а замість нього підставимо

$$P_2 = 1 - (P_1 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6).$$

Тоді система рівнянь прийме вигляд:

$$\left. \begin{aligned}
\frac{dP_1}{dt} &= \lambda_{61}P_6 - \lambda_{12}[1 - (P_1 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6)]; \\
\frac{dP_3}{dt} &= \lambda_{23}[1 - (P_1 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6)] - \lambda_{34}P_3 - \lambda_{35}P_3; \\
\frac{dP_4}{dt} &= \lambda_{24}[1 - (P_1 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6)] + \lambda_{34}P_3 - \lambda_{42}P_4; \\
\frac{dP_5}{dt} &= \lambda_{25}[1 - (P_1 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6)] + \lambda_{35}P_3 - \lambda_{52}P_5 - \lambda_{56}P_5; \\
\frac{dP_6}{dt} &= \lambda_{56}P_5 - \lambda_{61}P_6.
\end{aligned} \right\} \quad (3.4)$$

Система досліджується за початковими умовами:

$$t = 0; P_1 = 1; P_3 = P_4 = P_5 = P_6 = 0.$$

Використовуючи метод середніх характеристик динаміки процесу, систему диференціальних рівнянь можна подати у такому вигляді:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dm_1}{dt} &= \lambda_{61}m_6 - \lambda_{12}m_2; \\ \frac{dm_2}{dt} &= \lambda_{42}m_4 + \lambda_{52}m_5 + \lambda_{12}m_1 - \lambda_{23}m_2 - \lambda_{24}m_2 - \lambda_{25}m_2 = \\ &= \lambda_{42}m_4 + \lambda_{52}m_5 + \lambda_{12}m_1 - m_2(\lambda_{23} + \lambda_{24} + \lambda_{25}); \\ \frac{dm_3}{dt} &= \lambda_{23}m_2 - \lambda_{34}m_3 - \lambda_{35}m_3; \\ \frac{dm_4}{dt} &= \lambda_{24}m_2 + \lambda_{34}m_3 - \lambda_{42}m_4; \\ \frac{dm_5}{dt} &= \lambda_{25}m_2 + \lambda_{35}m_3 - \lambda_{52}m_5 - \lambda_{56}m_5; \\ \frac{dm_6}{dt} &= \lambda_{56}m_5 - \lambda_{61}m_6. \end{aligned} \right\} \quad (3.5)$$

Нормувальна умова

$$m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + m_6 = N,$$

де $m_1, m_2, m_3, m_4, m_5, m_6$ - середні чисельності станів маршруту.

Виключимо з системи друге рівняння та замість m_2 підставимо вираз

$$m_2 = N - (m_1 + m_3 + m_4 + m_5 + m_6).$$

Отримаємо систему з п'яти диференціальних рівнянь динаміки середніх:

$$\left. \begin{aligned}
\frac{dm_1}{dt} &= \lambda_{61}m_6 - \lambda_{12}[N - (m_1 + m_3 + m_4 + m_5 + m_6)]; \\
\frac{dm_3}{dt} &= \lambda_{23}[N - (m_1 + m_3 + m_4 + m_5 + m_6)] - \lambda_{34}m_3 - \lambda_{35}m_3; \\
\frac{dm_4}{dt} &= \lambda_{24}[N - (m_1 + m_3 + m_4 + m_5 + m_6)] + \lambda_{34}m_3 - \lambda_{42}m_4; \\
\frac{dm_5}{dt} &= \lambda_{25}[N - (m_1 + m_3 + m_4 + m_5 + m_6)] + \lambda_{35}m_3 - \lambda_{52}m_5 - \lambda_{56}m_5; \\
\frac{dm_6}{dt} &= \lambda_{56}m_5 - \lambda_{61}m_6.
\end{aligned} \right\} (3.6)$$

Сформована система диференціальних рівнянь, що описує динаміку середніх значень параметрів, розв'язується за заданих початкових умов:

$$t = 0; m_1 = 1; m_3 = m_4 = m_5 = m_6 = 0.$$

Розв'язання наведеної системи диференціальних рівнянь виконується шляхом її інтегрування за заданих початкових значень параметрів системи ($N, \lambda_{12}, \lambda_{23}, \lambda_{24}, \lambda_{25}, \lambda_{34}, \lambda_{35}, \lambda_{42}, \lambda_{52}, \lambda_{56}, \lambda_{61}$) найбільш ефективно виконання таких розрахунків здійснюється із застосуванням ПЕОМ. Аналіз складних систем диференціальних рівнянь методами Рунге–Кутта–Фельдберга, Рунге–Кутта–Мерсона та методом трапецій дозволяє визначати проблемні елементи в організації та технології просування відправницьких маршрутних поїздів.

Основний комплекс транспортно-логістичних послуг надається на станціях навантаження та вивантаження як для маршрутних поїздів, так і для окремих вагонів або вагонних груп. Доцільним є розгляд цих послуг у взаємозв'язку з послідовністю виконання технологічних операцій і процесом оперативного планування роботи вантажної станції.

На рисунку 3.2 наведено схему ресурсозберігаючої технології переробки вантажопотоку у виробничому підрозділі Укрзалізниця. Для кожної технологічної операції враховуються тривалість очікування її виконання, можливі варіанти зміни послідовності операцій, а також напрями використання порожніх вагонів різних власників під навантаження та вивантаження.

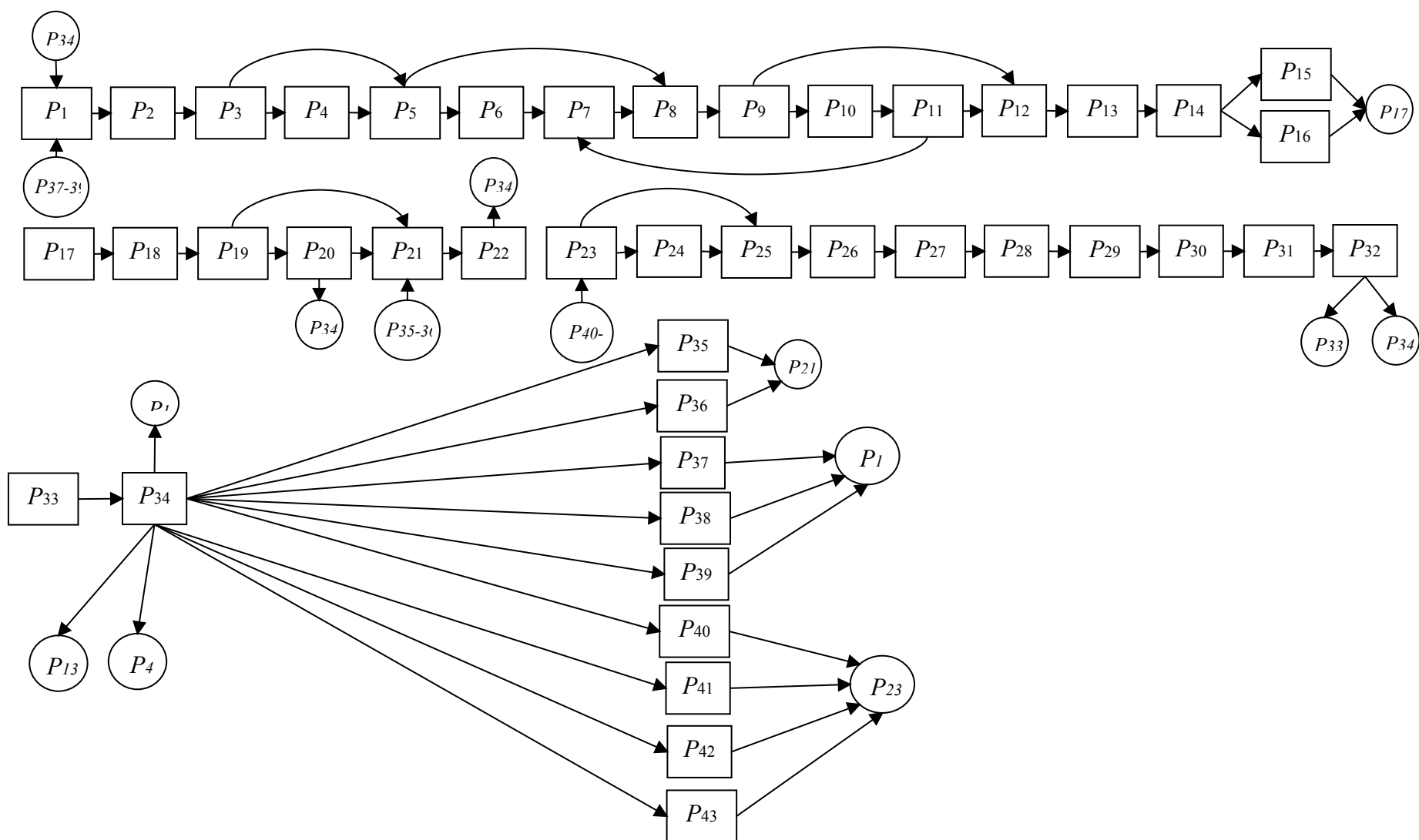


Рисунок 3.2 - Транспортно-логістична модель організації технології підвищення ефективності функціонування вантажної станції під час здійснення вантажних перевезень парком вагонів різних власників

Кількісні параметри та умовні позначення технологічних процесів наведені для вантажної станції Х-С під час здійснення вантажних перевезень із використанням вагонів різних власників за двома варіантами технологічної організації роботи. Перший варіант враховує повний комплекс технологічних операцій, тоді як другий передбачає автоматизацію процесів зважування вагонів.

Запропонована транспортно-логістична схема дозволяє виконувати імітаційне моделювання комплексу технологічних операцій, що здійснюються на вантажній та промисловій станціях оператора перевезень, а саме:

- 1) операції з формування та навантаження відправницького маршруту із спеціалізованих порожніх вагонів ($P1 - P22$, $P34$) з подальшим відправленням;
- 2) операції з навантаження окремого вагона або групи вагонів ($P1 - P20$, $P34$);
- 3) операції з вивантаження групи вагонів або маршрутного поїзда, що прибуває під вивантаження, з подальшим відправленням зі станції ($P23 - P34$, $P13 - P22$);
- 4) суміщені операції вивантаження та повторного навантаження універсальних вагонів ($P23 - P34$, $P1 - P22$);
- 5) операції з причеплення та відчеплення навантажених або порожніх вагонів у складі транзитних поїздів ($P35$, $P36$);
- 6) операції, пов'язані з плануванням подальшого використання рухомого складу після завершення вивантаження ($P37 - P43$).

