

Міністерство освіти і науки України

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна

На правах рукопису

ВЕРЛАН АНАТОЛІЙ ІВАНОВИЧ

УДК 656.212



**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ВАНТАЖІВ  
У ЗАЛІЗНИЧНО-ВОДНОМУ СПОЛУЧЕННІ ЗА РАХУНОК РОЗВИТКУ  
ПРИВАТНИХ ПРИПОРТОВИХ СТАНЦІЙ**

Спеціальність 05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту

Дисертація  
на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

Науковий керівник:  
**Козаченко Дмитро Миколайович**  
доктор технічних наук, професор

Дніпропетровськ – 2015

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	5
ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ПРОБЛЕМ УДОСКОНАЛЕННЯ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ВАНТАЖІВ У ЗАЛІЗНИЧНО-ВОДНОМУ СПОЛУЧЕННІ ТА ОРГАНІЗАЦІЇ РОБОТИ ПРИПОРТОВИХ ЗАЛІЗНИЧНИХ СТАНЦІЙ	12
1.1 Проблеми взаємодії залізничного та морського транспорту	12
1.2 Методи аналізу показників роботи залізничних станцій	19
1.3 Методи оцінки техніко-експлуатаційних характеристик залізничних станцій	26
1.4 Методи стимулювання відправницької маршрутизації	29
1.5 Проблеми тарифної системи залізниць України	36
1.6 Постановка завдань дослідження. Структура, послідовність та методи їх розв'язання	44
1.7 Висновки за розділом 1	47
РОЗДІЛ 2 ДОСЛІДЖЕННЯ ФУНКЦІОНУВАННЯ ПРИПОРТОВИХ ЗАЛІЗНИЧНИХ СТАНЦІЙ УКРАЇНИ	48
2.1 Дослідження тенденцій розвитку припортових станцій України	48
2.2 Удосконалення методів визначення розрахункових обсягів роботи залізничних станцій	55
2.3 Методи дослідження обігу вагонів, що прибувають на залізничні станції	66
2.4 Аналіз нерівномірності прибуття вантажів на залізничні станції	70
2.5 Висновки за розділом 2	72

РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА ФУНКЦІОНАЛЬНИХ МОДЕЛЕЙ ЗАЛІЗНИЧНИХ СТАНЦІЙ ДЛЯ ОЦІНКИ ЇХ ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК	74
3.1 Функціональна модель для дослідження внутрішньостанційних процесів	74
3.2 Функціональна модель для дослідження взаємодії станції і залізничної мережі	83
3.3 Висновки за розділом 3	85
РОЗДІЛ 4 ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ВАНТАЖІВ У ПОРТИ ЗА РАХУНОК ВІДПРАВНИЦЬКОЇ МАРШРУТИЗАЦІЇ ТА ОРГАНІЗАЦІЇ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ВАНТАЖІВ ЗА РОЗКЛАДОМ	87
4.1 Удосконалення методів оцінки ефективності відправницької маршрутизації	87
4.2 Аналіз ефективності відправницької маршрутизації на прикладі перевезень порожніх вагонів на напрямку «ТІС»–Полтавський ГЗК	89
4.3 Аналіз ефективності організації руху вантажних поїздів за розкладом	106
4.4 Висновки за розділом 4	111
РОЗДІЛ 5 УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ СОБІВАРТОСТІ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПРИВАТНИХ ПРИПОРТОВИХ СТАНЦІЙ	114
5.1 Удосконалення методів визначення собівартості початкових і кінцевих операцій	114
5.2 Удосконалення методів тарифікації перевезень відправницьких маршрутів	127
5.3 Удосконалення визначення величини плати за подачу-прибирання вагонів	133

5.4 Дослідження ефективності функціонування приватних термінальних станцій	134
5.5 Висновки за розділом 5	142
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК	148
ДОДАТКИ	163
Додаток А Акти впровадження	164
Додаток Б Визначення частки завантаженого рейсу у знижках до інфраструктурної складової	166
Додаток В Знижки до інфраструктурної складової	169
Додаток Г Знижки до вагонної складової	176

**ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ**

АСК ВП УЗ	Єдина автоматизована система управління вантажними перевезеннями «Укрзалізниці»
БелГУТ	Білоруський державний університет транспорту
ВАТ «РЖД»	Відкрите акціонерне товариство «Російські залізниці»
ДНУЗТ	Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна
ПКО	початково-кінцева операція
ПТЕ	Правила технічної експлуатації залізниць України
ПТО	пункт технічного обслуговування
СМО	система масового обслуговування
ТІС	ТОВ з іноземними інвестиціями «Трансінвестсервіс»
BNSF	Burlington Northern Santa Fe – трансконтинентальна залізниця Північної Америки
PTRA	Port Terminal Railroad Association

## ВСТУП

Розширення та поглиблення міжнародних зв'язків, посилення інтеграційних процесів є однією з особливостей світової економіки кінця ХХ – початку ХХІ століття. Обов'язковою умовою успішного розвитку економіки України в глобалізованому світі є наявність ефективної транспортної системи. На транспортну складову припадає значна частка у вартості вітчизняних експортних товарів, що суттєво впливає на їх конкурентоспроможність на світовому ринку. Окрім того, вигідне географічне розташування України сприяє широкому залученню транзитних вантажопотоків та отриманню прибутків від експорту транспортних послуг.

**Актуальність роботи.** Одним із найважливіших видів сполучень, у яких здійснюється перевезення експортних та транзитних вантажів, є залізнично-водне сполучення. Так, близько 23 % залізничних перевезень вантажів в Україні виконується на адресу морських портів. Залізниці та порти є одними з найбільших роботодавців та потужними споживачами продукції вітчизняних видобувної, металургійної, машинобудівної, приладобудівної галузей та енергетики. Тож розвиток міжнародних перевезень у залізнично-водному сполученні може бути однією з точок інноваційного зростання всієї економіки України. Елементом транспортної системи, що забезпечує взаємодію залізничного транспорту та морських портів, є припортові станції. Ефективність їх роботи є одним з факторів, що визначає як пропускну та переробну спроможність транспортної системи, так і собівартість перевезень. У зв'язку з цим удосконалення методів організації експлуатаційної роботи припортових станцій, аналізу та підвищення їх переробної спроможності є наразі актуальною проблемою, яка має суттєве значення для залізничного транспорту України.

**Зв'язок теми з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота виконана відповідно до пріоритетних напрямків розвитку заліз-

ничної галузі, які визначені в Транспортній стратегії України до 2020 року (розпорядження Кабінету Міністрів України від 20.10.2010 р. № 2174-р), Стратегії розвитку залізничного транспорту на період до 2020 року (розпорядження Кабінету Міністрів України від 16 грудня 2009 р. № 1555-р.), Стратегії розвитку морських портів України на період до 2038 року (розпорядження Кабінету Міністрів України від 11 липня 2013 р. № 548-р.), Державній цільовій програмі реформування залізничного транспорту на 2010-2019 роки (затверджена постановою Кабінету Міністрів України від 16 грудня 2009 р. № 1390), а також пов'язана з науково-дослідними роботами «Удосконалення методів тарифікації початкових та кінцевих операцій при перевезенні вантажів залізничним транспортом» (№ ДР 0114U003969), Удосконалення методів тарифікації при перевезенні вантажів залізничним транспортом маршрутними відправками (№ ДР 114U003970), «Удосконалення логістики перевезення зернових вантажів, що прямують до транспортного вузла ТІС» (№ ДР 114U003972), «Робочий проект «Будівництво сортувального парку та сортувальної гірки парку «Южний» станції «Хімічна» (№ ДР 0113U008346) у яких автор дисертації є виконавцем та автором звітів.

**Мета і завдання дослідження.** Метою дослідження є підвищення ефективності взаємодії залізничного та водного транспорту за рахунок експлуатації приватних припортових станцій.

Поставлена мета досягається в результаті розв'язання таких завдань:

- аналіз методів організації взаємодії залізниць та морських портів при виконанні залізнично-водних перевезень;
- дослідження технічного забезпечення, технології та динаміки обсягів роботи припортових станцій;
- удосконалення методів визначення перспективних обсягів роботи припортових станцій;

- удосконалення математичної моделі функціонування залізничних станцій з метою оцінки їх техніко-технологічних характеристик з урахуванням специфіки роботи припортових станцій;

- розробка методів оцінки ефективності відправницької маршрутизації та організації перевезень вантажів за розкладом в умовах демонополізації транспортного ринку;

- удосконалення методів визначення собівартості залізничних перевезень.

**Об'єктом дослідження** є процес функціонування приватних припортових станцій у системі залізнично-водних перевезень.

**Предмет дослідження** – взаємозв'язки параметрів залізничної інфраструктури та технології припортових станцій з показниками ефективності перевезень вантажів у залізнично-водному сполученні.

**Методи дослідження.** Постановка завдань дослідження, вибір методів їх розв'язання та аналіз результатів здійснені з використанням методів системного аналізу. Окремі завдання розв'язувалися з допомогою таких методів: математична статистика, методи аналізу часових рядів – для дослідження характеристик вагонопотоків, що прямують на адресу припортових станцій; теорія графів та об'єктно-орієнтований аналіз – для удосконалення математичної моделі функціонування залізничних станцій з метою оцінки їх техніко-технологічних характеристик; теорія ймовірності, імітаційне моделювання, теорія організації експлуатаційної роботи залізниць – для розробки методів оцінки ефективності відправницької маршрутизації та організації перевезень вантажів за розкладом в умовах демонополізації транспортного ринку, методи теорії організації експлуатаційної роботи залізниць та економіко-математичного моделювання – для удосконалення методів визначення собівартості залізничних перевезень.

**Наукова новизна** отриманих результатів полягає в розв'язанні актуального науково-практичного завдання підвищення ефективності взаємодії за-



лізничного та водного транспорту за рахунок експлуатації приватних припортових станцій. Зокрема, у ході досліджень отримано такі наукові результати:

1) вперше розроблено методи оцінки ефективності відправницької маршрутизації та організації перевезень вантажів за розкладом, що враховують наявність різних інтересів у окремих учасників перевізного процесу та можуть застосовуватись в умовах демонополізації транспортного ринку;

2) отримано нові залежності величини простоїв вагонів на початкових та кінцевих станціях при організації перевезень вантажів за розкладом прямими відправницькими маршрутами, що дозволяє оцінювати вплив зміни системи організації руху поїздів на роботу термінальних станцій;

3) удосконалено математичну модель функціонування залізничних станцій за рахунок використання методів теорії графів та об'єктно-орієнтованого аналізу, що дає змогу підвищити ефективність взаємодії інженера-технолога та ЕОМ та забезпечує поліпшення якості оцінки їх техніко-технологічних характеристик;

4) удосконалено підходи до оцінки розрахункових обсягів роботи залізничних станцій за рахунок використання методів аналізу часових рядів та методів математичного моделювання, що дозволяє підвищити точність визначення місячної та добової нерівномірності перевезень;

5) удосконалено методи визначення собівартості залізничних перевезень за рахунок виділення термінальної складової та оцінки економії при маршрутизації перевезень, що дозволяє наблизити величину тарифів до собівартості перевезень і створити стимули для залучення приватних інвестицій у розвиток припортової інфраструктури.

### **Практичне значення отриманих результатів.**

Запропоновані методи реалізовані у вигляді програмного комплексу для ЕОМ «Автоматизована система контролю знаходження та обліку стану

вагонів на під'їзних коліях промислових підприємств «Движенець»» (свідоцтво про реєстрацію авторських прав на твір № 52739 від 20.12.2013 р.).

Результати роботи використані для оцінки конкурентоспроможності транспортного вузла «ТІС» з перевалки вантажів у змішаному залізнично-водному сполученні та при проектуванні розвитку його технічного забезпечення, а також у навчальному процесі під час підготовки спеціалістів та магістрів спеціальності «Організація перевезень та управління на залізничному транспорті» напряму «Транспортні технології» в Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна в ході викладання дисципліни «Удосконалення експлуатаційної роботи на залізничному транспорті». Акти впровадження результатів дослідження наведені в додатку А.

**Особистий внесок здобувача.** Усі результати теоретичних та експериментальних досліджень, що наведені в роботі, отримані автором самостійно. Статті [11, 12] опубліковані без співавторів. У роботах, опублікованих у співавторстві, особистий внесок автора такий: у статті [35] розроблено модель руху вагонів у кільцевому маршруті та досліджено вплив організації руху поїздів за розкладом на простої вагонів на станціях навантаження та вивантаження; у [32] виконано статистичний аналіз вантажопотоків, що прямують у Транспортний вузол «ТІС»; у [13, 36] зроблена статистична оцінка показників руху вагонопотоків та досліджено вплив маршрутизації перевезень на умови роботи різних учасників перевізного процесу; у [14] удосконалено методи тарифікації перевезень вантажів відправницькими маршрутами.

**Апробація результатів дисертації.** Основні положення дисертаційної роботи доповідалися та були схвалені: на 73-й міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» (Дніпропетровськ, ДНУЗТ, 2013 р.); 6-й Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми безпеки на транспорті» (Гомель, БелГУТ, 2012); III Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми

и перспективы развития транспортных систем и строительного комплекса» (Гомель, БелГУТ, 2013 р.); I, II та III Міжнародній науково-практичній конференції «Перспективы взаимодействия железных дорог и промышленных предприятий» (ДНУЗТ, 2012-2014 рр.), III Міжнародній науково-практичній конференції «Железнодорожные перевозки горно-металлургических грузов Российской Федерации» (Москва, Maxconference, 2012 р.), 16-й міжнародній конференції «Транзитный потенциал Украины. Эффективная инфраструктура и логистика на транспорте в странах Юго-Восточной Европы» (Одеса, Медіакомпас Україна, 2013 р.). У повному обсязі дисертація доповідалась і була схвалена на міжкафедральному науковому семінарі у Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна (2015 р.).

**Публікації.** За результатами дисертації опубліковано 16 наукових праць, у тому числі: одна наукова стаття в закордонному виданні, 6 наукових статей у виданнях, що входять до Переліку наукових фахових видань України, у яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт, 1 додаткова стаття та 8 тез доповідей на міжнародних наукових конференціях.

**Структура і обсяг роботи.** Дисертація складається із вступу, 5 розділів, висновків і 4 додатків. Повний обсяг роботи – 178 сторінок; з них основного тексту 147 сторінок; 14 – додатки, 15 – списку використаних джерел, рисунків і таблиць – 2 сторінки. Список використаних джерел із 116 найменувань.

## **РОЗДІЛ 1**

### **АНАЛІЗ ПРОБЛЕМ УДОСКОНАЛЕННЯ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ВАНТАЖІВ У ЗАЛІЗНИЧНО-ВОДНОМУ СПОЛУЧЕННІ ТА ОРГАНІЗАЦІЇ РОБОТИ ПРИПОРТОВИХ ЗАЛІЗНИЧНИХ СТАНЦІЙ**

Розвиток економіки України в умовах глобалізації істотно залежить від можливості її підприємств спільно створювати конкурентоспроможні продукти й виводити їх на світовий ринок. Найбільш характерною продукцією вітчизняного експорту на сьогодні є продукція гірничо-металургійного, хімічного та сільськогосподарського секторів. Основна частина цієї продукції прямує на експорт в залізнично-водному сполученні. У логістичному ланцюзі залізничний транспорт забезпечує перевезення за порівняно низькою ціною значних обсягів масових вантажів з місць їх видобутку або виробництва в морські порти. Морські порти забезпечують перевантаження експортних вантажів на морський транспорт, який відкриває широкий доступ до ринків споживання по всьому світу. У зв'язку з цим якість взаємодії залізничного транспорту та морських портів є одним із факторів, який визначає ефективність вітчизняної економіки на світовому ринку.

#### **1.1 Проблеми взаємодії залізничного та морського транспорту**

Термін «порт» («portus» (лат.) – гавань) з'явився як позначення ділянки берега моря, річки або озера з прилеглою водною поверхнею (акваторією), захищеної від дії хвиль і зручної для стоянки суден, навантаження-розвантаження і складування вантажів [102]. Перші порти з'явилися ще за часів стародавнього світу. Згодом морські порти стали основою найбільш потужних транспортних вузлів. Розвиток залізничного транспорту з початку його історії досить сильно пов'язаний з морським транспортом. Необхідно зауважити, що перша у світі залізниця загального користування з локомотивною тягою була побудована Джорджем Стефенсоном в 1825 році між міста-

ми Дарлінгтон та Стоктон і призначалася для вивезення вугілля в порт Стоктону для перевалки на морський транспорт [113]. Можливості залізничного транспорту перевозити значні обсяги вантажів з відносно низькою собівартістю створили умови для подальшого розвитку морських портів зокрема і світової торгівлі в цілому.

Теоретичні роботи щодо забезпечення розвитку залізничної інфраструктури залізнично-водних транспортних вузлів з'явилися вже на ранніх стадіях науки про залізничний транспорт. Формування теорії проектування залізничних вузлів виконано академіком Образцовим В. М. [73]. У подальшому вона була розвинута в працях Ляхницького В. Є., Земблінова С. В. [61, 75], Скалова К. Ю. [78] і систематизована в методичних роботах з проектування залізничних станцій та вузлів [85, 86].

Ефективність залізнично-водних перевезень багато в чому залежить від узгодженості технології роботи залізниць та морських портів. Суттєве підвищення ефективності роботи морських портів та станцій примикання досягається за умов розробки єдиної технології їх роботи. Обґрунтування необхідності розробки єдиних технологічних процесів роботи станцій примикання та промислових підприємств і розвиток відповідної теорії виконано в працях професора Ющенка М. Р. [100]. У подальших працях радянського періоду детально досліджувалися питання удосконалення організації взаємодії залізничного та морського транспорту в транспортних вузлах [25, 74, 77].

У цілому узгоджене планування розвитку морських портів та припортової залізничної інфраструктури, перерозподіл вантажопотоків між портами, що відбувався за часів СРСР, забезпечували відповідність пропускних спроможностей залізниць переробним спроможностям морських портів.

В Україні експлуатується переважно залізнична транспортна система, створена за часів Радянського Союзу. Після кризових подій в економіці України 90-х років ХХ століття відбулося значне зменшення вантажопотоків. Тому, незважаючи на зношеність основних фондів, залізнична система

України в цілому має резерви пропускної та провізної спроможності. У той же час, за роки незалежності України відбулися значні зміни в характері та напрямках вагонопотоків. Зокрема, спостерігається збільшення обсягів перевезень у залізнично-водному сполученні у зв'язку зі зростанням сировинного експорту. Окрім того, ринкові реформи викликали суттєві зміни умов перевезень. На сьогодні переважна частина вантажовідправників мають приватну форму власності. Також у приватній власності перебуває значна частина стивідорних компаній та компаній-операторів вагонного парку.

Проблеми невідповідності переробної спроможності морських портів та пропускної спроможності залізниць порушені в працях доцента Левицького І. Ю. [57, 58]. Причини такої невідповідності – різні умови розвитку морських портів і залізниць та різні можливості їх доступу до інвестиційних ресурсів.

Одним із шляхів вирішення вказаних проблем є покращення організації перевезень та інформаційної взаємодії учасників перевізного процесу. Такі підходи реалізовано в працях проф. Ломотька Д. В. [60], проф. Бутько Т. В. [8-10], проф. Альошинського Є. С. [68, 70], доц. Кириченко Г. І. [30, 31].

Іншим напрямком підвищення ефективності залізнично-водних перевезень в умовах обмеження пропускної спроможності залізниць є звільнення припортових станцій від виконання частини маневрових операцій шляхом перенесення їх на тилові сортувальні станції [58] та комерційних операцій шляхом перенесення їх у «сухі порти» [1, 22, 69].

Також у публікаціях [57, 97] поставлена проблема спеціалізації портів. Такий крок забезпечує концентрацію вантажопотоків, можливість застосування більш прогресивних технічних засобів і методів організації перевезень. При цьому важливим є те, що спеціалізація портів повинна досягатися в результаті їх більшої конкурентоспроможності порівняно з неспеціалізованими. Адміністративні методи забезпечення спеціалізації портів призводять лише до появи нечесної конкуренції.

