

Український державний університет залізничного транспорту

Кафедра управління вантажною і комерційною роботою

УДОСКОНАЛЕННЯ ПЕРЕВІЗНОГО ПРОЦЕСУ В ЗАЛІЗНИЧНОМУ ВУЗЛІ В
УМОВАХ РОЗВИТКУ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Пояснювальна записка і розрахунки
до випускної кваліфікаційної роботи

УПІЗВ.200.00.00.000 ПЗ

Розробив студент групи 221-ОПУТ-Д24
спеціальності 275 / 275.02

(роботу виконано самостійно, відповідно до
принципів академічної доброчесності)

 Сергій КУЗЬМІЧЕНКО

Керівник: доцент, канд. техн. наук
Ярослав ЗАПАРА

Рецензент: професор, д-р. техн. наук
Андрій ПРОХОРЧЕНКО

АНОТАЦІЯ

Дана кваліфікаційна робота включає в себе 16 слайдів презентації, 85 аркушів пояснювальної записки формату А4, що включає 11 рисунків, 5 таблиць, 30 літературних джерел.

Ключові слова: ЗАЛІЗНИЧНИЙ ВУЗОЛ, ПЕРЕВІЗНИЙ ПРОЦЕС, ОПОРНА СТАНЦІЯ, ОБІГ ВАГОНА, ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ, ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ.

Об'єктом дослідження є організація перевізного процесу залізничного вузла.

Метою дослідження є удосконалення перевізного процесу в залізничному вузлі в умовах розвитку інформаційних технологій.

Проведено дослідження показників функціонування технологічних елементів залізничного вузла. Одним із головних напрямів підвищення ефективності функціонування залізничних вузлів є зменшення міжопераційних простоїв вагонів, їх тривалість може становити від 50 до 80 % загального часу перебування місцевих вагонів у межах вузла, формуючи значну частину обігу вантажного вагона. Скорочення цих витрат часу можливе завдяки оптимізації кількості технологічних операцій, удосконаленню взаємодії між станціями, виробничими підрозділами та ділянками, а також шляхом автоматизації процесів, що сприяє зменшенню впливу людського фактора.

Представлено імітаційне моделювання перевізного процесу у залізничному вузлі. Запропоновано модель, алгоритм якої незалежно від ступеня складності, конфігурації інфраструктури, характеру вагонопотоків та інших особливостей функціонування розвинених залізничних вузлів дає змогу визначати найбільш доцільне місце виконання технічних операцій з місцевими вагонами, а також встановлювати раціональний час обробки транзитних вагонів відповідно до заданих параметрів і критеріїв ефективності.

ABSTRACT

This qualification work includes 16 presentation slides, 85 pages of an explanatory note in A4 format, featuring 11 figures, 5 tables, and 30 literature references.

Keywords: RAILWAY NODE, TRANSPORTATION PROCESS, SUPPORT STATION, RAILWAY CIRCULATION, INFORMATION TECHNOLOGY, SIMULATION MODELING.

The object of the study is the organization of the transportation process of a railway junction.

The purpose of the study is to improve the transportation process in a railway junction in the context of the development of information technologies.

A study of the performance indicators of technological elements of a railway junction has been conducted. One of the main directions for increasing the efficiency

of railway junctions is to reduce inter-operational downtime of wagons, their duration can be from 50 to 80% of the total time spent by local wagons within the junction, forming a significant part of the freight wagon turnover. Reducing these time costs is possible by optimizing the number of technological operations, improving interaction between stations, production units and sections, as well as by automating processes, which helps reduce the impact of the human factor.

The simulation modeling of the transportation process in a railway junction is presented. A model is proposed, the algorithm of which, regardless of the degree of complexity, infrastructure configuration, nature of car flows and other features of the functioning of developed railway junctions, allows determining the most appropriate place for performing technical operations with local cars, as well as establishing a rational processing time for transit cars in accordance with the specified parameters and efficiency criteria.

KEYWORDS:

simulation modeling, railway junction, freight wagon turnover

Симуляционное моделирование процесса

транспортировки грузовых вагонов в железнодорожном узле

В статье представлено симуляционное моделирование процесса

транспортировки грузовых вагонов в железнодорожном узле. Представлено

модель, алгоритм которой, независимо от степени сложности, конфигурации

инфраструктуры

железнодорожного узла, позволяет определять наиболее

подходящее место для

выполнения технических операций с местными вагонами, а также

устанавливать рациональное время

обработки транзитных вагонов в соответствии с заданными

параметрами и критериями эффективности.

Ключевые слова: симуляционное моделирование, железнодорожный узел,

оборачиваемость грузовых вагонов

Симуляционное моделирование процесса транспортировки грузовых вагонов

в железнодорожном узле. Представлено модель, алгоритм которой, независимо от

Український державний університет залізничного транспорту
Факультет управління процесами перевезень
Кафедра управління вантажною і комерційною роботою
Освітній рівень: магістр
Спеціальність 275 Транспортні технології
275.02 «Транспортні технології (на залізничному транспорті)»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
доцент, канд. техн. наук
 Антон КОВАЛЬОВ
23 лютого 2026 р.

**ЗАВДАННЯ
НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

Кузьміченку Сергію Володимировичу

1. Тема «Удосконалення перевізного процесу в залізничному вузлі в умовах розвитку інформаційних технологій»

керівник Запара Ярослав Вікторович, канд. техн. наук, доцент
затверджені розпорядженням по факультету Управління процесами перевезень
від 23 лютого 2026 року №06/26

2. Строк подання студентом закінченої роботи – 15 червня 2026 року

3. Вихідні дані:

схема мережі залізничного транспорту України;
схема залізничного вузла;
показники роботи вантажної та технічної станції залізничного вузла за останні роки;
технологічні процеси роботи станцій вузла;
показники вантажних перевезень по АТ «Укрзалізниця» тощо.

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

1. Аналіз перевізного процесу опорної станції залізничного вузла
2. Дослідження показників функціонування технологічних елементів залізничного вузла
3. Формування комплексної оцінки перевізного процесу в залізничному вузлі
4. Визначення економічного ефекту щодо запропонованого додаткового функціоналу автоматизованого робочого місця поїзного (вузлового) диспетчера

5 Перелік графічного матеріалу: Організаційна структура опорної станції Основа. Граф станів вантажного вагона у Харківському вузлі. Схема взаємодії підсистем залізничного вузла при організації його роботи. Обіг вантажного вагону за 2013-2025 роки по АТ «Укрзалізниця». Обіг вагону за 2023-2025 роки по регіональній філії «Південна залізниця». Рівні імітаційної моделі залізничного вузла. Схема визначення технології роботи вузла на певний період. Фрагмент технології роботи вузла за умови роботи одного (двох) локомотива у Північній системі станції О та однієї (двох) бригади ПКО.

6 Консультанти окремих розділів

Розділ	Прізвище, ініціали, посада та науковий ступінь консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Економічне обґрунтування запропонованого проєктного рішення	ГРИЦЕНКО Наталія, доцент, канд. економ. наук		

7 Дата видачі завдання 23 лютого 2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів	Строк виконання етапів	Примітка
1 Аналіз перевізного процесу опорної станції залізничного вузла	13.04.26 р.	Виконано
2 Дослідження показників функціонування технологічних елементів залізничного вузла	02.05.26 р.	Виконано
3 Формування комплексної оцінки перевізного процесу в залізничному вузлі	24.05.26 р.	Виконано
4 Визначення економічного ефекту щодо запропонованого додаткового функціоналу автоматизованого робочого місця поїзного (вузлового) диспетчера	08.06.26 р.	Виконано
5 Оформлення роботи, отримання рецензії	15.06.26 р.	Виконано

Студент  Сергій КУЗЬМІЧЕНКО
Керівник  Ярослав ЗАПАРА.

Зміст

Вступ	7
1 Аналіз перевізного процесу опорної станції залізничного вузла	10
1.1 Функціонування опорної станції залізничного вузла	10
1.2 Технологічні особливості опорної станції залізничного вузла	20
1.3 Інформаційне забезпечення опорної станції залізничного вузла	28
1.4 Дослідження залізничного вузла як логістичної системи	31
2 Дослідження показників функціонування технологічних елементів залізничного вузла	35
2.1 Дослідження ефективності використання рухомого складу в залізничних вузлах	35
2.2 Дослідження наукових публікацій по удосконаленню перевізного процесу залізничного вузла	42
3 Формування комплексної оцінки перевізного процесу в залізничному вузлі	49
3.1 Імітаційне моделювання організації перевізного процесу у залізничному вузлі	49
3.2 Пропозиції щодо покращення взаємодії учасників перевізного процесу в залізничному вузлі за рахунок системної оптимізації	63
4 Визначення економічного ефекту щодо запропонованого додаткового функціоналу автоматизованого робочого місця поїзного (вузлового) диспетчера	70
Висновки	78
Список використаних джерел	82

					УПІЗВ.200.00.00.000 ПЗ				
Дя	Ал	на докум	Годов	Дата	Удосконалення перевізного процесу в залізничному вузлі в умовах розвитку інформаційних технологій	Лист	Аркуш	Листів	
Розробив	Кузнецов			11.06					
Перевірив	Татар			11.06			6	85	
Рішення						УкрІУЗТ			
Н. Кондр	Татар			11.06					
Запущено	Кузнецов			11.06					
					6				

Вступ

Актуальність теми. До 80% часу обігу вантажного вагона припадає на перебування на станціях залізничних вузлів. При цьому лише приблизно 20% цього часу займає безпосередній рух, тоді як основна його частина витрачається на виконання технологічних операцій або очікування їх проведення на вантажних та опорних (технічних) станціях.

Значна тривалість перебування вагонів у межах залізничних вузлів обумовлюється рядом чинників, серед яких ключовими є нерівномірність обсягів перевезень, недостатньо ефективне використання виробничих потужностей вузла, зокрема маневрових засобів, а також неузгодженість дій між учасниками перевізного процесу - залізницею, промисловими підприємствами, що мають під'їзні колії, митними органами та суміжними службами.

Отже, забезпечення стабільного та безперервного функціонування перевізного процесу має базуватися на своєчасному реагуванні на коливання вантажопотоків, урахуванні інтересів усіх учасників перевезень та удосконаленні технології роботи станцій за рахунок раціонального використання виробничих ресурсів.

Тема є важливою та актуальною.

Об'єкт дослідження – організація перевізного процесу залізничного вузла.

Предмет дослідження – технологічні аспекти роботи залізничного вузла в межах сучасних інформаційних технологій.

Мета і задачі дослідження. Метою дослідження є удосконалення перевізного процесу в залізничному вузлі в умовах розвитку інформаційних технологій.

Реалізація цієї мети потребує постановки та вирішення таких основних задач:

- проведення аналізу перевізного процесу опорної станції залізничного вузла;

- дослідження показників функціонування технологічних елементів залізничного вузла;
- сформулювати комплексну оцінку перевізного процесу в залізничному вузлі;
- визначити економічний ефект щодо запропонованого додаткового функціоналу автоматизованого робочого місця поїзного (вузлового) диспетчера.

Методи дослідження. Використані принципи обробки результатів моніторингу з подальшим застосуванням теорії ймовірностей та математичної статистики. При моделюванні використовувались, методи економічного аналізу, системної оптимізації та агентного імітаційного моделювання..

Елементи наукової новизни. За допомогою імітаційної моделі вирішено науково-прикладну задачу удосконалення перевізного процесу залізничного вузла шляхом визначення раціональної технології роботи вузла по обробці вагонопотоків за рахунок введення додаткового функціоналу в автоматизоване робоче місце поїзного (вузлового) диспетчера.

Практичне значення розроблених моделей, які планується інтегрувати в автоматизоване робоче місце поїзного (вузлового) диспетчера, полягає в удосконаленні перевізного процесу в залізничному вузлі, зокрема в скороченні обігу вантажного вагона у вузлі.

Публікації. За темою даної кваліфікаційної роботи опубліковані 3 тези доповідей:

1) Тези 85 студентської науково-технічної конференції УкрДУЗТ (Харків, 10-11 грудня 2025 р.) «Аналіз сучасних заходів комерційного огляду вантажних вагонів» [1].

2) Міжнародна науково-практична конференція Технологія-2025 (Одеса, 23 травня. 2025 р.) «Інноваційні концепції цифровізації та діджиталізації в організації мультимодальних перевезень» [2].

3) Двадцять перша науково-практична міжнародна конференція Міжнародна транспортна інфраструктура, індустріальні центри та

корпоративна логістика (Харків, 5-6 червня. 2025 р.) «Адаптивна концентрація вантажної і комерційної роботи на залізниці України за досягнутого рівня інформатизації технологічних процесів» [3].

Структура роботи. Кваліфікаційна робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел. Повний обсяг магістерської роботи складає 85 сторінок. Список використаних джерел включає 30 найменувань.

1 Аналіз перевізного процесу опорної станції залізничного вузла

1.1 Функціонування опорної станції залізничного вузла

Починаючи з травня 2024 року, в системі організації роботи станцій регіональної філії Південна залізниця було впроваджено структурні зміни, спрямовані на вдосконалення управління станційним господарством та підвищення ефективності експлуатаційної діяльності. У межах проведених організаційних перетворень у складі виробничого підрозділу «Служба роботи станцій» створено виробничо-технологічний підрозділ «Станція Основа», який функціонує як опорна станція Харківського залізничного вузла. За своїм технологічним призначенням станція Основа є технічною сортувальною станцією, що виконує ключову роль у забезпеченні безперервності та координації перевізного процесу в межах вузла. Станом на середину 2026 року аналогічні опорні станції були сформовані на всіх регіональних філіях АТ «Укрзалізниця», а їх загальна кількість перевищила 30 одиниць, що свідчить про масштабність реформування системи управління станційною роботою.

До організаційної структури станції Основа, як опорної станції, входить 13 роздільних пунктів (далі – РП), які забезпечують виконання різноманітних технологічних та експлуатаційних функцій у межах Харківського вузла. До їх складу належать: сортувальна станція Основа; вантажні станції Харків-Слобідський, Індустріальна та Харків-Вантажний; пасажирські станції Харків-Левада, що перебуває під єдиним керівництвом станції Харків-Вантажний, а також Лосєве, яке підпорядковується станції Рогань. Крім того, до структури опорної станції включені проміжні станції Новожанове, Рогань, Тернове та Жихор, а також роз'їзди 6 км і 8 км, які перебувають під керівництвом станції Харків-Слобідський, та колійний пост 18 км, підпорядкований станції Індустріальна. Така структура дозволяє централізувати управління значною кількістю об'єктів залізничної інфраструктури та

забезпечувати ефективну взаємодію між ними.

Порядок використання технічних засобів і організація роботи роздільних пунктів, що входять до складу станції Основа, визначаються технічно-розпорядчими актами станцій (ТРА). Дані документи встановлюють регламент безпечного та безперешкодного приймання, відправлення і пропуску поїздів через станції, а також визначають порядок організації маневрової роботи. Технічно-розпорядчі акти розробляються відповідно до чинних нормативних документів залізничного транспорту України, зокрема Правил технічної експлуатації залізниць України, Інструкції з руху поїздів і маневрової роботи на залізницях України, Інструкції з сигналізації на залізницях України, а також Інструкції зі складання технічно-розпорядчих актів станцій ЦД-0059. Дотримання вимог зазначених документів є необхідною умовою забезпечення безпеки руху поїздів, узгодженості технологічних процесів та стабільності функціонування станційного комплексу.

Станція Основа як виробничо-технологічний підрозділ може використовувати власну круглу печатку із зазначенням найменування станції, коду ЄДРПОУ Товариства, регіональної філії та цифрового номера податкового обліку. Крім того, станція має право застосовувати бланки зі своїм найменуванням і вказівкою на належність до регіональної філії та АТ «Укрзалізниця». Це забезпечує офіційне оформлення документації та підтверджує адміністративну самостійність підрозділу в межах визначених повноважень.

Основним функціональним призначенням станції Основа є організація процесів розформування та формування поїздів різних категорій відповідно до чинного плану формування поїздів. Станція забезпечує переробку вагонопотоків, їх сортування за напрямками прямування та підготовку составів до подальшого відправлення. Важливе значення має також формування технічних маршрутів, які прямують на значні відстані без переробки на попутних технічних станціях, що дозволяє скоротити час доставки вантажів і підвищити ефективність використання рухомого складу.

На станції Основа здійснюється широкий комплекс технологічних операцій, пов'язаних як із транзитним пропуском поїздів, так і з їх переробкою. До основних видів робіт належать технічне обслуговування рухомого складу, комерційний огляд вагонів, виявлення та усунення технічних несправностей, заміна локомотивів і локомотивних бригад. Крім того, на станції виконуються вантажні операції на місцях загального користування, зокрема навантаження та вивантаження вантажів, а також організовується обслуговування під'їзних колій промислових підприємств. Значна увага приділяється формуванню дільничних, збірних, вивізних і передатних поїздів, що забезпечують взаємодію між окремими станціями та промисловими об'єктами вузла. Поряд із вантажною роботою станція бере участь і в організації перевезень пасажирів.

Станції Харків-Слобідський, Харків-Вантажний та Індустріальна за своїм функціональним призначенням належать до категорії вантажних станцій. Основним напрямом їх діяльності є організація вантажної та комерційної роботи, пов'язаної з обслуговуванням вантажовідправників і вантажоодержувачів. Ці станції відіграють важливу роль у забезпеченні перевезень промислових, будівельних, сировинних та інших видів вантажів у межах Харківського залізничного вузла.

На вантажних станціях Харків-Слобідський, Харків-Вантажний та Індустріальна виконується значний перелік технологічних операцій. До них належать приймання вантажів до перевезення, їх зважування, тимчасове зберігання, навантаження, вивантаження та видача одержувачам. Також здійснюються операції з переадресування вантажів, переробки контейнерів і оформлення перевізної документації. У межах станційної роботи забезпечується приймання, розформування, формування, технічне обслуговування та комерційний огляд вантажних поїздів перед їх подальшим відправленням. Важливим елементом діяльності є інформування вантажовідправників і вантажоодержувачів щодо підходу вантажів, прибуття вагонів та часу їх подавання під вантажні операції. Крім цього, на станціях організовується маневрова робота з подавання та прибирання вагонів до

фронтів навантаження і вивантаження, а також здійснюється обслуговування під'їзних колій промислових підприємств і організацій.

Окремо слід зазначити, що на станціях Харків-Слобідський та Харків-Вантажний, поряд із вантажною роботою, виконуються операції з обслуговування пасажирів приміського сполучення. Зокрема, здійснюється приймання та відправлення приміських електропоїздів, що забезпечує транспортне сполучення між Харковом та прилеглими населеними пунктами. Це підвищує значення зазначених станцій не лише як вантажних об'єктів, а і як важливих елементів системи приміських пасажирських перевезень.

Станції Харків-Левада та Лосєве за своїм функціональним призначенням і характером виконуваної роботи належать до категорії пасажирських станцій. Основним напрямом їх діяльності є забезпечення обслуговування пасажирів у прямому, місцевому та приміському сполученнях. Дані станції відіграють важливу роль у транспортному забезпеченні населення Харківського залізничного вузла, забезпечуючи належний рівень організації пасажирських перевезень, стабільність руху поїздів та доступність транспортних послуг для населення.

На пасажирських станціях Харків-Левада та Лосєве виконується комплекс операцій, пов'язаних із обслуговуванням пасажирів та організацією руху приміських поїздів. До основних функцій належать продаж проїзних документів, оформлення перевезень багажу та вантажобагажу, приймання й відправлення приміських електропоїздів, а також організація зміни локомотивних бригад. Крім цього, станції забезпечують належний рівень інформаційного супроводу пасажирів, координацію руху поїздів та створення умов для безпечного й комфортного користування послугами залізничного транспорту.