Система диференціальних рівнянь Колмогорова, що описує виконання зазначених технологічних операцій, має такий вигляд:

$$\begin{aligned}
\frac{dP_1}{dt} &= \lambda_{12}P_1 - \lambda_{34-1}P_{34} - \lambda_{37-1}P_{37}; \\
\frac{dP_1}{dt} &= \lambda_{12}P_1 - \lambda_{34-1}P_{34} - \lambda_{38-1}P_{38} \\
\frac{dP_1}{dt} &= \lambda_{12}P_1 - \lambda_{34-1}P_{34} - \lambda_{39-1}P_{39} \\
\frac{dP_2}{dt} &= \lambda_{12}P_2; \\
\frac{dP_3}{dt} &= \lambda_{23}P_3 - \lambda_{34-3}P_{34}; \\
\frac{dP_4}{dt} &= \lambda_{34}P_4; \\
\frac{dP_5}{dt} &= \lambda_{45}P_5; \\
\frac{dP_6}{dt} &= \lambda_{56}P_6; \\
\frac{dP_7}{dt} &= \lambda_{67}P_7 - \lambda_{11-7}P_{11} + \lambda_{74}P_7; \\
\frac{dP_8}{dt} &= \lambda_{78}P_8 - \lambda_{87}P_9 + \lambda_{78}P_7; \\
\frac{dP_9}{dt} &= \lambda_{89}P_8 - \lambda_{98}P_9 + \lambda_{89}P_8; \\
\frac{dP_{10}}{dt} &= \lambda_{9-10}P_9 - \lambda_{10-9}P_{10} + \lambda_{9-10}P_9; \\
\frac{dP_{11}}{dt} &= \lambda_{10-11}P_{11} - \lambda_{10-11}P_{10} + \lambda_{10-11}P_{10}; \\
\frac{dP_{12}}{dt} &= \lambda_{11-12}P_{12} - \lambda_{12-11}P_{11}; \\
\frac{dP_{13}}{dt} &= \lambda_{12-13}P_{13} - \lambda_{34-13}P_{13} + \lambda_{12-13}P_{12}; \\
\frac{dP_{14}}{dt} &= \lambda_{13-14}P_{14} - \lambda_{15-14}P_{15} + \lambda_{14-15}P_{17}; \\
\frac{dP_{15}}{dt} &= \lambda_{15-17}P_{15} - \lambda_{15-16}P_{16}; \\
\frac{dP_{16}}{dt} &= \lambda_{15-16}P_{16} - \lambda_{16-14}P_{15} + \lambda_{16-17}P_{16}; \\
\frac{dP_{17}}{dt} &= \lambda_{16-17}P_{17} - \lambda_{15-17}P_{17} + \lambda_{16-17}P_{16}; \\
\frac{dP_{18}}{dt} &= \lambda_{17-18}P_{18}; \\
\frac{dP_{19}}{dt} &= \lambda_{18-19}P_{19}; \\
\frac{dP_{20}}{dt} &= \lambda_{19-20}P_{20} - \lambda_{20-34}P_{21} - \lambda_{20-34}P_{20}; \\
\frac{dP_{21}}{dt} &= \lambda_{20-21}P_{21}; \\
\frac{dP_{22}}{dt} &= \lambda_{21-22}P_{22} - \lambda_{22-21}P_{21} + \lambda_{22-34}P_{22}; \\
\frac{dP_{23}}{dt} &= \lambda_{23-24}P_{23} - \lambda_{39}P_{23} + \lambda_{23-24}P_{23}; \\
\frac{dP_{24}}{dt} &= \lambda_{23-24}P_{24} - \lambda_{23-25}P_{25} + \lambda_{23-24}P_{25}; \\
\frac{dP_{25}}{dt} &= \lambda_{24-25}P_{25}; \\
\frac{dP_{26}}{dt} &= \lambda_{25-26}P_{26}; \\
\frac{dP_{27}}{dt} &= \lambda_{26-27}P_{27}; \\
\frac{dP_{28}}{dt} &= \lambda_{27-28}P_{28}; \\
\frac{dP_{29}}{dt} &= \lambda_{28-29}P_{29}; \\
\frac{dP_{30}}{dt} &= \lambda_{29-30}P_{30}; \\
\frac{dP_{31}}{dt} &= \lambda_{30-31}P_{31}; \\
\frac{dP_{32}}{dt} &= \lambda_{31-32}P_{32} - \lambda_{32-33}P_{33} + \lambda_{31-32}P_{32}; \\
\frac{dP_{33}}{dt} &= \lambda_{32-33}P_{33} - \lambda_{34-33}P_{34} + \lambda_{32-34}P_{34}; \\
(3.6) \quad \frac{dP_{34}}{dt} &= \lambda_{29-34}P_{34} - \lambda_{34-29}P_{29} + \lambda_{29-34}P_{29}; \\
\frac{dP_{35}}{dt} &= \lambda_{34-35}P_{35} - \lambda_{35-21}P_{21}; \\
\frac{dP_{36}}{dt} &= \lambda_{34-36}P_{36} - \lambda_{36-21}P_{21}; \\
\frac{dP_{37}}{dt} &= \lambda_{34-37}P_{37} - \lambda_{37-1}P_1; \\
\frac{dP_{38}}{dt} &= \lambda_{34-38}P_{38} - \lambda_{38-1}P_1; \\
\frac{dP_{39}}{dt} &= \lambda_{34-39}P_{39} - \lambda_{39-1}P_1; \\
\frac{dP_{40}}{dt} &= \lambda_{34-40}P_{40} - \lambda_{40-23}P_{23}; \\
\frac{dP_{41}}{dt} &= \lambda_{34-41}P_{41} - \lambda_{41-23}P_{23}; \\
\frac{dP_{42}}{dt} &= \lambda_{34-42}P_{42} - \lambda_{42-23}P_{23}; \\
\frac{dP_{43}}{dt} &= \lambda_{34-43}P_{43} - \lambda_{43-23}P_{23}.
\end{aligned}$$

Умова нормування для процесів із виконанням подвійних вантажних операцій
(1 варіант):

$$P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 + P_7 + P_8 + P_9 + P_{10} + P_{11} + P_{12} + P_{13} + P_{14} + P_{15} + P_{17} + P_{18} + P_{19} + P_{20} + P_{21} + P_{22} + P_{23} + P_{24} + P_{25} + P_{26} + P_{27} + P_{28} + P_{29} + P_{30} + P_{31} + P_{32} + P_{33} + P_{34} + P_{35} + P_{36} + P_{37} = 2$$

Умова нормування для процесів із виконанням подвійних вантажних операцій
(2 варіант):

$$P_1 + P_2 + P_3 + P_5 + P_7 + P_8 + P_9 + P_{12} + P_{13} + P_{14} + P_{15} + P_{16} + P_{17} + P_{18} + P_{19} + P_{21} + P_{22} + P_{23} + P_{25} + P_{26} + P_{27} + P_{28} + P_{29} + P_{30} + P_{31} + P_{32} + P_{33} + P_{34} + P_{37} = 2$$

Умова нормування для процесів «прибуття-навантаження-відправлення»:

$$P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 + P_7 + P_8 + P_9 + P_{10} + P_{11} + P_{12} + P_{13} + P_{14} + P_{15} + P_{16} + P_{17} + P_{18} + P_{19} + P_{20} + P_{21} + P_{22} + P_{34} + P_{40} = 1$$

Умова нормування для процесів «прибуття-вивантаження-відправлення»:

$$P_{23} + P_{24} + P_{25} + P_{26} + P_{27} + P_{28} + P_{29} + P_{30} + P_{31} + P_{32} + P_{33} + P_{13} + P_{14} + P_{15} + P_{17} + P_{18} + P_{19} + P_{20} + P_{21} + P_{22} + P_{34} + P_{38} = 1$$

Організація вагонопотоків із пунктів навантаження оператора перевезень формується з урахуванням двох рівнів планування: стратегічного (річного) та оперативного (місячного, декадного). Вихідні параметри приймаються відповідно до [33], де T характеризує тривалість періоду обігу маршруту: для року — 365 діб, місяця — 30 діб, декади — 10 діб, доби — 1 доба.

Час прямування визначається за електронною дорожньою картою окремо для кожної ділянки маршруту.

Модель підвищення ефективності роботи вантажної станції при вантажних перевезеннях парком вагонів різних власників описується як двоетапна стохастична задача з рекурсивною структурою та випадковими параметрами у правих частинах системи обмежень.

Задача полягає у мінімізації сукупних витрат, пов'язаних із формуванням і просуванням відправницького маршруту, очікуваних витрат на функціонування мережі, а також штрафних втрат за невиконання вимог та обслуговування інших вагонопотоків у напрямку проходження технологічного маршруту.

Змінні першого етапу позначимо n_j , а змінні рекурсії відповідно s_i^l та x_{ik}^l . Якщо задано поточний стан мережі $\{a_{ik}, y^0\}$, то задача полягає в мінімізації витрат на формування та слідування відправницького маршруту, очікуваних витрат на обслуговування мережі та умови штрафів за невиконання вимог q_i^+ , та інших вагонопотоків на векторі прямування технологічного маршруту.