Дослідження проблем застосування організаційних заходів для підвищення ефективності взаємодії залізничного та морського транспорту показує, що для умов України значна кількість рішень знаходиться на обмеженні пропускних або провізних спроможностей залізничної інфраструктури, що вказує на можливість отримання додаткового ефекту за рахунок розвитку припортової залізничної інфраструктури.

Системне дослідження конструкції припортових станцій виконано в роботах доц. Рибіна П. К. [90]. У роботі проф. Бутько Т. В. [7] показано, що розвиток припортової залізничної інфраструктури дозволяє забезпечити суттєве покращення використання рухомого складу.

Загальним проблемним питанням наукових робіт, пов'язаних з розвитком припортової залізничної інфраструктури, є питання забезпечення фінансування капітальних видатків та розподілу ефекту між учасниками перевізного процесу від впровадження заходів з підвищення ефективності їх роботи.

Подібна до вітчизняної ситуація у сфері залізнично-водних перевезень склалася в Російській Федерації. Зростання сировинних вантажопотоків і прийняті політичні рішення про орієнтацію експорту на російські порти [66] привели до бурхливого розвитку переробної спроможності портів та утворення дисбалансу з пропускною спроможністю залізниць. Як результат, на підходах до портів виникають значні затримки вагонів. Зокрема, лише в лютому 2014 року на мережі ВАТ «РЖД» було відставлено від руху 147 поїздів з експортними вантажами, які прямували на адресу російських портів і припортових нафтобаз. Основним напрямком вирішення проблем недостатньої пропускної спроможності залізничної інфраструктури в напрямку морських портів в Російській Федерації, як і в працях вітчизняних учених, вважають удосконалення технологічної взаємодії та зменшення нерівномірності перевезень [2, 87], створення тилової припортової інфраструктури [23, 53, 54]. З метою забезпечення збалансованого розвитку припортових станцій та портів

Міністр транспорту Російської Федерації виступив з ініціативою про передачу припортової залізничної інфраструктури на баланс морських портів [24]. Однак практичного впровадження ця ініціатива так і не отримала.

Системні проблеми невідповідності пропускних спроможностей залізниць переробним спроможностям портів практично відсутні в Північній Америці, де організація транспортного ринку дозволяє створювати найрізноманітніші транспортні підприємства. Так, у США залізниці першого класу перейшли на концепцію оптового продавця і в основному працюють не з окремими вагонами, а з поїздами. Обслуговування морських портів здійснюється термінальними залізницями та окремими термінальними операторами, що забезпечують формування та погашення поїздопотоків. Прикладом термінальної залізниці може бути Port Terminal Railroad Association (PTRA) [112]. Ця залізниця утворена портом Х'юстон і трьома залізницями першого класу Union Pacific, Burlington Northern Santa Fe і TexMex/KCS. PTRA має протяжність близько 248 км і обслуговує 226 клієнтів, розташованих у порту. Важливим елементом функціонування PTRA є те, що тарифи на перевезення вагонів по її території інтегровані в тарифи на перевезення залізниць першого класу й розраховуються на всю відстань перевезення. Внаслідок цього доходи від перевезення розподіляються між її учасниками. Тарифікація початково-кінцевих операцій на території PTRA здійснюється за її власним тарифом і формує її основний дохід. Загалом у США термінальні операції розглядаються як окремий бізнес [103, 111]. У межах цього сектору ринку в 2006 році працювало 196 так званих Switching and Terminal операторів.

Одна з найбільших припортових залізниць у Європейському Союзі розташована в порту Гамбург. Залізниця належить місту та землі Гамбург [76]. Загальна протяжність її колій складає 300 км. До складу припортової залізниці входить 3 сортувальних комплекси. На залізничній інфраструктурі працює 85 залізничних компаній [107]. Щодня в порту переробляється понад 200 поїздів. Майже 12 % вантажопотоку залізниць Німеччини зароджується або



погашається в порту Гамбург. Збалансований розвиток перевантажувальних потужностей, залізничної та складської інфраструктури, наявність потужної інформаційної системи дозволяє практично повністю уникати затримок вантажопотоку на підходах до порту. У Франції в результаті реформування залізничного транспорту створені малі залізниці для обслуговування портів Ларошель, Гавр, Марсель. Страсбург та ін.

Таким чином, створення припортових залізниць є досить поширеною практикою у світі й забезпечує узгодженість розвитку морських портів та залізничних підходів до них.

Необхідно відзначити, що способи організації залізничних перевезень висувають об'єктивні вимоги до структури залізничної мережі [109]. Так, якщо відправлення вантажів на мережі здійснюється переважно повагонними відправками, то це вимагає розвитку технічного оснащення магістральних технічних станцій всередині мережі з метою оптимальної організації вагонопотоків. За рахунок концентрації управління пропускнуою спроможністю інфраструктури, парку локомотивів і вагонів можна досягти значного зниження середньої собівартості перевезення вантажів на мережі. Однак забезпечити інтерес приватних інвесторів до фінансування галузі при такій моделі дуже складно, оскільки вплинути на собівартість перевезення для окремого вантажовідправника практично неможливо. Альтернативним варіантом є залізничні мережі, орієнтовані на обіг відправницьких маршрутів. У цьому випадку за рахунок концентрації технічних операцій в термінальних пунктах істотно спрощуються вимоги до оснащення залізничної мережі загального користування. Враховуючи, що зародження і погашення вантажопотоків переважно відбувається на коліях незагального користування, то при розвитку відправницької маршрутизації власники підприємств потенційно мають стимули до розвитку інфраструктури й маневрових засобів під'їзних колій з метою зниження собівартості перевезень.

Чинна в Україні нормативна база дозволяє створення та експлуатацію залізничної інфраструктури різної форми власності. Значна кількість промислових підприємств у своїй власності мають під'їзні колії з роздільними пунктами і т.ін. Такі підприємства, як ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг», МК «Азовсталь», ТОВ з П «Трансінвестсервіс», мають у своєму розпорядженні промислові залізничні станції, які допускають прийом поїздів безпосередньо з магістральної мережі з поїзними локомотивами і забезпечують виконання усього комплексу початково-кінцевих операцій. Однак утримання вказаних станцій здійснюється їх власниками за рахунок основної діяльності, що призводить до зменшення конкурентоспроможності їх товарів і послуг. Окремі стимули для розвитку колій незагального користування на сьогодні відсутні.

Станції припортових залізниць виконують ті ж функції сортувальних та вантажних станцій, що й аналогічні магістральні залізничні станції. У той же час експлуатація цих станцій має і ряд суттєвих відмінностей. Припортові залізниці не є частиною магістральної залізничної мережі. Вони мають власні цілі розвитку й частково конкурують із магістральними залізничними станціями. У зв'язку з цим розвиток приватної припортової інфраструктури в Україні вимагає наукового опрацювання ряду питань, а саме:

- визначення вимог до інфраструктури, що забезпечує взаємодію приватних припортових станцій та магістральної мережі;
- удосконалення методів техніко-експлуатаційної оцінки роботи припортових станцій;
- розробка заходів з підвищення ефективності перевезень вантажу за рахунок розвитку інфраструктури припортових станцій;
- розробка методів стимулювання залучення приватних коштів у розвиток інфраструктури припортових станцій.

Враховуючи, що технологічно приватні залізничні станції виконують ті самі функції, що й магістральні, при їх проектуванні використовуються ті ж

конструктивні рішення. При цьому, важливим завданням є визначення потрібного резерву технічного оснащення, який повинен забезпечувати взаємодію приватних припортових станцій з магістральною залізничною мережею.

Система показників оцінки функціонування залізничних станцій України та методи їх розрахунків склалися за часів Радянського Союзу. У той же час аналіз конкурентного середовища показує, що приватні припортові станції будуть більш конкурентними, якщо будуть надавати вантажовідправникам послуги, диференційовані за якістю та вартістю. У зв'язку з цим доцільно удосконалити методи оцінки роботи станцій та розробити програмні засоби для удосконалення роботи інженерів-технологів.

Розвиток приватної припортової інфраструктури повинен забезпечувати загальне підвищення ефективності та зниження собівартості перевезень вантажів у залізнично-водному сполученні. Аналіз закордонного досвіду показує, що основними завданнями приватних залізниць є надання послуг вантажним терміналам з виконання початково-кінцевих операцій, а також формування поїздопотоків для магістральної мережі.

## **1.2 Методи аналізу показників роботи залізничних станцій**

Під впливом різноманітних факторів у соціальній та економічній сфері країни з плином часу відбуваються зміни напрямків, характеру та обсягів вантажопотоків, що позначається на обсягах роботи магістральних залізничних станцій та під'їзних колій промислових підприємств. У зв'язку з цим виникає необхідність перевірки відповідності технічного оснащення залізничних станцій існуючим і прогностичним обсягам роботи. Необхідним етапом такої перевірки є визначення розрахункових обсягів робіт. Враховуючи, що на умови роботи станцій впливає значна кількість випадкових факторів, то їх технічне оснащення повинно мати резерви потужності для погашення пікових навантажень, що виникають через нерівномірність перевезень.

Процедура визначення завантаження основних елементів станцій є елементом розробки їх технологічних процесів. У [98] зазначено, що ця перевірка виконується на передбачені в графіку руху розміри перевезень. При цьому розміри руху поїздів в останньому встановлюються шляхом множення середньодобової кількості вантажних поїздів за планом на коефіцієнт нерівномірності і додавання до отриманого добутку планового числа господарських і пасажирських поїздів.

У [101] потрібну пропускну спроможність при побудові графіків руху поїздів пропонується визначати за формулою

$$N_{\Pi} = N_{\text{гр}} k_{\text{н}} + N_{\text{сьема}} + N_{\text{гр}}^{\text{рез}}, \quad (1.1)$$

де  $N_{\text{гр}}$  – середньодобова кількість вантажних поїздів за рік;

$k_{\text{н}}$  – коефіцієнт, що враховує необхідний резерв для забезпечення сезонних резервів руху;

$N_{\text{сьема}}$  – додаткова пропускну спроможність, необхідна для пропуску пасажирських, збірних, прискорених вантажних поїздів;

$N_{\text{гр}}^{\text{рез}}$  – резерв потрібної пропускну спроможності, що враховує добові коливання розмірів руху вантажних поїздів.

Величина резерву  $N_{\text{гр}}^{\text{рез}}$  визначається за формулою

$$N_{\text{гр}}^{\text{рез}} = \frac{z\sigma}{m}, \quad (1.2)$$

де  $z$  – коефіцієнт, що враховує кількість середніх квадратичних відхилень;

$\sigma$  – середнє квадратичне відхилення вантажного вагонопотоку від його середньодобових за рік розмірів, ваг.;

$m$  – состав поїзда.

При виконанні проектних робіт відповідно до [86] потрібна пропускну і переробна спроможність станцій повинна встановлюватися за розмірами па-

сажиро- і вантажообігу, визначеними на підставі економічних вишукувань, у яких береться до уваги нерівномірність перевезень по місяцях, а також коефіцієнт, що враховує технологічні перерви й необхідний резерв для забезпечення внутрішньодобових коливань розмірів руху поїздів.

Урахування нерівномірності перевезень при проектуванні залізничних станцій виконується за допомогою коефіцієнтів нерівномірності. У [86] зазначено, що показником нерівномірності перевезень є коефіцієнт внутрішньорічної нерівномірності, який визначається за формулою

$$\gamma = \frac{M_{\text{н}}}{M_{\text{ср}}}, \quad (1.3)$$

де  $M_{\text{н}}$  – найбільший місячний вантажопотік, тис. т;

$M_{\text{ср}}$  – середній вантажопотік, тис. т.

Відповідно до [79] пропускна і провізна спроможність промислового транспорту і його стаціонарних об'єктів, що визначаються на розрахунковий термін, повинна відповідати розрахунковому обсягу перевезень (з урахуванням їх нерівномірності по місяцях, а якщо потрібно – і сезонності) і мати резерв не менше 15 %. При проектуванні промислового транспорту, який безпосередньо забезпечує функціонування технологічних процесів, що не допускають зупинки або тривалі перерви, резерв потужності транспортних споруд допускається приймати до 100 %.

При проектуванні під'їзних колій електростанцій відповідно до [21] колійний розвиток залізничних станцій має відповідати проектній потужності електростанції з урахуванням коефіцієнта нерівномірності 1,2.

У [81] наведено вираз для визначення коефіцієнта нерівномірності немаршрутизованих вагонопотоків по прибуттю

$$K_{\text{н}} = 1 + \frac{2(N_{\text{макс}} - N_{\text{мін}})}{3(N_{\text{макс}} + N_{\text{мін}})}, \quad (1.4)$$

де  $N_{\max}$  – максимальний розмір добового вивантаження за рік, вагонів за добу;

$N_{\min}$  – середньодобове вивантаження для місяця, у якому воно було мінімальним, вагонів за добу.

Коефіцієнти нерівномірності також використовуються при проектуванні різних транспортних будівель та споруд.

При поректуванні вантажних складів та фронтів вантажно-розвантажувальних робіт [79] рекомендують встановлювати коефіцієнти нерівномірності для проміжних станцій залежно від добового вагонообігу 1,2-1,7, а для більших станцій 1,1-1,2.

Проектування будівель пасажирських вокзалів передбачає використання коефіцієнта нерівномірності, що враховує відношення середньодобового потоку відправлення пасажирів за піковий період до середньодобового потоку відправлення за рік [89]. Зокрема, для річкових вокзалів коефіцієнт нерівномірності відправлення пасажирів визначається як

$$K_1 = K_m K_{\text{сут}}, \quad (1.5)$$

де  $K_m$  – коефіцієнт місячної нерівномірності за літній період (червень-серпень);

$K_{\text{сут}}$  – коефіцієнт добової нерівномірності в місяць максимального пасажиропотоку, що дорівнює відношенню середньої кількості відправлених пасажирів за 5-10 діб найбільшого пасажиропотоку до середньодобового відправлення за даний місяць.

Для морських вокзалів коефіцієнт нерівномірності відправлення пасажирів визначається як відношення найбільшого місячного відправлення до середньомісячного за період навігації.

Таким чином, у нормативній літературі коефіцієнт нерівномірності розглядається як відношення значення показника в піковий період до середньо-

го значення цього показника. Даний показник визначається на підставі попереднього періоду або приймається відповідно до нормативної літератури.

Основними нормативними документами, що регламентують оцінку нерівномірності у вантажному русі, є [81, 86, 79].

Аналіз виразу (1.4) показує, що його граничне значення не може перевищувати 1,67, що не відповідає оцінці фактичних коефіцієнтів нерівномірності надходження вагонів на під'їзні колії промислових підприємств.

Використання виразу (1.3) пов'язане з рядом проблем. По-перше, з огляду на те, що кількість днів у різних місяцях відрізняється, то навіть при однакових добових обсягах прибуття вагонів вираз (1.3) дає коефіцієнт нерівномірності 0,02.

По-друге, як правило, техніко-економічні розрахунки зі зміни технології і технічного оснащення станцій виконуються після періоду зростання обсягів перевезень. Приклад такого процесу зображений на рис. 1.1. У цих умовах зростання (так само як і зменшення) обсягів перевезень виразом (1.3) інтерпретується як нерівномірність, що призводить до завищення внутрішньорічної нерівномірності.

По-третє, величина розмаху обсягів перевезень не має прямої залежності від самого значення цього обсягу. На рис. 1.1 зображено поле точок, що характеризує зв'язок між коефіцієнтом внутрішньорічної нерівномірності, розрахованим за формулою (1.3), і річним обсягом перевезень.

Аналіз рис. 1.1 показує, що між коефіцієнтом внутрішньорічної нерівномірності й обсягом перевезень існує зворотна залежність, при цьому для умов Транспортного вузла «ТІС» (ТОВ з П «Трансінвестсервіс») сила зв'язку оцінюється як помітна.

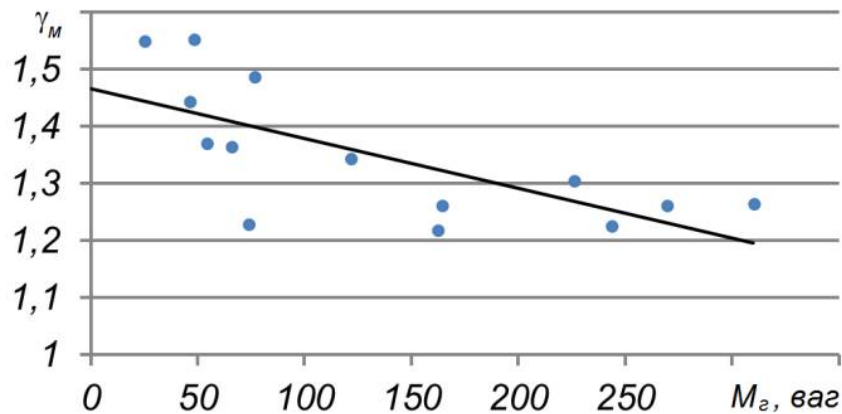


Рисунок 1.1 – Зв'язок між коефіцієнтом внутрішньорічної нерівномірності і річним обсягом перевезень

По-четверте, аналіз нерівномірності перевезень здійснюється на підставі річного обсягу перевезень. При цьому, значення коефіцієнта нерівномірності для різних років суттєво відрізняється. Зокрема, для умов «ТІС» у 2004 році коефіцієнт нерівномірності становив 1,56, а в 2010 р. – 1,22. Порядок оцінки нерівномірності перевезень на підставі даних більш тривалих періодів, ніж рік, у нормативних документах не вказано.

По-п'яте, на роботу магістральних і промислових залізничних станцій істотно впливає добова нерівномірність перевезень. При цьому на великих станціях в окремі дні спостерігалось перевищення середньорічних обсягів роботи в 1,83 разу.

Аналіз наукових праць з проблеми нерівномірності перевезень показує, що ця тема стала актуальною ще в XIX столітті на початкових етапах розвитку науки про організацію руху на залізничному транспорті.

Необхідно відзначити, що до 50-х років XX століття основна увага вчених приділялася сезонним коливанням обсягів роботи залізниць, у той же час добові коливання обсягів роботи відносилися на недосконалість оперативного планування і управління роботою залізниць. Після 50-х років почалося активне дослідження нерівномірності вантажних перевезень із застосуванням



методів теорії ймовірностей і математичної статистики. Зокрема, необхідно відзначити роботи [6, 19, 27, 96], у яких комплексно розглянуті проблеми оцінки нерівномірності перевезень на залізничному транспорті. Так, у [96] на підставі значного числа спостережень встановлено стійкість добових коливань вагопотоків, а також відповідність цих відхилень нормальному закону розподілу. У [27] виконано розвиток імовірнісних методів оцінки нерівномірності транспортних процесів на залізничному транспорті. Зокрема, запропоновано встановлювати довірчу ймовірність для розрахункових обсягів за такої умови, що протягом року лише один показник вийде за допустимі межі. У [6] виділена внутрішньорічна (місячна), внутрішньомісячна, добова і внутрішньодобова нерівномірність вантажних перевезень, а також описані причини виникнення різних видів нерівномірності й досліджена внутрішньодобова нерівномірність залізничних перевезень. У [19] виконано оцінку місячної та добової нерівномірності залізничних станцій України. Сьогодні розвиваються методи короткострокового прогнозування залізничних перевезень, що базуються на використанні нейронних мереж [91, 116] та апарату теорії нечітких множин [56]. Проблеми аналізу часових рядів детально досліджуються в галузі економіки. Зокрема, в [63] представлені методи виділення трендів часових рядів, аналізу сезонних коливань та ін.

Однак проблема оцінки нерівномірності руху й визначення розрахункових обсягів роботи магістральних і промислових залізничних станцій до кінця не вирішена і вимагає виконання додаткових досліджень. Розв'язання цього завдання для приватних припортових станцій є особливо актуальним, оскільки і недостача, і надлишок технічних засобів для освоєння заданих обсягів роботи не може бути згладжена за рахунок роботи решти мережі й безпосередньо призводить до втрати їх конкурентоспроможності.