Станції Тернове, Новожанове, Жихор і Рогань за своїм призначенням та характером роботи належать до проміжних станцій. Їх основним завданням є забезпечення приймання, відправлення, обгону, схрещення та безперешкодного пропуску вантажних і пасажирських поїздів. Дані станції виконують важливу

функцію в організації поїзної роботи, оскільки забезпечують регулювання руху поїздів на окремих дільницях та підтримання встановленого графіка руху.

На станціях Тернове, Новожанове та Рогань, окрім основних експлуатаційних функцій, виконуються також вантажні операції. Зокрема, здійснюється обслуговування під'їзних колій промислових підприємств, виконуються операції з причеплення та відчеплення вагонів до складу збірних, вивізних і передатних поїздів. Крім того, на зазначених станціях проводяться операції, пов'язані з перевезенням пасажирів, що дозволяє поєднувати вантажну та пасажирську роботу в межах одного технологічного процесу.

Роз'їзди 6 км, 8 км та колійний пост 18 км виконують допоміжні функції у структурі Харківського залізничного вузла. Основним їх призначенням є організація приймання, відправлення, обгону, схрещення та пропуску вантажних і пасажирських поїздів. Використання таких роздільних пунктів дозволяє підвищити пропускну спроможність дільниць, забезпечити ритмічність руху поїздів та оптимізувати використання інфраструктури залізничного транспорту.

Відкриття або закриття станції Основа для виконання всіх чи окремих видів операцій здійснюється у порядку, визначеному статтею 7 Статуту залізниць України. Це забезпечує законність функціонування станції та регламентує порядок зміни її експлуатаційного статусу залежно від виробничих потреб і умов організації перевізного процесу.

Відповідно до покладених завдань станція Основа виконує широкий спектр функцій, спрямованих на забезпечення ефективної організації перевізного процесу, безпеки руху поїздів та стабільної роботи залізничного вузла. Одним із ключових напрямів діяльності станції є організація та забезпечення виконання планових обсягів перевезень вантажів і пасажирів. Для цього здійснюється приймання, відправлення та пропуск вантажних і пасажирських поїздів відповідно до затвердженого графіка руху, а також розформування і формування поїздів згідно з планом формування поїздів.

Важливе місце в діяльності станції займає забезпечення безпеки руху

поїздів і маневрової роботи. Станція Основа організовує та контролює виконання заходів, спрямованих на гарантування безпеки працівників залізничного транспорту, пасажирів та інших громадян під час користування послугами залізниці. Значна увага приділяється питанням пожежної безпеки, охорони навколишнього природного середовища, збереження вантажів і рухомого складу, а також попередженню виникнення аварійних ситуацій.

Одним із напрямів роботи станції є впровадження заходів щодо підвищення економічної ефективності експлуатаційної діяльності. З цією метою здійснюється робота зі зниження експлуатаційних витрат і собівартості перевезень, підвищення продуктивності праці, раціонального використання матеріально-технічних, енергетичних та природних ресурсів. Одночасно проводяться заходи щодо покращення умов праці працівників, підвищення рівня соціального захисту персоналу та вдосконалення культури виробництва.

На станції Основа організовується проведення технічного та комерційного огляду вагонів із виявленням і усуненням несправностей, що можуть вплинути на безпеку руху або схоронність вантажів. Також здійснюється обслуговування під'їзних колій структурних підрозділів регіональної філії та промислових підприємств, виконання маневрової роботи з подавання та прибирання вагонів до місць навантаження і вивантаження, а також організація роботи з пасажирськими поїздами і вагонами.

Станція забезпечує постійне інформування вантажовідправників і вантажоодержувачів щодо підходу та прибуття вантажів, часу подавання вагонів під вантажні операції, а також інших відомостей, необхідних для організації перевізного процесу. Важливе значення має впровадження та використання автоматизованих інформаційних систем, до яких вноситься інформація про виконані технологічні операції з поїздами і вагонами, а також отримуються довідкові, нормативні та оперативні дані, необхідні для управління роботою станції.

З метою забезпечення стабільної експлуатаційної діяльності станція Основа здійснює контроль за технічним станом пристроїв, споруд і технічних

засобів, організовує заходи зі збереження вантажів і рухомого складу, а також проводить підготовку господарства до роботи в осінньо-зимовий період. Особлива увага приділяється організації роботи під час снігопадів, заметілей та інших складних погодних умов.

Одним із важливих напрямів діяльності є оперативне планування поїзної та маневрової роботи на добу й зміну. Таке планування здійснюється на підставі добових і змінних завдань регіональної філії, аналізу поточного стану роботи станції та інформації щодо підходу поїздів, вагонів і локомотивів. Це дозволяє забезпечити ритмічність роботи станції, ефективний розподіл ресурсів і дотримання технологічних норм.

Станція Основа також забезпечує організацію роботи відповідно до технологічного процесу роботи станції (ТПРС), технічно-розпорядчого акта (ТРА), договорів про експлуатацію під'їзних колій, договорів про подавання та забирання вагонів, графіка руху поїздів і плану формування поїздів. У процесі роботи враховуються технологічні особливості діяльності структурних підрозділів АТ «Укрзалізниця», що дозволяє забезпечити узгодженість усіх елементів перевізного процесу.

Значна увага приділяється впровадженню сучасних технологій, нової техніки та інформаційних систем, спрямованих на скорочення часу користування вагонами, підвищення ефективності переробки вагонопотоків і покращення якості обслуговування пасажирів, вантажовласників та операторів перевезень. Паралельно проводиться робота щодо вдосконалення організації праці, нормування, мотивації персоналу, підвищення професійної підготовки працівників та дотримання трудової дисципліни.

До функцій станції також належать ведення статистичної звітності, облік використання матеріалів, палива, електроенергії та води, забезпечення економного використання ресурсів, організація отримання і видачі спецодягу, спецвзуття та інших матеріальних цінностей, необхідних для здійснення експлуатаційної діяльності. Уся документація, пов'язана з роботою станції Основа, ведеться, зберігається та архівується відповідно до встановленого

порядку.

Важливим аспектом діяльності станції є забезпечення нерозголошення комерційної таємниці, конфіденційної та службової інформації АТ «Укрзалізниця», яка перебуває у володінні або користуванні станції. Окремо здійснюються заходи щодо попередження, виявлення та припинення можливих терористичних проявів, що є невід'ємною складовою системи транспортної безпеки та безпеки функціонування об'єктів залізничної інфраструктури.

Організаційна структура станції Основа формується та затверджується у встановленому порядку відповідно до чинних нормативних документів АТ «Укрзалізниця» та регіональної філії Південна залізниця. Побудова структури управління станції здійснюється з урахуванням специфіки експлуатаційної діяльності, обсягів перевізної роботи, особливостей технологічного процесу та необхідності забезпечення безперервного функціонування всіх виробничих підрозділів. Організаційна структура визначає склад структурних підрозділів станції, їх функціональні обов'язки, рівень підпорядкованості та взаємодію між окремими службами й працівниками у процесі виконання виробничих завдань.

Чисельність працівників станції Основа встановлюється відповідно до чинних у Товаристві нормативних документів з організації праці. Формування чисельності персоналу здійснюється з урахуванням обсягів експлуатаційної роботи, технологічних особливостей станції, рівня технічного оснащення, режиму роботи та необхідності забезпечення безпечного й безперервного перевізного процесу. При визначенні чисельності працівників враховуються нормативи трудових витрат, вимоги щодо охорони праці, безпеки руху поїздів та ефективного використання трудових ресурсів.

Штатний розпис станції Основа розробляється на підставі чинних організаційно-нормативних документів, зокрема затвердженої структури та встановленої чисельності працівників, а також положень щодо оплати праці. Під час формування штатного розпису враховуються вимоги нормативно-правових актів у сфері трудового законодавства, організації праці та оплати праці працівників залізничного транспорту. Штатний розпис визначає

перелік посад, кількість штатних одиниць, посадові оклади та інші умови оплати праці працівників станції. Його затвердження здійснюється у порядку, встановленому регіональною філією, що забезпечує єдиний підхід до організації кадрової та фінансової діяльності структурних підрозділів залізничного транспорту.

Організаційна структура опорної станції Основа представлена на рисунку 1.1.

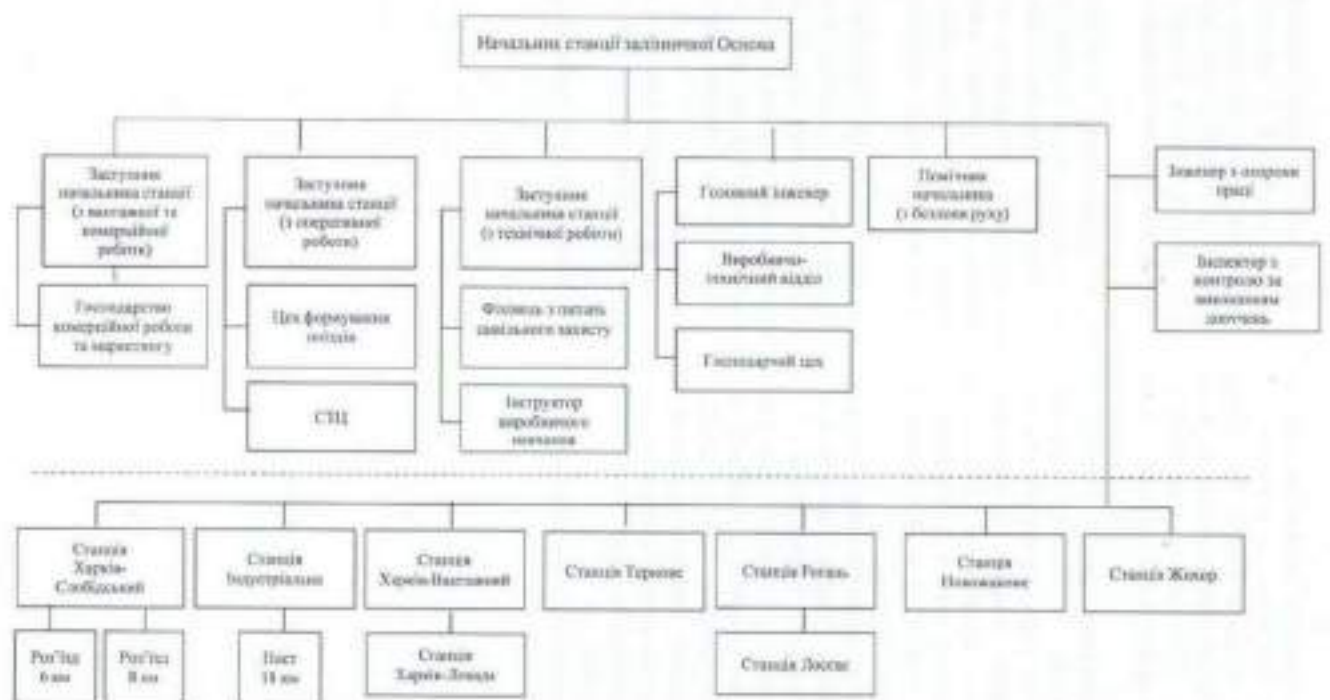


Рисунок 1.1 - Організаційна структура опорної станції Основа

1.2 Технологічні особливості опорної станції залізничного вузла

Станція Основа, з урахуванням характеру виконуваної роботи та рівня технічного оснащення, належить до двосистемних сортувальних станцій позакласного типу. У її структурі функціонують дві сортувальні системи — Південна та Північна, кожна з яких обладнана механізованою сортувальною гіркою великої потужності з трьома гальмовими позиціями.

До складу Південної системи входять Південна сортувальна система, що включає Північний приймальний парк, Південну сортувальну гірку, Південний сортувальний парк і Південний парк відправлення, а також парк Безлюдівський. Північний приймальний парк та Південний парк відправлення з'єднані між собою міжпарковою 84-ю колією, яка проходить уздовж Південного сортувального парку в обхід Південної сортувальної гірки.

Північна система складається з Північної сортувальної системи, до якої належать Зміївський парк, Північна сортувальна гірка та Північний сортувально-відправний парк. Крім цього, до складу системи входять Південний транзитний парк, Ранжирний парк і Станційний парк.

На станції експлуатується 364 централізовано керованих стрілочних переводи та 4 переводи з нецентралізованим управлінням. Управління централізованими стрілками здійснюється через відповідні пости електричної централізації. Чергові по станції ДСП-1 та ДСП-2 керують стрілочними переводами через пост ЕЦ-1, а ДСП-4 і ДСП-24 — через пост ЕЦ-2. Маневровий диспетчер МСЦ-18 здійснює керування з поста 18, тоді як контроль за стрілочними переводами на сортувальних гірках покладено на чергових операторів виконавчих постів I та II.

На ПК7, на відстані 252 км від початку колії, встановлена система відеоспостереження для контролю руху по I та II головних коліях. Система забезпечує автоматичну відеофіксацію рухомого складу і вантажів, а також виконує розпізнавання номерів вагонів. Її основним призначенням є контроль

вагонів і вантажів у русі, зокрема тих, що надходять зі сторони Лиману та Куп'янська.

У разі руху поїзда зі швидкістю до 40 км/год, відповідно до вимог Інструкції з експлуатації системи, обладнання дозволяє визначати стан навантаження та кріплення вантажів у вагонах, перевіряти наявність запірно-пломбувальних пристроїв, а також виявляти залишки вантажів на відкритому рухомому складі.

На ПК5 (252 км) по II головній колії встановлені тензометричні динамічні вагонні ваги ВТВ-25ДР1Т і ВТВ-25ДР2Т, призначені для зважування вантажних, пасажирських і приміських поїздів без розчеплення вагонів. Вагове обладнання дозволяє здійснювати контроль вагонів, у тому числі цистерн із рідкими вантажами, в'язкість яких не менша за мазут. Система визначає кількість вагонів, масу кожного вагона і всього складу, а також фіксує випадки поздовжнього чи поперечного зміщення центру ваги понад установлені норми.

Зважування поїздів, що прибувають на станцію Основа зі сторони Лиману та Куп'янська, виконується на вагах ВТВ-25ДР1Т або ВТВ-25ДР2Т при швидкості руху до 40 км/год відповідно до технологічного паспорта ваг. У разі виходу з ладу ваг ВТВ-25ДР1Т використовується резервний комплекс ВТВ-25ДР2Т, де процес зважування проводиться при швидкості не більше 15 км/год.

У Ранжирному парку на колії 12Т встановлені механічні статичні ваги ВО-2002 та тензометричні статичні ваги ВТВ-1СТБ, які забезпечують зважування вагонів масою до 150 тонн. Відповідно до ТРА станції швидкість заїзду на ваги ВО-2002 не повинна перевищувати 3 км/год, а на ВТВ-1СТБ — 5 км/год. Процес зважування допускається як при русі локомотива вперед, так і при подачі вагонів.

Для виконання маневрової роботи на станції Основа використовуються вісім локомотивів. Сім із них — маневрові локомотиви серії ЧМЕЗ, закріплені за виробничим підрозділом «Локомотивне депо Харків-Сортувальний» (ТЧ-10) та обслуговувані локомотивними бригадами «Локомотивного депо Основа»

(ТЧ-3). Додатково на станції експлуатується маневровий локомотив серії ВЛ8, що належить «Локомотивному депо Лиман» (ТЧ-1) регіональної філії Донецька залізниця та обслуговується бригадою ТЧ-10 Південна залізниця.

На Північній сортувальній гірці задіяно два маневрові локомотиви — ЧМЕЗ та ВЛ8, тоді як Південну сортувальну гірку обслуговують два локомотиви ЧМЕЗ. У Північному сортувально-відправному парку на 9-му маневровому районі працює один локомотив ЧМЕЗ, а в Південному сортувальному парку на 24-му маневровому районі — ще один локомотив тієї ж серії. Для роботи з місцевими вагонами та обслуговування транзитних поїздів у Південному транзитному парку використовуються два локомотиви ЧМЕЗ, а за необхідності можуть залучатися й інші маневрові локомотиви станції.

Із загальної кількості локомотивів серії ЧМЕЗ шість експлуатуються машиністами одноосібно. Один локомотив ЧМЕЗ та локомотив ВЛ8 обслуговуються локомотивними бригадами у складі двох працівників.

У Південній сортувальній системі організовано роботу двох кіл маневрового радіозв'язку. Перше коло, що працює на частоті 153,900 МГц, використовується диспетчером маневрової частини, черговим по гірці, операторами сортувальної гірки, складачами поїздів і сигналістом 22-го маневрового району. Друге коло, з частотою 154,000 МГц, призначене для взаємодії ДСП-4, ДСП-24, чергового по парку 24-го маневрового району, диспетчера маневрової частини, операторів гірки та працівників III гальмової позиції. У приміщенні чергового по Південній гірці встановлені радіостанції обох кіл зв'язку, а диспетчери та оператори оснащені радіостанціями з можливістю оперативного перемикання частот.

У Північній сортувальній системі функціонує одне коло маневрового радіозв'язку на частоті 155,500 МГц. До цього кола підключені диспетчер станції, чергові по станції ДСП-1 та ДСП-2, черговий по гірці, оператори і складачі поїздів Північної сортувальної гірки, а також чергові та сигналісти 9-го і 12-го маневрових районів. Радіозв'язок забезпечує оперативну взаємодію працівників під час організації маневрової роботи та координацію

технологічних процесів у межах Північної системи.

На 18-му маневровому районі станції Основа організоване окреме коло маневрового радіозв'язку, яке працює на частоті 155,450 МГц. У даному колі здійснюють роботу диспетчер маневрової частини станції МСЦ-18, черговий по станції ДСП-2 поста ЕЦ-1 та складач поїздів 18-го маневрового району. Використання окремої частоти дозволяє забезпечити чітку координацію дій між працівниками, своєчасний обмін інформацією та безперервне управління маневровими пересуваннями у межах району.

Для забезпечення роботи пункту комерційного огляду (ПКО) на станції Основа виділено окреме коло маневрового радіозв'язку з частотою 153,750 МГц. У ньому працюють звільнений бригадир підприємств залізничного транспорту та приймальники поїздів, які здійснюють координацію процесів приймання, огляду та підготовки поїздів до подальшого відправлення або маневрової роботи. Використання окремого каналу зв'язку забезпечує ефективну організацію роботи персоналу ПКО та виключає виникнення перешкод під час взаємодії з іншими маневровими районами станції.

Усі сигналісти, складачі та приймальники поїздів станції забезпечені портативними радіостанціями типу «KENWOOD» і «ТРАНСПОРТ РН-2», які перебувають у постійно ввімкненому режимі. Використання даних засобів зв'язку дозволяє підтримувати безперервну комунікацію між працівниками, оперативно реагувати на зміни виробничої ситуації та забезпечувати належний рівень безпеки під час виконання технологічних операцій.

Крім радіозв'язку, у парках станції встановлені переговорні колонки та гучномовці, призначені для передачі оперативної інформації й команд великій кількості працівників одночасно. Усі парки станції обладнані щогловим освітленням із використанням галогенних, ксенонових світильників та ламп розжарювання, що забезпечує необхідний рівень видимості в нічний час і сприяє безпечному виконанню маневрової роботи та технічного обслуговування вагонів.