При маршрутизації далі будуть i -категорії маршрутів:

- 1 – прямі маршрути оператора;
- 2 – східчасті маршрути по договорах на експлуатацію під'їзної колії або на подачу й прибирання вагонів;
- 3 – маршрути призначенням на станцію розпилення;
- 4 – маршрути на вхідні або розподільні станції.

$$E = \sum_{j=1}^r c_j n_j t_j + \sum_{l=1}^L p_l \left[\sum_{j=1}^r q_j \left(\sum_{i=1}^v \sum_{k \in K(i)} a_{kj} c_{ik} x_{ik} \right) + \sum_{i=1}^v q_i^+ s_i^l \right] \rightarrow \min, \quad (3.7)$$

За умови дотримання обмежень:

$$\left. \begin{aligned} \sum_{i=1}^m \sum_{k \in K(i)} a_{kj} x_{ik}^l &\leq n_j^0 + n_j, j = 1, \dots, r, \quad l = 1, \dots, L, \\ \sum_{k \in K(i)} x_{ik}^l + s_i^l &= d_i^l, i = 1, \dots, v, \quad l = 1, \dots, L, \\ 0 &\leq n_j \leq u_j, \\ s_i^l &\geq 0, x_{ik}^l \geq 0. \end{aligned} \right\} \quad (3.8)$$

де n – вагонопотік маршруту;

v – кількість пар вершин вектора мережі, які слід обслужити;

d – випадкова змінна вимог на обслуговування між парами вершин, які встановлюються за допомогою списку реалізацій або імовірностей;

L – кількість реалізацій;

p_i – імовірність виникнення сценарію;

d_i^l – i -та компонента вектору реалізації;

$K(i)$ – множина шляхів, які можна використати для виконання обслуговування між двома пунктами;

$a_k \in Z^n$ – вектор інциденції;

$$a_{kj} = \begin{cases} 1, j \in K \\ 0, j \notin K \end{cases}$$

$y^0 \in R^n$ – існуюча кількість маршрутів, які займають пропускну спроможність мережі;

s_i^l – кількість вимог, що не були виконані для сценарію r ;

q_i^+ – одиниця штрафних санкцій за невиконання вимоги s_i^l ;

x_{ik}^l – кількість з'єднань, що обслуговують пару i шляхом k для сценарію l .

Під час обґрунтування оптимального варіанта руху вагонопотоку в межах залізничної мережі від пункту відправлення до пункту призначення на етапі планування експлуатаційних витрат третя складова моделі не враховується, оскільки на цьому етапі відсутні достовірні дані щодо можливих відхилень від встановлених умов перевезення.

Перша складова математичної моделі включає сумарні витрати, пов'язані з початковими та кінцевими операціями транспортного процесу, зокрема виконання навантаження та вивантаження вагонів.

Друга складова характеризує витрати, що виникають безпосередньо під час переміщення вагонопотоку дільницями залізничної мережі.

Як приклад, при організації відправлення маршрутів за напрямком Х-С - Батьово-Експ. (довжина маршруту 1206 км) збільшення протяжності ділянки обігу локомотивів на 200 км забезпечує зростання економічного ефекту на 12,5 %. Для маршруту Х-С - Берегове-Експ. (відстань 522 км) відповідний ефект становить близько 11 %. У середньому по станції Х-С сумарний економічний ефект досягає 5,6%.

4 Удосконалення інформаційної технології керування станційними процесами при перевезеннях вагонним парком різних власників

4.1 Системний аналіз умов забезпечення стабільної доставки вантажів при узгодженні плану формування поїздів і графіка руху

Стабільність виконання вантажних перевезень у межах залізничної мережі визначається рівнем узгодженості між пропускними можливостями інфраструктури, параметрами вагонопотоків та прийнятою технологією організації руху. У таких умовах станція розглядається як вузловий елемент транспортної системи, що забезпечує перетворення вхідних потоків у регламентовані відправлення відповідно до плану формування поїздів.

Аналіз функціонування залізничної інфраструктури показує, що її ефективність формується під впливом кількох груп факторів: стабільності надходження вагонів, інтенсивності використання технічних засобів, рівня завантаження станційних пристроїв, надійності їх роботи та економічної доцільності експлуатації протягом життєвого циклу.

Управлінські рішення щодо розвитку інфраструктури приймаються на основі узагальнених показників використання колійного розвитку, сортувальних комплексів, маневрових засобів і рухомого складу. При цьому враховується як фактичне завантаження елементів системи, так і їх здатність забезпечувати задані обсяги перевезень без порушення технологічних нормативів.

Окрему увагу приділено аналізу експлуатаційних показників у розрізі різних часових інтервалів — від оперативного добового рівня до довгострокового планування. Такий підхід дозволяє виявляти тенденції зміни навантаження, оцінювати ефективність використання вагонних і локомотивних парків та формувати обґрунтовані рішення щодо їх оптимізації.

Пропускна спроможність залізничних напрямків розглядається у взаємозв'язку з можливостями станцій, ремонтної бази та пунктів технічного обслуговування. Це

дозволяє оцінювати систему не як сукупність окремих елементів, а як єдиний технологічний комплекс, у якому обмеження одного рівня впливають на загальну продуктивність перевезень.

Важливим напрямом аналізу є дослідження вагонних і локомотивних парків різних форм власності. Такий підхід враховує багатосуб'єктність сучасного перевізного процесу, де одночасно функціонують державні, приватні та операторські структури. Це потребує єдиної системи оцінювання їх участі у перевізному процесі та взаємодії в межах загальної інфраструктури.

Узагальнення результатів аналізу дозволяє сформувати систему показників, яка використовується для стратегічного та оперативного управління розвитком залізничної мережі, визначення потреб у модернізації технічних засобів та підвищення ефективності використання рухомого складу.

Для реалізації функцій управління вантажними перевезеннями необхідно формування єдиного інформаційного середовища, яке охоплює всі ключові об'єкти перевізного процесу. До таких об'єктів належать вантажі, перевізні документи, контейнери, вагони, локомотиви, поїзди, клієнти, станції, ділянки руху, а також різні підрозділи залізничної інфраструктури — депо, дистанції, пункти технічного обслуговування, контейнерні термінали та інші елементи.

Частина об'єктів має динамічний характер, оскільки безпосередньо бере участь у русі перевізного процесу. Інша частина є стаціонарною та виконує функції забезпечення, контролю та обслуговування. Особливістю сучасної системи управління є необхідність їх інтегрованого розгляду, оскільки всі вони утворюють єдиний технологічний ланцюг.

У межах інформаційної системи кожен об'єкт повинен мати уніфікований набір характеристик, що дозволяє забезпечити їх облік, контроль стану, аналіз взаємодії та прогнозування поведінки в часі. Це створює основу для побудови аналітичних та прогнозних моделей управління вагонними потоками.

Сучасна система управління перевізним процесом повинна забезпечувати не лише облік руху вагонів, а й комплексне управління технологічними операціями на всіх рівнях транспортної мережі.

До основних функціональних напрямів належать: регулювання руху на дільницях і напрямках, організація подачі порожніх вагонів відповідно до заявок вантажовідправників, забезпечення ефективної роботи локомотивних бригад, контроль проходження перевізних документів, а також моніторинг взаєморозрахунків із клієнтами.

Окремо виділяється задача координації діяльності операторських компаній, які володіють вагонним парком. Їх взаємодія із залізничною інфраструктурою повинна будуватися на логістичних принципах узгодженого планування та прозорого інформаційного обміну.

Розвиток функціональності інформаційної системи передбачає її адаптацію до реальних умов роботи персоналу станцій та диспетчерських центрів. Це включає удосконалення процедур маневрової роботи, планування формування поїздів, а також підвищення точності прогнозування руху вагонів і навантаження інфраструктури.

Важливим є врахування додаткових факторів, які впливають на організацію маневрових операцій: технічний стан рухомого складу, графіки ремонтів, розміщення вантажних фронтів, а також оперативна інформація про прибуття поїздів і наявність вагонів з обмеженнями у використанні.

Подальший розвиток системи управління перевезеннями пов'язаний із впровадженням інтегрованого інформаційного середовища, яке забезпечує взаємодію між усіма учасниками транспортного процесу — від операторів вагонного парку до диспетчерських центрів і станційних підрозділів.

Основною метою такого середовища є забезпечення єдиного інформаційного простору, у якому дані вводяться один раз і використовуються на всіх етапах перевізного процесу. Це дозволяє зменшити кількість дублюючих операцій, підвищити достовірність інформації та скоротити час прийняття рішень.

Інформаційна система повинна підтримувати як оперативні задачі управління рухом вагонів, так і аналітичні функції, пов'язані з оцінкою ефективності використання ресурсів. Особлива увага приділяється автоматизації розрахунків,

контролю виконання технологічних операцій та формуванню звітності в режимі реального часу.

Окремим напрямом є удосконалення планування маневрової роботи з урахуванням витрат часу та енергетичних ресурсів. Це дозволяє оптимізувати використання локомотивів та зменшити непродуктивні переміщення рухомого складу.

4.2 Розвиток інформаційної технології управління станціями відправлення, напрямками руху та станціями призначення вантажопотоків у взаємодії з користувачами залізничних послуг

Сучасний стан розвитку залізничної транспортної системи України характеризується багаторівневою архітектурою інформаційного забезпечення, що включає велику кількість автономних прикладних рішень, різномірні канали зв'язку та неоднорідні технологічні платформи. Така фрагментованість призводить до ускладнення інтеграції даних, зниження оперативності прийняття рішень та появи дублювання інформаційних потоків у різних підсистемах.

У цих умовах ключовим напрямом підвищення ефективності управління стає формування єдиної інтегрованої інформаційної технології, орієнтованої на стандартизацію обміну даними, уніфікацію процедур обробки перевізної інформації та забезпечення наскрізної підтримки логістичного процесу «відправник–мережа–одержувач».

Особливу роль у цьому процесі відіграє розвиток системи управління вагонним парком операторських компаній, які здійснюють перевезення у межах загальної інфраструктури залізничного транспорту. Для цього пропонується концептуальна модель функціонування автоматизованої системи управління перевезеннями у вагонах операторських компаній (АСУВПОК), яка повинна забезпечити комплексну підтримку прийняття рішень на всіх рівнях перевізного процесу.