Оцінювання ефективності роботи вантажних станцій здійснюється на підставі системи кількісних та якісних показників, основними з яких є:

- вагонообіг станції;
- середній простій місцевого вагона;
- коефіцієнт здвоєних операцій;
- завантаження технічних засобів та ін.

Необхідно відмітити, що приватні вантажні станції перебувають у стані конкуренції з іншими станціями мережі. Недоліком такої системи показників є те, що вони не дають можливість оцінити роботу станції відносно споживача послуг – вантажовідправника.

Проблеми оцінки роботи залізничного транспорту в умовах конкурентного середовища у сфері міжнародних перевезень порушені в [32]. У зв'язку з тим що залізнична транспортна система України конкурує за окремі вантажопотоки, у роботі пропонується оцінювати діяльність транспортної системи стосовно кожного вантажовідправника. Аналогічна методика може застосовуватись і для приватних припортових станцій.

### **1.3 Методи оцінки техніко-експлуатаційних характеристик залізничних станцій**

Залізничні станції являють собою багатофазні багатоканальні системи масового обслуговування. Оцінка їх техніко-технологічних показників є досить складним завданням і зазвичай виконується за допомогою аналітичних, графічних та імітаційних моделей.

У сучасних умовах основним методом комплексного аналізу роботи магістральних і промислових залізничних станцій є побудова графічної моделі у вигляді плану-графіка [81, 98]. Плани-графіки будують з метою узгодження роботи всіх парків станцій, під'їзних колій, визначення завантаження основних елементів станцій, скорочення міжопераційних інтервалів і визначення найбільш напружених періодів у роботі станції.

На сьогодні для побудови планів-графіків роботи станцій широко ви-

користовуються універсальні графічні редактори, такі як AutoCAD, CorelDraw та ін. Це дозволяє істотно спростити процес зберігання і передачі інформації, покращити якість оформлення креслень. Однак швидкість розробки планів-графіків і їх аналізу залишилася практично незмінною.

Основна проблема використання універсальних графічних редакторів пов'язана з тим, що план-графік роботи станції розглядається в них як множина незв'язних графічних примітивів, що істотно ускладнює його автоматичний аналіз.

З появою персональних ЕОМ почали активно розвиватися імітаційні моделі роботи станцій. Використання імітаційних моделей при виконанні проектних робіт, а також при оперативному управлінні на станціях дозволяє приймати найбільш раціональні рішення, спрямовані на скорочення власних витрат станцій і збільшення прибутку від перевезень.

Перші дослідження з проблем створення імітаційних моделей залізничних станцій для оптимізації їх роботи були розпочаті в 60-х роках минулого століття з появою серійних ЕОМ [20, 99]. У зазначених роботах для аналізу завантаження технічних пристроїв станцій пропонувалося використовувати статистичне моделювання технологічних процесів. При цьому, для обліку нерівномірності моделюється випадковий вхідний потік поїздів, а тривалість обслуговування поїзда на станції моделюється як випадкова величина із заданим законом розподілу. За результатами моделювання визначаються «вузькі» місця на станції, затримки і простої поїздів.

Поява ЕОМ більш високої продуктивності створила можливість для розробки імітаційних моделей, які дозволяють детально моделювати складні технологічні процеси, що відбуваються на сортувальних станціях і в залізничних вузлах [28, 59]. Недоліком таких моделей було те, що вони представляли програмний опис функціонування конкретної станції, і для їх створення необхідні були як технологи, так і програмісти.

Подолання цієї проблеми досягається шляхом відділення формального подання технології роботи станції від універсального моделюючого модуля. Такий підхід дозволяє використовувати різні спеціалізовані редактори для автоматизованої побудови технологічних процесів роботи станцій. Для формалізації технологічних процесів застосовуються мережі Петрі [106, 110, 115], мережеві графіки [3], скінченні автомати [4, 5, 33] та ін.

У той же час складність формалізації технологічних процесів стримує їх впровадження на залізничному транспорті. Зокрема у [51] відмічається, що детальний опис функціонування великої станції складає близько 600 тисяч рядків. Складання цього опису є досить трудомісткою операцією, яка пов'язана з появою великої кількості помилок. Особливо гострою ця проблема є для вантажних, припортових і промислових станцій [34]. Характерними особливостями цих станцій є те, що на них виконується обробка порівняно невеликої кількості об'єктів, але зі складною і унікальною технологією, а технічні засоби (колії, локомотиви та ін.) використовуються залежно від оперативної ситуації. У зв'язку з цим під час прийняття рішень на етапах проектування конструкції, розробки та вдосконалення технології роботи припортових станцій досить гостро постає проблема вдосконалення їх математичних моделей для оцінки техніко-експлуатаційних показників функціонування. Можливим рішенням цієї проблеми є застосування програмних комплексів для формалізації роботи залізничних станцій [43, 44, 51] або широке залучення людини до процесу моделювання їх роботи [45, 46].

Імітаційні моделі досить широко використовуються для дослідження процесів взаємодії залізниць та морських портів [53, 55, 65, 95]. Приклад імітаційної моделі взаємодії залізниці та морського порту наведено в [95]. У даному дослідженні система «залізниця–морські термінали» розглядається як система масового обслуговування (СМО). Побудова моделі виконана за допомогою системи імітаційного моделювання AnyLogic. Основним результа-

том моделювання є величини простоїв суден та вагонів в очікуванні обслуговування.

Імітаційна модель для дослідження роботи залізничного напрямку наведена в [50]. Вказана модель дозволяє імітувати процес руху вантажних поїздів залізничним напрямком залежно від кількості вагонів у составі поїзда та його маси, графіка руху пасажирських поїздів, порядку обслуговування поїздів локомотивами та ін.

Імітаційна модель залізничної мережі для дослідження її пропускної спроможності описана в [62]. У цій моделі залізнична мережа розглядається як граф. Вершинами графа є станції, а дугами – ділянки лінії, що їх з'єднують. При надходженні поїзда на станцію моделюється або процес його обробки на транзитних станціях, або розформування-формування на станціях переробки.

У цілому імітаційне моделювання є досить потужним інструментом для дослідження процесів, що відбуваються в залізничних мережах, і визначення техніко-експлуатаційних показників роботи об'єктів транспорту в різних умовах.

У сучасних умовах утворилася значна кількість маршрутів, коли вагони рухаються по колу від вантажовідправників до вантажоотримувачів і назад. Імітаційне моделювання дозволяє визначати вплив організації перевезень на показники ефективності роботи окремих вантажовідправників, вантажоодержувачів та перевізників.

#### **1.4 Методи стимулювання відправницької маршрутизації**

Відправницька маршрутизація є широко використовуваним методом організації перевезень як в Україні, так і за кордоном [47, 105, 108]. Маршрутизація покликана забезпечити прискорення обороту вагонів, зменшення переробки вагонів на технічних станціях, скорочення термінів доставки ванта-

жив. Організація перевезень вантажів відправницькими маршрутами зачіпає інтереси вантажовідправників, вантажоодержувачів і перевізників. З метою визначення ефективності маршрутизації для різних учасників перевізного процесу виконано аналіз впливу маршрутизації на умови їх роботи. Визначення поняття маршруту надає [81]. Відповідно до «Правил приймання вантажів до перевезення» маршрутна відправка – це партія вантажу за однією накладною в кількості, що відповідає ваговій нормі, встановленій для маршруту («ядра» маршруту). Відправницьким маршрутом, відповідно до «Правил перевезення вантажів відправницькими маршрутами», вважається поїзд встановленої маси або довжини, сформований відправником відповідно до Правил технічної експлуатації залізниць України та плану формування поїздів на залізничній під'їзній колії підприємства або за договором із залізницею – на коліях залізничної станції призначенням на одну станцію або в розпорошення на кількох станціях з обов'язковим зменшенням кількості його переробок на попутних технічних станціях.

Відповідно до положень «Збірника тарифів» [92] при перевезенні вантажів маршрутами або групами вагонів за одним перевізним документом плата за перевезення визначається так само, як і за повагонну відправку. Необхідно відзначити, що на початку 2000-х років існувала практика застосування різних коефіцієнтів до «Збірника тарифів» при перевезенні окремих вантажів маршрутами. Так, відповідно до наказу Міністерства транспорту та зв'язку від 18.02.2000 р. № 56 для вантажів 1 тарифного класу встановлювався коефіцієнт 0,822, при перевезенні кварцитів маршрутами встановлювався коефіцієнт 0,722, при перевезенні на експорт маршрутами руди, залізородного концентрату, вапняку встановлювався коефіцієнт 0,5. Зараз така диференціація повністю відсутня. Таким чином, на сьогодні тарифне стимулювання вантажовідправників до формування маршрутів не здійснюється.

Нормативною базою України встановлена додаткова відповідальність

за виконання плану відправницької маршрутизації та підвищені швидкості доставки вантажів. Так, виконання плану перевезень вантажу маршрутами з боку вантажовідправника і залізниці стимулюється шляхом встановлення штрафних санкцій за його порушення. Відповідно до «Статуту залізниць» за незабезпечення навантаження маршруту з винної сторони стягується на користь іншої сторони, крім штрафу за невиконання плану перевезень (5 % ставки добової плати за користування вагонами з кожної тонни), штраф за маршрут у розмірі трьох добових ставок плати за користування вагонами. Як приклад розрахований штраф за невиконання плану відправницької маршрутизації по відправленню маршрутів по 52 вагони масою нетто 70 т. Збільшення штрафу за невиконання плану маршрутизації становитиме 1,6 % від штрафу за невиконання плану перевезень. Необхідно відзначити, що «Статут залізниць України» та «Правила перевезення вантажів відправницькими маршрутами» розроблялися в умовах, коли переважний обсяг перевезень виконувався в інвентарних вагонах. При цьому, навіть сама наявність плану відправницької маршрутизації стимулювала залізниці забезпечувати навантаження порожніми вагонами. Сьогодні перевезення виконуються переважно у власних вагонах. Доставка цих вагонів до пунктів навантаження здійснюється відповідно до встановлених термінів. У зв'язку з цим при перевезенні вантажів маршрутами в приватних вагонах залізниця не несе відповідальності за підведення порожніх вагонів під навантаження маршрутів. Облік виконання планів перевезення здійснюється подекадно, що створює умови для утворення суттєвої добової нерівномірності навантаження.

Відповідно до «Правил обчислення термінів доставки вантажів» при перевезенні вантажів маршрутними відправками термін доставки становить 320 км за кожні повну і неповну добу, а термін доставки вантажів вагонними відправками становить 200 км на добу. Розрахований термін доставки збільшується на 1 добу на операції, пов'язані з прийомом і відправленням вантажів. Розрахунок терміну доставки починається з 24 години дати приймання

вантажу до перевезення.

За несвоєчасну доставку вантажів і порожніх вагонів, що належать підприємствам, організаціям, установам, громадянам – суб'єктам підприємницької діяльності або орендовані ними, відповідно до Статуту залізниця виплачує одержувачу штраф у розмірі:

- 10 % провізної плати – за прострочку на дві доби;
- 20 % провізної плати – за прострочку на три доби;
- 30 % провізної плати – за прострочку на чотири та більше діб.

У табл. 1.1 наведені результати порівняння умов настання фінансової відповідальності залізниць за порушення термінів доставки вантажів вагонними й маршрутними відправками. При цьому прийнято, що вантажі пред'являються до перевезення рівномірно протягом доби і середній час від моменту пред'явлення вантажу до кінця доби становить 0,5 доби.

Таблиця 1.1 – Порівняння умов настання фінансової відповідальності залізниць за порушення термінів доставки вантажів вагонними й маршрутними відправками

Відстань перевезень, км	Повагонна відправка		Маршрутна відправка		Скорочення терміну доставки, %
	Срок доставки, діб	Швидкість доставки, км/год	Срок доставки, діб	Швидкість доставки, км/год	
10	3,5	0,12	3,5	0,12	0,0
100	3,5	1,19	3,5	1,19	0,0
200	3,5	2,38	3,5	2,38	0,0
300	4,5	2,78	3,5	3,57	22,2
400	4,5	3,70	4,5	3,70	0,0
500	5,5	3,79	4,5	4,63	18,2
600	5,5	4,55	4,5	5,56	18,2
700	6,5	4,49	5,5	5,30	15,4
800	6,5	5,13	5,5	6,06	15,4
2190	13,5	6,76	9,5	9,61	29,6



Прискорення швидкості доставки вантажів маршрутами досягається за рахунок проходження технічних станцій без переробки. У 2013 році відповідно до звіту форми ЦО-1 пробіг вантажних вагонів становив 6075748 тис. ваг.-км, а кількість перероблених вагонів – 21517544 шт. Таким чином, середній пробіг вагонів між переробками становить 282,4 км. Середній простій вагона з переробкою в 2013 році становив 16,68 год, а без переробки – 3,31 год. У зв'язку з цим додатковий простій вагона при проходженні станції з переробкою становив 13,37 год. У табл. 1.2 подані результати порівняння термінів доставки вантажів маршрутними та повагонними відправками з урахуванням коригування тривалості останньої на величину додаткового простю при переробці на технічних станціях.

Таблиця 1.2 – Відкориговане порівняння умов настання фінансової відповідальності залізниць за порушення термінів доставки вантажів повагонними й маршрутними відправками

Відстань перевезень	Срок доставки повагонною відправкою, діб	Додатковий простій через переробку на технічних станціях, діб	Відкоригований термін доставки, діб	Термін доставки маршрутною відправкою, діб	Різниця в термінах доставки, діб
10	3,5	0	3,5	3,5	0
100	3,5	0	3,5	3,5	0
200	3,5	0	3,5	3,5	0
300	4,5	0	4,5	3,5	1
400	4,5	0	4,5	4,5	0
500	5,5	1	4,5	4,5	0
600	5,5	1	4,5	4,5	0
700	6,5	1	5,5	5,5	0
800	6,5	1	5,5	5,5	0
2190	13,5	4	9,5	9,5	0

Аналіз отриманих даних показує, що скорочення термінів доставки вантажів є винятковим результатом дій вантажовідправника, пов'язаних з концентрацією вантажопотоків. При цьому, швидкість руху групи вагонів, відправлених повагонною відправкою, буде такою самою, як і швидкість руху маршрутної відправки.

Таким чином, існуюча нормативна база при здійсненні перевезень вантажів маршрутними відправками в приватному рухомому складі здебільше тільки накладає додаткові зобов'язання на вантажовідправників без додаткових зобов'язань залізниць.

Аналіз закордонного досвіду свідчить про те, що для компенсації вантажовідправникам додаткових витрат, пов'язаних з формуванням відправницьких маршрутів, залізниці різних країн вводять диференціацію вантажних тарифів або встановлюють знижки до тарифів. Так, у Російській Федерації в Прейскуранті 10-01 [83] передбачені знижуючі коефіцієнти до вантажного тарифу, диференційовані залежно від відстані перевезень та виду маршруту (табл. 1.3).

Таблиця 1.3 – Поправочні коефіцієнти до тарифу для маршрутних відправок у Російській Федерації

Вид маршрутів	Відстань перевезень, км			
	До 500	501–1000	1001–2000	Понад 2000
Прямі	0,85	0,89	0,92	0,95
В розпилення	0,90	0,92	0,95	0,97

Аналіз функціонування залізниць США показує, що на сьогодні залізниці I класу перейшли на концепцію оптового продавця і працюють переважно з поїздами, а не окремими вагонами. При цьому на мережі залізниць

обертаються поїзди unit train, які складаються з 40-75 вагонів, та shuttle train, які складаються з 76-110 вагонів та рухаються за розкладом. Формування цих поїздів для залізниць I класу здійснюють або залізниці менших класів, або окремі вантажовідправники.

У США стимулювання вантажовідправників до формування відправницьких маршрутів також здійснюється за рахунок тарифної політики. При цьому для вагонних, групових та маршрутних відправок встановлені різні тарифи. Для прикладу в табл. 1.4 наведено порівняння тарифів на перевезення етанолу залізницею BNSF [104].

Таблиця 1.4 – Тарифи BNSF на перевезення етанолу

Напрямок	Вид відправки		Знижка, %
	Маршрутна	Повагонна	
	Тарифна ставка, тис. \$ на вагон		
СВ Айова – Іллінойс	2,1	2,9	27,6
СВ Айова – Каліфорнія	3,9	5,3	26,4

Величина знижок при перевезенні вугілля, руди, мінеральних добрив складає 20-40 %.

Динаміка зміни вартості перевезення зерна вагонними, груповими і маршрутними відправками зображена на рис. 1.2 [114].

Ще більших значень (до 50 %) досягають знижки при перевезенні зернових за технологією shuttle train.

Таким чином, на закордонних залізницях диференціація тарифів для маршрутних відправок є досить поширеним методом стимулювання відправницької маршрутизації.

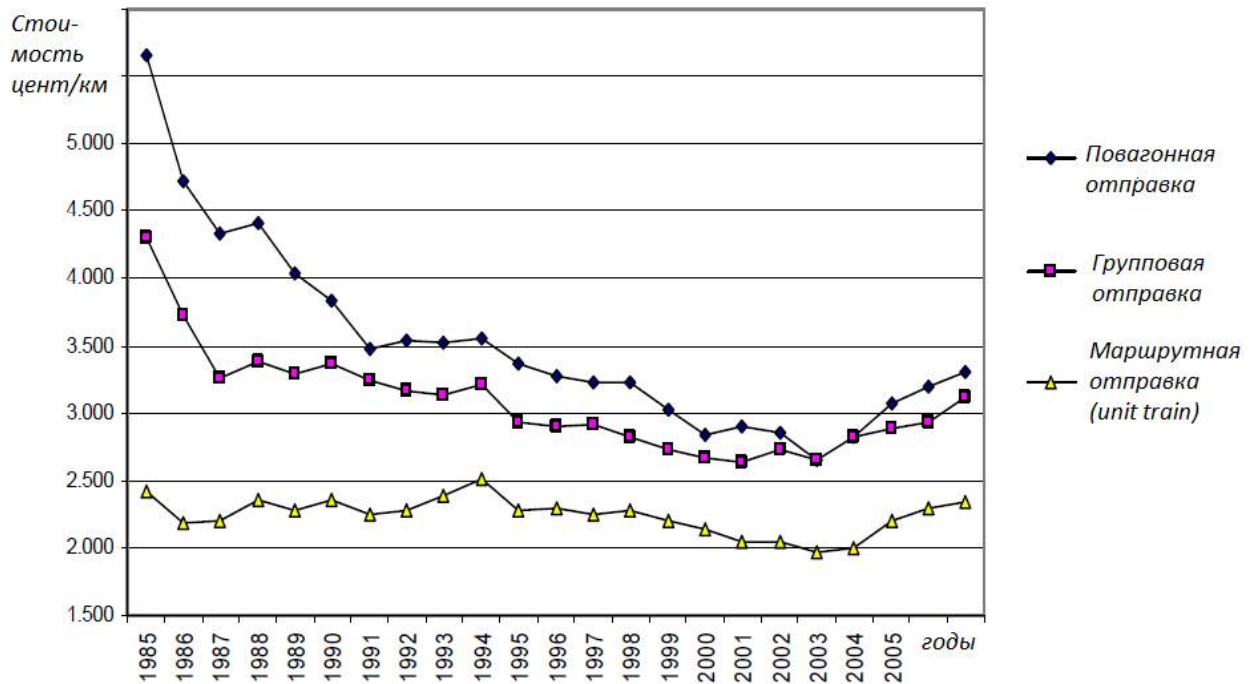


Рисунок 1.2 – Динаміка зміни вартості перевезень зерна в США

### 1.5 Проблеми тарифної системи залізниць України

Принципи тарифної системи залізниць України склалися за часів СРСР, головними з яких є:

- в основу тарифу покладена середньомережева собівартість перевезення вантажів;
- залізничний тариф є загальним для всієї країни і не залежить від характеристик ділянок колії, вантажонапруженості ліній, видів локомотивів, стану вагонів і т.ін.;
- тарифні ставки встановлені по двоставковій моделі з виділенням початково-кінцевої операції та операції руху.