У вхідних горловинах Зміївського та Північного приймальних парків

станції Основа встановлені спеціальні бункери для приймання перевізних документів від локомотивних бригад вантажних поїздів. Це дає можливість оперативно отримувати перевізну документацію безпосередньо під час прибуття поїздів до парків приймання. Передача документів із постів списування до СТЦ прибуття та у зворотному напрямку здійснюється за допомогою пневмопошти діаметром 155 мм, що забезпечує швидке та безпечне транспортування документів між підрозділами. Для доставки документів між СТЦ прибуття та СТЦ відправлення використовується електропідійомник.

Вантажне господарство станції включає відкриту високу платформу - пакгауз, під'їзні колії, механізований пункт усунення комерційних несправностей, пункт комерційного огляду вагонів і поїздів, а також товарну контору. На платформі та під'їзних коліях виконуються операції з навантаження та вивантаження вантажів, що забезпечує безперервність вантажопотоку та ефективну організацію вантажної роботи. Пункт усунення комерційних несправностей обладнаний технічними засобами для оперативного усунення пошкоджень або недоліків навантаження вантажів перед їх подальшим відправленням. Пункт комерційного огляду здійснює контроль правильності навантаження та кріплення вантажів у вагонах, що дозволяє знизити ризик пошкодження вантажів у процесі перевезення.

Північна сортувальна система забезпечує переробку вагонопотоків, що надходять на станцію Основа зі сторони Лиману, Куп'янська, Люботина, Лозової, Харкова-Сортувального та інших станцій Харківського вузла. Після переробки вагони направляються у північному напрямку - на станції Харків-Сортувальний, Одноробівка, Люботин та інші станції вузла.

Південна сортувальна система, у свою чергу, приймає вагонопотоки з напрямків Люботин, Харків-Сортувальний, Одноробівка, Лиман, Куп'янськ та інших станцій вузла. Після виконання сортувальної роботи вагони відправляються у південному напрямку, зокрема на Лиман, Куп'янськ, Харків-Сортувальний та суміжні станції Харківського залізничного вузла.

Поїзди, що надходять до Зміївського парку для подальшого

розформування, проходять обов'язковий технічний і комерційний огляд, який виконують працівники пункту технічного огляду (ПТО) та пункту комерційного огляду (ПКО). У процесі огляду перевіряється технічний стан вагонів, правильність навантаження та кріплення вантажів, а також наявність можливих комерційних несправностей.

Після завершення огляду складається сортувальний листок, у якому зазначаються відомості про вагони та напрямки їх подальшого прямування. На підставі цього документа поїзд подається на Північну сортувальну гірку, де здійснюється його розформування. Відповідно до плану формування поїздів вагони розподіляються по визначених коліях Північного сортувально-відправного парку для накопичення та комплектування нових составів.

Після завершення накопичення сформовані поїзди повторно проходять технічний і комерційний огляд працівниками ПТО та ПКО. Одночасно у СТЦ виконується обробка перевізних документів і оформлення необхідної документації на відправлення. Після завершення всіх технологічних операцій поїзди відправляються до станцій призначення відповідно до графіка руху та чинного плану формування поїздів.

Таблиця 1.1 – Характеристика під'їзних колій та місць загального користування

№ з/п	Під'їзні колії за приналежністю	Загальна кількість під'їзних колій за приналежністю	Допустима швидкість руху при подачі вагонів, км/год	Фронт навантаження/вивантаження, за довжиною, вагонів(згідно договору на подачу/прибирання вагонів)	Чийм локомотивом обслуговуються
1	Під'їзні колії які належать залізниці	5	5-15	2-14	Регіональної філії
2	Під'їзні колії які належать власнику	16	5-15	3-10	Власника/ регіональної філії
3	Місця загального користування	2	5-15	2-15	Власника/ регіональної філії

Поїзди, що прибувають до Північного приймального парку для подальшої переробки, спочатку проходять технічний і комерційний огляд, який виконують працівники пункту технічного огляду (ПТО) та пункту комерційного огляду (ПКО). Після завершення перевірок складається сортувальний листок, відповідно до якого состави подаються на Південну сортувальну гірку для розформування.

Відповідно до плану формування вагони розподіляються по коліях Південного сортувального парку, де здійснюється їх накопичення для подальшого комплектування нових поїздів. Після завершення сортування вагони проходять повторний комерційний огляд працівниками ПКО, а супровідна документація опрацьовується у службі технічного контролю (СТЦ). Далі сформовані состави передаються до Південного парку відправлення, де проводиться черговий технічний огляд, а у разі необхідності - і додатковий комерційний контроль працівниками ПТО та ПКО. Після виконання всіх технологічних операцій поїзди готуються до відправлення за встановленими напрямками руху.

Транзитний вагонопотік, який не потребує переробки, направляється безпосередньо до Південного транзитного парку з південного або північного напрямків. Після проведення технічного та комерційного огляду вагони без затримки продовжують рух через Станційний або Безлюдівський парк відповідно до маршруту прямування. Водночас вагонопотоки, що прибувають із північного напрямку, можуть спрямовуватися через Північний приймальний парк до Південного парку відправлення, де після необхідних перевірок поїзди відправляються далі за призначенням.

У випадках, коли з транзитними поїздами без переробки необхідно виконати додаткові технологічні операції, здійснюються маневрові роботи з причеплення або відчеплення вагонів, об'єднання чи роз'єднання составів, причеплення підштовхуючих локомотивів, а також заміна локомотивів і локомотивних бригад.

Передача вагонів між Північною та Південною сортувальними системами

виконується за визначеною технологією. Із Північної системи вагони передаються до Південної після накопичення на коліях 41–46, 48 та 49 Північного приймального парку. Передача вагонів із Південної системи до Північної здійснюється локомотивом 24-го маневрового району, який переміщує вагони з колій Південного сортувального парку по 46-й ходовій колії до 78-ї колії Зміївського парку. У разі зайнятості або неможливості використання 78-ї колії вагони подаються на будь-яку вільну колію Зміївського парку.

Зважаючи на значний обсяг вагонопотоків у напрямку станції Харків-Сортувальний та інших станцій Харківського вузла, вагони зазначених призначень спрямовуються до Південної сортувальної системи та накопичуються на коліях 2–4, 15 і 16 Південного парку відправлення для подальшого формування та відправлення поїздів.

Вантажне господарство станції Основа включає комплекс об'єктів, призначених для організації вантажної роботи. До його складу входять відкрита вантажна платформа «Пакгауз», група під'їзних колій для навантаження та вивантаження вантажів, механізований пункт усунення комерційних несправностей, пункт комерційного огляду поїздів і вагонів, а також товарна контора, де здійснюється оформлення та зберігання перевізної документації.

Для забезпечення додаткового контролю за станом рухомого складу та вантажів на станції функціонує автоматизована система відеоспостереження, яка виконує фіксацію вагонів у русі, розпізнає номери вагонів і контролює стан вантажів під час проходження поїздів.

На станції також експлуатуються різні типи вагонних ваг для здійснення вагового контролю. До них належать статичні ваги ВО-2002, призначені для визначення маси вагонів у нерухомому стані, тензометричні статичні ваги ВТВ-1СТБ для точних статичних вимірювань, а також тензометричні динамічні ваги ВТВ-25ДР-1Т і ВТВ-25ДР-2Т, які дозволяють проводити зважування вагонів у русі, у тому числі вагонів із вантажами, чутливими до зміщення центру маси.

Наявність зазначених технічних засобів та об'єктів вантажного господарства забезпечує безперервність обробки вагонопотоків, підвищує ефективність технологічних процесів і сприяє стабільній роботі станції Основа на основних напрямках перевезень.

1.3 Інформаційне забезпечення опорній станції залізничного вузла

Станція Основа працює в умовах автоматизованої системи керування вантажними перевезеннями АСК ВП УЗ-Є, яка є єдиною інтегрованою цифровою платформою, що забезпечує комплексну автоматизацію всіх технологічних і управлінських процесів. Система об'єднує всі автоматизовані комплекси керування в єдиний інформаційний простір, побудований на уніфікованих технологіях обробки даних і спільній телекомунікаційно-програмній інфраструктурі. Це дозволяє забезпечити безперервний інформаційний обмін між підрозділами станції, синхронізацію даних у режимі реального часу та суттєве скорочення часу на підготовку і прийняття управлінських рішень.

Застосування автоматизованих систем спрямоване на глибоку цифровізацію технологічних процесів станції, підвищення ефективності експлуатаційної діяльності, оптимізацію роботи персоналу, який здійснює контроль, аналіз та управління виробничими процесами, а також на зменшення споживання енергетичних ресурсів. Системи забезпечують оперативне формування та оновлення інформації, підвищують її достовірність за рахунок автоматичного контролю, логічних перевірок і використання уніфікованих протоколів передачі даних. Окремо реалізовано функції автоматизованого обліку, формування звітності та статистичної обробки, що значно спрощує документообіг і мінімізує ризик помилок при введенні даних.

Практично всі робочі місця станції оснащені комп'ютерною технікою та сучасними каналами зв'язку, що забезпечує повну інтеграцію інформаційних потоків між АСК ВП УЗ-Є та системою ДІСКОР. Це створює єдине цифрове середовище управління, у межах якого дані передаються, обробляються та використовуються без дублювання і втрати актуальності.

У товарній конторі станції автоматизовані робочі місця агентів комерційного та вантажного відділу функціонують на базі АРМ ТВК та АРМ ПЗ, які інтегровані з Сервером вантажної роботи. АРМ ТВК забезпечує повний цикл обробки перевізних документів, включаючи введення, автоматичну перевірку, передачу на сервер і отримання розрахункових результатів. Система реалізує багаторівневий логічний контроль даних, автоматичне виявлення помилок і функції автозаповнення, що забезпечує високу точність інформації та суттєве скорочення часу її обробки.

АРМ ПЗ призначено для комплексної автоматизації оформлення технологічної документації при подачі та забиранні вагонів на під'їзні колії підприємств. Система формує оперативну довідкову інформацію щодо місцезнаходження та часу перебування вагонів, здійснює автоматизований облік використання рухомого складу та виконує розрахунок платежів за користування вагонами і маневровими операціями. На основі первинних даних система автоматично генерує повний пакет документів форм ГУ-23, ГУ-23а та вагонні листи ГУ-38 (а, б, в, г), що значно підвищує швидкість і точність оформлення перевізного процесу.

Завдяки гнучким налаштуванням інтерфейсу система адаптується під конкретного користувача, що мінімізує кількість операцій і підвищує оперативність виконання завдань. Це забезпечує зниження навантаження на персонал та підвищення загальної ефективності роботи.

Додатково на робочих місцях агентів комерційного та вантажного відділу впроваджені АС Месплан та АРМ КЗО. АС Месплан забезпечує автоматизовану обробку заявок на перевезення вантажів і формування оперативних планів перевезень з урахуванням поточного попиту та наявних ресурсів. АРМ КЗО

реалізує функції управління комплексними заборонами та обмеженнями, що використовується для оперативного регулювання руху, забезпечення безпеки та контролю експлуатації під'їзних колій підприємств.

Таким чином, автоматизовані робочі місця та системи, інтегровані в АСК ВП УЗ-Є, забезпечують єдиний інформаційний простір для управління технологічними процесами станції Основа. Це дозволяє автоматизувати обробку даних, підвищити оперативність управління та забезпечити узгоджену взаємодію всіх підрозділів станції.

АС Месплан використовується для управління заявками на перевезення вантажів і забезпечує перегляд заявок, узгодження планових періодів, створення і редагування форм ГУ-12, роботу з чернетками, первинний контроль даних, доступ до довідкової інформації та формування вихідних документів.

АРМ КЗО забезпечує приймання, перегляд і обробку телеграфних розпоряджень та передачу даних до Серверу вантажної роботи для подальшої обробки.

У товарній конторі реалізовано електронний обмін інформацією між працівниками під час оформлення прибуття і відправлення вантажів із використанням порталу УЗ, що забезпечує оперативну взаємодію між підрозділами.

На робочих місцях ПКО та 4-го поста функціонують системи АСК ЦВР, ЄКІП-УЗ та АРМ ЗВ, які забезпечують контроль вантажів і стану вагонів у русі. АРМ ЗВ використовується для ведення електронної Книги обліку контрольних зважувань форми ГУ-78 з можливістю введення, перегляду та друку даних.

АРМ КРВ забезпечує контроль і аналіз роботи тензометричних динамічних ваг у складі АСК ВП УЗ-Є із застосуванням АРМ ОТВ та використовується для контролю зважування вагонів у русі і забезпечення точності вагових даних.

На ПКО використовуються АРМ бригадира, приймальників поїздів і агентів комерційного актово-претензійного відділу, інтегровані з АСК ЦВР, з використанням даних ваг ВТВ-25ДР1Т і ВТВ-25ДР2Т для контролю

навантаження і центру мас вагонів.

На постах 3, 4 і 9 використовується АРМ АС ВВП для формування попереджень форми ДУ-61 та ведення Книги попереджень форми ДУ-60.

АРМ СТ_Д для чергових ДСП-1, ДСП-2 та ДСПЦ ЕЦ-1 забезпечує управління рухом поїздів і включає основні функції: формування і відображення графіків руху, інтерактивне управління інформацією, доступ до довідкових і архівних даних, інтеграцію з АСК СС, аналіз дислокації локомотивів і бригад, диспетчерські функції та доступ до інформаційних ресурсів.

Усі системи забезпечують автоматизацію, облік, контроль і обробку даних, що підвищує точність, оперативність і ефективність роботи станції Основа та рівень безпеки руху поїздів.

Нормативно-довідкова інформація оновлюється при зміні планів, графіків або технологічних процесів у взаємодії з інформаційно-оперативним центром, що забезпечує її актуальність і узгодженість із фактичними умовами роботи.

1.4 Дослідження залізничного вузла як логістичної системи

Для скорочення часу затримок вантажних вагонів на станціях залізничних вузлів пропонується розглядати залізничний вузол як логістичну систему, що функціонує на основі принципів оптимальності, ієрархічності, емерджентності та інтеграції.

Залізничний вузол являє собою цілісну систему, яка складається з взаємопов'язаних підсистем, що функціонують у єдиному технологічному процесі. На мікрорівні елементами такої системи виступають станції вузла, через які проходять вагонопотоки. У структурі вузла як мікрологістичної системи можна виділити три основні підсистеми:

- надходження вагонопотоку до вузла, переважно через технічні станції;

- перебування рухомого складу в межах вузла на вантажних, проміжних станціях, під'їзних коліях, у процесі передачі та виконання вантажних операцій;
- вибуття вагонопотоку з вузла, здебільшого через технічні або передавальні станції.

При більш детальному розгляді кожна з цих підсистем набуває складнішої внутрішньої структури. Всі елементи вузла є різнорідними, але взаємопов'язаними і сумісними, що забезпечує досягнення спільної мети, а саме організованого та оптимального просування вантажопотоків, що відповідає принципу оптимальності.

Залізничний вузол є багаторівневою мікрологістичною системою з чітко організованою ієрархією. Така структура забезпечує розподіл функцій та їх координацію між рівнями управління. Зокрема, на технічних станціях здійснюється формування і розформування поїздів, на вантажних станціях виконується підбір вагонів за напрямками або вантажними фронтами, а на місцях загального та незагального користування відбувається зародження і погашення вагонопотоків. Це відповідає принципу ієрархії.

Складні внутрішні та зовнішні стохастичні зв'язки між підсистемами формують інтегровані властивості системи, які не притаманні окремим її елементам. Головною інтегрованою властивістю є забезпечення своєчасної доставки необхідної кількості вагонів до пунктів призначення з мінімальними експлуатаційними витратами та здатністю адаптації до змін зовнішнього середовища. Реалізація цієї властивості можлива лише при розгляді вузла як єдиної системи, що відповідає принципу емерджентності.

Поєднання всіх елементів у єдину систему формує синергетичний ефект, який проявляється в підвищенні загальної ефективності функціонування залізничного вузла та може оцінюватися єдиним узагальненим критерієм, що відображає принцип інтеграції.

Технологічний процес у залізничному вузлі формує складні логістичні ланцюги, оскільки в організації перевезень бере участь значна кількість учасників, часто більше шести. До них належать не лише вантажовідправники і

вантажоодержувачі, а й дирекції залізниць, оператори, орендарі, експедитори та інші учасники перевізного процесу.

Забезпечення безперервного транспортного процесу у вузлі може бути досягнуте шляхом застосування системного підходу, який дозволяє розглядати вузол як сукупність взаємопов'язаних підсистем із єдиною метою функціонування. Це дає змогу ефективно управляти наскрізними вагонопотоками, виявляти внутрішні та зовнішні зв'язки системи та розкривати її інтегровані властивості.

Реалізація системного підходу забезпечується узгодженою діяльністю всіх учасників перевізного процесу, кожен з яких має власні локальні цілі. За умови їх координації в межах спільного об'єкта управління, яким є наскрізний вагонопотік, досягається підвищення ефективності роботи та економічний ефект.

Використання інструментів логістичного управління, таких як планування, організація, контроль та інформаційне забезпечення, дозволяє оперативному персоналу ефективно управляти технологією роботи залізничного вузла та підвищувати загальну результативність перевізного процесу.

Висновки. Проведено аналіз перевізного процесу опорної станції залізничного вузла. Зокрема, досліджено процес формування опорної станції, визначено її функціональне призначення, роль та значення в організації перевізного процесу Харківського залізничного вузла. Одним із ключових завдань опорної станції є забезпечення координації роботи вантажних, пасажирських і проміжних станцій, що входять до складу вузла. Провести комплексну оцінку результативності структурних змін, пов'язаних із впровадженням опорних станцій, наразі складно через незначний термін реалізації даного пілотного проєкту.

Виконано аналіз технологічних особливостей управління та інформаційного супроводу діяльності опорної станції залізничного вузла. Рациональне застосування інфраструктурних ресурсів у поєднанні з наявними

інформаційними системами сприятиме підвищенню ефективності функціонування опорної станції під час обробки вагонопотоків.

З метою зменшення простоїв вантажних вагонів на станціях залізничних вузлів у роботі запропоновано розглядати залізничний вузол як логістичну систему, що функціонує відповідно до логістичних принципів, зокрема оптимальності, ієрархічності, емерджентності та інтегрованості.

Застосування інструментів логістичного управління, таких як планування, організація, контроль та інформаційне забезпечення, надає можливість оперативному персоналу більш ефективно координувати технологічні процеси роботи залізничного вузла.

2 Дослідження показників функціонування технологічних елементів залізничного вузла

2.1 Дослідження ефективності використання рухомого складу в залізничних вузлах

АТ «Укрзалізниця» зосереджує зусилля на вирішенні однієї з ключових проблем вантажної логістики — затримках вагонів на підходах до портових станцій та необхідності прискорення обороту рухомого складу.

Оборот вагонів є одним із головних показників ефективності перевізного процесу. За результатами 2025 року середній оборот вантажного вагона становить близько 11,6 діб. Водночас детальний аналіз показує, що у русі вагон перебуває лише 25–28 годин [4]. Решта часу припадає на простої на різних етапах логістичного ланцюга: майже 6 діб вагони затримуються на технічних (транзитних) станціях залізничних вузлів, ще приблизно 2 доби — під виконанням вантажних операцій. Саме тому пріоритетним напрямом є прискорення просування вагонопотоків у межах станцій залізничних вузлів.

Окремою проблемою вантажних перевезень є наявність так званих «покинутих вагонів», кількість яких наразі перевищує 1000 одиниць по всій мережі. Додатково ускладнює ситуацію пошкодження залізничної та портової інфраструктури внаслідок обстрілів, що призводить до накопичення вантажів, які фактично прибули, але не можуть бути прийняті портами, інколи ще з початку року.