Запропонована інформаційна система орієнтована на досягнення таких функціональних результатів:

- мінімізація впливу суб'єктивних факторів на процеси оперативного управління перевезеннями;
- забезпечення обробки та обміну оперативними даними у режимі, наближеному до реального часу;
- формування єдиного інформаційного середовища для всіх учасників перевізного процесу;
- підвищення ефективності використання вагонних і станційних ресурсів за рахунок автоматизації рішень;
- зниження витрат на супровід інформаційної інфраструктури шляхом застосування уніфікованих програмно-технічних рішень;
- підвищення достовірності управлінської інформації для диспетчерських служб та керівного рівня;
- покращення умов праці персоналу за рахунок автоматизації рутинних операцій.

Архітектура інформаційної системи базується на клієнт-серверній моделі, яка передбачає розподіл функцій між центральним обчислювальним вузлом та клієнтськими робочими місцями.

Серверна частина виконує функції централізованого зберігання, обробки та розповсюдження даних, а також забезпечує координацію інформаційних потоків. Клієнтські підсистеми реалізують інтерфейс взаємодії користувача з системою, формування запитів та відображення результатів обробки інформації у зручному вигляді.

Передача даних між компонентами системи здійснюється через стандартизовані комунікаційні протоколи, що забезпечує сумісність та масштабованість інформаційного середовища. При цьому інформаційні потоки можуть містити як структуровані повідомлення, так і неструктуровані текстові дані, які інтерпретуються на рівні клієнтських додатків.

Інформаційний простір системи поділяється на дві основні категорії:

- оперативні дані, що відображають поточний стан перевізного процесу (рух поїздів, стан вагонів, місцезнаходження вантажів, документообіг);
- нормативно-довідкову інформацію, яка містить класифікатори, регламенти, тарифні параметри та інші регуляторні дані.

Оперативні дані зберігаються централізовано в базі даних серверного рівня, що забезпечує їх актуальність та цілісність. Частина нормативно-довідкових даних може дублюватися на клієнтських робочих місцях для зменшення навантаження на канали зв'язку та підвищення швидкодії системи.

З функціональної точки зору система АСУВПОК розглядається як комплексна платформа управління перевізними процесами у вагонах операторських компаній у межах єдиної залізничної мережі.

Всі задачі системи інтегруються в єдиний технологічний контур, що базується на принципі одноразового введення даних та їх багаторазового використання на різних етапах обробки перевізного процесу. Інформація, сформована на етапі оформлення перевізних документів, надалі використовується для формування натурних листів, оперативного контролю та аналітичної обробки.

Система повинна бути сумісною з діючими корпоративними та галузевими інформаційними платформами залізничного транспорту, забезпечуючи міжсистемну інтеграцію даних.

У структурі системи умовно виділяються два основні контури:

Підсистема управління залізничною інфраструктурою охоплює такі завдання:

- формування планів перевезень на плановий період;
- контроль дислокації вагонів операторських компаній у межах мережі;
- автоматизований розрахунок тарифів і оформлення перевізної документації;
- формування поїзної документації для сформованих складів;
- інформаційний супровід руху вантажів і поїздів.

Підсистема управління операторськими компаніями включає:

- планування перевезень у середньо- та довгостроковій перспективі;
- контроль використання вагонів на під'їзних коліях та внутрішніх мережах підприємств;

- моніторинг фінансових розрахунків за перевезення через електронні платіжні системи.

Додатково система може бути розширена функціями економічної оцінки ефективності використання вагонного парку, оптимізації витрат та аналізу прибутковості операторської діяльності.

Інформаційна модель системи будується як ієрархічна структура взаємопов'язаних об'єктів, що відображають реальні елементи перевізного процесу. Для кожного об'єкта фіксується його стан, історія змін та взаємозв'язки з іншими елементами системи.

Для забезпечення простежуваності змін використовується механізм журналювання операцій, що дозволяє відновлювати стан об'єктів у будь-який момент часу та аналізувати динаміку їх функціонування.

Функціонування системи базується на використанні нормативно-довідкових даних, структура яких визначає гнучкість і адаптивність програмного комплексу до змін регламентів та технологій.

Оновлення довідкової інформації здійснюється централізовано з подальшим автоматичним розповсюдженням на всі вузли системи. Для підтримки узгодженості даних реалізується механізм синхронізації між серверною та клієнтськими частинами із застосуванням спеціалізованих процедур контролю цілісності.

Для забезпечення стабільної роботи передбачено регулярний контроль стану баз даних із автоматичним резервним копіюванням. Формування резервних копій здійснюється циклічно з можливістю збереження декількох поколінь даних, що дозволяє відновлювати систему у разі

Програмна реалізація системи передбачає серверну компоненту, яка функціонує під керуванням сучасних операційних систем серверного класу, а також набір клієнтських робочих місць, адаптованих до використання на різних програмних платформах.

Структурна схема комплексу технічних засобів "Автоматизованої системи роботи вантажної станції при вантажних перевезеннях парком власних вагонів" (АСУВПОК) наведена на рисунку 4.1.

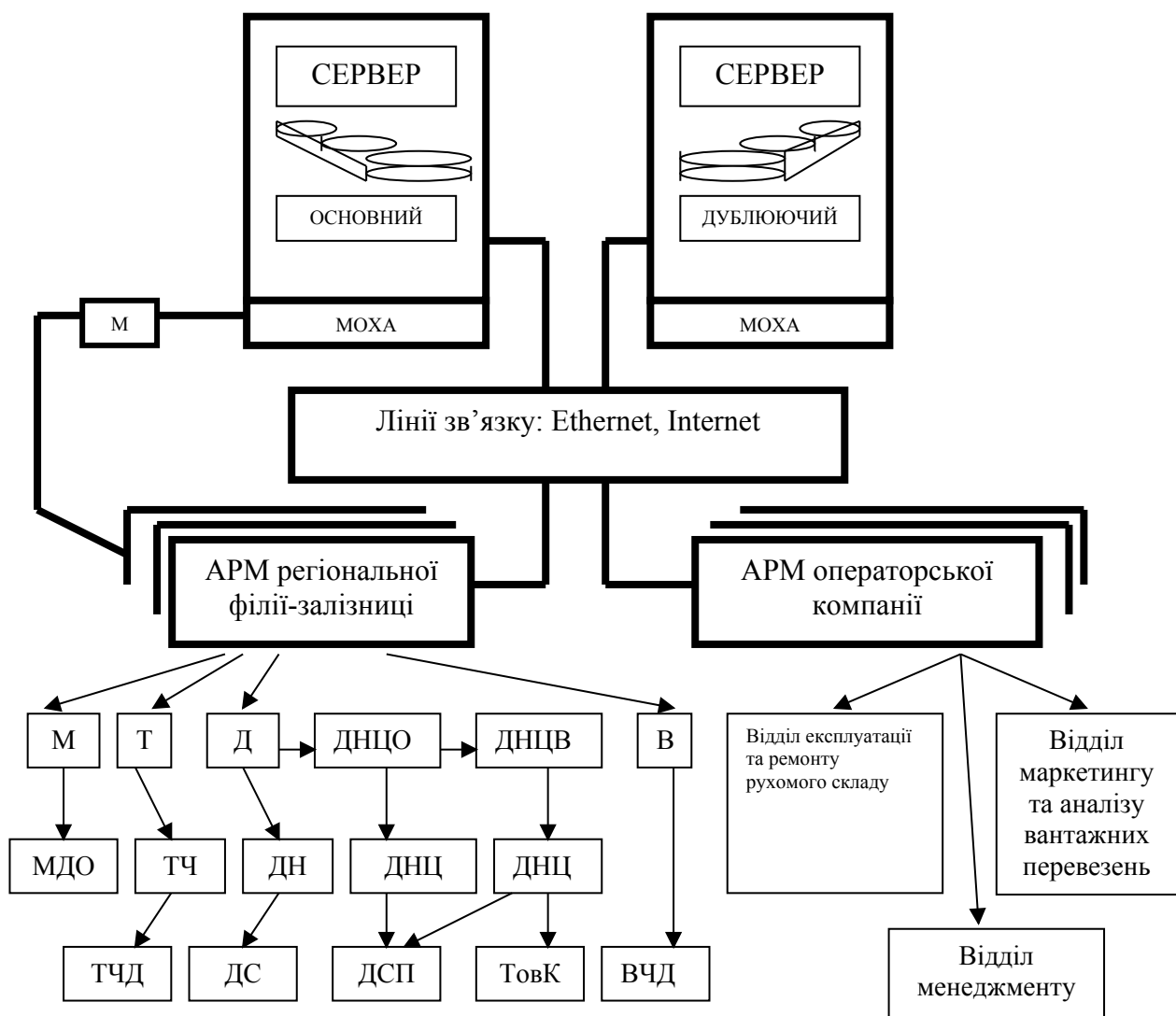


Рисунок 4.1 - Структурна схема комплексу технічних засобів
«Автоматизованої системи роботи вантажної станції при вантажних перевезеннях
парком власних вагонів» (АСУВПОК)

Умовні позначки:

- АРМ ЛС - АРМ, включений у локальну мережу по кручений парі;
- АРМ вилучений - АРМ, включений з використанням модемів швидкістю не нижче 19200 Бод;
- МОХА - розширник COM-портів;

- HUB або switch - концентратор локальної мережі по кручений парі 10-100 Base-T;

- М - модеми для роботи з виділеної лінії зі швидкістю не нижче 19200 Бод.

Запропонований підхід передбачає перехід від фрагментарного управління станційними процесами до інтегрованої інформаційно-аналітичної системи, що охоплює всі рівні перевізного процесу. Це забезпечує підвищення узгодженості роботи інфраструктури, покращення якості планування та підвищення ефективності використання вагонних парків різних власників.

Запропонована концепція розвитку інформаційної технології управління перевезеннями спрямована на формування інтегрованого цифрового середовища залізничного транспорту, яке забезпечує узгоджену взаємодію всіх учасників перевізного процесу, підвищує оперативність управління та ефективність використання ресурсів.

5 Оцінювання економічної ефективності впровадження програмного забезпечення в системі АСК ВП УЗ-Є

У межах запропонованого проекту розглядається впровадження оновленого програмного модуля АСК ВП УЗ-Є на рівні вантажної станції Х-С. Його використання орієнтоване на оптимізацію інформаційно-технологічних процесів, що супроводжують організацію вантажних перевезень.