Після здобуття Україною незалежності на вітчизняних залізницях були фактично скопійовані реформи тарифної системи залізниць Російської Федерації, які полягають у поділі тарифу на інфраструктурну та вагонну складові й встановленні тарифних класів вантажів. Однак суттєві відмінності в умовах

роботи залізниць Російської Федерації та України фактично призводять до стагнації галузі.

Основними завданнями, що вирішує існуюча тарифна система залізниць України, є [64]:

- покриття економічно обґрунтованих витрат на перевезення вантажів;
- отримання передбаченого планом прибутку, достатнього для забезпечення нормальної виробничо-господарської діяльності;
- оплата всіх податків і зборів (обов'язкових платежів) та бюджетних відрахувань відповідно до чинного законодавства України.

Формування тарифу на перевезення вантажів залізничним транспортом виконується відповідно до структури тарифу, встановленої Міністерством інфраструктури України. Тариф включає плату за початково-кінцеву операцію та операцію руху [29]. Визначення величини тарифів проводиться на основі розрахунку собівартості вантажних перевезень. Формула для розрахунку собівартості перевезень має параметричну побудову і має вигляд

$$C=A+(B+D \times P) \times L,$$

де  $A$  – параметр собівартості – агрегована витратна ставка за початково-кінцеву операцію (ПКО) за відправку:

$$A=A_{и}+A_{т}+A_{в},$$

де  $A_{и}$ ,  $A_{т}$ ,  $A_{в}$  – відповідно інфраструктурна, локомотивна та вагонна складові агрегованої витратної ставки за ПКО параметра  $A$ ;

$B$ ,  $D$  – параметри собівартості – агреговані витратні ставки за операцію руху за відправку:

$$B= B_{и}+B_{т}+B_{в},$$

де  $B_{и}$ ,  $B_{т}$ ,  $B_{в}$  – відповідно інфраструктурна, локомотивна та вагонна складова агрегованої витратної ставки операції руху параметра  $B$ ;

$$D = D_{\text{и}} + D_{\text{т}} + D_{\text{в}},$$

де  $D_{\text{и}}$ ,  $D_{\text{т}}$ ,  $D_{\text{в}}$  – відповідно інфраструктурна, локомотивна та вагонна складова агрегованої витратної ставки операції руху параметра  $D$ ;

$P$  – маса відправки;

$L$  – відстань перевезення.

Складові параметра агрегованої витратної ставки за ПКО параметра  $A$  визначаються за формулами:

$$A_{\text{и}} = e_{\text{ваг}}^{\text{и}}, \quad A_{\text{т}} = e_{\text{ваг}}^{\text{т}}, \quad A_{\text{в}} = e_{\text{ваг}}^{\text{в}} + t_{\text{гр}} \times \Delta e_{\text{ваг-ч}},$$

де  $e_{\text{ваг}}^{\text{и}}$ ,  $e_{\text{ваг}}^{\text{т}}$ ,  $e_{\text{ваг}}^{\text{в}}$  – укрупнені витратні ставки на 1 вагон;

$$e_{\text{ваг}}^{\text{и}} = \frac{E_{\text{НКО}}^{\text{и}}}{\sum n_{\text{погр}}}, \quad e_{\text{ваг}}^{\text{т}} = \frac{E_{\text{НКО}}^{\text{т}}}{\sum n_{\text{погр}}}, \quad e_{\text{ваг}}^{\text{в}} = \frac{E_{\text{НКО}}^{\text{в}}}{\sum n_{\text{погр}}},$$

де  $E_{\text{НКО}}^{\text{и}}$ ,  $E_{\text{НКО}}^{\text{т}}$ ,  $E_{\text{НКО}}^{\text{в}}$  – відповідно витрати за початковими та кінцевими операціями, які відносяться відповідно на інфраструктурну, локомотивну та вагонну складові;

$\sum n_{\text{погр}}$  – середнє арифметичне між кількістю навантажених та вивантажених вагонів;

$t_{\text{гр}}$  – середній час простою під вантажною операцією за час обігу;

$\Delta e_{\text{ваг-ч}}$  – частина витратної ставки за 1 вагоно-годину, у яку не включені амортизаційні відрахування.

Вартість початково-кінцевої операції для випадків, коли перевезення виконуються у вагонах власності залізниць, визначається як

$$A_{\text{ив}} = A_{\text{и}} + A_{\text{т}} + A_{\text{в}},$$

а у власних (орендованих) вагонах як

$$A_{\text{пв}} = A_{\text{и}} + A_{\text{т}}.$$

З метою визначення величини розрахункових ставок Укрзалізницею ведеться облік експлуатаційних витрат, пов'язаних з вантажними перевезеннями, що забезпечує розподіл їх між перевізними операціями за джерелами покриття. Специфіка залізничного транспорту полягає також у тому, що він є фондомісткою галуззю. У зв'язку з такою структурою технічних засобів транспорту в його витратах більшу частину займає група непрямих витрат, які розподіляються за видами продукції розрахунковим шляхом, пропорційно різним вимірникам та показникам роботи залізниць.

На підставі собівартості перевезень розроблені розрахункові формули для тарифних схем. Базова ставка плати в Збірнику тарифів встановлюється на підставі виразу

$$T = T_{\text{нк}} + T_{\text{дв}},$$

де  $T_{\text{нк}}$ ,  $T_{\text{дв}}$  – відповідно ставка плати за початково-кінцеву операцію та операцію руху перевізного процесу.

При цьому, ставка плати за початково-кінцеву операцію встановлюється на підставі поліномів виду

$$T_{\text{нк}} = a + bk_L, \quad (1.6)$$

де  $a$ ,  $b$  – постійні коефіцієнти;

$k_L$  – коефіцієнт, що коригує вартість перевезень відповідно до інтенсивності вантажних операцій.

Значення коефіцієнта  $k_L$  змінюється в межах від 6,1625 для перевезень на відстані до 120 км до 0,230373832 при перевезеннях на відстані понад 2091 км.

На рис. 1.3 наведено графік залежності абсолютної величини вартості початково-кінцевої операції для умов перевезення вантажів по 1-й та 2-й тарифній схемах у власних (орендованих) вагонах, а на рис. 1.4 – частка початково-кінцевої операції в тарифі.

Таким чином, для тарифних схем 1 та 2, які найбільш часто застосовуються для тарифікації залізничних перевезень, вартість початкових і кінцевих операцій змінюється в межах від 404 до 620 грн, що складає від 2,5 до 90 % плати за перевезення.

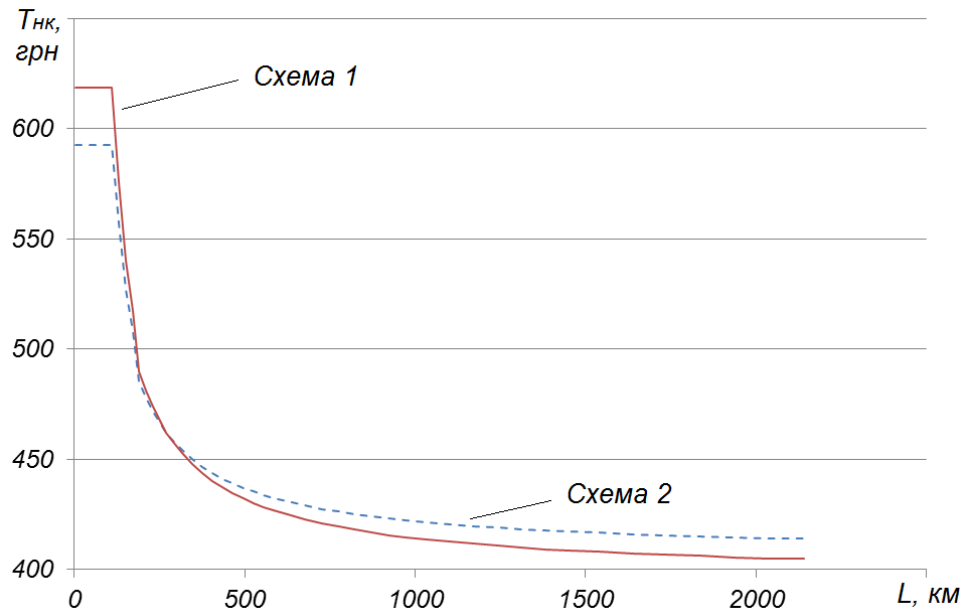


Рисунок 1.3 – Залежність абсолютної величини вартості початкової та кінцевої операції від відстані перевезень

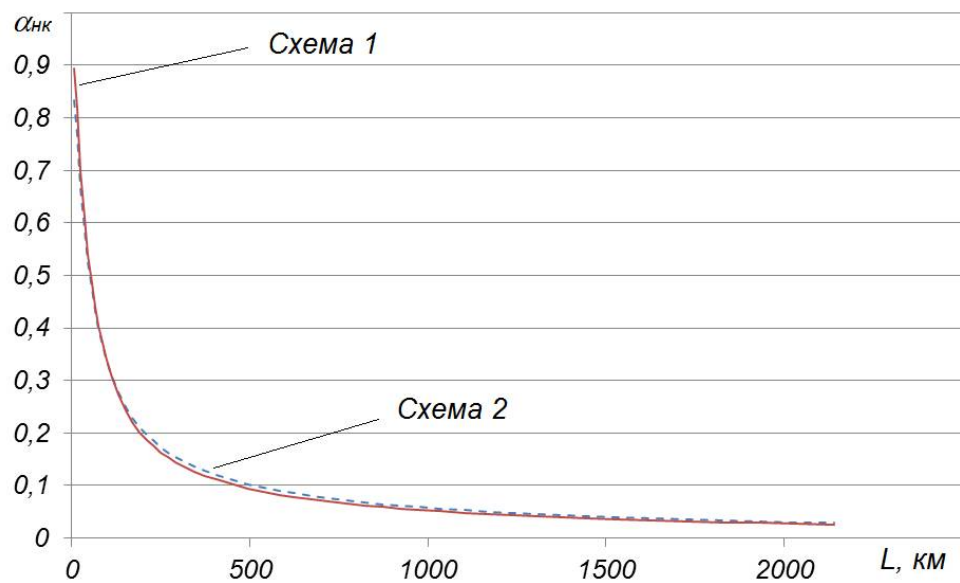


Рисунок 1.4 – Залежність величини частки початкової та кінцевої операції в тарифі від відстані перевезень



У цілому існуюча величина плати за початкову та кінцеву операцію у тарифі побудована без урахування інтересів клієнтів. При сплаті тарифу вантажовідправник купує в залізниці комплекс послуг, ціна якого є незмінною, а фактичний склад цих послуг та їх якість може суттєво варіюватись залежно від місцевих умов.

Ставка плати за операцію руху також складається з інфраструктурної та вагонної складової.

При цьому, інфраструктурна складова ставки плати за операцію руху завантажених вагонів встановлюється на підставі полінома виду

$$T_{дв1} = a_1 + b_1 k_L + P(c_1 + d_1 k_L) L k, \quad (1.7)$$

де  $a_1, b_1, c_1, d_1$  – постійні коефіцієнти;

$L$  – середня відстань тарифного поясу;

$k$  – коефіцієнт, що коригує вартість операції руху залежно від відстані перевезення.

Інфраструктурна складова ставки плати за операцію руху порожніх власних (орендованих) вагонів встановлюється на підставі полінома виду

$$T_{дв2} = a_2 L k, \quad (1.8)$$

де  $a_2$  – постійний коефіцієнт.

Вагонна складова ставки плати за операцію руху завантажених вагонів парку залізниць встановлюється на підставі полінома виду

$$T_{дв3} = (c_3 + d_3 k_L) L k,$$

де  $c_3, d_3$  – постійні коефіцієнти.

Коригування вартості операції руху залежно від відстані перевезення виконується у зв'язку з тим, що на короткі відстані перевезень частіше використовуються збірні, вивізні та передаточні поїзди, які вимагають додаткових витрат порівняно з наскрізними поїздами. Залежність коефіцієнта  $k$  від

відстані перевезень наведена на рис. 1.5. При цьому максимальне значення коефіцієнта  $k$  дорівнює 1,138 і відповідає відстаням до 150 км, а мінімальне значення дорівнює 0,90204.

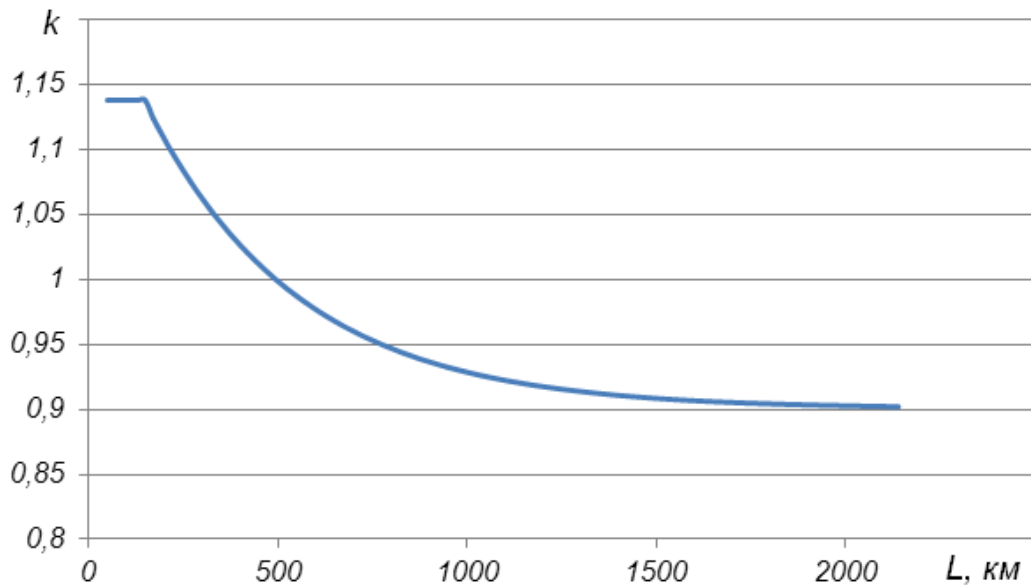


Рисунок 1.5 – Залежність коефіцієнта  $k$  від відстані перевезень

Таким чином, існуюча тарифна система не враховує фактичні витрати на просування вагонопотоків.

У цілому діючі наразі тарифи на внутрішні залізничні перевезення вантажів характеризуються рядом істотних недоліків. Формування тарифів базується на середньомережевій собівартості перевезень. У зв'язку з цим тариф орієнтований на загальне відшкодування витрат з перевезень і слабо пов'язаний зі собівартістю конкретного перевезення. У результаті існуюча тарифна система не вирішує ряд важливих завдань, зазначених зокрема в «Державній цільовій програмі реформування залізничного транспорту на 2010-2015 роки» [26] та у проекті Закону «Про залізничний транспорт» [84], які полягають:

- у зниженні собівартості перевезень;
- забезпеченні розвитку конкурентного середовища у сфері вантажних залізничних перевезень.

Одним із найбільш проблемних питань є те, що при діючій тарифній системі залізничні інфраструктури незагального користування не мають жодних стимулів для інвестування коштів в удосконалення взаємодії з магістральною залізничною мережею.

Для подолання цієї ситуації доцільним є введення диференціації тарифу, яка б дозволила врахувати складність початково-кінцевих операцій, що виконуються залізницею. Такий крок дозволить демонополізувати сектор ринку, пов'язаний з виконанням термінальних операцій, і сформуватися приватним вантажним станціям. Також доцільно виконувати тарифікацію вартості перевезень для маршрутних відправок або запровадити систему знижок для відправницьких маршрутів.

Постановою Міжпарламентської Асамблеї держав-учасниць Співдружності Незалежних Держав від 23.11.2012 р. № 38-14 прийнято Модельний закон «Про регулювання транспортних тарифів» [67]. Відповідно до цього Модельного закону тарифи, збори та плати можуть передбачати виділення тарифних складових, що враховують витрати, пов'язані:

- з використанням інфраструктури залізничного транспорту загального користування (інфраструктурна тарифна складова);
- виконанням перевезень вантажів, пасажирів, багажу, вантажобагажу залізничним транспортом загального користування (перевізена тарифна складова);
- утриманням та експлуатацією локомотивів (локомотивна тарифна складова);
- утриманням та експлуатацією вагонів і контейнерів (вагонна і контейнерна тарифні складові);
- обслуговуванням пасажирів на вокзалах і наданням послуг, пов'язаних з обробкою і зберіганням багажу, вантажобагажу в багажних відділеннях залізничних станцій (вокзальна та багажна тарифні складові);

- роботою термінальних комплексів при виконанні вантажних залізничних перевезень (термінальна тарифна складова).

Практично реалізований залізничний тариф з виділеною термінальною складовою на теренах СНД на сьогодні мають Грузинські залізниці [93] та Залізниці Якутії – незалежна вертикально-інтегрована залізнична компанія, що функціонує у Російській Федерації [94].

### **1.6 Постановка завдань дослідження. Структура, послідовність та методи їх розв'язання**

Ринкові реформи економіки України призвели до суттєвого збільшення кількості учасників перевізного процесу, що мають власні цілі. У зв'язку з цим завдання організації роботи припортових станцій вимагають нових рішень, які враховували б сучасну структуру транспортного ринку.

На підставі виконаного аналітичного огляду наукових праць сформульована мета дослідження, що полягає в удосконаленні методів організації експлуатаційної роботи припортових станцій та аналізу їх переробної спроможності.

У дослідженні припортова залізнична станція розглядається як складна система, на ефективність функціонування якої впливає значна кількість факторів. При цьому для вирішення задач підвищення ефективності взаємодії залізничного та водного транспорту за рахунок експлуатації приватних припортових станцій необхідно виконати системну оцінку умов перебігу внутрішніх процесів на припортовій станції та її взаємодії з магістральним залізничним транспортом. Досягнення мети дослідження здійснюється за рахунок використання системного аналізу при формуванні завдань дослідження та при виборі методів їх вирішення.

Об'єктом дослідження при цьому є процес функціонування припортових станцій у системі залізнично-водних перевезень, а предметом досліджен-

ня – взаємозв’язки параметрів залізничної інфраструктури та технології припортових станцій з показниками ефективності перевезень вантажів у залізнично-водному сполученні.

Припортова залізнична станція являє собою систему, що перебуває у тісній взаємодії з транспортною системою магістрального залізничного транспорту, вантажовідправниками та вантажоодержувачами і з’єднана з ними безліччю прямих та зворотних зв’язків, які змінюються в часі. При цьому як укрупнені елементи припортової станції розглядаються її технічне забезпечення (колійний розвиток, маневрові засоби, вантажні фронти, персонал), система управління (оперативно-диспетчерський апарат) та вагонопотік, що прибуває і відправляється. Між елементами системи наявні фізичні, інформаційні та економічні зв’язки.

Зовнішнім середовищем для припортової станції є залізнична транспортна система. Стан системи характеризується зайняттям технічних засобів станції операціями з обробки вагонопотоку. Входом системи є вагонопотік, що надходить на адресу припортової станції. Вихід системи утворює вагонопотік, що відправляється з припортової станції. Поведінка системи обумовлюється в основному впливом сил системи управління. При цьому одним із елементів системи управління є людина-диспетчер. Тобто припортова станція є ергатичною системою. Характеристика припортової станції як системи наведена в табл. 1.5.

Виконаний аналіз наукових праць, нормативних, технічних та технологічних документів дозволив сформулювати мету дослідження та визначити основні методи, що використовуються для дослідження функціонування залізничних станцій. Для досягнення мети дослідження сформульовані завдання дослідження та обрано методи їх вирішення.