АТ «Укрзалізниця» потребує впровадження системних змін, зокрема повної цифровізації перевізного процесу. Це дозволить здійснювати детальний аналіз швидкості просування вантажів як у розрізі окремих відправлень, так і за компаніями, що їх здійснюють. Метою є виявлення та усунення логістичних диспропорцій, а також забезпечення рівних умов для всіх учасників ринку. Автоматизація процесів сприятиме зменшенню впливу людського фактора,

підвищенню прозорості системи перевезень і зростанню її ефективності, що, у свою чергу, дозволить залучити додаткові вантажопотоки та частково повернути вантажі з автомобільного транспорту на залізницю.

Залізничний транспорт як важливий елемент транспортної системи активно взаємодіє з вантажовласниками та іншими видами транспорту. Така взаємодія ґрунтується на застосуванні сучасних інформаційних технологій, логістичних підходів і ефективних методів управління, що забезпечує стабільне функціонування як залізниці, так і транспортної інфраструктури країни [5].

Для забезпечення своєчасної доставки вантажів необхідна чітка координація всіх етапів перевізного процесу. Він включає початкові операції (приймання вантажу від відправника), основний етап перевезення (рух із проходженням технічних, вантажних і проміжних станцій та перегонів) і завершальні операції (видачу вантажу одержувачу).

Залізничні вузли є одними з найскладніших і найпотужніших елементів залізничного транспорту, які постійно розвиваються в технічному та технологічному напрямках. Схему взаємодії підсистем у процесі функціонування залізничного вузла наведено на рисунку 1.1.

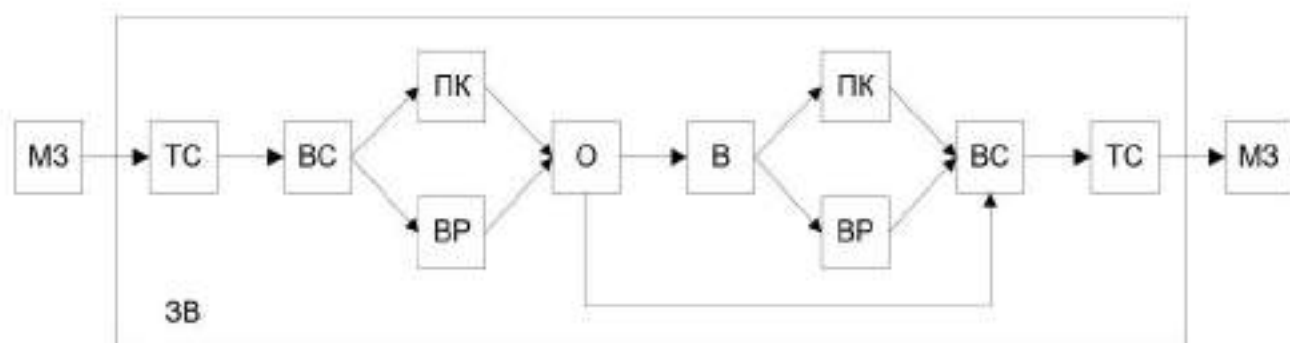


Рисунок 2.1 – Схема взаємодії підсистем залізничного вузла

ЗВ – залізничний вузол;

МЗ – мережа залізниць;

ТС – технічна станція вузла;

ВС – вантажна станція вузла;

О – одержувач вантажу;

В – вантажовідправник;

ПК – під'їзна колія підприємства;

ВР – вантажний район.

Протягом обороту вантажний вагон до 80% часу перебуває на станціях у межах залізничних вузлів. При цьому приблизно 20% часу припадає на рух, тоді як решта витрачається на виконання технологічних операцій або очікування їх виконання на вантажних і технічних станціях [6].

Тривале знаходження рухомого складу в межах елементів залізничних вузлів зумовлюється дією низки чинників. До основних слід віднести значні коливання обсягів перевезень, неефективне використання виробничого потенціалу вузла, зокрема маневрових засобів, а також недостатню узгодженість роботи учасників перевізного процесу — залізниці, промислових підприємств із під'їзними коліями та суміжних організацій, у тому числі митних служб.

У зв'язку з цим для забезпечення безперервності перевізного процесу необхідно оперативно реагувати на зміни вантажопотоків, враховувати інтереси всіх учасників перевезень і вдосконалювати технологію роботи станцій шляхом більш раціонального використання виробничих потужностей вузла.

Для розроблення відповідних рішень доцільно проаналізувати досвід одного з найбільших залізничних вузлів України — Харківського [7]. Водночас для більш глибокого розуміння проблем організації перевізного процесу необхідне детальніше дослідження. Граф станів вагонів у Харківському залізничному вузлі наведено на рисунку 2.2.

Як правило, переміщення вантажів у межах вузла здійснюється передатними поїздами між станціями, а для передвузлових станцій — вивізними та збірними поїздами. Такий розподіл обумовлений структурою місцевої роботи між вузловими та передвузловими станціями. Враховуючи, що в окремих випадках строки доставки вантажів перевищують нормативні значення до 25%, можна зробити висновок про недостатню ефективність організації перевізного процесу в межах залізничного вузла [8].

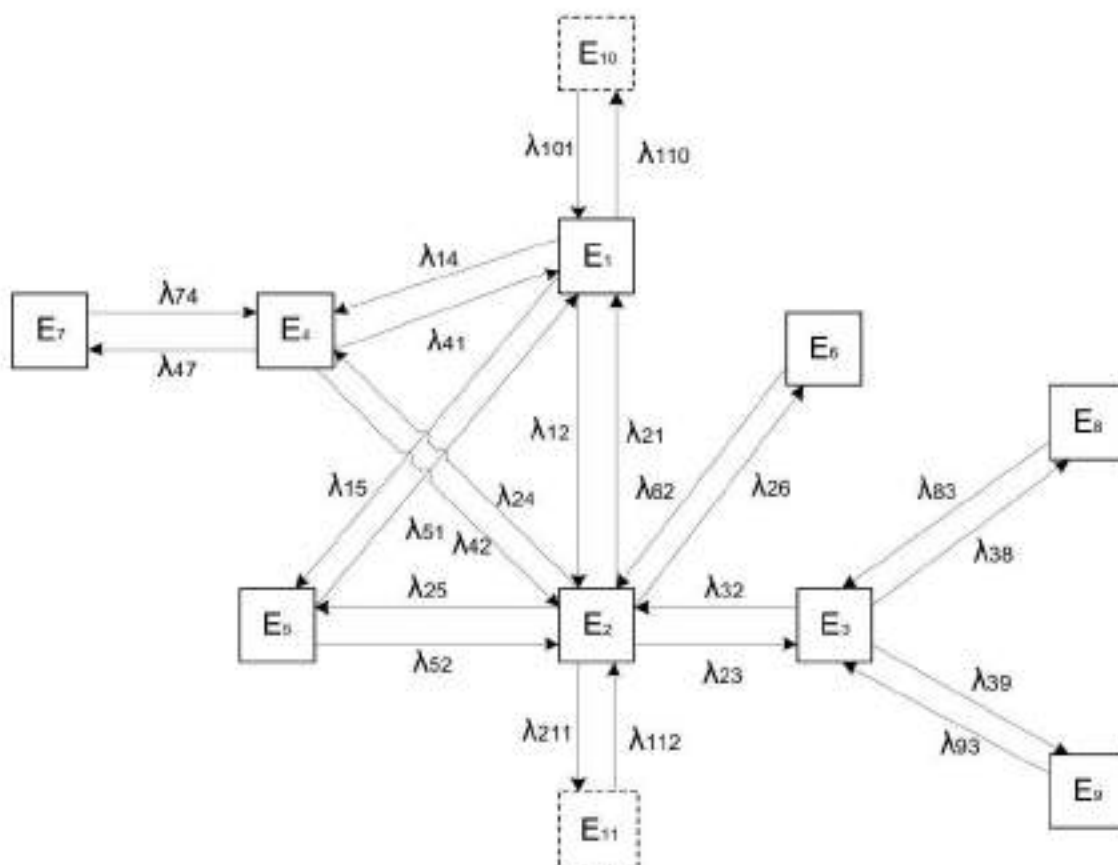


Рисунок 2.2 – Граф станів вантажного вагона у Харківському вузлі

E_i – знаходження вантажного вагона на i -й технічній станції (E_1 – Харків – Сортивальний; E_2 – Основа) та i -й вантажній станції (E_3 – Харків – Слобідський; E_4 – Куряж; E_5 – Нова – Баварія; E_6 – Харків – Вантажний; E_7 – Залютине; E_8 – Індустріальна; E_9 – Рогань; E_{10}, E_{11} – передвузлові технічні станції), год;

λ_i – інтенсивності переходів вантажного вагону із стану в стан, ваг/год.

Загалом час перебування вантажного вагона у залізничному вузлі згідно складається з

$$t_n^{tot} = t_n + t_{exp}^{cp} + t_n^{exp}, \quad (2.1)$$

де t_n - час знаходження місцевого вагона, який прибув до вузла на сортувальну станцію, год;

$t_{пер}^{cp}$ - середній час знаходження вагонів у передавальному русі з сортувальної на вантажну станції та у зворотньому напрямку, год;

t_n^{avn} - час знаходження місцевого вагона на вантажній станції, год.

Складова $t_{пер}^{cp}$ в основному має одне і теж саме значення згідно графіку руху поїздів і тому більш досконалого аналізу не потребує.

В свою чергу, час знаходження, зокрема місцевого вагона, на вантажній станції дорівнює

$$t_n^{avn} = t_{пр} + t_c + t_{под}^{оч} + t_{под} + t_{ван}^{оч} + t_{ван} + t_{заб}^{оч} + t_{заб} + t_{ф} + t_{від}^{оч} + t_{від}, \quad (2.2)$$

де $t_{пр}$ - час, який витрачається на операції по прибуттю;

t_c - час на сортування і підбирання вагонів;

$t_{под}^{оч}$ - час очікування подачі до вантажних фронтів;

$t_{под}$ - час подачі до вантажних фронтів;

$t_{ван}^{оч}$ - час очікування вантажних операцій;

$t_{ван}$ - час знаходження під вантажними операціями;

$t_{заб}^{оч}$ - час очікування забирання з вантажних фронтів;

$t_{заб}$ - час, який витрачається на забирання вагонів;

$t_{ф}$ - час формування поїздів, що будуть відправлені;

$t_{від}^{оч}$ - час очікування відправлення;

$t_{від}$ - час на операції по відправленню.

У більшості залізничних вузлів країни спостерігаються значні обсяги

місцевої роботи, що обумовлює необхідність детального аналізу процесів перебування вагонів на вантажних і технічних станціях та чинників, які впливають на тривалість їх простоїв.

Затримки у виконанні технологічних операцій, спричинені недосконалістю або порушенням встановленої технології роботи, призводять до збільшення часу обробки вагонів і негативно впливають на своєчасність доставки вантажів.

Основним показником ефективності функціонування залізничного транспорту є обіг вантажного вагона. Аналіз показує, що в останні роки в АТ «Укрзалізниця» цей показник змінювався: у 2022 році становив 14,23 доби, у 2025 році — 11,6 доби, при цьому спостерігається тенденція до його зниження (11,34 доби у 2023 році та 9,3 доби у 2024 році). Це свідчить про наявність резервів підвищення ефективності використання вагонного парку за рахунок удосконалення роботи станцій і залізничних вузлів. Динаміка зміни обігу вантажного вагона наведена на рисунку 2.3.

Підвищення ефективності роботи залізничного транспорту можливе за умови оптимізації технологічних процесів на станціях, впровадження сучасних інформаційних технологій та застосування логістичних підходів до управління перевезеннями [9].

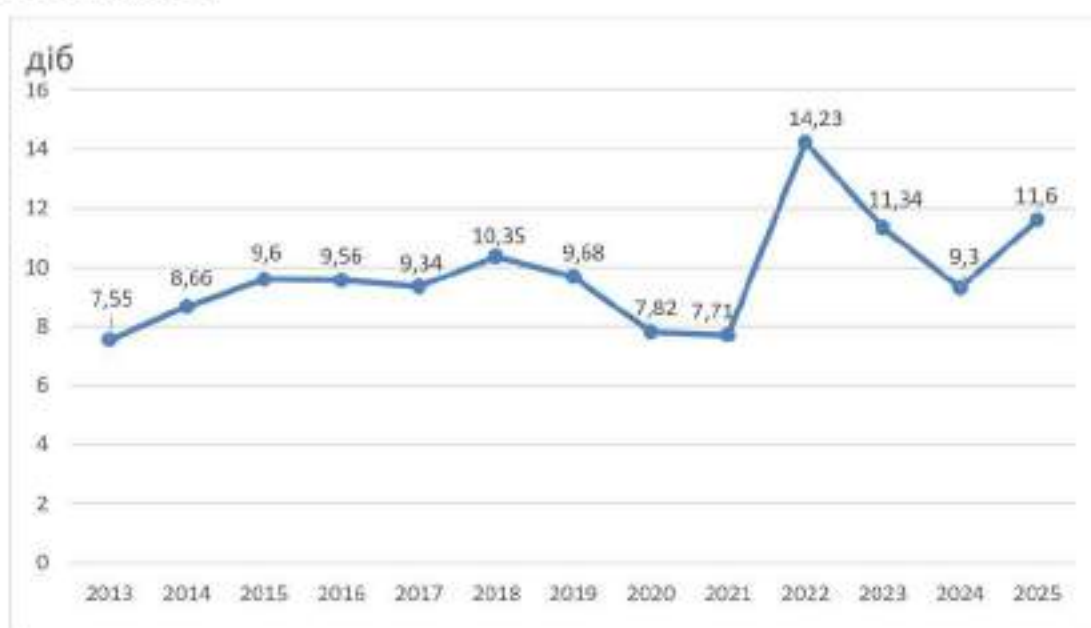


Рисунок 2.3 – Обіг вантажного вагону за 2013-2025 роки

Аналіз показників обігу вагонів (обігу навантаженого, вантажного та місцевого вагона) на регіональній філії «Південна залізниця» (рисунок 2.4) свідчить, що у 2024 році їхні значення залишалися стабільно високими. У 2025 році спостерігається певна позитивна динаміка та часткове зниження цих показників, однак вони й надалі характеризуються як підвищені. Це дає підстави стверджувати, що існуюча організація роботи залізничних вузлів, управління вантажними потоками та рівень взаємодії з клієнтами і суміжними учасниками перевізного процесу потребують подальшого удосконалення.

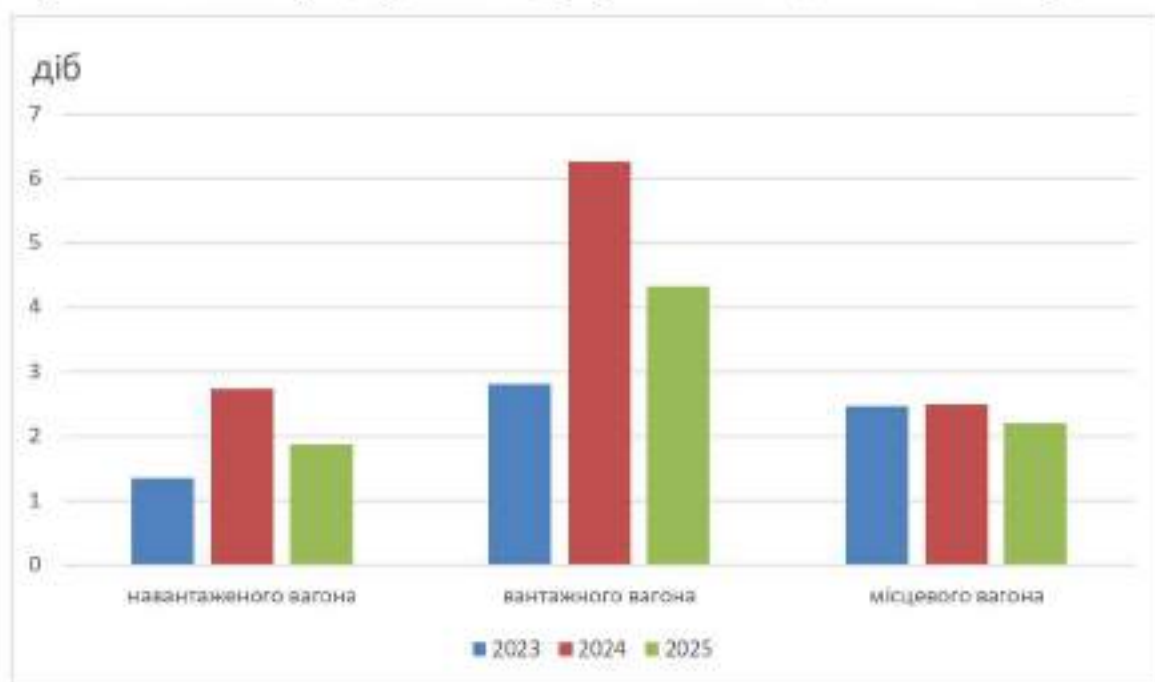


Рисунок 2.4 – Обіг вагону по регіональній філії «Південна залізниця»

Аналіз функціонування залізничних вузлів у розвинених країнах, зокрема Європейського Союзу, США, Японії та інших, показує, що проблемні («вразливі») елементи їх роботи загалом подібні до тих, що характерні для вітчизняних вузлів. До основних чинників, які негативно впливають на ефективність роботи залізничної інфраструктури за кордоном, належать високі експлуатаційні витрати, зумовлені, зокрема, недотриманням технології роботи окремих елементів вузлів, а також зношеність станційної інфраструктури і рухомого складу [10].

Водночас слід відзначити, що залізничні вузли розвинених країн приділяють значно більшу увагу автоматизації станційних процесів, підвищенню ефективності використання технічних засобів та мінімізації негативного впливу транспортної діяльності на довкілля. Крім того, вони характеризуються вищим рівнем адаптивності до ринкових змін і коливань обсягів перевезень.

Окрему увагу в цих країнах приділяють забезпеченню своєчасної доставки вантажів, зокрема шляхом використання контейнерних експрес-перевезень та залучення пасажирських поїздів для транспортування термінових відправлень. Наприклад, у країнах ЄС спрощення митних процедур суттєво прискорює проходження вантажів у міжнародному сполученні.

Таким чином, досвід розвинених країн підтверджує необхідність подальшого вдосконалення технології роботи та інфраструктури залізничних вузлів як ключової умови підвищення їх продуктивності та зниження експлуатаційних витрат.

2.2 Дослідження наукових публікацій по удосконалення перевізного процесу залізничного вузла

Дослідження ефективності залізничних вузлів і транспортних процесів привертали увагу багатьох вітчизняних і зарубіжних науковців, серед яких В.І. Бобровський, Т.В. Бутко, М.І. Данько, П.В. Долгополов, І.В. Жуковицький, Г.І. Загарій, В.М. Запара, Я.В. Запара, Д.М. Козаченко, А.М. Котенко, В.І. Крячко, В.М. Кулешов, Д.В. Ломотько, О.А. Малахова, В.К. Мироненко, Є.В. Нагорний, А.О. Поляков, В.О. Шиш, Н.Ю. Шраменко, П.О. Яновський та інші.

Їхні роботи охоплюють різні аспекти залізничного транспорту: модернізацію технічних засобів, впровадження нових технологій управління,

оптимізацію логістичних і сортувальних процесів, підвищення ефективності розкладів руху поїздів, зменшення негативного впливу на довкілля, поліпшення безпеки та автоматизації перевізного процесу, а також економічну оцінку транспортних операцій.