Очікується, що реалізація зазначеного програмного рішення дозволить підвищити оперативність обробки перевізної документації та зменшити тривалість знаходження вагонів у технологічних процесах станційної обробки. Це, у свою чергу, сприятиме скороченню непродуктивних простоїв рухомого складу та покращенню показників використання вагонного парку.

Таблиця 5.1 - Вихідні дані

Показники	Кількість
Вартість програмного забезпечення, тис.грн	500
Питомі витрати на 1 перероблений вантажний вагон, грн	71,39
Середній час простою 1 вагону, год	77,08
Розрахунковий період, рік	5
Середня річна ставка комерційних банків за депозитними внесками (дисконтна ставка),%	11
Річний рівень інфляції, що прогнозується на період здійснення проекту, %	7
Обсяги навантаження вантажної станції Х-С	
2022 рік	2206 вагонів
2023 рік	2336 вагонів
2024 рік	2480 вагонів
2025 рік	2854 вагонів
2026 рік (очікуваний)	3470 вагонів
Здійснення проекту не носить ризикового характеру	

Підвищення швидкодії інформаційного обміну та автоматизація ряду операцій оформлення перевізних документів створюють передумови для зменшення загального часу доставки вантажів у межах логістичного ланцюга.

Як наслідок, очікуване підвищення пропускної спроможності станційної інфраструктури та скорочення технологічних затримок формує можливість залучення додаткових обсягів вантажопотоків без необхідності пропорційного збільшення ресурсної бази.

5.1 Прогнозування обсягів роботи вантажної станції Х-С

Для формування довгострокового прогнозу навантажувально-розвантажувальної роботи вантажної станції Х-С на горизонті п'яти років використовується підхід статистичного екстраполяційного моделювання, що базується на згладженні часових рядів із застосуванням ковзного (змінного) середнього.

Зазначений метод дозволяє мінімізувати вплив випадкових коливань у вихідних статистичних даних та виділити стійку тенденцію зміни обсягів роботи станції у часі.

Процедура побудови прогнозної моделі включає кілька послідовних етапів:

на першому етапі здійснюється попередня обробка вихідного статистичного ряду за попередній період (п'ять років), шляхом формування згладжених значень із використанням методу ковзного усереднення;

далі будується графічна інтерпретація отриманого згладженого ряду з метою виявлення загальної тенденції зміни показника;

на основі візуального та аналітичного аналізу визначається клас функціональної залежності, що найбільш адекватно описує динаміку досліджуваного процесу;

параметри обраної математичної моделі оцінюються із застосуванням методу найменших квадратів, що забезпечує мінімізацію відхилень між фактичними та апроксимованими значеннями.

Після ідентифікації аналітичного виду трендової функції здійснюється розрахунок прогнозних значень обсягів роботи станції на заданий період шляхом підстановки відповідних значень часу у побудовану модель.

Формування згладженого часового ряду виконується на основі принципу ковзного усереднення, що передбачає заміну фактичних значень показника середніми значеннями у визначеному інтервалі спостережень. Це дозволяє отримати більш стабільну оцінку довгострокової динаміки навантажувальної роботи.

Вихідні статистичні дані, що використовуються для побудови згладженого ряду, наведені в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Вихідні дані

Рік	t_i	y_i	$\bar{y}$
2022	1	2206	2204
2023	2	2336	2341
2024	3	2480	2557
2025	4	2854	2935
2026	5	3470	3430

При використанні методу найменших квадратів у задачах прогнозування попередньо здійснюється згладжування вихідного часового ряду, що дозволяє зменшити вплив випадкових коливань та виділити його основну тенденцію.

Процедура згладжування реалізується на основі підходу ковзного середнього, який передбачає формування послідовності локальних груп із фактичних значень динамічного ряду. Кожна така група включає однакову кількість спостережень, при цьому доцільно використовувати непарну кількість елементів (у даному випадку — три значення), що забезпечує коректне центрування середнього показника.

Формування груп здійснюється шляхом послідовного зсуву «вікна» уздовж часової шкали: кожна наступна група отримується шляхом переміщення на один крок уперед відносно попередньої. Таким чином реалізується ковзний принцип обчислення середніх значень, що і визначає назву методу.

У результаті такого підходу кількість отриманих згладжених значень є меншою за кількість вихідних спостережень на одну одиницю, оскільки перше та останнє значення не мають повного набору сусідніх точок для формування симетричної групи.

Застосування описаної процедури дозволяє отримати більш стабільний часовий ряд, придатний для подальшої апроксимації та побудови прогнозної моделі методом найменших квадратів.

Наприклад, необхідно згладити фактичні значення ряду $y_1, y_2, y_3, y_4, y_5, \dots, y_n$. При згладжуванні по трьох точках весь ряд розбивається на групи, кожна з яких включає три точки: (y_1, y_2, y_3) ; (y_2, y_3, y_4) ; (y_3, y_4, y_5) і т.д. Потім для кожної середньої точки групи визначається згладжене значення як середня арифметична величина (рисунок 5.1).

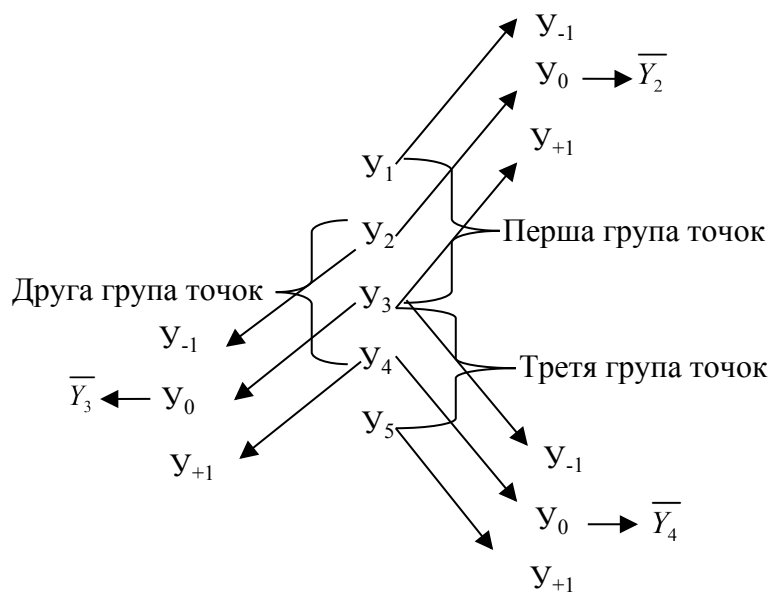


Рисунок 5.1 - Формування груп точок фактичного часового ряду

Так, для перших трьох точок (y_1, y_2, y_3) розраховується згладжена середня $\overline{y}_2$, для наступних (y_2, y_3, y_4) – $\overline{y}_3$ тощо. Для згладжування за трьома точками застосовується формула:

$$\overline{y}_0 = \frac{y_{-1} + y_0 + y_{+1}}{3}, \quad (5.1)$$

де $\overline{y}_0$ – згладжене значення середньої точки для будь-якої групи з трьох точок фактичного ряду;

y_{-1} , y_0 , y_{+1} – фактичні значення лівої, середньої і правої точок будь-якої групи фактичного ряду.

$$\bar{y}_{2023} = \frac{2206 + 2336 + 2480}{3} = 2341;$$

$$\bar{y}_{2024} = \frac{2336 + 2480 + 2854}{3} = 2557;$$

$$\bar{y}_{2025} = \frac{2480 + 2854 + 3470}{3} = 2935.$$

Згладжені значення для першої і останньої крайніх точок фактичного ряду, визначаються за спеціальними формулами (5.2) та (5.3).

Для визначення середнього (згладженого) значення для першої точки з першої групи фактичного часового ряду використовується формула:

$$\overline{y}_{-1} = \frac{5y_{-1} + 2y_0 - y_{+1}}{6}, \quad (5.2)$$

де $\overline{y}_{-1}$ – згладжене значення крайньої лівої точки фактичного ряду;

y_{-1} ; y_0 ; y_{+1} – фактичні значення першої (крайньої лівої) групи з трьох точок фактичного ряду.

$$\bar{y}_{2022} = \frac{5 \cdot 2206 + 2 \cdot 2336 - 2480}{6} = 2204.$$

Для визначення середнього (згладженого) значення для останньої точки з останньої групи фактичного часового ряду використовується формула:

$$\overline{y}_{+1} = \frac{5y_{+1} + 2y_0 - y_{-1}}{6}, \quad (5.3)$$

де $\overline{y}_{+1}$ – згладжене значення правої крайньої точки фактичного ряду;

y_{-1} ; y_0 ; y_{+1} – значення останніх трьох точок фактичного ряду.