Таблиця 1.5 – Характеристика припортової станції як системи

Класифікаційна ознака	Клас системи
Природа елементів	Реальна
Походження	Штучна
Мінливість властивостей	Динамічна
Передбачуваність станів	Стохастична
Характер поведінки	З управлінням
Ступінь складності	Складна
Ступінь зв'язку із зовнішнім середовищем	Відкрита
Ступінь участі людини у реалізації керуючих впливів	Ергатична

З метою встановлення реального стану технічного забезпечення залізнично-водних перевезень в Україні, напрямків, характеру та обсягів прямування вагонопотоків виконано дослідження технічного забезпечення, технології та динаміки обсягів роботи припортових станцій. Основними методами дослідження при цьому є математична статистика:

- удосконалення методів визначення перспективних обсягів роботи припортових станцій;
- удосконалення математичної моделі функціонування залізничних станцій з метою оцінки їх техніко-технологічних характеристик з урахуванням специфіки роботи припортових станцій;
- розробка методів оцінки ефективності відправницької маршрутизації та організації перевезень вантажів за розкладом в умовах демонополізації транспортного ринку;
- удосконалення методів визначення собівартості залізничних перевезень.

## 1.7 Висновки за розділом 1

Виконаний аналіз наукових праць з проблеми удосконалення перевезень вантажів у залізнично-водному сполученні та організації роботи припортових залізничних станцій дозволяє зробити такі висновки:

1. Залізнично-водне сполучення є одним із основних видів перевезень, перш за все у міжнародному сполученні. Цей вид сполучення поєднує можливості доставки значних обсягів вантажів із місць видобування або виробництва до морських портів, що надає залізничний транспорт, та широкий доступ до світових ринків, що надає морський транспорт.

2. На сьогодні однією з основних проблем транспортної галузі України є диспропорція у розвитку морських портів та залізничної інфраструктури, що забезпечує доставку вантажів до них. Вирішення проблеми може досягатись за рахунок залучення інвестицій у розвиток приватної припортової залізничної інфраструктури.

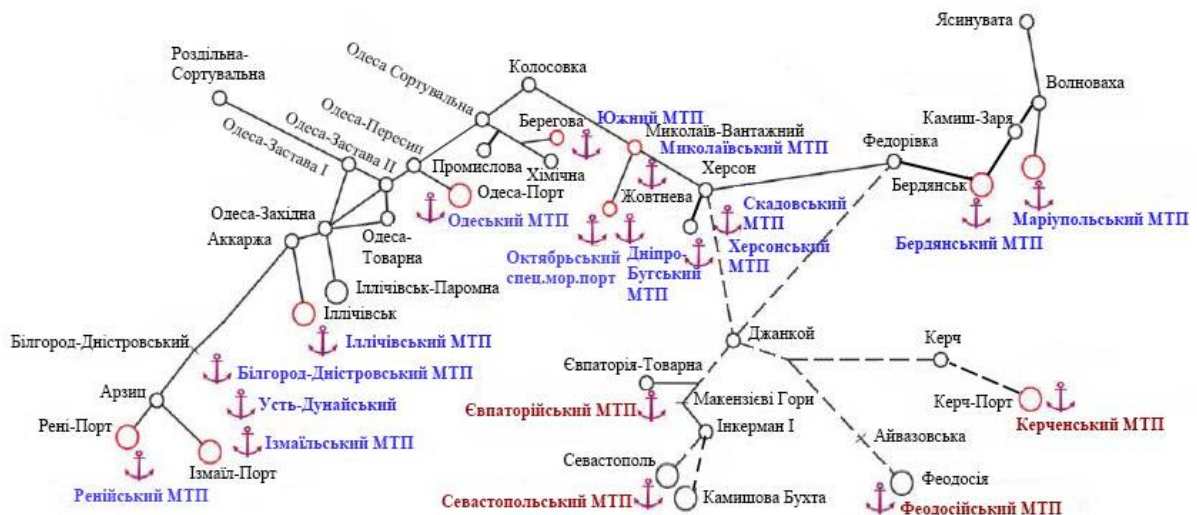
3. Експлуатація приватних припортових станцій вимагає удосконалення методів організації їх роботи та взаємодії з іншими учасниками перевізного процесу.

## РОЗДІЛ 2

### ДОСЛІДЖЕННЯ ФУНКЦІОНУВАННЯ ПРИПОРТОВИХ ЗАЛІЗНИЧНИХ СТАНЦІЙ УКРАЇНИ

#### 2.1 Дослідження тенденцій розвитку припортових станцій України

Україна має 18 морських портів, відкритих для заходження морських суден. 17 морських портів мають можливість доставки вантажів залізничним транспортом. За географічною ознакою порти розділяються на порти Одеського регіону, порти Дніпро-Бузького регіону, порти Азовського регіону, порти Криму, порти Придунайського регіону. Розташування морських портів показано на рис. 2.1.



Рисунк 2.1 – Схема розташування морських торговельних портів України

Обробка даних державної та галузевої статистики показала, що на адресу морських портів прямує 19,7 % усіх вантажів, які перевозяться залізничним транспортом; при цьому 67 % вантажів, що перероблюються морськими портами, доставляються саме залізницями. Основними станціями, що обслуговують морські порти, є Чорноморська, Берегова, Одеса-Порт, Миколаїв-



Вантажний та Іллічівськ. Характеристика вказаних станцій наведена в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Характеристика основних станцій, що обслуговують морські порти

№ пор.	Назва станції	Порт	Показник роботи, ваг.	
			Навантаження	Вивантаження
1	Чорноморська	Южний	24862	337250
2	Берегова	Южний	30704	195337
3	Одеса-Порт	Одесса	21499	204647
4	Іллічівськ	Іллічівськ	22364	19868
5	Миколаїв-Вантажний	Миколаїв	6692	147864

Роль портів Одеського та Дніпро-Бузького регіонів з 2014 року суттєво зросла через анексію Криму, бойові дії в районі Маріуполя та можливі проблеми з Керченською протокою.

Одеські порти та припортові станції були побудовані переважно за часів СРСР в першу чергу для переробки імпорту, який переважав у другій половині минулого століття над експортом. Сумарна переробка вантажів портами України в 1990 році становила 120 млн т. Протягом наступних 7 років спостерігався спад обсягів переробки, і в 1996 році був відзначений мінімум – 48,4 млн т (40,3 % від обсягів роботи 1990 року). Після цього почалося зростання переробки вантажів у портах за рахунок збільшення сировинного експорту. Максимум переробки був досягнутий у 2008 році і склав 169,7 млн т (141,4 % від обсягів роботи 1990 року). У 2013 році обсяг переробки вантажів морськими портами України склав 149,4 млн т (124,5 % від обсягів роботи 1990 року).

Динаміка обсягів переробки вантажів морськими портами України наведена на рис. 2.2.

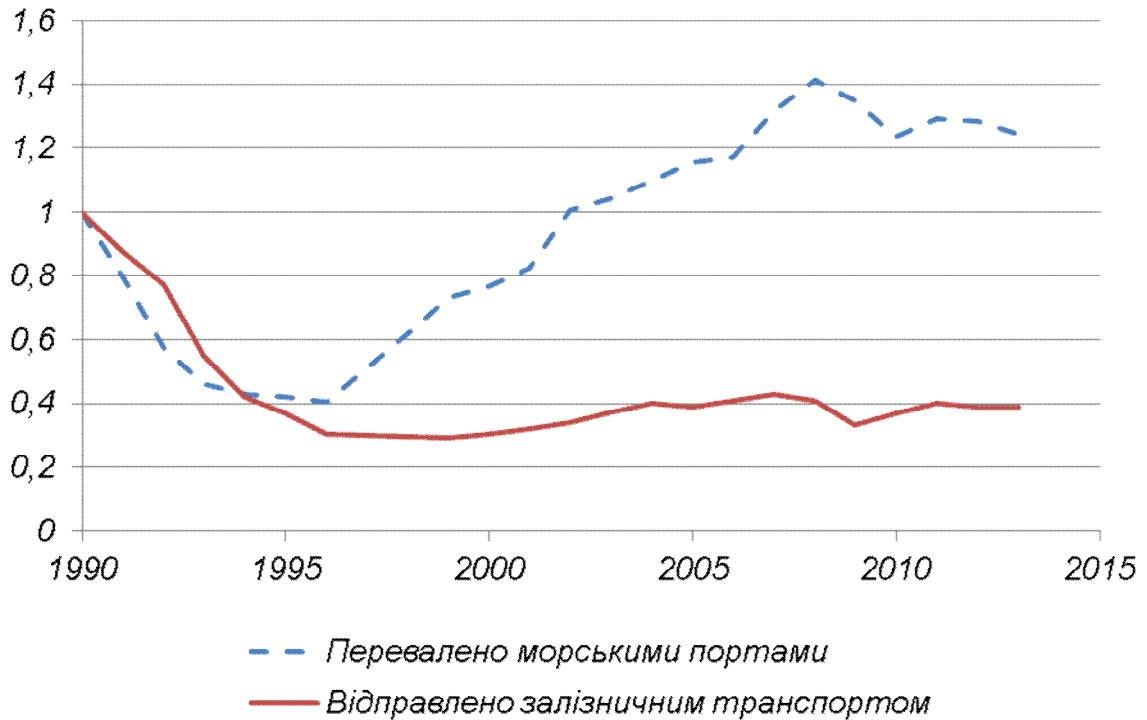


Рисунок 2.2 – Динаміка зміни обсягів роботи залізничного транспорту та морських портів порівняно з 1990 роком

Багато в чому це зростання було забезпечене завдяки ринковим реформам у портовій галузі, які дозволили залучити значні приватні інвестиції в оновлення і розвиток переробних потужностей портів.

Іншою є ситуація в залізничному транспорті. У 1990 році відправлення вантажів залізничним транспортом становило 974,2 млн т. Після цього спостерігався спад обсягів роботи, які досягли мінімуму в 1999 році – 284,2 млн т (29,2 % від обсягів роботи 1990 року). У 2013 році обсяг відправлення вантажів залізничним транспортом склав 377,3 млн т (38,9 % від обсягів роботи 1990 року). До сьогоднішнього дня ринок залізничних перевезень є повністю монопольним. Реформування галузі, що почалося в 2006 році затвердженням «Концепції державної програми реформування залізничного транспорту»

[52], з різних причин відкладається, і за вісім років не вдалося закінчити в повному обсязі навіть перший етап реформи. Багаторічна відсутність інвестицій у розвиток матеріально-технічної бази залізничного транспорту призвела до того, що на сьогодні фізичний знос основних фондів галузі перевищив 90 %, у т.ч. тяговий рухомий склад – 94,2 %, вантажні вагони – 88,2 %, колійне господарство – 84,6%.

У результаті для України характерною є наявність значних диспропорцій у транспортній системі, яка забезпечує перевезення вантажів у залізнично-водному сполученні. Це значною мірою пов'язано з різними умовами розвитку морських портів і залізниць після здобуття Україною незалежності.

Найбільший дисбаланс між пропускною спроможністю залізниці та переробною спроможністю порту склався в порту Южний. Порт Южний є наймолодшим і найбільш глибоководним з усіх портів України. Спочатку розрахунковий вантажопотік порту складала експорт навалочних вантажів (вугілля, руда, добрива) в обсязі до 9,5 млн т на рік та імпорт фосфоритів у обсязі до 4,5 млн т на рік з можливістю завантаження порожніх вагонів з-під експортних вантажів. Наявність вільної від забудови території, розвинена інженерна і транспортна інфраструктура дали поштовх до будівництва в порту сучасних перевантажувальних комплексів. Наразі порт обслуговують чотири станції: сортувальна станція Чорноморська, вантажна станція Берегова та промислові станції Хімічна і Промислова. Схема залізничного вузла, що обслуговує порт, наведена на рис. 2.3.

У 2013 році обсяг перевалки вантажів у порту склав 43,4 млн т, що більше ніж у три рази перевищує його початкову переробну спроможність. Пропускна спроможність залізничного транспорту на сьогодні становить 60 пар поїздів на добу і є повністю вичерпаною. Для освоєння вантажопотоків найближчої перспективи пропускна спроможність залізничних підходів до порту повинна становити не менше 80 пар поїздів. Незважаючи на значне

збільшення доходів залізниці при реалізації проектів з розвитку припортової інфраструктури, вони не фінансуються через хронічну відсутності коштів.

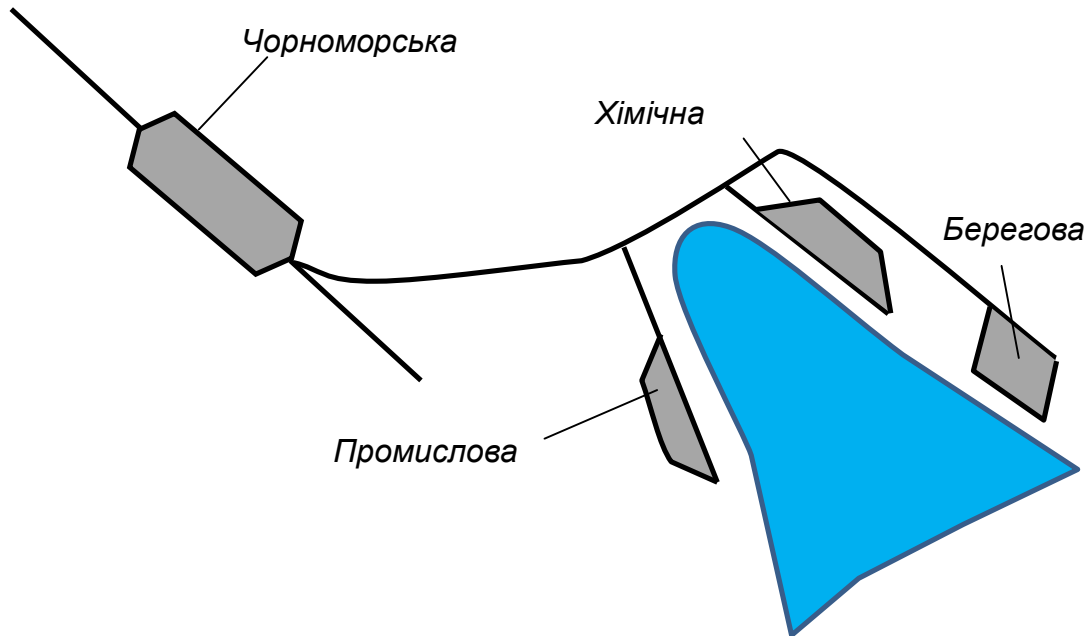


Рисунок 2.3 – Схема залізничного вузла, що обслуговує порт Южний

Подолання вказаних диспропорцій повинно базуватись на широкому залученні приватних інвестицій у розбудову залізничної інфраструктури та удосконалення технологій перевезень відповідно до потреб сучасного ринку.

Найбільшу динаміку розвитку обсягів перевантаження вантажів із залізничного на морський транспорт в останні роки демонструє Транспортний вузол «ТІС», який являє собою комплекс приватних вантажних терміналів, розташованих в акваторії порту Южний [16, 18]. До його складу входить найбільший в Україні суховантажний морський порт, розташований в Малому Аджаликському лимані Чорного моря, на північний схід від Одеси.

Володіючи причалами з глибинами 15-16 м, даний порт є одним з найбільш глибоководних портів України, що забезпечує максимальний розмір вантажних партій і мінімальні фрахтові витрати. Загальна довжина восьми причалів морського порту, що входить до складу Транспортного вузла «ТІС», становить понад 1800 м, загальна площа порту – понад 200 га.

Вантажні термінали «ТІС» обслуговують практично весь гірничо-металургійний комплекс України і значну частину вугільно-рудних підприємств Російської Федерації з перевалки вантажів з вагонів та автомобілів у морські судна і назад. Основними вантажами, які переробляються вантажними терміналами «ТІС», є: рудна сировина (залізорудний концентрат, котуни, ільменіт), паливні матеріали (вугілля різних марок, кокс), мінеральні добрива (карбамід, сульфат амонію, азотні й калійні добрива), зернові вантажі (пшениця, кукурудза, ячмінь), контейнери, металопродукція (чушки, заготовки, сляби).

Зараз компанія являє собою групу з 5 терміналів – «ТІС-Зерно», «ТІС-Міндобрива», «ТІС-Руда», «ТІС-Вугілля», «ТІС-Контейнерний термінал», а також власну інфраструктурну компанію «Трансінвестсервіс». Для переробки своєї номенклатури вантажів кожен термінал має необхідний перелік вантажних пристроїв, механізмів, конвеєрів, складів і штат працівників.

Основна частина вантажів, з якими на ТОВ «Трансінвестсервіс» виконується перевантаження на судна або з суден, прибуває і відправляється залізничним транспортом. «ТІС» має свою залізничну під'їзну колію, яка примикає до блокпосту 30 км станції Чорноморська Одеської залізниці. Унікальним для України є те, що вантажні термінали обслуговуються приватною залізничною станцією Хімічна, що входить до складу під'їзної колії «ТІС». Схема цієї станції наведена на рис. 2.4. Станція Хімічна забезпечує прийом, відправлення поїздів, маневрових составів, сортування та підбирання груп вагонів, подачу й прибирання вагонів до вантажних фронтів, виконання вантажних операцій. Загальна довжина залізничної під'їзної колії 45,4 км. Станція Хімічна включає Приймально-відправний, Виставочний парк, Зерновий парк, Рудний парк і Вугільний парк.

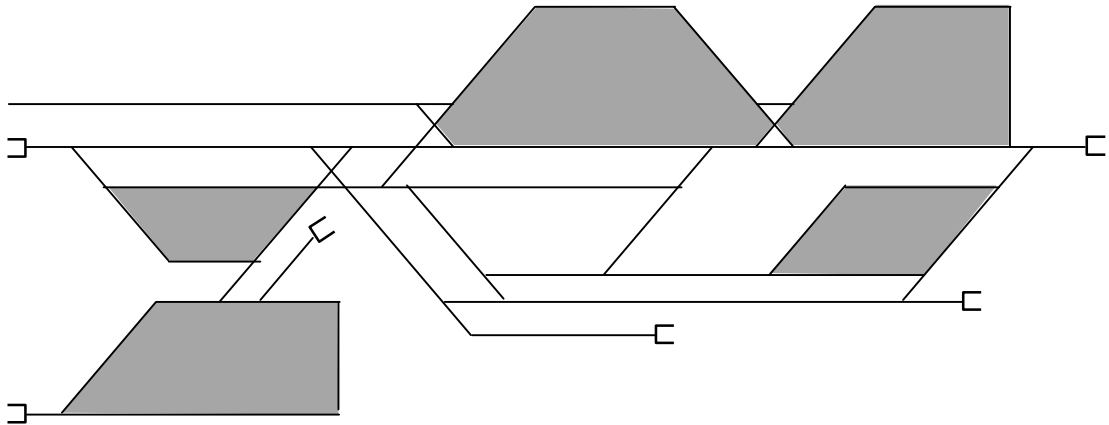


Рисунок 2.4 – Схема станції Хімічна

Подачу, прибирання і перестановку вагонів на під'їзній колії виконують 15 маневрових локомотивів, 4 вагоноштовхачі типу «Vollert» і одна маневрова лебідка. Уся робота залізничного транспорту під'їзної колії ТОВ «Трансінвестсервіс» виконується під керівництвом залізничного управління.

Динаміка обсягів роботи Транспортного вузла «ТІС» наведена на рис. 2.5. «ТІС» демонструє стійку динаміку до зростання і за останні 10 років обсяги його роботи збільшилися в 10 разів.

Збільшення перевальних спроможностей Транспортного вузла «ТІС» вимагає збалансованого розвитку його залізничної інфраструктури. Важливим елементом при цьому є оцінка перспективних обсягів перевезень та резервів пропускної і провізної спроможності станцій з метою погашення пікових навантажень, що виникають через нерівномірність перевезень.