Наукові дослідження у сфері організації роботи залізничних вузлів умовно поділяються на два напрямки:

1. Підвищення ефективності окремих елементів вузла, таких як технічні, вантажні та проміжні станції, під'їзні колії та вантажні фронти. Мета – оптимізація роботи кожного вузлового елемента та мінімізація технологічних простоїв.

2. Оптимізація руху поїздів між дільницями вузла, включаючи передавальний рух на сортувальних і технічних станціях. Акцент робиться на покращенні взаємодії між вузовими та передвузовими станціями для забезпечення безперешкодного транспортування вагонів.

Одним із основних напрямів підвищення ефективності роботи залізничного вузла є удосконалення планування перевізного процесу. Йдеться про формування раціональної технології роботи на визначений період, яка забезпечує переробку заданих обсягів вагонопотоків із мінімізацією міжопераційних простоїв, що в результаті дозволяє зменшити витрати на всіх етапах функціонування вузла.

У практичній діяльності залізничних вузлів часто виникають труднощі, пов'язані з неузгодженістю дій різних учасників перевізного процесу — регіональних філій, промислових підприємств, митних органів, а також із недостатнім рівнем автоматизації технологічних операцій. Особливої актуальності набуває питання ефективної організації передавального руху в умовах коливання обсягів перевезень та забезпечення узгодженої взаємодії підсистем вузла, зокрема сортувальних і вантажних станцій [11, 12].

Організація руху вагонів у межах вузла може здійснюватися за двома основними принципами: за «жорстким графіком» або за диспетчерським розкладом. Перший варіант забезпечує чітку регламентацію процесів і

можливість детального планування технологічних операцій, однак характеризується низькою гнучкістю при зміні обсягів перевезень і може призводити до додаткових простоїв вагонів на станціях і підходах.

Другий варіант — диспетчерське регулювання — є більш адаптивним, оскільки дозволяє оперативно реагувати на зміну вагонопотоків і ефективніше використовувати рухомий склад. Водночас за умов низької інтенсивності перевезень можливе збільшення часу очікування формування поїздів встановленої маси, що також впливає на загальну ефективність роботи вузла.

Таким чином, сучасні наукові підходи свідчать, що підвищення ефективності функціонування залізничного вузла можливе лише за умови поєднання технічних, технологічних і логістичних рішень, оптимізації міжопераційних процесів та впровадження адаптивних систем управління рухом вагонів. Використання автоматизованих систем контролю та диспетчерського планування дозволяє скоротити простої, підвищити оперативність реагування на зміну обсягів перевезень і забезпечити зростання економічної ефективності перевізного процесу.

На практиці найбільш результативним є комбіноване застосування обох підходів організації руху передавальних поїздів, що дозволяє поєднати переваги жорсткого графіка та диспетчерського регулювання і забезпечити баланс між стабільністю та гнучкістю роботи вузла.

Особливу увагу заслуговують наукові дослідження провідних українських фахівців, які працюють у ключових закладах вищої освіти, таких як Український державний університет залізничного транспорту, Український державний університет науки і технологій та Київський університет економіки і технологій транспорту. Серед найвідоміших дослідників варто відзначити П.В. Долгополова, Я.В. Запару, Р.Г. Коробйову, Я.В. Літвінова, О.А. Малахову, Н.П. Носенко, В.І. Мацюка, А.М. Окороков та Ю.В. Чибісова.

Дослідження Р.Г. Коробйової [13] присвячене оптимізації маневрової роботи при підборі місцевих вагонів у процесі вантажної роботи залізничних вузлів. Авторка пропонує підходи до підвищення ефективності

сортувально-маневрових операцій, однак їхній вплив на функціонування вузлів різних типів у роботі розкрито недостатньо детально.

У праці В.І. Мацюка [14] запропоновано нову класифікацію залізничних вузлів України, яка базується на рівні розвитку внутрішньої кореспонденції місцевого вагонопотоку. Також розроблено методи визначення оптимальних точок концентрації технічної переробки з урахуванням різних критеріїв, що дозволяє підвищити раціональність роботи вузлів у сучасних умовах ринку перевезень. Водночас використання моделі «чорної скриньки» не враховує внутрішню технологічну структуру станцій, що знижує точність оцінки їхньої реальної ефективності через складність і багатоступеневість операцій.

Дослідження Ю.В. Чибісова [15] спрямоване на підвищення ефективності пропуску поїздів у залізничному вузлі шляхом оптимізації розподілу поїздопотоків на окремих напрямках. Автор акцентує увагу на використанні пропускнуої спроможності колій і підходів до вузла, що дозволяє зменшити час очікування формування поїздів. Разом із тим недостатньо враховано технологічні процеси на станціях і під'їзних коліях, де зосереджується основний обсяг вантажної та маневрової роботи, що обмежує практичну повноту запропонованих рішень.

У роботі П.В. Долгополова [16] запропоновано комплексний підхід до управління інформаційними потоками в залізничному вузлі із застосуванням теорії нечітких множин та мереж Петрі. Це дозволяє моделювати процеси формування передавальних поїздів і підвищувати рівень оперативного контролю. Водночас не враховано простої вагонів на під'їзних коліях під час виконання вантажних операцій, що може суттєво впливати на загальний час обороту рухомого складу. Попри це, підхід є перспективним для подальшого розвитку методів математичного моделювання перевізного процесу.

Дослідження Я.В. Запарі [17] присвячене удосконаленню роботи залізничного вузла на основі логістичних принципів управління. Автор доводить, що координація дій усіх учасників перевізного процесу дозволяє зменшити міжопераційні простої, оптимізувати черговість обробки поїздів і

скоротити загальний час доставки вантажів. Такий підхід є особливо актуальним в умовах зростання обсягів перевезень та необхідності інтеграції транспортних систем.

Робота О.А. Малахової [18] присвячена варіативному формуванню поїздів у вузлах з урахуванням типу, кількості та технічного стану вагонів. Запропонована модель підвищує точність оперативного планування та ефективність роботи станцій і прилеглих дільниць. Водночас недостатньо висвітлено процеси на вузлових станціях, де концентруються основні вагонопотоки та виконуються ключові маневрові операції. Незважаючи на це, результати дослідження дозволяють оцінювати варіанти формування поїздів і прогнозувати наслідки змін у структурі вагонопотоків, що має практичне значення для підвищення ефективності перевізного процесу.

Узагальнюючи, наукові дослідження, присвячені залізничним вузлам, зосереджуються на декількох основних напрямках [11–28]. Насамперед це підвищення ефективності взаємодії різних видів транспорту та удосконалення технічного оснащення станцій з метою скорочення часу обробки поїздів. Другий напрям охоплює розвиток систем управління перевізним процесом із застосуванням сучасних інформаційних технологій, що забезпечує можливість диспетчерського контролю та оперативного планування з урахуванням змін вагонопотоків. Третій аспект пов'язаний із врахуванням економічних і регіональних особливостей функціонування вузлів при розробці рішень щодо формування поїздів, організації сортувальної та маневрової роботи.

Водночас значна увага в дослідженнях приділяється адаптації залізничних вузлів до коливань обсягів перевезень, оптимізації передавального руху на сортувальних станціях і скороченню тривалих простоїв вагонів на під'їзних коліях. Реалізація зазначених підходів сприяє підвищенню економічної ефективності перевезень, зменшенню експлуатаційних витрат та забезпеченню стабільного функціонування залізничного вузла як складної техніко-логістичної системи.

Висновок. Проведено дослідження показників функціонування технологічних елементів залізничного вузла.

Сучасна система організації вантажних перевезень залізничним транспортом відзначається значною складністю, що обумовлено необхідністю взаємодії великої кількості підсистем та виконанням широкого комплексу технологічних операцій. Найбільш виражено це проявляється у великих залізничних вузлах, де кожний вагон після прибуття та перед відправленням проходить декілька послідовних етапів обробки, серед яких технічний та комерційний огляд, сортування, формування составів, а також виконання маневрової роботи. Багаторівнева структура таких процесів істотно впливає на швидкість просування вантажів і тривалість їх доставки.

Одним із головних напрямів підвищення ефективності функціонування великих залізничних вузлів є зменшення міжопераційних простоїв вагонів. За наявними оцінками, їх тривалість може становити від 50 до 80 % загального часу перебування місцевих вагонів у межах вузла, формуючи значну частину обігу вантажного вагона. Скорочення цих витрат часу можливе завдяки оптимізації кількості технологічних операцій, удосконаленню взаємодії між станціями, виробничими підрозділами та дільницями, а також шляхом автоматизації процесів, що сприяє зменшенню впливу людського фактора.

У ході дослідження проаналізовано наукові праці, присвячені функціонуванню залізничних вузлів. Основна увага в них приділяється підвищенню ефективності взаємодії різних видів транспорту та вдосконаленню технічного оснащення станцій з метою скорочення часу обробки поїздів. Іншим важливим напрямом є розвиток систем управління перевізним процесом із застосуванням сучасних інформаційних технологій, які забезпечують можливість диспетчерського контролю та оперативного планування з урахуванням змін вантажопотоків. Окремо розглядаються економічні та регіональні особливості функціонування вузлів, що враховуються під час прийняття рішень щодо організації поїздоутворення, сортувальної та маневрової роботи. Водночас у наукових дослідженнях недостатньо висвітлено

питання впровадження логістичних підходів у технологічні процеси залізничних вузлів.

Отже, для підвищення ефективності роботи сучасних залізничних вузлів доцільним є комплексне використання логістичних принципів управління. Це передбачає прискорення обробки пріоритетних вагонів, удосконалення маневрових операцій, раціональне застосування автоматизованих систем керування та організацію руху довгосоставних транзитних поїздів. Реалізація зазначених заходів сприятиме скороченню простоїв вагонів, покращенню експлуатаційних показників роботи вузла та зміцненню конкурентних позицій залізничного транспорту на ринку перевезень.

3 Формування комплексної оцінки перевізного процесу в залізничному вузлі

3.1 Імітаційне моделювання організації перевізного процесу у залізничному вузлі

Технологія роботи залізничного вузла визначається як послідовність технологічних операцій, що виконуються з вагоном із урахуванням їх прив'язки до відповідного технічного обладнання, на якому здійснюється обробка, а також до часу виконання цих операцій. Схему обробки вантажного вагона в межах залізничного вузла наведено на рисунку 3.1.

Для оцінювання ефективності технології роботи залізничного вузла пропонується застосування комплексного критерію (Q), який використовується для вибору найкращої альтернативи. Це дає можливість у кожен конкретний момент часу визначати раціональний варіант організації технологічного процесу роботи вузла. При цьому складові зазначеного критерію є взаємно суперечливими, що в загальному випадку унеможливорює однозначний вибір оптимальної альтернативи без застосування комплексного підходу.



Рисунок 3.1 – Схема обробки вантажного вагона у вузлі

Пропонується найкращою технологією (Т) вважати таку, яка забезпечує мінімум наступного критерію на множині $\tilde{T}$,

$$Q = \inf_{\tilde{T}} \left(\beta_1 \cdot \frac{C_{\sigma} - C_{\sigma}^{\min}}{C_{\sigma}^{\max} - C_{\sigma}^{\min}} + \beta_2 \cdot \frac{P - P_{\min}}{P_{\max} - P_{\min}} \right), \quad (3.1)$$

де $C_{\sigma}^{\max}, C_{\sigma}^{\min}$ – максимальні та мінімальні витрати, що пов'язані з вагоно-годинами простою за технологіями із множини $\tilde{T}$;

$P_{\max}, P_{\min}$ – максимальні та мінімальні фінансові витрати за технологіями із множини $\tilde{T}$;

C_{σ} – фактичні витрати що пов'язані з вагоно-годинами простою за технологією;

P – фактичні фінансові витрати за технологією;

β_1 – важливість першого критерію (витрат вагоно-годин) при прийнятті рішення;

β_2 – важливість другого критерію (фінансових витрат) при прийнятті рішення.

У подальшому комплексний критерій використовується для визначення оптимального місця концентрації технічної переробки місцевого вагонопотоку у залізничному вузлі на обраний період.

Проведене дослідження, технології залізничного вузла, вказало на значні затримки в пропуску вагонопотоків, що призводить до значних фінансових затрат. Загальний час знаходження вагонів у вузлі включає послідовність тривалості певної кількості технологічних операцій та їх очікування, які виконуються над вагоном згідно регламентуючих документів станції. Загальний час простою вагона у вузлі включає такі елементи: час, який витрачається на операції по прибуттю; час на сортування і підбирання вагонів; час очікування подачі до вантажних фронтів; час подачі до вантажних фронтів; час очікування вантажних операцій; час знаходження під вантажною операцією; час очікування

забирання з вантажних фронтів; час, який витрачається на забирання вагонів; час формування поїздів, що будуть відправлені; час очікування відправлення; час на операції по відправленню, час та очікування переадресування тощо; передавальний рух між станціями вузла тощо.

Для визначення кількості вагоно-годин у вузлі необхідно визначити час пересування у складах вантажних поїздів в межах вузла:

$$T(x) = \frac{P(x)}{V_d}, \quad (3.2)$$

де V_d – дільнична швидкість руху, км/год;

$P(x)$ – відстань яку проходить вагон за маршрутом x .

Середній час знаходження вагона у вузлі буде дорівнювати:

$$T = T^{TP} \cdot F, \quad (3.3)$$

де T^{TP} – час знаходження вагона у вузлі;

F – ймовірність слідування вагона, що прибуває з витратами часу T^{TP} .

Відповідно до теореми множення ймовірностей представимо F^n як добуток ймовірностей:

$$F^n = R_{(x)} \cdot Q_{(i)}, \quad (3.4)$$

де $R_{(x)}$ – ймовірність слідування вагона за маршрутом X ;

$Q_{(i)}$ – ймовірність проходження вагона, що слідує за маршрутом X , технічної переробки на i - й станції;

Тоді середня тривалість слідування вагонів у вузлі становитиме:

$$T = \sum_{i=1}^l \sum_{x=1}^X T(x) + t_{(i)}^{tex} \cdot R_{(x)} \cdot Q_{(i)}, x = 1, 2, \dots, i = 1, 2, \dots, \quad (3.5)$$

де $R_{(x)}$ – ймовірність слідування вагона за маршрутом X ;

$Q_{(i)}$ – ймовірність проходження вагона технічної переробки на i -й станції;

$T(x)$ – час слідування вагона за маршрутом X .

Для вирішення поставленої задачі пропонується використовувати імітаційне моделювання, перевагою якого є врахування максимальних чинників, які впливають на технологію обробки місцевих вагонопотоків, які проходять обробку у залізничному вузлі.

Імітаційне моделювання досить широко використовується при відображенні різних складних процесів на залізничному транспорті, зокрема при русі поїздів, на станціях, залізничних вузлах тощо.

Основними підходами в імітаційному моделюванні є: системна динаміка, дискретно-подійне моделювання, агентне моделювання (АМ). Перші два підходи - традиційні, а АМ - відносно новий та гнучкий підхід до моделювання складних соціально-економічних та технологічних систем. АМ може застосовуватися практично на будь-якому рівні абстракції й у будь-яких масштабах. Агенти можуть представляти, наприклад, працівників, рухомий склад, виробничі потужності на нижньому рівні, відправника або одержувача на середньому рівні або ж конкуруючі види транспорту на високому рівні.

АМ - це підхід до моделювання систем, що містять автономних і взаємодіючих агентів. АМ може знайти широке застосування в технологічних процесах для прийняття управлінських рішень. В теперішній час мультиагентні системи набули широкого застосування в таких областях як системи телекомунікації, логістики, системи керування й контролю складними процесами в промисловості тощо.

Залежно від середовища перебування агента наділяють конкретним набором властивостей. За способом поведінки агенти можуть поділятися на інтелектуальні (комунікативні, ресурсні) і реактивні (не володіють інформацією про навколишнє середовище).

Агенти децентралізовані, а глобальний стан системи, що моделюється, можна вивести із взаємодії агентів, знаючи індивідуальну логіку поведінки

кожного з них.

В імітаційній моделі залізничного вузла можна виділити три основні групи агентів: диспетчери (вузловий (поїзний) та станційний), рухомий склад (вагони) та технічне устаткування (локомотиви, ВРМ, перегони, під'їзні колії, депо, колії станції, склади, гірки та ін.), які формують три основні категорії моделі, які виходячи з логістичних підходів, мають відповідні взаємозв'язки та взаємний вплив на роботу системи:

- 1) інфраструктурний рівень (агенти, що моделюють неінтелектуальні елементи – рухомий склад, колії, межі об'єктів);
- 2) сервісний рівень (агенти, що моделюють обслуговуючі елементи – технічне устаткування вузла);
- 3) керуючий рівень (агенти, що моделюють елементи та спроможні на самостійне прийняття рішень – диспетчери).



Рисунок 3.2 – Рівні імітаційної моделі залізничного вузла

Агентами, що відносяться до інфраструктурного рівня моделі, є ті, що моделюють залізничний вузол, залізничні станції (технічну, вантажну), колії

станцій, перегони, стрілки, рухомий склад (локомотиви, вагони). Кожен з цих агентів має різні стани та поведінку.

Поведінка агентів імітаційної моделі представляється за допомогою діаграми станів в нотації UML. Ця діаграма містить дані про можливі стани об'єкту, можливі переходи до інших станів та умови цих переходів. Діаграми станів для агентів, що моделюють вагон та локомотив наведені вище (рисунок 3.3). Переходи між станами цих агентів виконуються відповідно до фізичних обмежень, щоб зміна стану відповідала реальним об'єктам.

Також необхідно звернути увагу на спосіб моделювання взаємного розташування об'єктів вузла та їх з'єднань. Фактично топологія вузла може бути представлена за допомогою графа, дугами якого є залізничні колії, а вершинами – точки з'єднання колій (стрілкові переводи або межа колій). В створеній моделі межами колій є межі інших об'єктів вузла, що фізично розташовані навколо колій (станції, зони комерційного та технічного огляду, сортувальні гірки, під'їзні колії тощо).

Стан n -го агента у момент часу t визначається набором таких параметрів як дуга чи вершина графа, де знаходиться агент та операція, в якій він приймає участь

$$ST_i^t = \{DV_i^t, O_i^t\}, \quad (3.6)$$

де DV - дуга або вершина графа;

O - операція в якій агент приймає участь.

Перехід агента в інший стан в момент часу $t+1$ відбувається з вірогідністю

$$p_{sk}(t+1) = \frac{S_{sk}(t)}{\sum_j S_{sj}(t)}. \quad (3.7)$$

де S_{nk} - перевага n -го агента у виборі k -го стану.

Таким чином, вірогідність переходу до стану, що принесе більшу користь, збільшується.

Технологією роботи залізничного вузла в цій роботі вважається послідовність технологічних операцій, що виконуються над вагоном із прив'язкою їх до технічного устаткування, на якому операції виконуються, та до часу їх виконання (регламентується технологічним процесом роботи станції). Формальний опис технології роботи залізничного вузла по обробці вагонів можна представити таким кортежем

$$T = \left\langle U_i, \langle Op_j, Eq_k, t_s, t_e \rangle_j \right\rangle_i, i \in I, j \in J_i, k \in K, \quad (3.8)$$

де I – множина вантажних вагонів, що потрапляють у вузол та обробляються в ньому (місцеві, транзитні з переробкою та без переробки);

J_i – множина операцій, що виконуються з i -м вагоном (навантаження, вивантаження, комерційний та технічний огляд, митні та інші операції, включаючи операції по їх очікуванню тощо);

K – множина одиниць технічного устаткування залізничного вузла (колії перегонів, станцій та під'їзних колій; склади, маневрові локомотиви тощо);

U_i – вантажний вагон, який обробляється;

$\langle Op_j, Eq_k, t_s, t_e \rangle_j$ – кортеж, що описує операцію над вагоном;

Op_j – операція, що виконується;

Eq_k – технічне устаткування, на якому виконується операція;

t_s – момент початку виконання операції;

t_e – момент закінчення виконання операції.