$$\bar{y}_{2026} = \frac{5 \cdot 3470 + 2 \cdot 2854 - 2480}{6} = 3430.$$

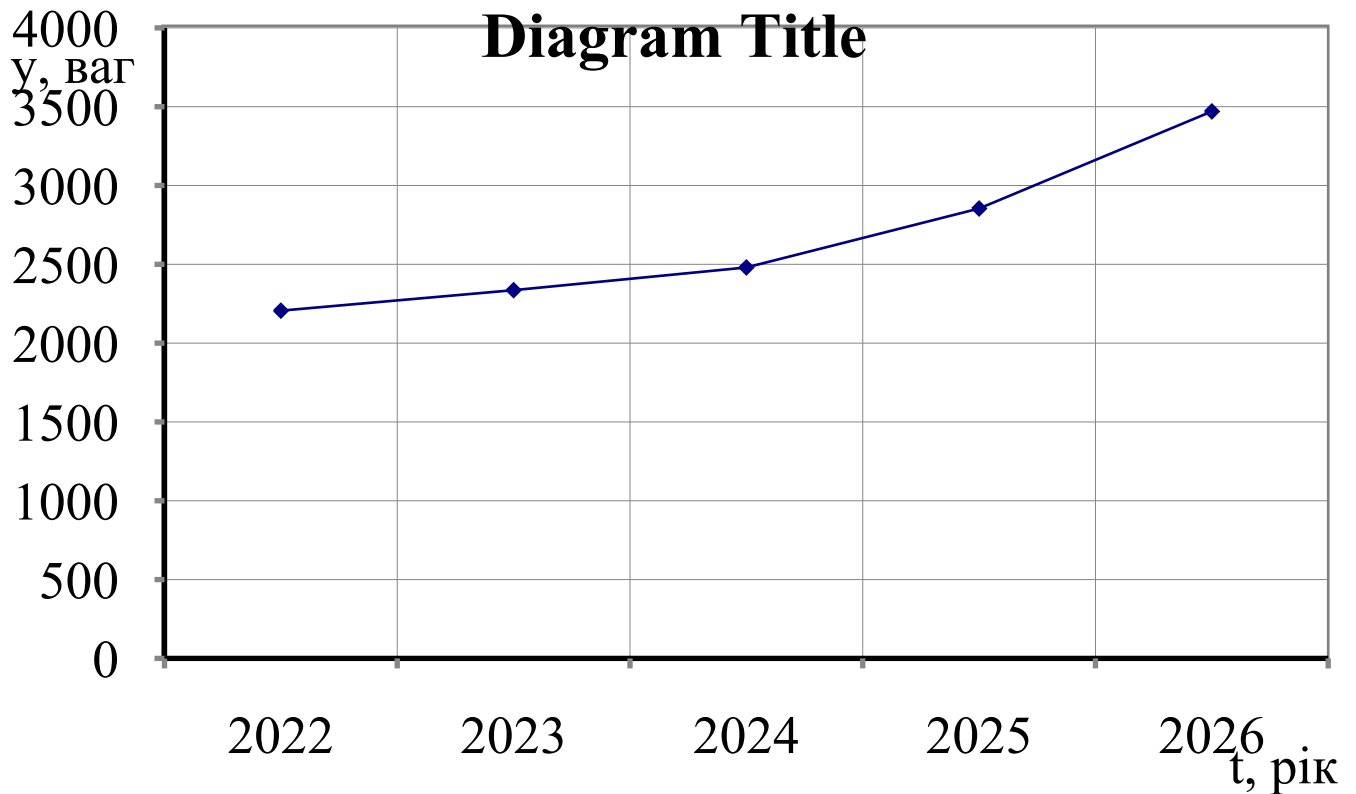


Рисунок 5.2 - Графік згладженого ряду

Визначаємо, що найбільшою мірою відповідає згладженому ряду лінійна функція. Для лінійної функції виду $\hat{y} = a_0 + a_1 t$ параметри визначаються розв'язанням системи рівнянь.

$$\begin{cases} na_0 + a_1 \sum_{i=1}^n t_i = \sum_{i=1}^n y_i \\ a_0 \sum_{i=1}^n t_i + a_1 \sum_{i=1}^n t_i^2 = \sum_{i=1}^n t_i y_i \end{cases} \quad (5.4)$$

Для зручності визначення a_0 і a_1 всі обчислення доцільно звести в таблицю 5.3.

Таблиця 5.3 - Допоміжна таблиця для обчислення a_0 і a_1 для $\hat{y} = a_0 + a_1 t$

Роки, n	Кіл-ть точок часового ряду (n)	t_i	y_i	$(t_i)^2$	$y_i t_i$
2022	1	1	2206	1	2206
2023	2	2	2336	4	4672
2024	3	3	2480	9	7440
2025	4	4	2854	16	11416
2026	5	5	3470	25	17350
n=5	$\sum_{i=1}^5 n$	$\sum_{i=1}^5 t_i = 15$	$\sum_{i=1}^5 y_i = 13346$	$\sum_{i=1}^5 (t_i)^2 = 55$	$\sum_{i=1}^5 y_i t_i = 43084$

Згідно системи рівнянь (5.4), ваг:

$$\begin{aligned}\hat{y} &= 1755,4 + 304,6 \cdot t, \hat{y}_{2022} = 1755,4 + 304,6 \cdot 1 = 2060, \\ \hat{y}_{2023} &= 1755,4 + 304,6 \cdot 2 = 2365, \hat{y}_{2024} = 1755,4 + 304,6 \cdot 3 = 2669, \\ \hat{y}_{2025} &= 1755,4 + 304,6 \cdot 4 = 2974, \hat{y}_{2026} = 1755,4 + 304,6 \cdot 5 = 3278.\end{aligned}$$

Визначивши функцію, що характеризує темпи зміни показника та значення його параметрів, визначаємо ступінь вірогідності обраної функції з використанням кореляційного відношення

$$R = \sqrt{1 - \frac{S_{\text{зал}}^2}{S_{\text{заг}}^2}}, \quad (5.5)$$

де $S_{\text{зал}}^2$ - загальна дисперсія; $S_{\text{зал}}^2$ - залишкова дисперсія.

$$S_{\text{заг}}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{(n - 1)}, \quad (5.6)$$

$$S_{\text{зал}}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{(n - p)}, \quad (5.7)$$

де $\hat{y}_i$ - фактичні значення часового ряду;

$\bar{y}$ - середнє значення часового ряду;

$\hat{y}$ - розрахункові значення часового ряду;

n - кількість точок (значень) фактичного часового ряду;

p - кількість параметрів a_i , що входять до рівняння теоретичної кривої ($p=0,1$)

Таблиця 5.4 - Допоміжна таблиця для розрахунку загальної та залишкової дисперсії

Роки, n	t_i	y_i	$\bar{y}$	$y_i - \bar{y}$	$(y_i - \bar{y})^2$	$\hat{y}_i$	$y_i - \hat{y}$	$(y_i - \bar{y})^2$
2022	1	2206		-463	214554	2060	146	21316
2023	2	2336	2669	-333	111022	2365	-29	818
2024	3	2480		-189	35797	2669	-189	35797
2025	4	2854		185	34151	2974	-120	14352
2026	5	3470		801	641281	3278	192	36711
					1036805			108993

$$S^2_{\text{заг}} = \frac{1036805}{(5 - 1)} = 259201;$$

$$S^2_{\text{зал}} = \frac{108993}{(5 - 2)} = 36331;$$

$$R = \sqrt{1 - \frac{36331}{259201}} = 92,7\%.$$

Величина R має позитивне значення та знаходиться в інтервалі $0 < R < 1$.

Ступінь вірогідності отриманого прогнозу задовольняє умові $0,7 < R < 1$, то визначається помилка прогнозу методом оцінки "стандартної помилки" (S) за формулою:

$$S = \pm \sqrt{S^2_{\text{зал}}} \quad (5.8)$$

$$S = \pm \sqrt{36331} = \pm 191.$$

$$\hat{y}_{2027} = 1755,4 + 304,6 \cdot 6 = 3583, \hat{y}_{2028} = 1755,4 + 304,6 \cdot 7 = 3888,$$

$$\hat{y}_{2029} = 1755,4 + 304,6 \cdot 8 = 4192, \hat{y}_{2030} = 1755,4 + 304,6 \cdot 9 = 4497,$$

$$\hat{y}_{2031} = 1755,4 + 304,6 \cdot 10 = 4801.$$

5.2 Визначення економічної привабливості інвестиційного проекту з впровадження програмного забезпечення

Економічний ефект від впровадження програмного забезпечення в системі АСК ВП УЗ-Є вантажної станції Х-Б за розрахунковий період з обов'язковим урахуванням фактору часу визначається за формулою

$$\mathcal{E}_T = \sum_{t=1}^5 (3_{t_1} - 3_{t_2}) \cdot \alpha_t, \quad (5.9)$$

де $\mathcal{E}$ - економічний ефект проекту за розрахунковий період;

3_{t_1} - вартісна оцінка витрат до впровадження системи;

3_{t_2} - вартісна оцінка витрат після впровадження системи;

t - кількість років розрахункового періоду;

α_t - коефіцієнт приведення результатів і затрат до розрахункового року.

Визначення економічного ефекту [6] проводиться при умові обов'язкового приведення вартісних оцінок результатів і затрат різних років до єдиного моменту часу – розрахункового року t_p . Приведення результатів і затрат різних років періоду реалізації проекту до розрахункового року здійснюється множенням їх вартісної оцінки за кожний рік на коефіцієнт приведення α_t , що відповідає даному року. Результати і затрати різних років приводяться до першого року життєвого циклу проекту, тобто визначаються в теперішній вартості грошей (дисконтування), то коефіцієнт приведення α_t визначається за формулою

$$\alpha_t = \frac{1}{[(1+E)(1+I+R)]^{t_k - t_p}}, \quad (5.10)$$

де E - середня річна ставка комерційних банків за депозитними внесками (дисконтна ставка), в частках одиниці, 0,11;

R - ставка, що враховує ступінь ризику здійснення проекту, в частках одиниці.

Здійснення проекту не носить ризикового характеру;

I - річний рівень інфляції, що прогнозується на період здійснення проекту, 0,07;

t_p - порядковий номер розрахункового року;

t_k - порядковий номер року, грошові потоки якого приводяться до розрахункового року.

$$\alpha_1 = \frac{1}{[(1 + 0,11)(1 + 0,07)]^{1-1}} = 1;$$

$$\alpha_2 = \frac{1}{[(1 + 0,11)(1 + 0,07)]^{2-1}} = 0,84;$$

$$\alpha_3 = \frac{1}{[(1 + 0,11)(1 + 0,07)]^{3-1}} = 0,71;$$

$$\alpha_4 = \frac{1}{[(1 + 0,11)(1 + 0,07)]^{4-1}} = 0,60;$$

$$\alpha_5 = \frac{1}{[(1 + 0,11)(1 + 0,07)]^{5-1}} = 0,50;$$

$$\alpha_6 = \frac{1}{[(1 + 0,11)(1 + 0,07)]^{6-1}} = 0,42.$$

Розрахунок сукупного приросту економічного ефекту від впровадження програмного забезпечення в АСК ВП УЗ-Є вантажної станції Х-С наведений у таблиці 5.5.

Нове програмне забезпечення покращить роботу вантажної станції Х-С. Сумарний приріст економічного ефекту з урахуванням приведення грошових витрат до останнього року розрахункового періоду 1022,1 тис.грн. Строк окупності одночасних витрат настає в 2028 році. При роботі з новим програмним забезпеченням при залученні існуючого штату працівників тривалість простою вагонів скорочується на 2,1%.