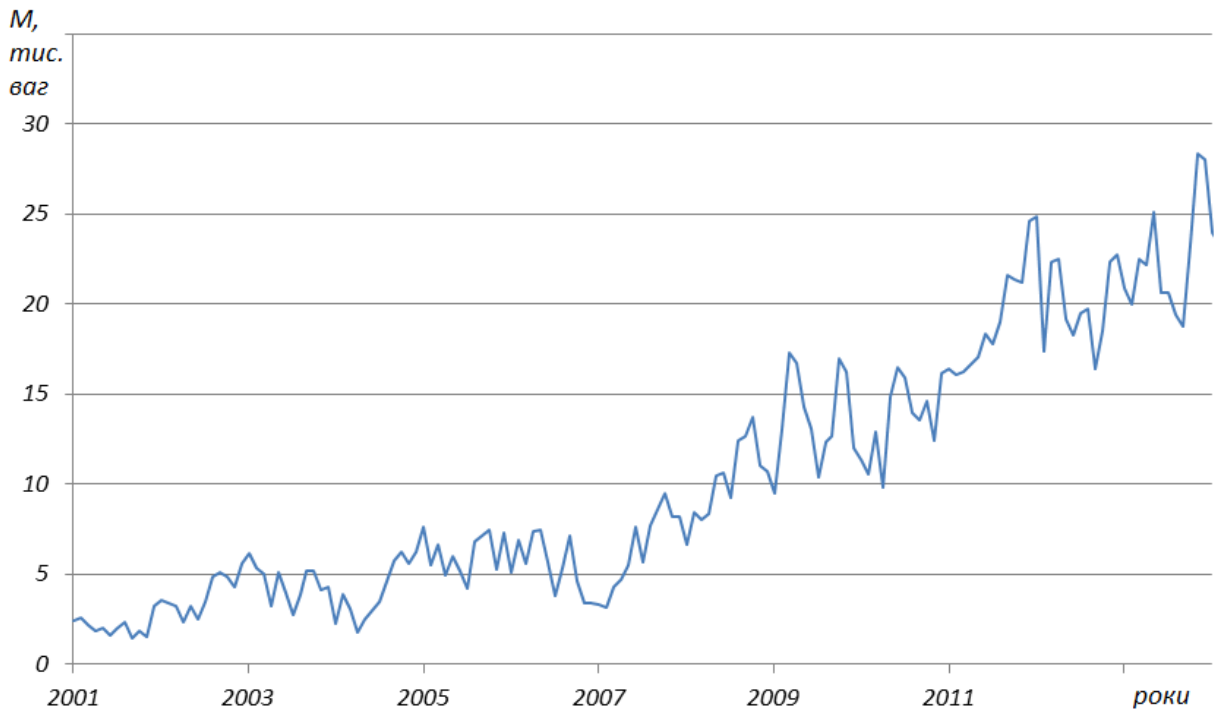


Рисунок 2.5 – Динаміка обсягів роботи Транспортного вузла «ТІС»

Для приватних терміналів завдання підтримки відповідності їх технічного забезпечення обсягам роботи є дуже актуальними, оскільки як і дефіцит потужностей, так і їх зайві резерви призводять до зменшення конкурентоспроможності терміналів.

## **2.2 Удосконалення методів визначення розрахункових обсягів роботи залізничних станцій**

У ході аналізу визначено основні проблеми оцінки розрахункових обсягів роботи: існуючі методи неправильно інтерпретують процеси зростання обсягів перевезень та використовують лише дані останнього року, методи оцінки добової нерівномірності неформалізовані, методи визначення розрахункових обсягів порожніх вагонів не враховують їх технічний стан та приналежність. У зв'язку з цим розроблено удосконалені методи визначення розрахункових обсягів роботи для залізничних станцій та під'їзних колій промислових підприємств і морських портів.

Планові річні обсяги роботи, як правило, визначаються зовнішніми стосовно залізничних станцій факторами, такими як плани розвитку підприємств, що обслуговуються цими станціями, плани перевезень на напрямку і т.ін. Тому річні обсяги роботи в даному дослідженні  $M_r$ , є вихідними даними для подальшого розрахунку. При цьому також повинні бути задані планові зміни структури вантажо- або вагонопотоків за основними та іншим видам вантажів. Додаткові дані для розрахунку отримують в результаті обстеження відповідної залізничної станції [48, 49]. Найбільш ефективним джерелом даних для оцінки нерівномірності перевезень є дані з електронного архіву АСК ВП УЗ або автоматизованих систем керування роботою залізничного транспорту промислових підприємств. Також проводиться вибірка даних з форм первинної облікової документації та оперативно-статистичної звітності. Для отримання об'єктивної оцінки місячних змін показників перевезень бажано виконати вибірку помісячних даних про динаміку показників за попередні 5-10 років. У разі відсутності таких даних для аналізу можуть використовуватися дані за останні 2-3 роки, які необхідно доповнювати розширеним експертним аналізом. Для оцінки добової нерівномірності перевезень доцільно виконати аналіз подобових обсягів вантажо- або вагонопотоків за останні 2-3 роки. Необхідно відзначити, що планові річні обсяги роботи для станцій мають досить умовний характер. У зв'язку з цим визначення пікових навантажень на залізничні станції здійснюється порівняно із середніми обсягами роботи за певний розрахунковий період. Залізнична станція і підходи до неї являють собою систему масового обслуговування (СМО) з очікуванням. Тому статистичних даних про обсяги роботи станції недостатньо для того, щоб точно інтерпретувати розвиток подій і пояснити, чому максимальні обсяги перевезень мають певне значення. Це може бути як результатом відсутності потреби в більшому обсязі перевезень, так і результатом досягнення обсягами роботи максимуму пропускної та переробної спроможності станції, що ви-



кликає простої вагонів на підходах до неї. Також необхідно враховувати, що при наближенні обсягів роботи до максимальних значень, як правило, ускладнюється диспетчерське управління перевезеннями. При перевантаженні станцій зазвичай виконуються спеціальні заходи, спрямовані на зниження нерівномірності перевезень. Аналіз статистичних даних також показує, що сплески показників прибуття і відправлення вантажів на станції достатньо часто спостерігаються після періодів з низькими обсягами роботи. Це пов'язано з наявністю вільних колій і складських ємностей по прибуттю, а також вантажів на складах по відправленню.

Для того щоб врахувати місячні зміни і добові коливання показників роботи, їх розрахункові обсяги пропонується визначати за формулою

$$M_{\text{рг}} = \bar{M}_{\text{р},i} \gamma_{\text{м}} \gamma_{\text{с}},$$

де  $\bar{M}_{\text{р},i}$  – прогнозні середні добові обсяги роботи протягом  $i$ -го місяця;

$\gamma_{\text{м}}, \gamma_{\text{с}}$  – розрахункові коефіцієнти відповідно місячної та добової нерівномірності.

У випадку, якщо по досягненню розрахункового року планується стабілізація обсягів перевезень, то

$$\bar{M}_{\text{р},i} = \frac{M_{\text{г}}}{365}.$$

Інакше, якщо після досягнення розрахункового року обсяги роботи будуть змінюватися, то для оцінки розрахункових вантажо- або вагонопотоків повинен бути заданий тренд, що характеризує ці зміни.

Місячну нерівномірність обсягів роботи станцій викликають різні причини. Зараз ці причини в основному мають економічний характер і пов'язані з кон'юктурою ринку перевезень і перевезених вантажів. Також місячну нерівномірність викликають сезонність виробництва і споживання продукції, вплив погодних умов, обмеження пропускної спроможності підходів до залі-

зничної станції та ін. Оцінка цих коливань виконується шляхом порівняння фактичних обсягів перевезень в певний місяць зі значенням, отриманим на підставі тренда показника за допомогою коефіцієнта місячної нерівномірності.

З цією метою в ході аналізу часових рядів на підставі вивчення помісячних даних визначаються тренди показників роботи станцій. При розв'язанні даної задачі для кожного місяця необхідно визначити середньодобовий обсяг роботи, доповнити дані прогнозом на 6 місяців і виконати згладжування отриманої послідовності шляхом обчислення зваженої ковзної середньої  ${}_{12}W_x$  з  ${}_{13}W_j = (1, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 1)$ . У результаті буде отримана послідовність  $S_{сн,ij}$ , що описує тренд відповідного показника. Графік тренду обсягів роботи Транспортного вузла «ТІС» зображено на рис. 2.6.

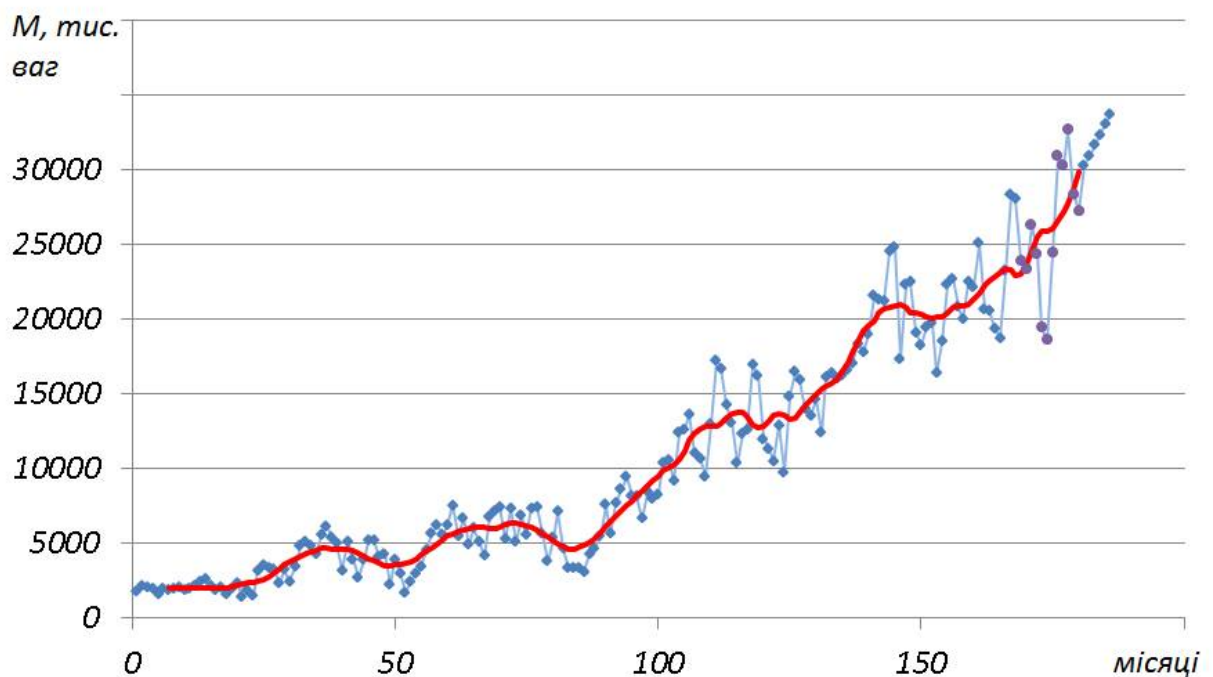


Рисунок 2.6 – Тренд обсягів роботи Транспортного вузла «ТІС»

Коефіцієнт місячної нерівномірності для окремого місяця визначається за формулою

$$\gamma_{m,ij} = \frac{S_{н,ij}}{S_{сн,ij}}, i=1...12, j=1...k,$$

де  $S_{н,ij}, S_{сн,ij}$  – відповідно фактичні середньодобові обсяги роботи в  $i$ -й місяць  $j$ -го року та середньодобові обсяги роботи в той же період, розраховані за результатами згладжування;

$k$  – кількість років, що використовувались для аналізу місячної нерівномірності.

Величина місячної нерівномірності для окремого року визначається як

$$\gamma_{m,j} = 12 \frac{\max(\gamma_{i,j})}{\sum \gamma_{i,j}}, i=1...12. \quad (2.1)$$

Розрахунковий коефіцієнт місячної нерівномірності визначається в результаті згладжування послідовності встановлених нерівномірностей для окремих років за допомогою зваженої ковзної середньої  ${}_k W_s$  з вагами  ${}_k W_j = \{k, k-1, \dots, 1\}$  за формулою

$$\gamma_m = \frac{2 \sum_{j=0}^{k-1} (k-j) \gamma_{m,j}}{k^2 + k}.$$

Оцінка впливу середніх обсягів роботи на величину коефіцієнта місячної нерівномірності вимагає додаткових досліджень. Відповідний аналіз доцільно виконувати в разі, якщо передбачаються значні зміни обсягу роботи більше ніж в 1,5 разу.

Добову нерівномірність викликають такі причини: імовірнісний процес поїздоутворення, неритмічність подачі порожніх вагонів під навантаження, відмови технічних засобів, особливості режиму роботи підприємств, митних органів та ін. Згладжування добової нерівномірності виконується частково за

рахунок резерву вантажно-розвантажувальних і маневрових засобів, частково за рахунок створення додаткової колійної ємності для простою на ній поїздів і вагонів в очікуванні обслуговування. Величина добової нерівномірності може досягати значних розмірів, у результаті чого обсяги роботи можуть перевищувати середні річні більше ніж у два рази. Створення відповідних резервів потужностей є, як правило, економічно невиправданим.

Для дослідження цієї проблеми розглянуто надходження вагонів на станцію Хімічна протягом 2011-2014 років. На рис. 2.7 наведено поле точок, що характеризує зв'язок між коефіцієнтом місячної нерівномірності  $\gamma_M$  та величиною максимального перевищення середніх обсягів прибуття вагонів у даний місяць  $\Delta D$ .



Рисунок 2.7 – Зв'язок між коефіцієнтом місячної нерівномірності і величиною максимального перевищення середньомісячних обсягів прибуття вагонів у даний місяць

Аналіз рис. 2.7 показує, що для місяців з максимальним обсягом роботи істотна добова нерівномірність нехарактерна. У зв'язку з цим як розрахунко-

вий період, за аналогією з річковими вокзалами [89], доцільно прийняти період у 30 діб, протягом якого спостерігалися найбільші сумарні обсяги перевезень. Однак, якщо вокзали можна розглядати як СМО з відмовами, то залізничні станції є СМО з очікуванням. Тому при визначенні пікового навантаження згладжування виконувати не доцільно і пропонується використовувати безпосередньо максимальні добові обсяги роботи. Також для того, щоб виключити умовний розподіл часового ряду на місяці, кількість розглянутих періодів пропонується встановити за кількістю днів у році зі зміщенням при розрахунку на один день.

Коефіцієнт добової нерівномірності пропонується визначати за формулою

$$\gamma_c = \frac{D_{\max}}{\bar{D}}, \quad (2.2)$$

де  $D_{\max}, \bar{D}$  – відповідно максимальні та середні обсяги роботи протягом розрахункового 30-тиденного періоду.

Якщо значення коефіцієнта добової нерівномірності менше 1,15 і на станції не вживалися спеціальні заходи щодо забезпечення ритмічності подачі вагонів (обслуговування за розкладом), то це вказує на перевантаження технічних засобів станції у розглянутий період. У цьому випадку необхідно прийняти коефіцієнт добової нерівномірності рівним 1,15.

Для визначення розрахункового коефіцієнта добової нерівномірності зазвичай використовуються дані останнього року. Інші дані використовуються для контролю результатів. На рис. 2.8 зображений згладжений ряд, що характеризує обсяги перевезень за періоди в 30 діб протягом 2011-2012 років.



Рисунок 2.8 – Аналіз добової нерівномірності надходження завантажених вагонів на станцію Хімічна

При цьому тривалим піковим навантаженням у листопаді 2011-січні 2012 року, жовтні-грудні 2013 року, вересні-жовтні 2014 року відповідав коефіцієнт добової нерівномірності 1,17-1,23. За більше ніж річний період з лютого 2012 по квітень 2013 року станція Хімічна не відчувала пікових навантажень. У зв'язку з цим коефіцієнти добової нерівномірності, розраховані на підставі даних цього періоду для визначення розрахункових обсягів роботи в умовах зростання перевезень, використовувати недоцільно.

Для перевірки запропонованої методики визначено розрахункові розміри прибуття завантажених вагонів на станцію Хімічна «ТІС» для 2014 року і виконано їх порівняння з фактичним надходженням вагонів. Для розрахунків використовувалися дані за 2009-2011, 2010-2012 і 2011-2013 роки. Передбачалося, що в 2014 році буде збережено зростання обсягів перевезень. Результати аналізу наведені в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Аналіз методів визначення розрахункових обсягів роботи станцій

Місяць	$D_{\max}$	Метод I		Метод II		Метод III	
		$M_{\text{рг}}$	$n_{\text{пр}}$	$M_{\text{рг}}$	$n_{\text{пр}}$	$M_{\text{рг}}$	$n_{\text{пр}}$
2011-2013							
1	1109	1150	0	1191	0	1326	0
2	979	1164	0	1191	0	1326	0
3	1181	1178	1	1191	0	1326	0
4	1103	1192	0	1191	0	1326	0
5	818	1206	0	1191	0	1326	0
6	1135	1220	0	1191	0	1326	0
7	1122	1234	0	1191	0	1326	0
8	1227	1248	0	1191	3	1326	0
9	1283	1262	1	1191	4	1326	0
10	1252	1276	0	1191	3	1326	0
11	1203	1290	0	1191	1	1326	0
12	1137	1304	0	1191	0	1326	0
2010-2012							
1	1109	1160	0	1171	0	1309	0
2	979	1174	0	1171	0	1309	0
3	1181	1189	0	1171	2	1309	0
4	1103	1203	0	1171	0	1309	0
5	818	1217	0	1171	0	1309	0
6	1135	1231	0	1171	0	1309	0
7	1122	1245	0	1171	0	1309	0
8	1227	1259	0	1171	3	1309	0
9	1283	1273	1	1171	4	1309	0
10	1252	1287	0	1171	5	1309	0
11	1203	1302	0	1171	1	1309	0
12	1137	1316	0	1171	0	1309	0

Продовження табл. 2.2

Місяць	$D_{\max}$	Метод I		Метод II		Метод III	
		$M_{\text{рг}}$	$n_{\text{пр}}$	$M_{\text{рг}}$	$n_{\text{пр}}$	$M_{\text{рг}}$	$n_{\text{пр}}$
2009-2011							
1	1109	1175	0	1244	0	1380	0
2	979	1190	0	1244	0	1380	0
3	1181	1204	0	1244	0	1380	0
4	1103	1218	0	1244	0	1380	0
5	818	1232	0	1244	0	1380	0
6	1135	1247	0	1244	0	1380	0
7	1122	1261	0	1244	0	1380	0
8	1227	1275	0	1244	0	1380	0
9	1283	1290	0	1244	2	1380	0
10	1252	1304	0	1244	1	1380	0
11	1203	1318	0	1244	0	1380	0
12	1137	1333	0	1244	0	1380	0

У процесі аналізу порівнювалися максимальні обсяги надходження вагонів у окремі місяці  $D_{\max}$  з розрахунковими обсягами  $M_{\text{рг}}$ , встановленими за допомогою пропонованого методу (Метод I), на підставі коефіцієнта нерівномірності (1.3), коли за піковий період приймався місяць максимальних перевезень з урахуванням 15 % резерву на добову нерівномірність (Метод II), і на підставі коефіцієнта нерівномірності, коли за піковий період приймалася доба максимальних перевезень (Метод III). Також для кожного методу встановлено кількість перевищень розрахункових обсягів роботи в окремі місяці  $n_{\text{пр}}$ .

У результаті аналізу встановлено, що запропонована методика дозволяє отримувати достатньо близькі розрахункові обсяги при зміні часових рядів,



які використовуються для розрахунку. Так, використання даних за 2009-2011, 2010-2012 і 2011-2013 роки привело до зміни розрахункових обсягів роботи на 39 вагонів (4,5 %). Використання традиційних методик більш істотно реагує на зміну часових рядів. При цьому різниця в обсягах роботи досягає 73 і 71 вагонів відповідно при розрахунках за Методами II і III.

При визначенні розрахункових обсягів прибуття вагонів за Методом I за даними 2011-2013 років і 2010-2012 років спостерігалися окремі перевищення фактичними обсягами роботи розрахункових, однак вони мають локальний характер і йдуть після періодів зменшення обсягів роботи. При виконанні розрахунків за даними 2009-2011 років розрахункові обсяги роботи перевищували фактичні для всіх місяців 2014 року. Це пов'язано із зростанням обсягів перевезень у період з 2011 по 2014 року більш ніж в 1,5 разу.

У тих випадках коли розрахункові обсяги роботи визначалися на підставі коефіцієнтів місячної нерівномірності за допомогою Методу II, спостерігається стійке зниження обсягів роботи. При цьому, коли обсяги роботи встановлювалися на підставі даних 2012 року, то в 2014 році спостерігався період з послідовних 48 днів, коли середнє прибуття вагонів на станцію перевищувало 90 % від розрахункового.