В основу моделі покладена задача визначення оптимальної технології роботи залізничного вузла на певний період, критерієм вибору цієї технології є мінімальні витрати вагоно-годин та мінімальна собівартість робіт по організації

даної технології.

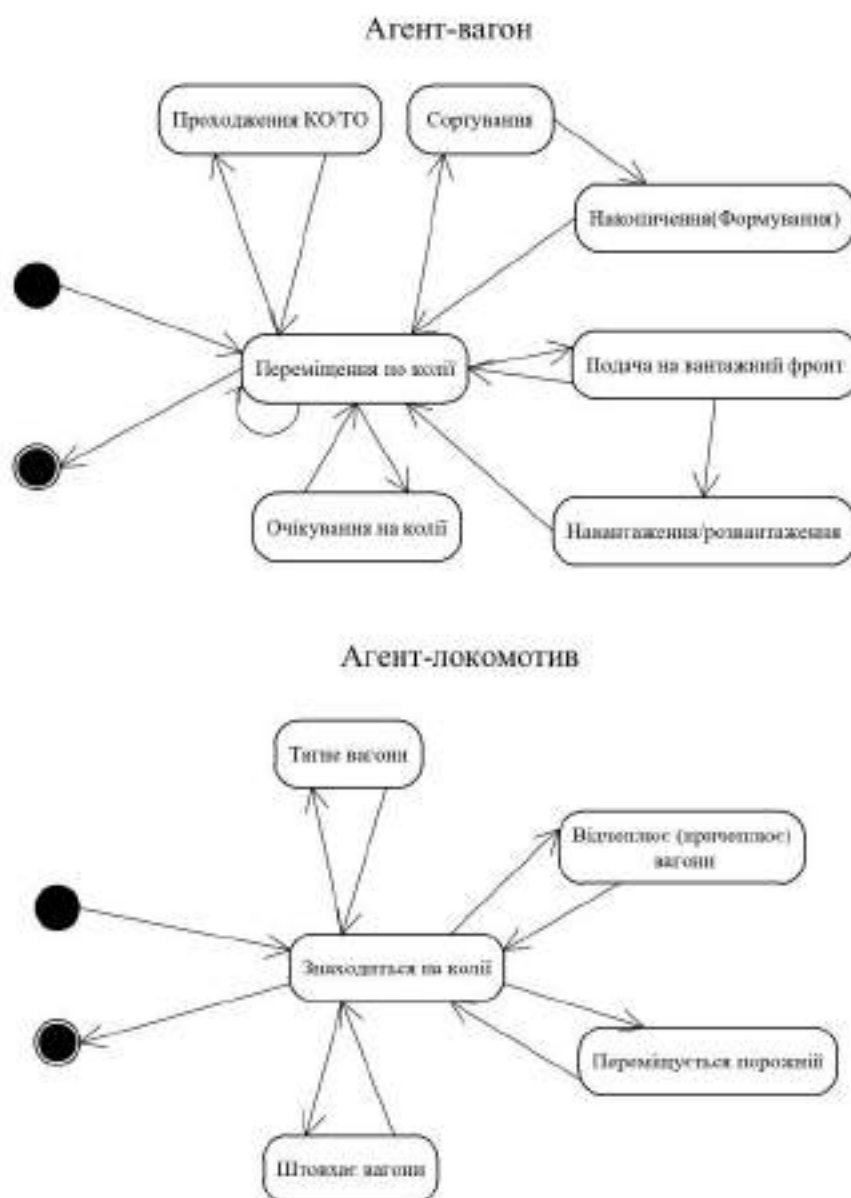


Рисунок 3.3 – Діаграми станів агентів інфраструктурного рівня моделі

Суть моделі в наступному – до інформаційної системи АРМ ДНЦ поступає інформація про підхід вагонів до залізничного вузла на певний період та поточний стан залізничного вузла на початок періоду планування. Поточний стан вузла включає в себе дислокацію та стан вагонів у вузлі і зайнятість одиниць технічного устаткування. Після цього проводиться декілька експериментів по дослідженню роботи вузла з використанням імітаційної моделі. Результатами моделювання є множина $\tilde{T}$ технологій роботи

залізничного вузла, що забезпечують переробку запланованого обсягу вагонів. Після цього ДНЦ має прийняти остаточне рішення по вибору технології роботи вузла на наступний період з множини технологій, що були отримані під час імітаційного моделювання. Рішення приймається виходячи з того, що технологія повинна забезпечувати мінімальні витрати вагоно-годин та мати мінімальні фінансові витрати.

Можливі два варіанти використання моделі – для планування технології роботи на наступну добу та для уточнення чи коригування технології роботи протягом доби в наслідок позаштатних ситуацій (наприклад, виявлення браку при комерційному чи технічному огляді вагонів, вихід з ладу якогось технічного устаткування тощо).

При моделюванні використовується дискретний модельний час із інтервалом, що відповідає одній хвилині реального часу.

Запропонований підхід додатково надає можливість проаналізувати завантаженість окремих елементів залізничного вузла, визначити «вузькі місця» у вузлі при певній технології та виконати інший аналіз з використанням графічного інтерфейсу користувача системи.

Рішення по вибору технології роботи вузла приймається виходячи з того, що технологія повинна забезпечувати мінімальні витрати вагоно-годин та мати мінімальні фінансові витрати.

При моделюванні технології роботи вузла на певний період (добу, тиждень, місяць або будь-який довільний проміжок часу) необхідно перш за все врахувати стан вузла на початок періоду. При послідовному моделюванні для кількох періодів, це не є проблемою, проте для першого моделювання необхідно провести збір даних про розташування і стан вагонів та обладнання вузла, що є доволі трудозатратним. Проте, можна використати дані із існуючої інформаційної системи АСК ВП УЗ-Є.

Спочатку визначаються параметри моделювання, що задаються набором параметр-значень. Вони описують способи прийняття рішень інтелектуальними агентами, вірогідності ідентифікації несправностей вагонів та інші параметри

безпосередньо імітаційної моделі

$$SO = \{ \langle Y_j, Z_j \rangle, j = \overline{1, n_{so}} \}, \quad (3.9)$$

де $\langle Y_j, Z_j \rangle$ – пара параметр-значення;

n_{so} – кількість параметрів моделювання.

В свою чергу, конфігурація NC_i вузла, що містить перелік обладнання та персоналу, які можна використовувати, визначається

$$NC_i = \{ \langle K_p, \{t_p^s, t_p^b\} \rangle, \langle Q_h, \{t_h^s, t_h^b\} \rangle, p \in EQ^+, h \in Q^- \}, \quad (3.10)$$

де $\langle K_p, \{t_p^s, t_p^b\} \rangle$ – кортеж, що описує інтервали часу $\{t_p^s, t_p^b\}$, коли доступне обладнання K_p протягом періоду моделювання;

$\langle Q_h, \{t_h^s, t_h^b\} \rangle$ – кортеж, що описує інтервали часу $\{t_h^s, t_h^b\}$, коли колія Q_h недоступна протягом періоду моделювання;

EQ^+ – об'єкти, що беруть участь в роботі вузла;

Q^- – колії, використання яких неможливо при моделюванні.

Після перевірки допустимості заданої конфігурації вузла виконується моделювання (*sim*) технології роботи вузла по обробці вагонів та визначається час на технологію роботи τ_i при визначених параметрах моделювання SO , що плануються для надходження в вузол (CF_o), при визначеному початковому стані вузла (IS_o) і за певної конфігурації обладнання та колій (NC_i) SO

$$\begin{aligned} T_i &= sim(SO, CF_o, IS_o, NC_i) = \\ &= \left\{ \left\langle U_l, \langle Op, \{Eq_p\}, t_s, t_e \rangle^m \right\rangle, l = \overline{1, U_{max}}, m = \overline{1, n_{op}^l}, p \in EQ^+ \right\}, \end{aligned} \quad (3.11)$$

де U_i – вантажний вагон;

$\langle Op, \{Eq_p\}, t_s, t_e \rangle_i^n$ – кортеж, що описує m -ту операцію над вагоном;

Op – операція, що виконується;

$\{Eq_p\}$ – об'єкти, що задіяні в операції над вагоном;

t_s – момент початку виконання операції, хв.;

t_e – момент закінчення виконання операції, хв.;

U_{max} – кількість вагонів, що оброблялося за період моделювання, ваг.;

n_{op}^i – кількість операцій над i -м вагоном;

EQ^+ – об'єкти, що беруть участь в роботі вузла.

Результатом моделювання є параметри визначеної технології, які представлені набором параметр-значень (вагоно-години по вузлу, завантаженість окремих елементів вузла та інше).

За необхідності отримання додаткових варіантів технологій роботи проводиться зміна параметрів вузла та виконується повторне моделювання.

Із отриманого набору технологій роботи вузла $T = \{T_i, i = \overline{1, N}\}$ ДНЦ обирає остаточну технологію роботи за комплексним критерієм.

Імітаційна модель вузла є модульною – тобто складається з принципово однакових частин, що відповідають станціям, які з'єднані агентами, що моделюють перегони. Під'їзні колії моделюються як частина станції.

Загальна схема визначення технології роботи вузла на певний період (рисунок 3.4) зображена в нотації BPMN.

Результатами моделювання є узагальнена інформація про операції над всіма вагонами у залізничному вузлі за певний період. Аналогічна інформація може бути отримана по кожному з вагонів та може бути використана у системі АСК ВП УЗ-Є, що експлуатується у теперішній час.

Шляхом зміни параметрів системи, за результатами моделювання, час знаходження даного конкретного вантажного вагона зменшиться до 4 години. Скорочення стало можливим за рахунок швидшого проходження комерційного

огляду та сортування з подальшим формуванням вантажного вагона у передавальний поїзд.

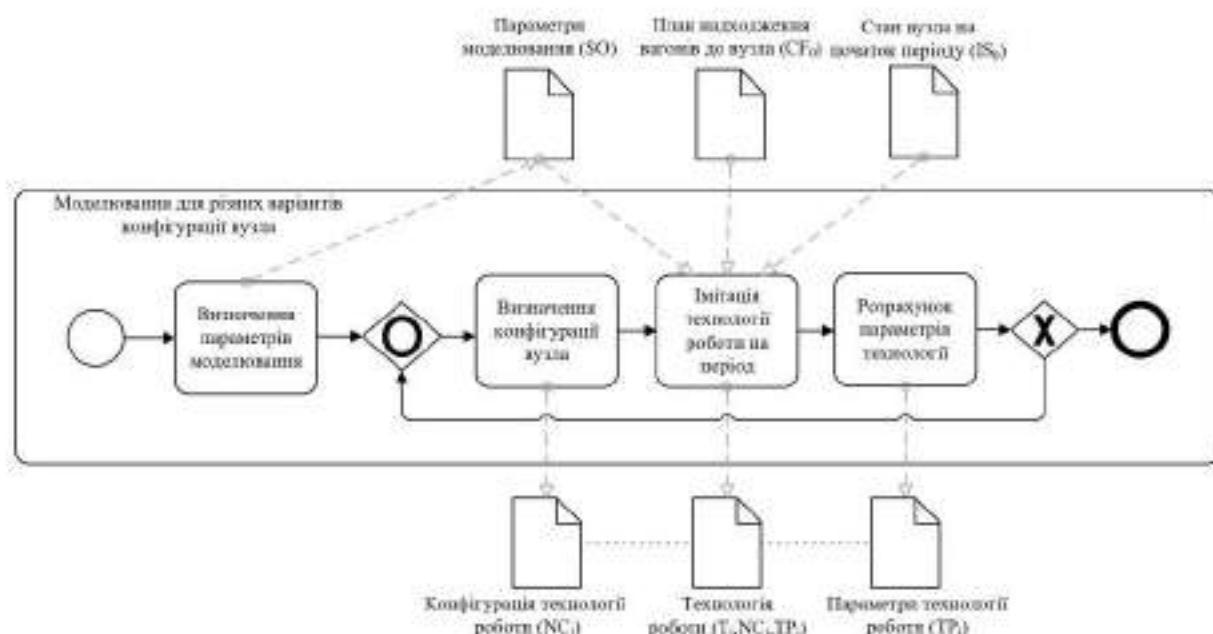


Рисунок 3.4 – Схема визначення технології роботи вузла на певний період

Поряд з параметрами, що відображають часові виміри, можливо використовувати і інші, наприклад, фінансові – вартість використання окремих елементів вузла.

Результатами моделювання є узагальнена інформація про операції над всіма вагонами у залізничному вузлі за певний період (таблиця 3.1 та 3.2). В таблиці 3.2 представлений фрагмент технології роботи вузла, що стосується одного конкретного вагона за умов певних обмежень на використання обладнання вузла. Аналогічна інформація може бути отримана по кожному з вагонів та може бути використана у системі АСК ВП УЗ-Є, що експлуатується у теперішній час.

ДНЦ отримує можливі варіанти технології роботи за рахунок зміни параметрів моделі вузла (кількість та знаходження маневрових локомотивів на елементах вузла; кількість бригад по комерційному та технічному оглядах тощо) та виконання імітаційного моделювання і приймає остаточне рішення по

вибору найбільш прийнятної технології роботи на певний період.

Поряд з цим, ДНЦ може оцінювати завантаженість елементів системи, які приймають участь в обробці вантажних вагонів.

Таблиця 3.1 – Фрагмент технології роботи вузла за умови роботи одного локомотива у Північній системі станції О та однієї бригади ПКО

Початок опер.	Кінець опер.	№ поїзда	Станція операції	Операція	Код вантажу	Маса вантажу, т	Час опер., год
+ Вагон 60672218 УЗ							
- Вагон 60672219 УЗ							
05.05.26 15:34	05.05.26 18:39	2818	440209	Списування, прибуття, КО та ТО, сортування, розформування	324116	67	3,08
05.05.26 22:23	05.05.26 01:53	601	440209	Формування, КО та ТО, відправлення	324116	67	3,5
06.05.26 01:45	06.05.26 02:21	3801	440503	Прибуття, відправлення	324116	67	0,7
06.05.26 02:48	06.05.26 14:28	3801	440603	Прибуття, розформування, ТО, вивантаження	324116	67	35,7
07.05.26 21:40	08.05.26 00:59	5972	440603	Формування, відправлення			3,32
08.05.26 01:05	08.05.26 01:30	5971	440503	Прибуття, відправлення			0,42
08.05.26 01:55	11.05.26 15:39	5971	440209	Прибуття, списування, КО та ТО, сортування, розформування, навантаження	171055	43	85,73
11.05.26 05:15	13.05.26 04:51	5555	440209	Формування, розформування, формування, сортування, розформування	171055	43	47,6
13.05.26 05:20	13.05.26 14:49	3601	440209	Формування	171055	43	9,48
13.05.26 15:15	13.05.26 16:25	5971	440209	Формування, КО та ТО	171055	43	1,17
13.05.26 16:40	13.05.26 16:44	2449	440209	Відправлення	171055	43	0,07
Загальний час у вузлі							193,17

Шляхом зміни параметрів системи, за результатами моделювання, час знаходження даного конкретного вантажного вагона зменшиться на 5,1 години. Скорочення стало можливим за рахунок швидшого проходження КО та сортування з подальшим формуванням вантажного вагона у передавальний поїзд.

Таблиця 3.2 – Фрагмент технології роботи вузла за результатами моделювання при умові використання двох маневрових локомотивів у Північній системі станції О та двох бригад КО

Початок опер.	Кінець опер.	№ поїзда	Станція операції	Операція	Код вантажу	Маса вант, т	Час опер., год
+ Вагон 60672218 УЗ							
- Вагон 60672219 УЗ							
05.05.26 15:34	05.05.26 17:05	2818	440209	Списування, прибуття, КО та ТО, сортування, розформування	324116	67	1,51
05.05.26 20:49	05.05.26 22:59	3601	440209	Формування, КО та ТО, відправлення	324116	67	2,17
05.05.26 22:51	05.05.26 23:27	3801	440503	Прибуття, відправлення	324116	67	0,7
05.05.26 23:54	07.05.26 11:34	3801	440603	Прибуття, розформування, ТО, вивантаження	324116	67	35,7
07.05.26 18:34	07.05.26 22:05	5972	440603	Формування, відправлення			3,32
07.05.26 22:11	07.05.26 22:36	5971	440503	Прибуття, відправлення			0,42
07.05.26 23:01	11.05.26 10:35	5971	440209	Прибуття, списування, КО та ТО, сортування, розформування, навантаження	171055	43	83,57
11.05.26 00:11	12.05.26 23:47	5555	440209	Формування, розформування, формування, сортування, розформування	171055	43	47,6
13.05.26 00:16	13.05.26 09:45	3601	440209	Формування	171055	43	9,48
13.05.26 10:11	13.05.26 11:21	5971	440209	Формування, Ко та ТО	171055	43	1,17
13.05.26 11:36	13.05.26 11:40	2449	440209	Відправлення	171055	43	0,07
Загальний час у вузлі							188,07
+ Вагон 60672220 УЗ							

Запропонована агентна імітаційна модель дозволить визначати раціональну технологію роботи залізничного вузла з множини можливих. Вузловий диспетчер матиме можливість відслідковувати поведінку та завантаженість кожного елемента керуючої системи та приймати рішення щодо його використання. Модель інтегрована у систему диспетчерської централізації «Каскад» та АСК ВП УЗ-Є. Отримання результату моделювання провадиться через АРМ ДНЦ та виконує роль СППР. Зменшується обіг конкретного вантажного вагона до 4 годин за рахунок скорочення часу знаходження вагона у залізничному вузлі.

3.2 Пропозиції щодо покращення взаємодії учасників перевізного процесу в залізничному вузлі за рахунок системної оптимізації

У залізничних вузлах концентрується значна кількість учасників перевізного процесу, серед яких ключовими є клієнти-вантажовласники, структурні підрозділи залізничної інфраструктури та рухомий склад. Саме тут вагони певний час перебувають у статичному стані, і в багатьох випадках виникають тривалі затримки, що негативно впливають на загальну ефективність перевезень. Основними чинниками цих простоїв місцевих вагонів є відсутність координації у виконанні робіт із вивантаження вагонів різними підприємствами, перевищення нормативного технологічного часу перебування вагонів під митними процедурами та тривале очікування переадресування на інші станції. Загальна частка цих причин у структурі простоїв перевищує 90 %, що підкреслює критичну важливість удосконалення процесів обробки вагонів на вузлових станціях.

Виходячи з цього, ключова увага у підвищенні ефективності роботи залізничних вузлів повинна зосереджуватися на вдосконаленні технології роботи станцій, оптимізації взаємодії з суміжними структурами, такими як митні органи, під'їзні колії та станції примикання, а також на координації діяльності всіх учасників перевізного процесу. Особливе значення має розробка комплексних заходів, спрямованих на скорочення часу простою вагонів на всьому маршруті від вантажовідправника до вантажоодержувача, що стає особливо актуальним у умовах дефіциту вантажних вагонів, насамперед напіввагонів, та гнучкої тарифної політики на ринку перевезень.