Таблиця 5.5 – Розрахунок сукупного приросту економічного ефекту

Показник	Роки				
	2027	2028	2029	2030	2031
1	2	3	4	5	6
Обсяги навантаження, ваг	3583	3888	4192	4497	4801
Середній час простою одного вагона до впровадження програмного забезпечення, год	76,08	76,08	76,08	76,08	76,08
Час простою вагонів в розрахунку на річний обсяг робіт, ваг-год	272594,6	295768,6	318942,6	342116,5	365290,5
Питомі витрати на 1 перероблений вантажний вагон, грн	71,39	71,39	71,39	71,39	71,39
Витрати пов'язані з простоєм вагонів до впровадження програмного забезпечення, за рік, тис.грн	19460,5	21114,9	22769,3	24423,7	26078,1
Показники після впровадження програмного забезпечення в АСК ВП УЗ					
Одноразові витрати на програмне забезпечення, тис.грн	500				
Експлуатаційні затрати за рік, тис.грн	44,2	44,2	44,2	44,2	44,2
В т. ч. електроенергія, тис.грн	38,4	38,4	38,4	38,4	38,4
В т. ч. матеріали, тис.грн	5,80	5,80	5,80	5,80	5,80
Простій одного вагона після впровадження програмного забезпечення, год	74,50	74,50	74,50	74,50	74,50
Річний простій всіх вагонів, ваг-год	266933,5	289626,2	312318,9	335011,6	357704,3
Річні затрати на простій вагонів, тис.грн	19056,4	20676,4	22296,4	23916,5	25536,5
Сумарні затрати після впровадження програмного забезпечення, тис.грн	19600,6	20720,6	22340,6	23960,7	25580,7
Економічний ефект як різниця затрат до і після впровадження системи, тис.грн	-140,1	394,3	428,7	463,0	497,4
Коефіцієнт приведення до розрахункового року	1	0,84	0,71	0,60	0,50
Економічний ефект з урахуванням приведення до розрахункового року, тис.грн	-140,1	332,0	303,9	276,4	250,0
Наростаючий економічний ефект, тис.грн	-140,1	191,9	495,8	772,2	1022,1

Висновки

У роботі вирішена науково-прикладна задача удосконалення автоматизованих систем вантажної станції, на прикладі вантажної станції Х-С, при перевезеннях парком різних власників, що дозволить розробляти оптимальні організаційні заходи ресурсозбереження та скорочення загальних експлуатаційних витрат залізничних державного і недержавних операторів–власників рухомого складу

1 Вантажна станція Х-С належить до станцій наскрізного типу та характеризується поперечною схемою розміщення станційних парків. До складу її колійного господарства входять три основні парки — Пасажирський, Балашовський і Беженський, а також вантажний район, призначений для виконання навантажувально-розвантажувальних операцій та обслуговування вантажопотоків.

За результатами аналізу експлуатаційних показників у травні 2026 року, порівняно з аналогічним періодом 2025 року, виявлено зростання кількості вагонів, що перебували на станції станом на 17:00 попередньої доби. Загальна наявність вагонів становила 5825 одиниць, що перевищує минулорічний рівень на 24,5 %. При цьому кількість завантажених вагонів збільшилась на 79,9 % і досягла 1855 вагонів, порожніх — на 19,6 % (1834 вагони), а неробочого парку — на 1,1 % (2136 вагонів).

Позитивна динаміка спостерігалась також за показниками прибуття вагонів. Загальний обсяг прибуття склав 2359 вагонів, що на 17,0 % більше порівняно з відповідним періодом попереднього року. Із них 1730 вагонів були завантаженими, що перевищує попереднє значення на 22,2 %, а кількість порожніх вагонів становила 629 одиниць із приростом 4,7 %. Вагонів неробочого парку у прибутті зафіксовано не було.

Одночасно відзначено зростання показників навантаження та вивантаження. Обсяг навантаження досяг 181 вагона, що на 44,8 % більше, ніж у травні 2025 року, а вивантаження — 800 вагонів із приростом 55,6 %.

Показники відправлення також продемонстрували позитивну тенденцію. Загальна кількість відправлених вагонів становила 2360 одиниць, що на 16,1 % перевищує попередній рівень. Із них 1085 вагонів були завантаженими (+6,7 %), а

1275 — порожніми (+25,5 %). Відправлення вагонів неробочого парку не здійснювалося.

Разом із тим показник обороту вагона погіршився та склав 1,93 доби, або 46,32 години, що перевищує попереднє значення на 16,3 %.

2 У Головному інформаційно-обчислювальному центрі Укрзалізниці функціонує автоматизоване робоче місце, призначене для централізованого ведення бази даних власних вагонів. Система забезпечує накопичення та актуалізацію інформації щодо технічних характеристик рухомого складу, видів перевезених вантажів, а також районів курсування вагонів. Реалізований програмний комплекс дозволяє виконувати введення, перегляд, редагування та пошук інформації, а також формувати довідкові звіти щодо вагонного парку підприємств-власників.

3 Ринок операторських компаній — власників рухомого складу в Україні продовжує поступовий розвиток та характеризується зростанням кількості суб'єктів різних форм власності. Станом на теперішній період державним вагонним компаніям належить близько 87,5 тис. вагонів, що мають ознаку ЦТЛ.

Існуючий вагонний парк загалом забезпечує потреби у виконанні перевезень. Водночас технічний стан значної частини рухомого складу залишається проблемним, оскільки рівень фізичного зносу вагонів наближається до 80 %. За умов подальшого збільшення обсягів перевезень та скорочення інвентарного парку Укрзалізниці існує ймовірність виникнення дефіциту вагонів для забезпечення стабільної роботи транспортної системи.

4 Розроблена модель підвищення ефективності функціонування вантажної станції при перевезеннях із використанням вагонного парку різних власників формалізується як двоетапна стохастична задача. Особливістю моделі є наявність рекурсивних зв'язків та випадкових параметрів у правих частинах системи обмежень, що дозволяє враховувати невизначеність експлуатаційних умов та динамічний характер перевізного процесу.

Результати розрахунків показали, що при організації маршрутних перевезень у напрямку Х-С – Батьово-Експ. із довжиною маршруту 1206 км збільшення протяжності ділянки обігу локомотивів на 200 км забезпечує приріст економічного

ефекту на 12,5 %. Для маршруту Х-С – Берегове-Експ. протяжністю 522 км аналогічне збільшення довжини ділянки обігу приводить до зростання економії на 11 %.

У середньому по станції Х-С очікуваний економічний ефект від реалізації запропонованих заходів становить близько 5,6 %.

6 Запропонований підхід передбачає перехід від фрагментарного управління станційними процесами до інтегрованої інформаційно-аналітичної системи, що охоплює всі рівні перевізного процесу. Це забезпечує підвищення узгодженості роботи інфраструктури, покращення якості планування та підвищення ефективності використання вагонних парків різних власників.

Запропонована концепція розвитку інформаційної технології управління перевезеннями спрямована на формування інтегрованого цифрового середовища залізничного транспорту, яке забезпечує узгоджену взаємодію всіх учасників перевізного процесу, підвищує оперативність управління та ефективність використання ресурсів.

7 Нове програмне забезпечення покращить роботу вантажної станції Х-С. Сумарний приріст економічного ефекту з урахуванням приведення грошових витрат до останнього року розрахункового періоду 1022,1 тис.грн. Строк окупності одночасних витрат настає в 2028 році. При роботі з новим програмним забезпеченням при залученні існуючого штату працівників тривалість простою вагонів скорочується на 2,1%.

Список використаних джерел

1. Концепція державної програми реформування залізничного транспорту України. Схвалено розпорядженням КМУ №651-р від 27.12.2006. URL: <http://https://www.kmu.gov.ua/npas/60705298>.
2. Про залізничний транспорт: Закон України від 04.07.1996 р № 274/96-ВР. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/273/96-%D0%B2%D1%80#Text>.
3. Про транспорт : Закон України від 10.11.1994 р. № 233/94-ВР. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/232/94-%D0%B2%D1%80#Text>.
4. Транспортна стратегія України на період до 2030 року. Схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 30 травня 2018 р. № 430-р. URL: <http://https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/430-2018-%D1%80#Text>.
5. Балака Є.І., Зоріна О.І., Колеснікова Н.М., Писаревський І. М. Оцінка економічної доцільності інвестицій в інноваційні проекти на транспорті : навч. посіб. Харків : Транспорт, 2005. 186 с.
6. Бутько Т.В., Калашнікова Т.Ю., Сіконенко Г.М. Забезпечення стійкості функціонування сортувальної станції в умовах транспортного ринку. *Міжвузівський зб. наук. праць*. Харків: УкрДАЗТ, 2001. Вип. 43. С. 82-88.
7. Данько М.І., Кулешов В.В. Визначення парку вагонів операторських компаній для забезпечення перевезень вантажів залізничним транспортом. *Зб. наук. праць УкрДАЗТ*. Харків, 2004. Вип. 57. С. 121-128.
8. Данько М.І., Мойсеєнко В.І., Рахматов В.З., Троценко В.І., Чіпцов М.М. Мікропроцесорна диспетчерська централізація «КАСКАД» : навч. посібник. Харків, 2005. 176 с.
9. Данько М.І., Котенко А.М., Кулешов В.В., Кулешов А.В. Удосконалення функціональних можливостей автоматизованого аналізу стану технічних засобів в частині прийняття керівних рішень на умовах ресурсозбереження. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. 2009. № 4/7 (40). С. 4-7.