При визначенні розрахункових обсягів роботи на підставі коефіцієнта добової нерівномірності за допомогою Методу III розрахункові обсяги роботи істотно перевищують фактичні. Так, коли розрахунок виконувався на підставі даних 2011 року, то навіть для найбільш складного місяця 2014 року (жовтня) перевищення становило 152 вагони над найбільшим фактичним добовим прибуттям.

Розміри порожніх вагонопотоків залізничних станцій традиційно визначаються на підставі балансових таблиць. Однак останнім часом у зв'язку із зростанням приватного парку вантажних вагонів, а також з істотною різницею в їх технічному стані різко зросли зустрічні вагонопотоки однотипних

порожніх вагонів. У зв'язку з цим для кожного вагона на підставі звітних даних встановлюється тип вантажу, з яким даний вагон прибуває на станцію, і тип вантажу, з яким він відправляється зі станції. За цими даними для кожного типу вагонів будується матриця. Рядки даної матриці відповідають типам вантажів по прибуттю, а стовпці – по відправленню. Елементи матриці  $r_{ij}$  відповідають ймовірності того, що прибулий вагон з  $i$ -м вантажем буде відправлений з  $j$ -м вантажем. На підставі даної матриці й планових завантажених вагонопотоків визначаються вагони, які використовуються для здвоєних операцій. Інші вагони для забезпечення балансу порожніх вагонів подаються на станцію або забираються з неї в порожньому вигляді. Методика визначення розрахункових обсягів роботи магістральних та промислових станцій наведена в [42].

### **2.3 Методи дослідження обігу вагонів, що прибувають на залізничні станції**

Характерною особливістю функціонування приватної припортової станції Хімічна в ринкових умовах є те, що вона бере участь у конкурентній боротьбі за окремі вантажопотоки. Традиційна система оцінки показників функціонування залізничного транспорту, яка ґрунтується на визначенні середніх простоїв вагонів на станціях та їх обігу на підрозділах залізниць, не забезпечує можливості диференціації якості послуг за окремими вантажовласниками та відповідної диференціації тарифів. У зв'язку з цим запропоновано здійснювати оцінку обігу вагонів і нерівномірності перевезень за окремими вантажовідправниками.

Для аналізу обігу вагонів та тривалості окремих його елементів була використана інформація про дислокацію та стан вагонів за період з 01.01.2012 по 23.05.2012 р. [36]. Як вихідні дані використано масив інвентарних номерів власних вагонів, що використовуються для перевезення котунів.

Цей масив було отримано з архіву даних автоматизованої системи контролю знаходження та обліку стану вагонів на під'їзних коліях промислових підприємств «Движенец». На підставі отриманого списку виконано запит у систему АСК ВП УЗ та отримано інформацію щодо розташування вагонів, їх стану (завантажений чи порожній), часу виконання та виду операцій, які були здійснені. Для дослідження використовувалися відомості лише про ті вагони, які рухались за маршрутом «Полтавський ГЗК – «ТІС» – Полтавський ГЗК». Встановлено, що величина обігу вагона є випадковою величиною. Гістограма розподілу цієї випадкової величини зображена на рис. 2.9.

У результаті аналізу встановлено, що випадкова величина обігу вагона має логнормальний закон розподілу. Для подальшого аналізу обіг вагона умовно розділено на чотири елементи:

- прямування від станції Золотнішине до ст. Чорноморська у завантаженому стані (від моменту прийому вагона у завантаженому стані від Полтавського ГЗК до моменту його здачі на «ТІС»);
- перебування вагона на «ТІС» (від моменту прийому вагона на «ТІС» до моменту здачі порожнього вагона на залізницю);
- прямування порожнього вагона (від моменту прийому вагона залізницею до моменту здачі його на Полтавський ГЗК);
- перебування вагона на Полтавському ГЗК (від моменту прийому вагона на Полтавський ГЗК до моменту здачі порожнього вагона на залізницю).

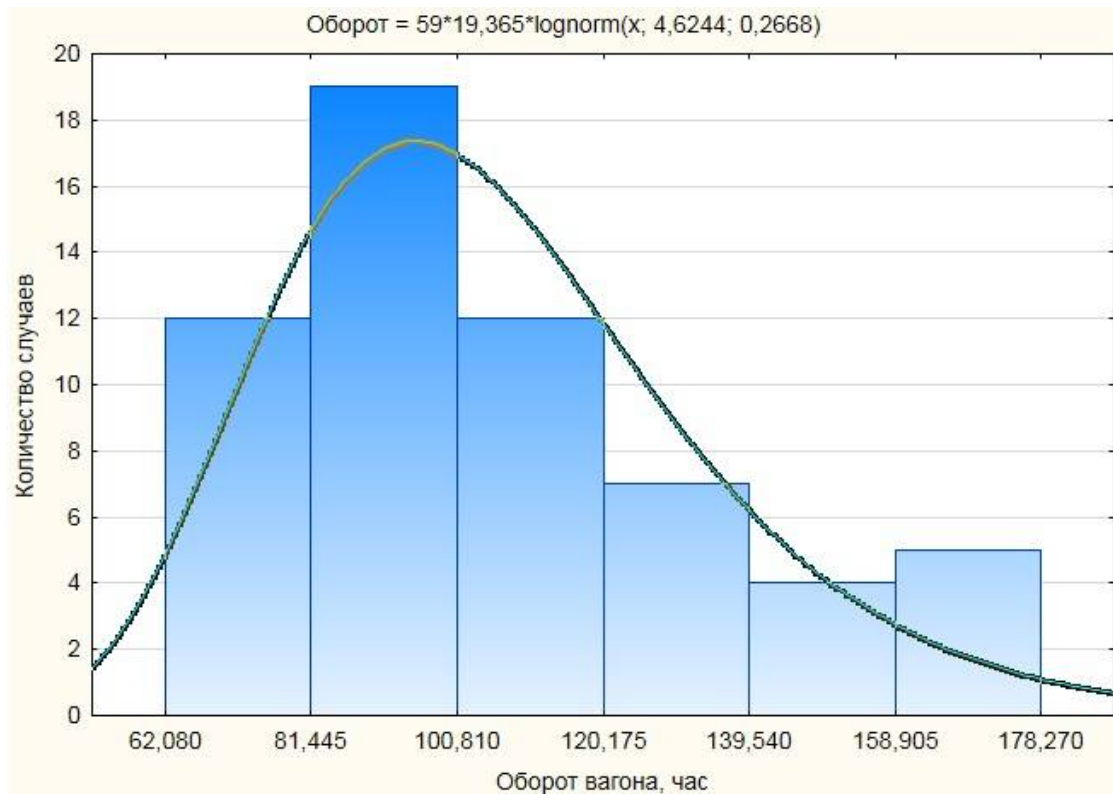


Рисунок 2.9 – Гістограма та функція щільності розподілу випадкової величини тривалості обігу вагонів, що перевозять залізородну сировину на маршруті Полтавський ГЗК – «ГІС»

Математичне сподівання тривалості перебування вагона в окремих елементах обігу наведено в табл. 2.3 [15].

Аналіз даних табл. 2.3 показує, що при існуючій організації вагонопотоків за умови однакової їх потужності у завантаженому та порожньому напрямках тривалість порожнього рейсу вагона на 10,2 години більша, ніж завантаженого. Причиною вказаної різниці є те, що у завантаженому стані вагони відправляються маршрутними відправками, а в порожньому – повагонними. Зміна організації порожніх вагонопотоків являє собою резерв для скорочення тривалості обігу вагона.

Таблиця 2.3 – Тривалість окремих елементів обігу вагонів

№ пор.	Елемент обігу вагона	Тривалість
1	Прямуювання завантаженого вагона зі ст. Золотнішине до ст. Чорноморська	26,12
2	Перебування вагонів на під'їзній колії «ТІС» (з урахуванням вивантаження вагонів) до здавання порожнього вагона на залізницю	23,72
3	Прямуювання порожнього маршруту зі ст. Чорноморська до ст. Золотнішине	36,32
4	Перебування вагонів на під'їзній колії Полтавського ГЗК до здавання порожнього вагона на залізницю	20,96
ВСЬОГО		107,12

Інформація про обіг вагонів, що прямують через припортову станцію, є одним із дієвих елементів конкурентної боротьби за вантажовідправників. Використовуючи розроблену методику, визначено обіги вагонів, що перевозять зернові на експорт для «ТІС» та конкуруючих напрямків. Результати аналізу подано в табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Обіг вагонів, що перевозили зернові вантажі в морські порти

Регіон	Припортові станції	Обіг вагонів, діб
Одеський	Одеса-Порт	198,6
	Чорноморська (для «ТІС»)	178,9
	Іллічівськ	215,1
	Ксенієво	221,4

Продовження табл. 2.4

Регіон	Припортові станції	Обіг вагонів, діб
Дніпро–Бузький	Миколаїв–Вантажний	179,9
	Жовтнева	175,2
	Херсон-Порт	198,8
Середнє по Україні		192,2

Аналіз даних табл. 2.4 показує, що для станції Чорноморська (для «ТІС») характерним є значно менший обіг вагонів порівняно з іншими припортовими станціями, і має близьке значення до припортових станцій, що обслуговують порти на річці Дніпро.

#### **2.4 Аналіз нерівномірності прибуття вантажів на залізничні станції**

Традиційно для залізничних станцій для розв'язання задач встановлення раціонального технічного забезпечення виконується аналіз загальної нерівномірності перевезень та за окремими вантажами. У той же час розв'язання задач раціональної організації вагонопотоків вимагає аналізу нерівномірності перевезень за окремими вантажовідправниками. У зв'язку з цим виконано відповідний аналіз нерівномірності перевезення котунів від одного з основних вантажовідправників – Полтавського ГЗК.

Як показав попередній аналіз, добові обсяги перевезень котунів з ПАТ «Полтавський ГЗК» в «ТІС» мають значні коливання, що суттєвим чином впливає на роботу як залізниці, так і під'їзних колій та вимагає створення додаткових резервів переробної та пропускнуї спроможності їх технічних засобів для освоєння пікових обсягів роботи. Для оцінки нерівномірності перевезень котунів виконано аналіз кількості маршрутів, що прибували на «ТІС» у І півріччі 2012 року. Відповідна вибірка наведена в табл. 2.5.

Середня кількість поїздів з котунами, що прибували на адресу «ТІС» з

Полтавського ГЗК, складає 3,2 поїзда на добу.

Коефіцієнт місячної нерівномірності становить

$$k_m = \frac{4,3}{3,2} = 1,33.$$

Таблиця 2.5 – Прибуття поїздів з котунами на «ТІС» з Полтавського ГЗК

Числа місяця	січень 2012	лютий 2012	березень 2012	квітень 2012	травень 2012	червень 2012
1	5	2	2	5	1	2
2	6	3	3	2	1	4
3	4	1	5	4	3	4
4	2	2	4	2	4	5
5	4	1	3	3	3	4
6	3	1	4	5	-	-
7	3	3	3	3	4	2
8	6	2	3	5	4	3
9	4	3	4	4	4	6
10	3	3	2	3	1	5
11	4	3	2	3	2	3
12	3	1	6	5	6	6
13	3	4	3	4	4	3
14	5	4	4	4	1	2
15	4	3	3	5	4	2
16	3	2	4	3	2	6
17	-	3	4	5	1	4
18	5	3	5	2	1	5
19	4	4	5	3	3	5
20	1	4	1	6	2	5
21	2	2	1	3	2	4
22	4	2	2	2	1	5
23	4	2	4	4	2	5
24	2	2	1	4	1	6
25	4	1	2	4	-	3
26	2	3	4	1	1	7
27	5	3	5	1	4	7
28	3	4	4	1	2	5
29	4	3	2	2	2	6

Продовження табл. 2.5

Числа місяця	січень 2012	лютий 2012	березень 2012	квітень 2012	травень 2012	червень 2012
30	3	-	3	1	2	5
31	4	-	4	-	3	-
Середнє	3,6	2,6	3,3	3,3	2,3	4,3

Розрахунок величини добової нерівномірності перевезень виконано за виразом (2.2). Тридцятиденному періоду з найбільшим обсягом роботи відповідає червень 2012 року. При середньодобових розмірах перевезень 4,3 поїзда у максимальні доби спостерігалось прибуття по 7 маршрутів із залізородною сировиною. Таким чином, коефіцієнт добової нерівномірності перевезень залізородної сировини складає  $k_{\text{доб}}=7/4,3=1,63$ . Причиною такої нерівномірності є неузгодженість та неритмічність процесів, що виконуються з вагонами на Полтавському ГЗК, залізниці та «ТІС». Згладжування цієї нерівномірності може здійснюється за рахунок утримання резерву технічних засобів і викликає додаткові експлуатаційні витрати. Тому потенційним напрямком удосконалення перевезень залізородної сировини та інших масових вантажів є зменшення нерівномірності перевезень.

## 2.5 Висновки за розділом 2

Виконані у розділі 2 дослідження дозволяють зробити такі висновки:

1. Для існуючих методів оцінки нерівномірності перевезень залізничних станцій характерні суттєві недоліки, зокрема: неправильна інтерпретація зростання чи спаду обсягів перевезень, відсутність рекомендацій щодо використання для аналізу періодів даних понад рік, відсутність рекомендацій щодо оцінки добової нерівномірності та ін.

2. Запропоновано удосконалений метод оцінки розрахункових обсягів роботи залізничних станцій, що ґрунтується на методах аналізу часових рядів та математичного моделювання. Розрахункові обсяги роботи визначаються з



урахуванням місячної та добової нерівномірності. Місячну нерівномірність пропонується оцінювати по відношенню до тренду показника за останні 3-5 років. Як розрахунковий період для оцінки добової нерівномірності пропонується використовувати 30-тиденний період у попередньому році з найбільшим сумарним обсягом робіт. Розміри розрахункових порожніх вагонопотоків пропонується визначати на підставі завантажених вагонопотоків з використанням матриці ймовірності використання вагонів під здвоєні операції. Розрахунок коефіцієнтів нерівномірності для умов роботи Транспортного вузла «ТІС» показав, що коефіцієнт місячної нерівномірності складає 1,25, добової нерівномірності – 1,18.

3. З метою отримання інформації для конкуренції за окремі вантажопотоки для приватних залізничних станцій доцільно оцінювати не лише узагальнені показники роботи, а і з поділом за окремими видами вантажів та за окремими вантажовідправниками. Зокрема, для припортової станції запропоновано використовувати такі показники, як середній простій вагонів з певним вантажем на станції, середній простій вагонів певного вантажовідправника на станції, обіг вагонів певного вантажовідправника через станцію, коефіцієнти нерівномірності прибуття вагонів окремих вантажовідправників на станцію.

### **РОЗДІЛ 3**

## **РОЗРОБКА ФУНКЦІОНАЛЬНИХ МОДЕЛЕЙ ЗАЛІЗНИЧНИХ СТАНЦІЙ ДЛЯ ОЦІНКИ ЇХ ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК**

У процесі дослідження функціонування залізнична станція розглядалась на мікро- та макрорівні. На мікрорівні залізнична станція – це складна система. При цьому визначаються показники роботи станції та вплив різних факторів на ці показники. У процесі виконання досліджень на макрорівні залізнична станція розглядається як елемент транспортної системи. При цьому визначається вплив режимів функціонування станції на умови перевезень вантажів та обіг рухомого складу.

### **3.1 Функціональна модель для дослідження внутрішньостанційних процесів**

У сучасних умовах основним методом комплексного аналізу роботи магістральних і промислових залізничних станцій та умов їх взаємодії є побудова графічної моделі у вигляді плану-графіка [81, 98]. Плани-графіки будують з метою узгодження роботи всіх парків станцій, під'їзних колій, визначення завантаження основних елементів станцій, скорочення міжопераційних інтервалів і визначення найбільш напружених періодів у роботі станції.

Традиційна схема розробки та комплексного аналізу технології залізничних станцій зображена на рис. 3.1.

У процесі вирішення технологічних завдань інженер-технолог має потребу в зовнішньому накопичувачі інформації, яким і є графічна модель станції у вигляді плану-графіка. План-графік має велику інформаційну ємність і забезпечує високу швидкість пошуку й вибору необхідних даних. Процес взаємодії технолога з графічною моделлю є одним з найважливіших, що полегшує прийняття рішення. Недоліком традиційної технології є наявність

значної кількості рутинних операцій, пов'язаних з побудовою, модифікацією і аналізом плану-графіка. У зв'язку з цим актуальним завданням для залізничного транспорту є використання автоматизованих технологій для отримання техніко-експлуатаційної оцінки функціонування залізничних станцій.

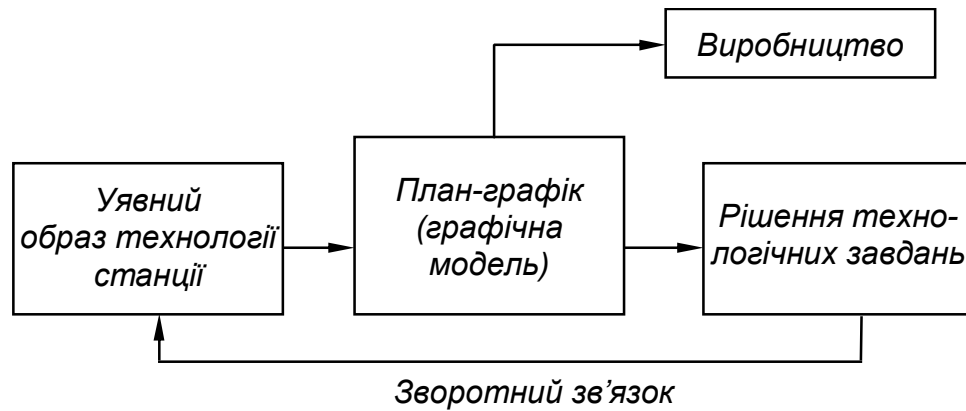


Рисунок 3.1 – Схема розробки та комплексного аналізу технології залізничних станцій

Поєднання простоти побудови та візуального аналізу графічних моделей з можливістю автоматичної модифікації і автоматичного визначення техніко-експлуатаційних показників надають графоаналітичні моделі [45, 46]. Схема розробки та комплексного аналізу технології залізничних станцій при використанні графоаналітичних моделей наведена на рис. 3.2.

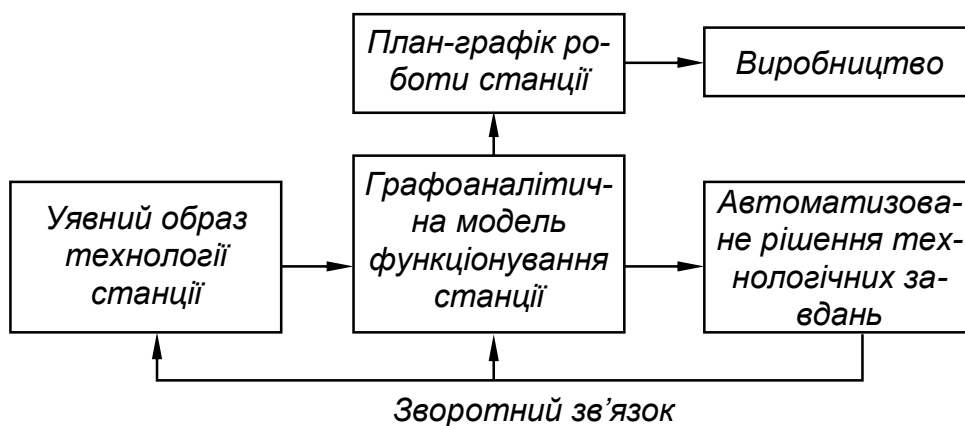


Рисунок 3.2 – Схема автоматизованої розробки й комплексного аналізу технології залізничних станцій на базі графоаналітичної моделі

Напрямок розвитку графоаналітичних моделей є удосконалення їх структури й методів аналізу з метою збільшення частки операцій, що виконуються ЕОМ в автоматичному режимі [12].