Ефективна організація роботи залізничного вузла на сучасному етапі можлива передусім на основі принципів логістичного управління, яке забезпечує системну оптимізацію всіх операцій та взаємодію учасників перевізного процесу, незалежно від форми власності. Застосування логістично орієнтованого підходу дозволяє впорядкувати потоки рухомого складу,

скоротити час його перебування на вузлових станціях, підвищити пропускну спроможність і зменшити ризики виникнення затримок у процесі перевезення.

До системи вантажних перевезень Укрзалізниці належать такі основні учасники: вантажовідправник, який формує замовлення на перевезення; перевізник у особі залізниць, що забезпечує рух поїздів та експлуатацію інфраструктури; а також оператори вантажних вагонів, що відповідають за технічний стан і доступність рухомого складу. Тільки координація дій усіх цих ланок у рамках єдиної логістичної системи дозволяє досягти максимальної ефективності перевізного процесу та оптимально використовувати обмежені ресурси залізничного транспорту.

Для вирішення задачі узгодження потреб і можливостей для забезпечення заданого обсягу перевезення у конкретних типах вантажних вагонів введемо деякий простір H , який будемо називати простором цільового призначення системи, який визначає потрібну кількість вагонів різних типів у залізничному вузлі. У цьому просторі розглядаємо певний вектор $u \in H$, який буде називатись вектором заявок на перевезення вантажів конкретними типами вагонів, які повинна виконати залізниця.

Вихідні можливості вагонних операторів можливо описати за допомогою області $D_s^o \in H$ цільового простору системи. Можливості перевізника по обробці заданого обсягу вагонів задаються областю $D_k^o \in H$. Метою системи є задоволення потреб вантажовідправників (виконання заданого обсягу перевезень у вагонах), які можуть бути задані областю $D_v^o \in H$. Критеріями функціонування системи є $F_0 = \{F_1, F_2, F_3, F_4, F_5\}$, де F_1 - мінімізація витрат на ремонт, грн.; F_2 - мінімізація витрат на пробіг вагонів, грн.; F_3 - мінімізація витрат на утримання інфраструктури, грн.; F_4 - підвищення якості виробничих потужностей (в тому числі і інформаційних), грн.; F_5 - підвищення якості виконання заявок на перевезення.

Графічна інтерпретація цільового простору для випадку використання двох типів вагонів зображена у системі координат (рисунок 3.5).

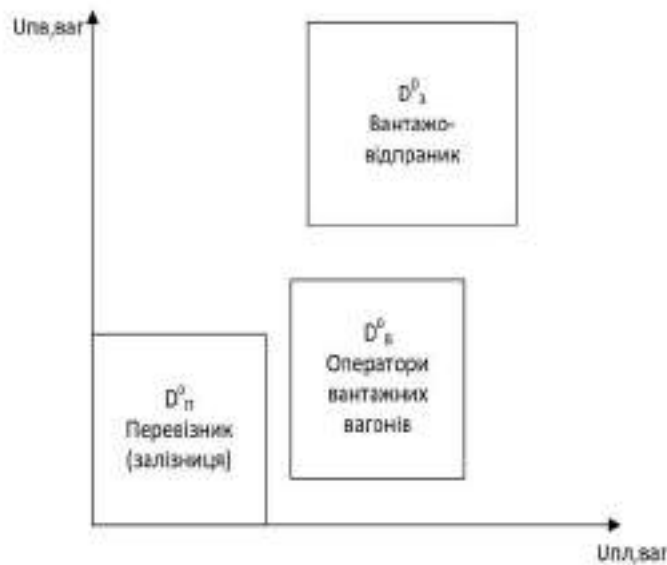


Рисунок 3.5 – Графічна інтерпретація цільового простору

В тому випадку, коли перетин трьох областей $D_p^0 \cap D_v^0 \cap D_z^0 = 0$ є пустою множиною, виникає задача коригування цих областей. З цією метою виконується розширення простору U і введення додаткового простору $U \times \Sigma$, де Σ – простір нових змінних, які визначаються вектором $\sigma = (\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3)$, $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ – змінні, які пов'язані з варіюванням параметрів. σ_1 – з варіюванням параметрів області D_v^0 , σ_2 – D_p^0 , σ_3 – D_z^0 . В результаті формуються розширені області D_p^1, D_v^1, D_z^1 .

Коригування області D_v^0 виконується на основі векторного критерію $F = \{F_1, F_2, F_3\}$. До них відносять F_1 – інвестиції у новий рухомий склад, грн.; F_2 – інвестиції у ремонт вагонів, грн.; F_3 – інвестиції у поліпшення організації експлуатаційної роботи, грн. Коригування D_p^0 виконується на основі критерію $V = \{V_1, V_2\}$, де V_1 – інвестиції у збільшення пропускної спроможності, грн.; V_2 – інвестиції у залізничну інфраструктуру (локомотиви, сортувальні пристрої тощо), грн. Щодо корекції D_z^0 , то вона виконується на основі векторного критерію $W = \{W_1, W_2\}$, де W_1 – інвестиції у власний рухомий склад, грн.; W_2 – втрати від зміни потреб, грн. Дані критерії визначають ступінь відхилення від мети, яка стоїть перед системою.

На вектор σ накладывается ряд обмежень: $\sigma_1 \in D_{\Sigma_1}$, $\sigma_2 \in D_{\Sigma_2}$, $\sigma_3 \in D_{\Sigma_3}$, де в свою чергу: $D_{\Sigma_1} \in \Sigma_1$, $D_{\Sigma_2} \in \Sigma_2$, $D_{\Sigma_3} \in \Sigma_3$, $\Sigma = \Sigma_1 \times \Sigma_2 \times \Sigma_3$ (декартове множення).

У результаті формується наступна задача: знайти множину ефективних альтернатив $(u, \sigma) \in U \times \Sigma$, які оптимізують множину критеріїв $F = \{F_1, F_2, F_3\}$, $V = \{V_1, V_2\}$, $W = \{W_1, W_2\}$ за умови, що $(u, \sigma_1) \in \tilde{D}_s$, $(u, \sigma_2) \in \tilde{D}_n$, $(u, \sigma_3) \in \tilde{D}_r$, де $\tilde{D}_s, \tilde{D}_n, \tilde{D}_r$ - області, які по суті є розширеними областями по відношенню до D_s^0, D_n^0, D_r^0 за рахунок введення нових змінних $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$.

Графічна інтерпретація цільового простору коригування початкових областей наведена на рисунку 3.6.

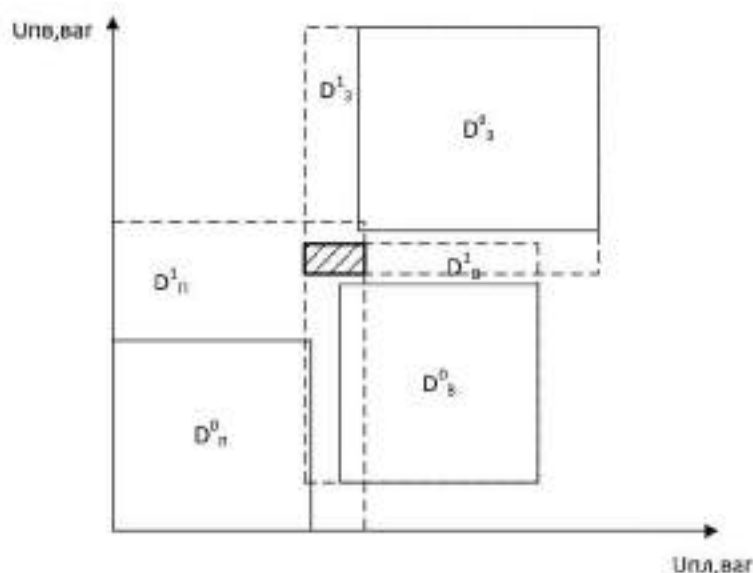


Рисунок 3.6 – Графічна інтерпретація цільового простору коригування початкових областей D_x^0, D_v^0, D_α^0 критеріями F, W, V

Критерії задачі векторної оптимізації об'єднуємо у три групи (коаліції):

1. Критерії F_j ;
2. Критерії V_k ;
3. Критерії W_α .

У подальшому будемо вважати, що критерії третьої групи (цільові) мають

більш високий пріоритет по відношенню до критеріїв першої та другої групи.

На базі критеріїв кожної коаліції формуються критерії

$$F = \sum_{r \in R} \rho_r \omega_r(F_r), \quad (3.12)$$

$$V = \sum_{h \in H} \rho_h \omega_h(V_h), \quad (3.13)$$

$$W = \sum_{g \in G} \rho_g \omega_g(W_g), \quad (3.14)$$

де ρ_r, ρ_h, ρ_g - відповідні вагові коефіцієнти критеріїв F, W, V ;

$\omega_r, \omega_h, \omega_g$ - перетворення критеріїв до безрозмірного виду.

Запропонований метод формування ефективних рішень управління розвитком системи полягає у тому, що до критеріїв F, W, V застосовується метод поступок, а по відношенню до кожної коаліції критеріїв – метод обмежень, що дозволяє отримати сприятливі узгоджені рішення усіх учасників перевізного процесу на базі неузгодженої моделі.

Таким чином, забезпечення ефективної роботи всіх учасників перевізного процесу можливе передусім на основі принципів логістичного управління, яке дозволяє кожному учаснику бути рівноправним у формуванні та організації вантажних перевезень на конкурентному ринку транспортних послуг. Впровадження системної оптимізації у процесі організації вантажоперевезень сприяє координації взаємодії між усіма суб'єктами перевізного ланцюга, незалежно від форми власності. Це, у свою чергу, забезпечує скорочення обігу вантажних вагонів за рахунок зменшення порожнього пробігу, зниження експлуатаційних витрат, що виникають через тривалі простой рухомого складу на станціях вузла, а також підвищує пропускну спроможність перевізної системи. Одночасно такий підхід створює умови для залучення додаткових обсягів перевезень і покращує взаємодію залізниці з вантажовідправниками в

інформаційному середовищі, підвищуючи прозорість процесів, оперативність обміну даними та якість планування перевезень. В результаті застосування логістично орієнтованого управління з'являється можливість комплексно оптимізувати транспортні потоки, підвищити ефективність використання рухомого складу та інфраструктури, а також забезпечити стійкий розвиток залізничного вузла у сучасних умовах конкуренції на ринку транспортних послуг.

Висновок. Проведено імітаційне моделювання перевізного процесу у залізничному вузлі. Запропоновано модель, алгоритм якої незалежно від ступеня складності, конфігурації інфраструктури, характеру вагонопотоків та інших особливостей функціонування розвинених залізничних вузлів дає змогу визначати найбільш доцільне місце виконання технічних операцій з місцевими вагонами, а також встановлювати раціональний час обробки транзитних вагонів відповідно до заданих параметрів і критеріїв ефективності. Використання цієї моделі забезпечує можливість:

- визначення середньої довжини маршрутів переміщення вагонів у межах вузла як при прибутті, так і при відправленні, а також аналізу складових елементів таких маршрутів;

- розрахунку середнього часу перебування місцевих і транзитних вагонів у вузлі з урахуванням структури часових витрат.

Оптимальний час перебування вагонів визначався за комплексним критерієм, який передбачає одночасне забезпечення мінімальних витрат часу та зниження фінансових витрат на виконання технологічних операцій.

Результати моделювання, отримані шляхом зміни параметрів системи, показали можливість скорочення обігу вантажних вагонів до 4,2 години для місцевих вагонів та до 1,5 години для транзитних. Таких результатів можна досягти, зокрема, за рахунок прискорення процесів комерційного огляду, сортування вагонів і подальшого формування їх у передавальні поїзди.

Використання підходу системної оптимізації в організації вантажних перевезень у залізничному вузлі дозволить узгодити взаємодію усіх учасників

перевізного процесу. За рахунок цього скорочується небажані затримки вантажних вагонів на таких технологічних ланках залізничного вузла, як взаємодія вантажної станції і під'їзної колії (до 50 % затримок), митні, санітарні, фітосанітарні та інші операції (більше 46 % затримок) тощо.

4 Визначення економічного ефекту щодо запропонованого додаткового функціоналу автоматизованого робочого місця поїзного (вузлового) диспетчера

Узагальнюючим критерієм економічної доцільності здійснення того чи іншого інноваційного проекту є оцінка його економічної ефективності.

Економічний ефект будь – якого виробничого процесу за своїм економічним змістом виражається в додатковому продукті, додатковій вартості чи у вигляді одержуваного прибутку.

Шляхи підвищення ефективності виробництва обумовленні двома джерелами збільшення економічного ефекту:

- зниження частки живої праці за рахунок використання енергії природи на основі комплексної механізації автоматизації виробничого процесу;
- зниження загальних енерговитрат на виробництво продукції її енергоємності за рахунок економії енергоресурсів природи шляхом застосування менш енергоємних знарядь праці і предметів праці, енерго- і матеріалозберігаючих технологій.

Вище загадані джерела збільшення економічного ефекту спрямовані на:

- зниження витрат минулої праці, упредметненої в споживаних матеріалів ресурсах;
- скорочення витрат живої праці в процесі виробництва.

Відповідно до цих напрямків можна виділити такі основні шляхи зниження питомих витрат на виробництво і підвищення економічного ефекту:

- скорочення витрат живої праці(трудомісткості) і у першу чергу звичайної фізичної праці на основі комплексної механізації автоматизації виробничих процесів;
- зниження матеріальних витрат шляхом заміни застосовуваного устаткування на менш енергоємне, з більш високим ККД;

- зменшення матеріальних витрат за рахунок використання нових предметів праці, у яких підвищення якісних характеристик випереджає зростання вартісних показників;
- скорочення матеріальних витрат за рахунок використання менш енергосмних, ресурсозберігаючих сучасних технологій;
- зниження витрат живої праці в організації й управлінні науково – технічною і виробничо – господарською діяльністю на основі комплексної комп'ютеризації.

Інноваційні проекти, спрямовані на скорочення матеріальних витрат, можуть підвищувати, економічний ефект до обмеженого рівня, межа якого визначається мінімально необхідною кількістю матеріально – сировинних, паливно – енергетичних і людських ресурсів на виробництво продукції.

Економічний ефект знаходиться у прямій залежності з собівартістю.

Головні напрямки зниження собівартості перевезень полягають у факторах, що визначають її розмір. До основних з них відносять:

- впровадження на залізничному транспорт прогресивних видів техніки і технології;
- зріст об'єму перевезень;
- підвищення якості роботи транспорту, у тому числі якості експлуатаційної роботи;
- підвищення продуктивності праці;
- зниження норм витрат ресурсів на одиницю перевезень в натуральному виразі.

При впровадженні змін у технологію роботи залізничного вузла необхідно визначити економічну ефективність від введення додаткових функцій АРМ ДНЦ в АСК ВП УЗ-Є та доцільності зміни існуючої технології роботи залізничного вузла у конкретний період.

Встановлення економічного ефекту від створення і функціонування СППР АРМ ДНЦ потребує визначення загального економічного результату від можливої зміни технології роботи залізничного вузла. Складовими

економічного ефекту у даному випадку є:

- економія експлуатаційних витрат від скорочення простоїв рухомого складу та непродуктивних пробігів на елементах вузла;

- непряма ефективність від раціоналізації технології роботи у вузлі.

У свою чергу, перераховані складові містять у собі:

- економію експлуатаційних витрат від скорочення непродуктивних пробігів - скорочення вагоно-годин експлуатаційної роботи; у зв'язку з цим поліпшується використання рухомого складу, виконується своєчасне забезпечення навантаження;

- непряма ефективність - це ефект, що складно оцінити у точному грошовому вимірі - запобігання збитку від помилкових рішень, втрачені ефекти від не прийнятих своєчасно рішень, скорочення часу на прийняття рішення [29].

Техніко-економічну ефективність від впровадження СППР АРМ ДНЦ досягнуто за рахунок вибору раціональної технології роботи на станціях залізничного вузла, що дає можливість зменшити нераціональні пробіги вагонів та час знаходження вантажного вагону у вузлі в цілому, зменшити простої вантажних вагонів на станціях вузла та їх під'їзних коліях, забезпечити ефективне використання рухомого складу, що призведе до зниження обігу вантажного вагону.

Розрахунок загального економічного ефекту від скорочення експлуатаційних витрат можемо розрахувати наступним чином [29].

Сумарний за роками розрахункового періоду економічний ефект $\mathcal{E}_T$ визначається як різниця сумарних витрат до впровадження $З_{\text{д}}$ та витрат після впровадження запропонованого рішення $З_{\text{п}}$ за розрахунковий період

$$\mathcal{E}_T = \sum_{t=t_0}^{t_1} (З_{\text{д}} - З_{\text{п}}) \cdot \alpha_t, \quad (4.1)$$

де $\mathcal{E}_T$ – економічний ефект у t-му році розрахункового періоду, грн.;

$З_{\pi}$ – сумарних витрат до впровадження, грн.;

$З_{\mu}$ – витрат після впровадження запропонованого рішення, грн.;

α_i – коефіцієнт приведення результатів, витрат, економічного ефекту різних років до розрахункового року;

t_0 – початковий рік розрахункового періоду;

t_n – кінцевий рік розрахункового періоду.

Вихідні дані для розрахунку економічного ефекту наведено у таблиці 4.1

Таблиця 4.1 – Вихідні дані

кількість переробки місцевих вагонів у вузлі на рік	93120
середній час простою місцевих вагонів у вузлі на рік, год	44,8
кількість працівників (ДНЦ) (діючий штат)	5
кількість ПЕОМ	1
кількість лазерних принтерів	1
кількість ліцензованих ОС	1

До одноразових витрат, які необхідні для впровадження запропонованих заходів відносять (таблиця 4.1 4 пункт):

*вартість ПЕОМ, програмного забезпечення, лазерного принтера:

$$18400+9000+2620=31020 \text{ грн,}$$

де кількість ПЕОМ – 1 од.; вартість однієї ПЕОМ – 14200 грн; кількість лазерних принтерів – 1; вартість лазерного принтера – 9000 грн; кількість ліцензованих ОС – 1; вартість однієї ОС – 3620 грн;

До експлуатаційних витрат відносять вартість паперу та заправки картриджу - вартість паперу та заправки картриджу – 5880 грн (2 пачки паперу (240 грн) + заправки картриджу (250 грн) на місяць).

Персонал даного вузла залишається працювати у тієї ж чисельності – 5 диспетчерів, однак для них потрібно підвищення кваліфікації, тобто додаткове навчання, що треба віднести до одноразових витрат.

*навчання персоналу:

$$5 \cdot 1950 = 9750 \text{ тис. грн,}$$

де кількість працівників – 5 чол.; вартість навчання 1 працівника – 1950 грн. (дані Навчально-наукового центру підвищення кваліфікації УкрДУЗТ на 2026 рік за програмою навчання 36 годин).

Для визначення сумарного приросту економічного ефекту до останнього року розрахункового періоду виконане планування вагонопотоку у Кременчуцькому залізничному вузлі.

Планується, що місцевий вагонопотік у вузлі буде зростати щорічно на 2%.

Розрахунок складових економічного ефекту, що обумовлений впровадженням СППР АРМ ДНЦ щодо раціоналізації технології роботи у залізничному вузлі, представлений у таблиці 4.1.

Витрати на знаходження місцевого вагона у вузлі за рік складуть:

$$B_{\text{пр}} = n_{\text{в}} \cdot t_{\text{пр}} \cdot e_{\text{в-год}}, \quad (4.2)$$

де $n_{\text{в}}$ – кількість місцевих вагонів у вузлі на рік;

$t_{\text{пр}}$ – середній час знаходження місцевих вагонів у вузлі, год;

$e_{\text{в-год}}$ – загальні питомі витрати на одну вагоно-годину у русі, з урахуванням усіх витрат (у русі та простої) по регіональній філії «Південна залізниця» за 2026 рік (дорівнює 6,49 грн), грн.