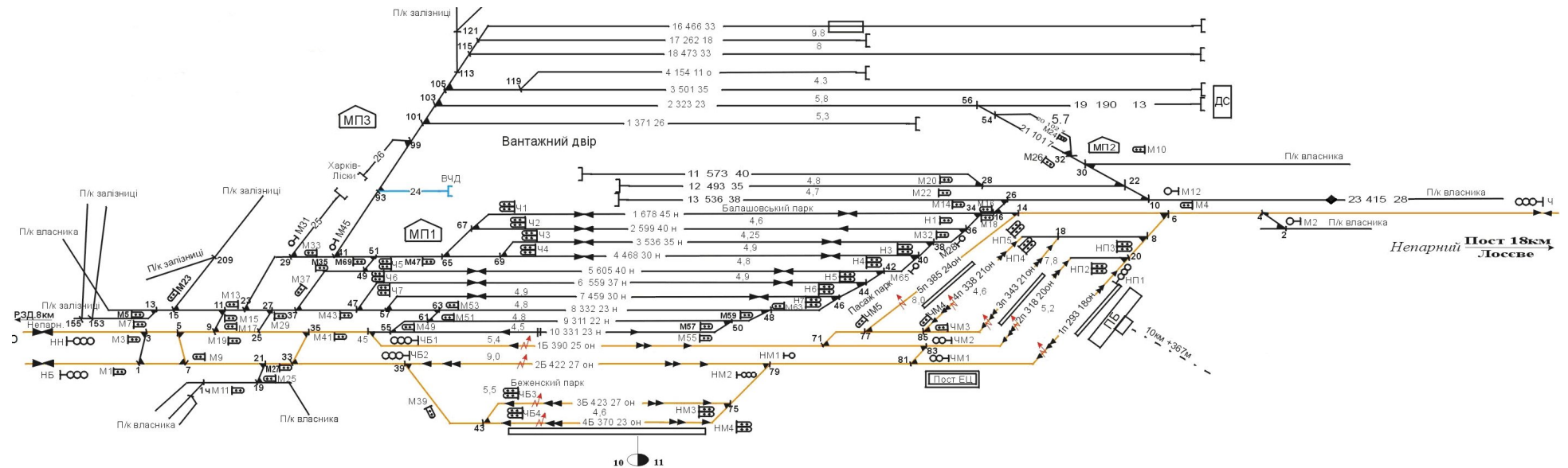
10. Данько Н.И., Ломотько Д.В., Кулешов В.В. Разработка организационно-технологической модели управления парком грузовых вагонов разной формы собственности. *Инновационный транспорт*. Научно-публицистическое издание №4(5), 2012. С. 8-13.
11. Данько М.І., Ломотько Д.В., Кулешов В.В. Побудова моделі оцінки інвестицій у залізничну інфраструктуру при взаємодії залізничних адміністрацій та операторів перевезень. *Зб. наук. праць УкрДАЗТ*. Харків, 2012. Вип. 134. С. 7-13.
12. Данько М.І., Ломотько Д.В., Запари В.М., Кулешов В.В. Формування вимог до технології взаємодії залізничних адміністрацій і власників рухомого складу. *Зб. наук. праць УкрДАЗТ*. Харків, 2011. Вип. 124. С. 5-11.
13. Данько М.І., Ломотько Д.В., Кулешов В.В. Удосконалення організаційно-технологічної моделі використання вантажних вагонів різної форми власності на залізницях України. *Зб. наук. праць УкрДАЗТ*. Харків, 2012. Вип. 129. С. 5-12.
14. Бутько Т.В., Калашнікова Т.Ю., Сіконенко Г.М. Забезпечення стійкості функціонування сортувальної станції в умовах транспортного ринку. *Міжвузівський зб. наук. праць*. Харків: УкрДАЗТ, 2001. Вип. 43. С. 82-88.
15. Інструктивні вказівки з організації вагонопотоків на залізницях України. *Транспорт України*. К., 2005. 96 с.
16. Котенко А.М., Ковальов А.О. Логістична модель доставки вантажу від відправника до одержувача. *Зб. наук. праць УкрДАЗТ*. Харків, 2003. Вип. 53. С. 25-29.
17. Кравчук А.Ф. Дискретний аналіз : навчальний посібник. 2 вид., доп. Харків: ВД „ІНЖЕК”, 2005. 332 с.
18. Крячко В.І., Крячко К.В., Носенко М.П. Ресурсозберігаючі підходи до конструктивно-технологічних параметрів сортувальних станцій. *Зб. наук. праць ДІЗТ*. Донецьк, 2007. Вип. 12. С. 5-9.
19. Кулешов В.В., Кулешов В.М., Носенко М.П. Удосконалення прогнозування попиту на вантажні перевезення залізничним транспортом. *Вісник*

- національного технічного університету "ХПИ". Харків, 2008. №43. С. 136-139.
20. Кулешов В.В. Удосконалення інформаційної технології роботи з вагонами різних форм власності з метою оптимізації пропускної спроможності залізничних транспортних систем. *Зб. наук. праць УкрДАЗТ*. Харків, 2011. Вип. 124. С. 83-90.
21. Кулешов В.В. Удосконалення інформаційної технології роботи з вагонами різних форм власності з метою оптимізації пропускної спроможності залізничних транспортних систем. *Зб. наук. праць УкрДАЗТ*. Харків, 2011. Вип. 124. С. 83-90.
22. Кулешов В.В., Олефір О.С., Селюк Д.В., Турченко І.В. Удосконалення інформаційної технології взаємодії залізничних адміністрацій та операторів перевезень за умовами логістики. *Зб. наук. праць УкрДАЗТ*. Харків, 2013. Вип. 137. С. 55-61.
23. Кулешов В.В., Дочія К.В., Оробченко С.А. Удосконалення диспетчерського управління регіональними центрами залізниць в умовах інформатизації. *Зб. наук. праць УкрДАЗТ*. Харків, 2014. Вип. 145. С. 17-23.
24. Кулешов В.В., Камишніков В.Ю., Рахманов Т.А. Удосконалення інформаційно-керуючих систем передавальних станцій залізниць України в умовах зміни обсягів перевезень. *Зб. наук. праць УкрДУЗТ*. Харків, 2016. Вип. 164. С. 5-14.
25. Кулешов В.В., Агаєва Л.Ф., Хохлов П.Ф. Щодо вдосконалення автоматизованих систем вантажної станції прикордонного залізничного вузла. *Інтелектуальні транспортні технології: Матеріали 5 міжнародної науково-технічної конференції*. (м. Харків, 25-27 листопада 2024 р.). УкрДУЗТ, 2024. С. 256-259.
26. Кулешов В.М., Доценко Ю.В. Сучасні технології обслуговування вантажовласників на залізниці. *Зб. наук. праць УкрДАЗТ*. Харків, 2003. №53. С. 82-86.

- 27.Кулешов В.М., Носенко М.П., Рябушка Ю.А. Системний аналіз використання технічних засобів залізничних станцій. *Східно-Європейський журнал передових технологій*. 2007. №2/6(26). С. 14-16.
- 28.Макаренко М.В. Короткий довідник показників експлуатаційної роботи залізниць України. К.: «Юнікон-Пресс», 2001. 154 с.
- 29.Міністерство інфраструктури України. *Офіційний веб-сайт*. URL: <http://mtu.gov.ua/>.
- 30.Офіційний веб-сайт Укрзалізниці. URL: <http://www.uz.gov.ua/>.
- 31.Маркетинг транспортних послуг: Навч. посібник / О. І. Зоріна, В. А. Волохов, І. В. Волохова та ін.; за ред. О. І. Зоріної. – Харків: УкрДУЗТ, 2018. – 305 с.
- 32.Статут залізниць України. Затверджений постановою Кабінету міністрів України № 457 від 6.04.1998 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/457-98-%D0%BF#Text>.
- 33.Математичні методи дослідження операцій : підручник / Є.А. Лавров, Л.П. Перхун, В.В. Шендрик та ін. - Суми : Сумський державний університет, 2017. – 212 с.
- 34.Математичні методи моделювання: навчальний посібник / О.П. Чорний, В.К. Титюк, Н.М. Істоміна та ін.; заг. ред. О.П. Чорний. – Кременчук: ПП Щебатих О.В., 2016. – 234 с.
- 35.Кулешов В.В., Магальяс А.С., Бражник М.О. До питання удосконалення процесу переробки вагонів на прикордонній вантажній станції в умовах інформатизації. *Інтелектуальні транспортні технології: Матеріали 6 міжнародної науково-технічної конференції*. (м. Харків, 25-27 листопада 2025 р.). УкрДУЗТ, 2025. С. 237-240.
- 36.Кулешов В.В., Бражник М.О. До питання удосконалення автоматизованих систем вантажної станції при перевезенням парком різних власників. *Транспорт: наука та практика: Матеріали 5 міжнародної науково-практичної конференції «Транспорт: наука та практика»*. (21-22 травня 2026 р.).

Додаток А

Схема вантажної станції X-C



Додаток Б

Аналіз показників роботи на вантажній станції Х-С

Таблиця В.1 - Аналіз навантаження за найменуванням вантажу по станції Х-С

Назва вантажів	Вагони	Тони	Середньомісячні обсяги	
			Вагони	Тони
Нафта і нафтопродукти	1	18	1	1,5
Машини та устаткування	189	4971	16	414,2
Метизи	182	1338	15	111,5
Брухт чорних металів	563	36732	47	3061
Автомобілі	23	547	2	45,5
Хімікати і сода	5	13	1	1,08
Промислова сировина і формувальні матеріали	11	677	1	56,4
Лісові вантажі	15	365	2	30,4
Решта продовольчих товарів	89	1938	7	161,5
Промислові товари народного споживання	8	334	1	27,8
Зерно	90	4732	8	394,3
Мука	61	4138	5	344,8
Вантажі в контейнерах	490	3887	41	323,9
Решта та збірні вантажі	40	1138	3	94,8
Загалом	1767	60828	148	5069

АКТ
перевірки кваліфікаційної роботи магістра
на наявність ознак академічного плагіату

Відповідно до даних сервісу Strikeplagiarism праця «УДОСКОНАЛЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ ВАНТАЖНОЇ СТАНЦІЇ ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННЯХ ПАРКОМ РІЗНИХ ВЛАСНИКІВ», автор Бражник Микита Олександрович, містить 3,16 % текстових збігів. Ознаки академічного плагіату відсутні.

Перевірку виконала доцент
кафедри залізничних станцій та вузлів



Ганна ШАПОВАЛ