Визначення економічного ефекту проводиться при умові обов'язкового приведення різночасних вартісних оцінок результатів, витрат до єдиного для всіх варіантів реалізації заходу НТП з моменту часу – розрахункового року t_r . Приведення різночасних результатів і витрат до розрахункового року здійснюється шляхом множення їхньої величини за кожний рік на коефіцієнт приведення α

$$\alpha_t = \left(\frac{1 + E_n}{1 + J + R} \right)^{t_r - t_k}, \quad (4.3)$$

де E_n – середня річна ставка банків за депозитними вкладами (дисконтна ставка), в частках одиниці, дорівнює 0,12 (12 %);

J – очікуваний середньорічний темп інфляції за життєвий цикл проєкту, в частках одиниці, дорівнює 0,09 (9 %);

R – ставка, яка враховує ступінь ризику здійснення проєкту. У нашому випадку ступінь ризику середній, отже в подальших розрахунках приймаємо 0,01 (1 %);

tr – порядковий номер останнього року розрахункового року;

tk – порядковий номер року, результати й витрати якого приводиться до розрахункового (останнього) року.

За розрахунковий період взято 5 років, тобто строк з 2026 р. до 2030 р.

$$\alpha_{2026} = \left(\frac{1 + 0,12}{1 + 0,09 + 0,01} \right)^4 = 1,074$$

$$\alpha_{2027} = \left(\frac{1 + 0,12}{1 + 0,09 + 0,01} \right)^3 = 1,055$$

$$\alpha_{2028} = \left(\frac{1 + 0,12}{1 + 0,09 + 0,01} \right)^2 = 1,036$$

$$\alpha_{2029} = \left(\frac{1 + 0,12}{1 + 0,09 + 0,01} \right)^1 = 1,018$$

$$\alpha_{2030} = \left(\frac{1 + 0,12}{1 + 0,09 + 0,01} \right)^0 = 1$$

Таблиця 4.1 – Розрахунок економічної ефективності впровадження додаткових функцій АРМ ДНЦ в АСК ВП УЗ-Є

Показник	Рік розрахункового періоду				
	2026	2027	2028	2029	2030
1	2	3	4	5	6
1 Кількість місцевих вагонів на рік	93120	94982	96882	98820	100796
Витрати до впровадження вдосконаленої АРМ ДНЦ					
2 Середній час знаходження місцевого вагона у вузлі, год/рік	44,8	44,8	44,8	44,8	44,8
3 Витрати на знаходження місцевого вагона у вузлі, тис. грн	27074,83	27616,21	28168,64	28732,11	29306,64
Після впровадження АРМ ДНЦ					
4 Одноразові витрати на впровадження та навчання, тис. грн	40,77	-	-	-	-
5 Експлуатаційні витрати, тис. грн.	5,88	5,88	5,88	5,88	5,88
6 Середній час знаходження місцевого вагона у вузлі, год.	41,2	41,2	41,2	41,2	41,2
7 Витрати на знаходження місцевих вагонів у вузлі, тис. грн	24899,17	25397,05	25905,08	26423,28	26951,6
8 Загальні витрати після впровадження додаткових функцій АРМ ДНЦ, тис. грн.	24945,82	25402,93	25910,96	26429,16	26957,52
9 Економічний ефект, тис. грн.	2129,01	2213,28	2257,68	2302,95	2349,12

Продовження таблиці 4.1

10 Коефіцієнт приведення ефекту різних років до розрахункового періоду	1,074	1,055	1,036	1,018	1
11 Економічний ефект з урахуванням приведення до розрахункового року, тис. грн	2286,56	2335,01	2338,96	2344,40	2349,12
12 Економічний ефект наростаючий, тис. грн	2286,56	4621,57	6960,53	9304,93	11654,05

Висновок. Сумарний приріст економічного ефекту (наростаючий) з урахуванням приведення грошових потоків до останнього року розрахункового періоду – 11654,05 тис. грн.

Для комплексної оцінки ефективності проекту, крім визначення суми економічного ефекту, одержуваного за розрахунковий період, доцільно розрахувати період часу від початку проекту, протягом якого відшкодовуються всі одноразові витрати, необхідні для їх здійснення.

Таким чином, повернення одноразових витрат відбудеться на першому році впровадження нової системи, враховуючи позитивне значення економічного ефекту.

Висновки

1 Проведено аналіз перевізного процесу опорної станції залізничного вузла. Зокрема, досліджено процес формування опорної станції, визначено її функціональне призначення, роль та значення в організації перевізного процесу Харківського залізничного вузла. Одним із ключових завдань опорної станції є забезпечення координації роботи вантажних, пасажирських і проміжних станцій, що входять до складу вузла. Провести комплексну оцінку результативності структурних змін, пов'язаних із впровадженням опорних станцій, наразі складно через незначний термін реалізації даного пілотного проєкту.

Виконано аналіз технологічних особливостей управління та інформаційного супроводу діяльності опорної станції залізничного вузла. Рациональне застосування інфраструктурних ресурсів у поєднанні з наявними інформаційними системами сприятиме підвищенню ефективності функціонування опорної станції під час обробки вагонопотоків.

З метою зменшення простоїв вантажних вагонів на станціях залізничних вузлів у роботі запропоновано розглядати залізничний вузол як логістичну систему, що функціонує відповідно до логістичних принципів, зокрема оптимальності, ієрархічності, емерджентності та інтегрованості.

Застосування інструментів логістичного управління, таких як планування, організація, контроль та інформаційне забезпечення, надає можливість оперативному персоналу більш ефективно координувати технологічні процеси роботи залізничного вузла.

2 Проведено дослідження показників функціонування технологічних елементів залізничного вузла.

Сучасна система організації вантажних перевезень залізничним транспортом відзначається значною складністю, що обумовлено необхідністю взаємодії великої кількості підсистем та виконанням широкого комплексу

технологічних операцій. Найбільш виражено це проявляється у великих залізничних вузлах, де кожний вагон після прибуття та перед відправленням проходить декілька послідовних етапів обробки, серед яких технічний та комерційний огляд, сортування, формування составів, а також виконання маневрової роботи. Багаторівнева структура таких процесів істотно впливає на швидкість просування вантажів і тривалість їх доставки.

Одним із головних напрямів підвищення ефективності функціонування великих залізничних вузлів є зменшення міжопераційних простоїв вагонів. За наявними оцінками, їх тривалість може становити від 50 до 80 % загального часу перебування місцевих вагонів у межах вузла, формуючи значну частину обігу вантажного вагона. Скорочення цих витрат часу можливе завдяки оптимізації кількості технологічних операцій, удосконаленню взаємодії між станціями, виробничими підрозділами та дільницями, а також шляхом автоматизації процесів, що сприяє зменшенню впливу людського фактора.

У ході дослідження проаналізовано наукові праці, присвячені функціонуванню залізничних вузлів. Основна увага в них приділяється підвищенню ефективності взаємодії різних видів транспорту та вдосконаленню технічного оснащення станцій з метою скорочення часу обробки поїздів. Іншим важливим напрямом є розвиток систем управління перевізним процесом із застосуванням сучасних інформаційних технологій, які забезпечують можливість диспетчерського контролю та оперативного планування з урахуванням змін вантажопотоків. Окремо розглядаються економічні та регіональні особливості функціонування вузлів, що враховуються під час прийняття рішень щодо організації поїздоутворення, сортувальної та маневрової роботи. Водночас у наукових дослідженнях недостатньо висвітлено питання впровадження логістичних підходів у технологічні процеси залізничних вузлів.

Отже, для підвищення ефективності роботи сучасних залізничних вузлів доцільним є комплексне використання логістичних принципів управління. Це передбачає прискорення обробки пріоритетних вагонів, удосконалення

маневрових операцій, раціональне застосування автоматизованих систем керування та організацію руху довгосоставних транзитних поїздів. Реалізація зазначених заходів сприятиме скороченню простоїв вагонів, покращенню експлуатаційних показників роботи вузла та зміцненню конкурентних позицій залізничного транспорту на ринку перевезень.

3 Проведено імітаційне моделювання перевізного процесу у залізничному вузлі. Запропоновано модель, алгоритм якої незалежно від ступеня складності, конфігурації інфраструктури, характеру вагонопотоків та інших особливостей функціонування розвинених залізничних вузлів дає змогу визначати найбільш доцільне місце виконання технічних операцій з місцевими вагонами, а також встановлювати раціональний час обробки транзитних вагонів відповідно до заданих параметрів і критеріїв ефективності. Використання цієї моделі забезпечує можливість:

- визначення середньої довжини маршрутів переміщення вагонів у межах вузла як при прибутті, так і при відправленні, а також аналізу складових елементів таких маршрутів;

- розрахунку середнього часу перебування місцевих і транзитних вагонів у вузлі з урахуванням структури часових витрат.

Оптимальний час перебування вагонів визначався за комплексним критерієм, який передбачає одночасне забезпечення мінімальних витрат часу та зниження фінансових витрат на виконання технологічних операцій.

Результати моделювання, отримані шляхом зміни параметрів системи, показали можливість скорочення обігу вантажних вагонів до 4,2 години для місцевих вагонів та до 1,5 години для транзитних. Таких результатів можна досягти, зокрема, за рахунок прискорення процесів комерційного огляду, сортування вагонів і подальшого формування їх у передавальні поїзди.

Використання підходу системної оптимізації в організації вантажних перевезень у залізничному вузлі дозволить узгодити взаємодію усіх учасників перевізного процесу. За рахунок цього скорочується небажані затримки вантажних вагонів на таких технологічних ланках залізничного вузла, як

взаємодія вантажної станції і під'їзної колії (до 50 % затримок), митні, санітарні, фітосанітарні та інші операції (більше 46 % затримок) тощо.

4 Сумарний приріст економічного ефекту (наростаючий) з урахуванням приведення грошових потоків до останнього року розрахункового періоду – 11654,05 тис. грн.

Для комплексної оцінки ефективності проекту, крім визначення суми економічного ефекту, одержуваного за розрахунковий період, доцільно розрахувати період часу від початку проекту, протягом якого відшкодовуються всі одноразові витрати, необхідні для їх здійснення.

Таким чином, повернення одноразових витрат відбудеться на першому році впровадження нової системи, враховуючи позитивне значення економічного ефекту.

Список використаних джерел

1 Запара Я.В., Кузьміченко С.В., Кашпуренко Є.О. Аналіз сучасних заходів комерційного огляду вантажних вагонів. *Тези 85 студентської науково-технічної конференції УкрДВЗТ* (Харків, 10-11 грудня 2025 р.) Харків: Український державний університет залізничного транспорту. С.345.

2 Запара Я.В. Інноваційні концепції цифровізації та діджиталізації в організації мультимодальних перевезень / Я.В. Запара, В.К.Панченко, С.В. Кузьміченко // *Технологія-2025: матеріали міжн. наук.-практ. конф. 23 травня. 2025 р.* – Київ: Східноукр. нац. ун-т ім. В. Даля, 2025. – С.74-75. URL: <https://snu.edu.ua/index.php/2025/05/27/u-snu-im-v-dalya-vidbulasya-xxviii-mizhna-rodna-konferenciya-tehnologiya-2025/>

3 Запара Я.В. Аналіз інформаційних технологій у вантажному секторі залізничного транспорту / Я.В. Запара, Р.І. Боровець, Б.В. Камінський, С.В. Кузьміченко // *Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті: матеріали XVII Міжнародної науково-практичної конференції 28-30 травня. 2025 р.* – Одеса: Херсонська державна морська академія, 2025. – С.211-213.

URL:<https://ksma.ks.ua/wp-content/uploads/2025/05/%D0%9C%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D1%96%D0%B0%D0%BB%D0%B8-%D0%9C%D0%86%D0%9D%D0%A2%D0%A2-2025-%D1%80..pdf>

4 Обіг вантажного вагона понад 280 годин: УЗ шукає шляхи вирішення – URL:https://www.railinsider.com.ua/oborot-vantazhnogo-vagona-pryblyzno-280-godyn-uz-shukaye-shlyahy-pryshvydshennya/?fbclid=IwB21leAQn4c9jbGNrBCddvWV4dG4DYWVtAjExAHNydgMGYXBwX2lkEDlyMjAzOTE3ODgyMDA4OTIAAR7kgC-S2cgiVVtpQqZEFTsifwoSIZiMHhkKdNHoXWluASYcGkemPXp8jgV0EA_aem_iLfaRqAa-sSIyL214lox3w (дата звернення: 15.05.2026).

5 Ломотько Д.В., Запара Я.В., Запара Є.В. Використання логістичних підходів та системної оптимізації при функціонуванні транспортних вузлів.

Збірник наукових праць УкрДАЗТ. 2009. №111. С.17-23.

6 Запара Я.В., Запара Є.В. Удосконалення організації планування технології роботи залізничного вузла. *Збірник наукових праць УкрДАЗТ.* 2011. № 124. С.154-159.

7 Закорецький В.А., Федорченко В.В. Транспортна географія України. Луганск, 2005. 116 с.

8 Огороков А.М. Удосконалення управління транспортними вантажними комплексами в транспортних вузлах: автореф. дис. ...канд. техн. наук: 05.22.01 «Транспортні системи»; ДНУЗТ. Дніпропетровськ, 2013. 21 с.

9 Ломотько Д.В., Запара Я.В. Логістичні підходи до скорочення простоїв вантажних вагонів у залізничних вузлах. *Тези доповідей шостої науково-практичної міжнародної конференції «Проблеми міжнародних транспортних коридорів та єдиної транспортної системи України»* (смт. Коктебель, 7-12 червня 2010 р.) Харків: УкрДАЗТ. 2010. № 30 (додаток). С. 183

10 Забродский Л.А. Оптимізація взаємодії різних видів транспорту на морському термінальному комплексі в системі доставки вантажів. *Збірник наукових праць. Методи та засоби управління розвитком транспортних систем.* 2008. Вип. 14. С. 238–252.

11 Запара Я.В., Запара В.М., Бондарчук С.В. Оцінка часу знаходження місцевого вагонопотоку на станції Основа Південної залізниці *Зб. наук. праць УкрДАЗТ.* – 2011. – № 120. – С.5-11.

12 Запара, Я.В. Оцінка технології роботи транспортного вузла. *Східно-Європейський журнал передових технологій.* – 2010. – № 1/7 (43). – С. 60-63.

13 Коробйова Р.Г. Підвищення ефективності експлуатації технічних засобів залізничних вузлів при переробці місцевих вагонопотоків : автореф. дис. ...канд. техн. наук: 05.22.01 «Транспортні системи»; ДНУЗТ. Дніпропетровськ, 2009. 21 с.

14 Мацюк В.І. Удосконалення системи розвозу місцевих вагонів в залізничному вузлі: автореф. дис. ...канд. техн. наук: 05.22.01 «Транспортні системи»; ДЕТУТ, Київ, 2008. 22 с.

15 Чибісов Ю.В. Підвищення ефективності вантажних перевезень у залізничному вузлі за рахунок вибору раціонального розподілу поїздопотоків по ділянкам вузла : автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.01 «Транспортні системи»; ДНУЗТ, Дніпропетровськ, 2012. 23 с.

16 Долгополов П.В. Удосконалення технології роботи залізничних вузлів на основі комплексу планетарних моделей : автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.20 «Експлуатація та ремонт засобів транспорту»; УкрДАЗТ, Харків, 2004. 20 с.

17 Запара Я.В. Удосконалення технології роботи залізничного вузла на базі логістичного управління: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.01 «Транспортні системи»; УкрДАЗТ, Харків, 2013. 21 с.

18 Малахова О.А. Удосконалення технології роботи залізничних вузлів на основі варіантного поїздоутворення : автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.20 «Експлуатація та ремонт засобів транспорту»; УкрДАЗТ, Харків, 2004. 23 с.

19 Ломотько Д.В., Запара Я.В., Запара Є.В. Використання логістичних підходів та системної оптимізації при функціонуванні транспортних вузлів. *Збірник наукових праць УкрДАЗТ*. 2009. №111. С.17-23.

20 Габа В.В. Оптимізація параметрів залізничної транспортної системи з метою прискорення доставки вантажів: автореф. дис. ...канд. техн. наук: 05.22.01 «Транспортні системи»; ДЕТУТ, Київ, 2005. 22 с.

21 Огороков А.М. Удосконалення управління транспортними вантажними комплексами в транспортних вузлах: автореф. дис. ...канд. техн. наук: 05.22.01 «Транспортні системи»; ДНУЗТ, Дніпропетровськ, 2013. 21 с.

22 Кариева Я.К., Камалова Э.А. Організаційні форми взаємодії різних видів транспорту у вузлах передачі вантажів. *Логистика: теория и практика*. 2012. Вип. 1(2). С. 56–60.

23 Нагорний Є.В., Наумов В.С., Омельченко Т.О., Літвінова Я.В.. Аналіз теоретичних підходів до вдосконалення логістичного управління в транспортних вузлах. *Східно-Європейський журнал передових технологій* – Х.: 2013. – Вып. 4/4(64). – С. 61–64

24 Ломотько Д.В., Кулешов В.В., Кулешов А.В. Удосконалення розвитку елементів транспортних систем залізничних вузлів на базі єдиної системи управління парком вантажних вагонів при змішаних перевезеннях. *Збірник наукових праць УкрДАЗТ*. – 2011. – Вип. 122. – С. 22–26.

25 Запара Я.В. Формалізація технології роботи залізничних вузлів в умовах зміни обсягів перевезень. *Збірник наукових праць УкрДАЗТ*. – 2010. – Вип. 119. – С. 53–59.

26 Бутько Т.В., Головка Т.В. Удосконалення сумісної роботи портів та залізничних вузлів в умовах зростання вантажопотоків. *Збірник наукових праць ДонІЗТ*. – 2006. – Вип. 8. – С 5–13.

27 Левицький І.Є., Р.Г. Коробйова. Удосконалення переробки місцевих вагонопотоків у залізничному вузлі. *Вісник Дніпр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. академіка В. Лазаряна*. – Д.: Вид-во Дніпр. нац. Ун-ту залізн. трансп. ім. академіка В. Лазаряна, – 2008. – Вип. 23. – С. 104-107.

28 Левицький І.Є., Босов О.О., Цегельник М.Л. Стимулювання залізниць виконувати терміни доставки. *Залізничний транспорт України*. 2003. №1. С.17-21.

29 Балака Є.І., Зоріна О.І., Колесникова Н.М., Писаревський І.М. Оцінка економічної доцільності інвестицій в інноваційні проекти на транспорті: *навчальний посібник*. Харків: УкрДАЗТ. 2005. 210 с.

30 Козар Л., Бабенко А. Студентська навчальна звітність. Загальні вимоги щодо побудови, викладення та оформлення текстової частини: *метод. посібник*. 2-ге вид., перероб. та доп. – Харків: УкрДУЗТ, 2025. – 66 с.

АКТ

перевірки кваліфікаційної роботи магістра на наявність ознак академічного
плагіату

Відповідно до даних сервісу Strikerplagiat.ua кваліфікаційна робота
«Удосконалення перевізного процесу в залізничному вузлі в умовах розвитку
інформаційних технологій», автор – КУЗЬМІЧЕНКО Сергія Володимирівна
містить 23,62% текстових збігів.

Ознаки академічного плагіату – відсутні.

Перевірку виконали:

доцент кафедри управління

випускною і комерційною роботою



Ганна БАУЛІНА

02.06.2026 р.