Залізнична станція являє собою складну систему, у якій відбувається обслуговування об'єктів (вагонів, поїздів і составів) технічними засобами і виконавцями (маневрові локомотиви, бригади ПТО і ПКО, сигналісти, колії, гірка та ін.) шляхом виконання технологічних операцій (технічне обслуговування, закріплення, розпуск, випробування гальм і т.ін.) відповідно до порядку, встановленого технологічним процесом. У зв'язку з цим графоаналітична модель функціонування станції включає в себе модель технічного оснащення станції, модель процесу функціонування станції, список об'єктів, які обслуговуються на станції, і список технологій обслуговування цих об'єктів.

Як модель технічного забезпечення станції використовується параметричне дерево  $D(V, E)$ . Графічним відображенням моделі технічного оснащення станції є сітка плану-графіка. Вершинам дерева відповідають окремі технічні засоби та виконавці станції, а також їх групи, а дугам – зв'язки належності. Вся множина вершин  $V$  розділена на три підмножини  $V_r$ ,  $V_g$  та  $V_s$ . Вершини  $V_r$ , що є листям дерева, відповідають окремим технічним засобам та виконавцям (колії, локомотиви, вантажно-розвантажувальні механізми, бригади ПТО тощо). При цьому на сітці плану-графіка вершини підмножини  $V_r$  відображаються у вигляді окремих рядків. Кореню дерева  $V_s$  відповідає вся станція. Решті вузлів  $V_g$  відповідають групи технічних засобів, виділені за певними технологічними ознаками (парки, пункти вантажної роботи тощо). Кожній вершині поставлено у відповідність список параметрів. Зокрема, тип вершини (рядок, група рядків, станція) визначає параметр  $t_b$ . Для визначення структури дерева кожній вершині  $v$  у відповідність поставлена вершина  $u_b$  так, що  $u_b \rightarrow v$ . Інші параметри залежать від типу вершини. Зокрема, вершини  $v_r \in V_r$  в моделі описуються як

$$v_r = \{t_B, u_B, s_r, n_r, y_r, h_r, z_r\}, \quad (3.1)$$

де  $s_r$  – вектор спеціалізацій виконавця (технічного засобу), що відповідає видам операцій, які він може виконувати;

$n_r$  – назва виконавця (технічного засобу);

$y_r, h_r, z_r$  – відповідно ордината, висота та видимість рядка на плані-графіку.

Вершини  $v_g \in V_g$  в моделі представляються структурами

$$v_r = \{t_B, u_B, w_g, n_r\}, \quad (3.2)$$

де  $n_r$  – назва групи виконавців;

$w_g$  – ширина групи виконавців на плані-графіку.

Вершина  $v_s$  в моделі представляється структурою

$$v_s = \{t_B, u_B, p_s, s_s, w_s\}, \quad (3.3)$$

де  $p_s$  – період моделювання;

$s_s$  – горизонтальний масштаб;

$w_s$  – ширина стовпця назв рядків.

Функціонування станції описується як процес обслуговування об'єктів окремими виконавцями. Як об'єкти можуть розглядатися вагони, состави, локомотиви та ін. Моделлю обслуговування об'єкта є орієнтований граф  $G(O, L)$ .

Вершинам графа  $o$  відповідають операції зайняття виконавців роботами, а дугам  $l$  – причинно-наслідкові зв'язки між ними.

Структура графа  $G$  в пам'яті ЕОМ представляється списками інцидентності. При цьому кожній вершині  $o$  у відповідність ставляться списки попередніх  $p_o$  і наступних  $n_o$  вершин. Виконання окремих операцій може вимагати залучення декількох виконавців (технічних засобів). Так, у насуві состава на гірку задіяні колія парку прибуття, колія насуву та маневровий локомотив. У зв'язку з цим вершини  $a$  та  $c$  такі, що  $a \rightarrow c$  і  $c \rightarrow a$  розглядаються як одно-

часне заняття кількох виконавців для виконання однієї операції.

Кожна операція в моделі представляється такою структурою:

$$o = \{p_o, n_o, t_o, b_o, v_o, x_o, w_o, \mathbf{d}_o\}, \quad (3.4)$$

де  $t_o$  – тип операції;

$b_o$  – ідентифікатор об'єкта, з яким виконується операція;

$v_o$  – ідентифікатор виконавця, що виконує операцію;

$x_o, w_o$  – відповідно момент початку та тривалість виконання операції;

$\mathbf{d}_o$  – вектор додаткових параметрів, що залежить від типу операції.

Додатковими параметрами операції можуть бути кількість вагонів, що беруть в ній участь, номер поїзда та ін.

Тривалість операції може бути константою або функціональною залежністю від параметрів операції роботи.

Приклад представлення моделей технічного оснащення та функціонування станції при обслуговуванні транзитних поїздів наведено на рис. 3.3.

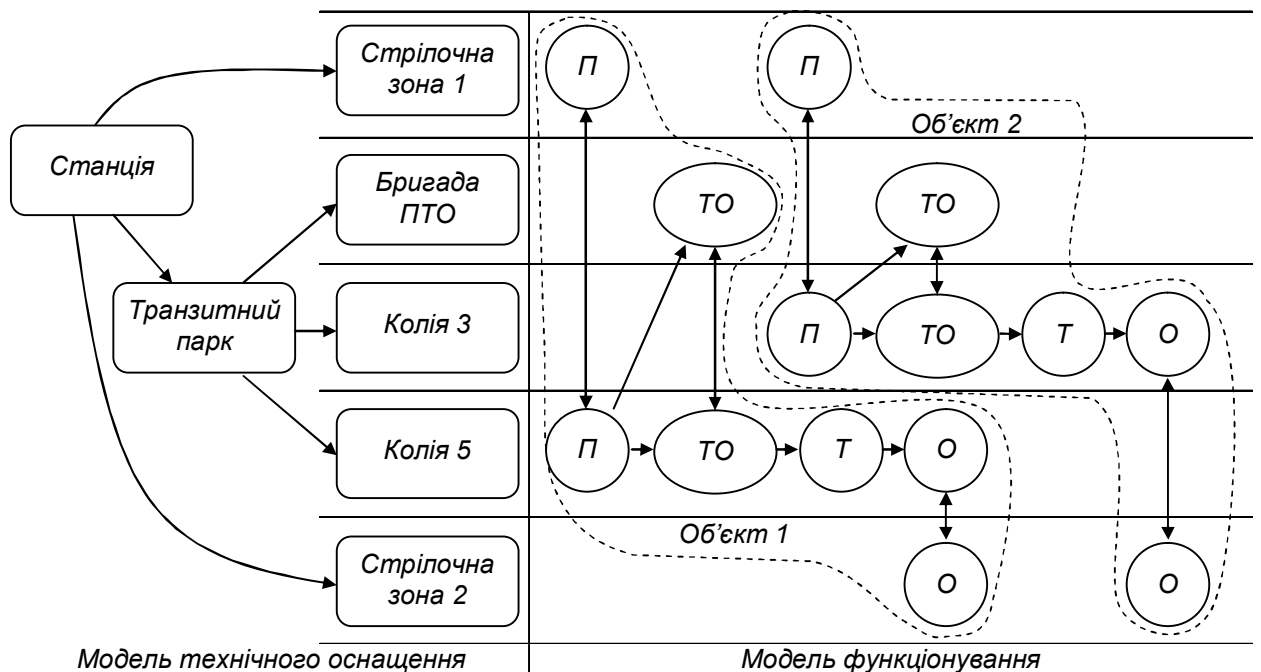


Рисунок 3.3 – Модель технічного оснащення та функціонування станції:  
*П* – приймання поїзда; *ТО* – технічне обслуговування состава; *Т* – випробування гальм; *О* – відправлення

Графічним відображенням окремих операцій є значки (графічні примітиви), що відповідають типу вершини. Приклад значка наведено на рис. 3.4.

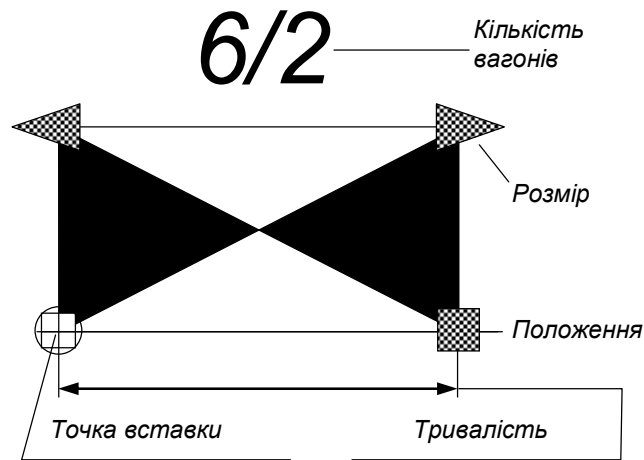


Рисунок 3.4 – Значок операції з ручками управління

Додавання значка на план-графік здійснюється в результаті вибору маніпулятором миша його типу на панелі інструментів і подальшої вказівки точки вставки. Модифікація значків проводиться маніпулятором миша за допомогою ручок переміщення і зміни розмірів, що з'являються при виділенні, діалогового вікна властивостей, зображеного на рис. 3.5, панелі інструментів, клавішних комбінацій та ін.

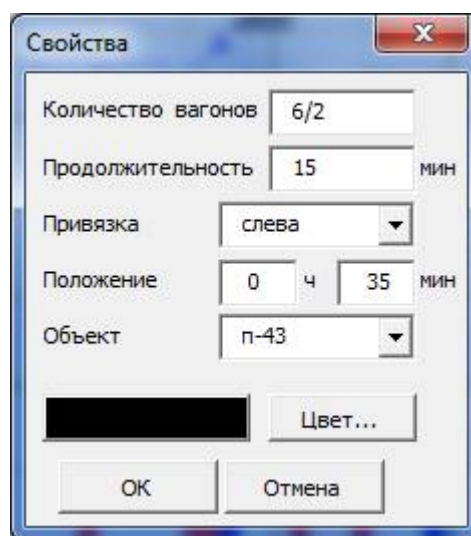


Рисунок 3.5 – Діалогове вікно редагування властивостей значка

Об'єднання операцій у групи за допомогою списків  $\mathbf{p}_o$ ,  $\mathbf{n}_o$ , дозволяє автоматично змінювати час їх початку та тривалість при зміні відповідних параметрів однієї з операцій групи.

Групі операцій у відповідність може ставитися певний об'єкт  $b$  шляхом вказання його ідентифікатора  $b_o$ . При цьому в моделі кожен об'єкт описується як

$$\mathbf{b} = \{b_o, \mathbf{d}_b\},$$

де  $\mathbf{d}_b$  – список параметрів об'єкта.

Упорядкована послідовність взаємопов'язаних дій, що виконуються з моменту появи об'єкта обслуговування на станції до завершення усіх операцій з ним, є технологією його обслуговування. Технологія обслуговування об'єкта формалізується на основі орієнтованого графа  $H(T, L)$ , що є подібним графу  $G$ . Окремі операції  $t$  при формалізації технології представляються структурою

$$t = \{\mathbf{p}_t, \mathbf{n}_t, t_o, s_t, x_t, w_t, \mathbf{d}_o\}, \quad (3.5)$$

де  $s_t$  – спеціалізація виконавця, що здійснює операцію;

$x_t, w_t$  – відповідно умовний момент початку та тривалість виконання операції;

$\mathbf{d}_t$  – вектор значень додаткових параметрів.

Створення технології може здійснюватися в окремому редакторі або автоматизовано на підставі фрагмента функціонування станції. При цьому ідентифікатор виконавця  $v_o$  замінюється його спеціалізацією зі списку  $\mathbf{s}_r$ .

При додаванні об'єкта ЕОМ здійснює вибір виконавців відповідно до їх спеціалізації таким чином, щоб загальна тривалість обслуговування об'єкта була мінімальною.

Враховуючи те що на станціях обслуговування переважної частини об'єктів відбувається за типовими технологіями, то формальне їх представлення дозволяє істотно прискорити побудову моделі функціонування станції.



Опис графоаналітичної моделі для оцінки показників роботи залізничних станцій представлено в [12].

У процесі досліджень представлена модель була реалізована у вигляді додатка до графічного пакету AutoCAD мовами Visual LISP і Visual Basic. Фрагмент плану-графіка роботи станції, що відповідає моделі, наведений на рис. 3.3, зображено на рис. 3.6. Враховуючи те, що розробка плану-графіка являє переважно традиційний процес додавання, видалення та модифікації значків, то розроблений інтерфейс є інтуїтивно зрозумілим технологу і практично не вимагає додаткового навчання.

У той же час, наявність математичної моделі дозволяє істотно підвищити швидкість створення планів-графіків за рахунок додавання груп значків, які відповідають технології обслуговування об'єктів, а також узгодженої модифікації груп значків. Наявність математичної моделі також дозволяє в автоматичному режимі визначати частини показників роботи станції, такі як завантаження технічних засобів, вагоно-години простою та ін.

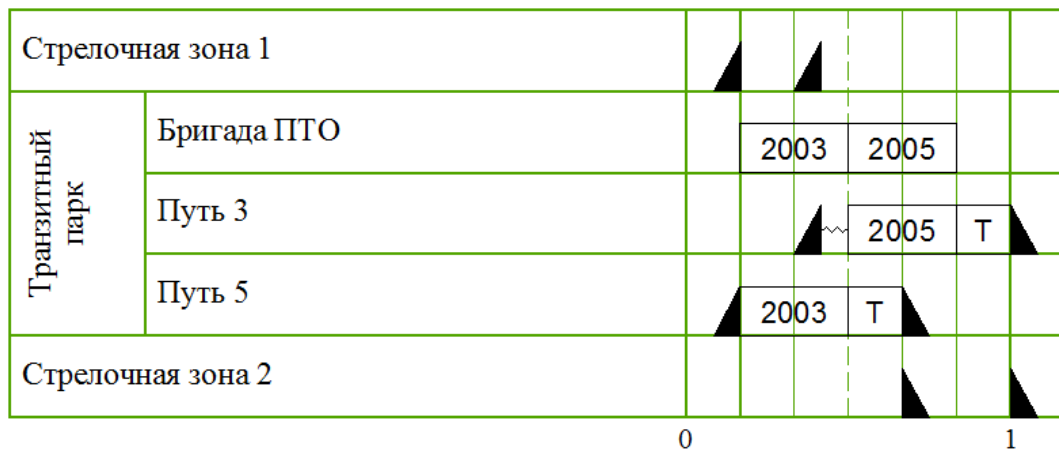


Рисунок 3.6 – Фрагмент плану-графіка роботи станції

За допомогою розроблених програмних засобів побудовано графоаналітичну модель роботи станції Хімічна. Фрагмент плану-графіка наведено на рис. 3.7.

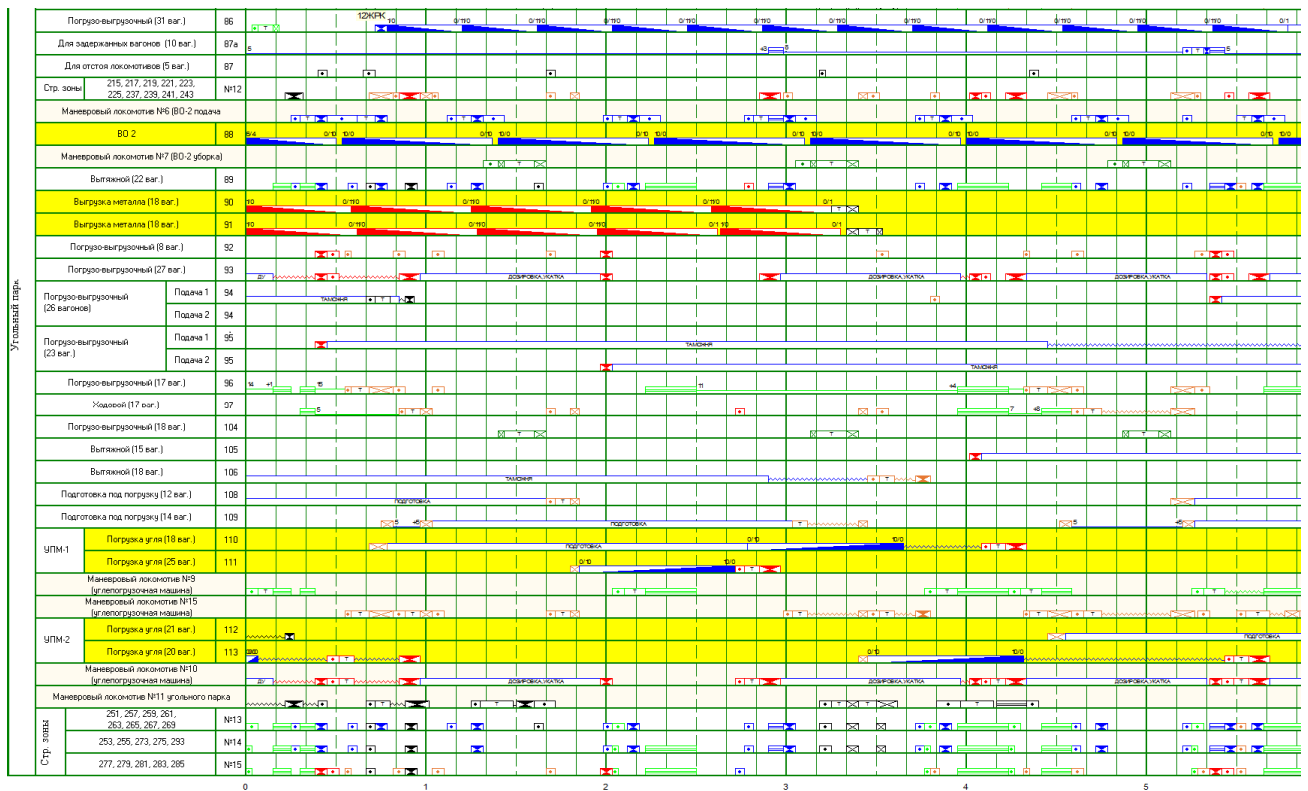


Рисунок 3.7 – Фрагмент плану-графіка роботи станції Хімічна

За результатами аналізу встановлено, що пропускна спроможність станції Хімічна складає 1228 вагонів на добу. Враховуючи те, що коефіцієнт місячної нерівномірності складає 1,25, а добової нерівномірності – 1,18, то річний обсяг роботи, який може виконувати станція, можна оцінити за формулою

$$M_{\Gamma} = 365 \frac{M_{\text{пр}}}{\gamma_{\text{м}} \gamma_{\text{с}}}$$

і він становить

$$M_{\Gamma} = 365 \frac{1228}{1,25 \cdot 1,18} = 303878 \text{ вагонів на рік.}$$

Завантаження станції Хімічна у 2014 році складало 72,5 %.

### 3.2 Функціональна модель для дослідження взаємодії станції і залізничної мережі

Модель, що відповідає макрорівню, розроблена з метою дослідження процесів, які відбуваються під час маршрутизації перевезень. Модель дозволяє імітувати рух вагонів повагонними відправками, маршрутними відправками та маршрутними відправками за розкладом.

Залізнична станція являє собою елемент транспортної системи. У процесі свого функціонування вона взаємодіє з іншими елементами цієї системи. При цьому відбувається взаємний вплив як внутрішніх станційних процесів на роботу транспортної системи, так і транспортної системи на внутрішні процеси станції. Основним видом взаємодії між залізничною станцією та транспортною системою є обмін матеріальними потоками, а саме вагонопотоками.

У зв'язку з тим, що система пропуску вагонопотоків є досить складною і в ній наявні значні зворотні зв'язки, то як метод дослідження обрано імітаційне моделювання. Принципова схема розробленої імітаційної моделі наведена на рис. 3.8 [35].

Прийнято, що в процесі обслуговування вагон послідовно може перебувати в таких фазах:

- навантаження (від прибуття до закінчення прибирання з вантажного фронту);
- накопичення составів завантажених поїздів;
- відправлення завантажених поїздів;
- рух завантажених поїздів від станції відправлення до станції призначення;
- вивантаження (від прибуття до закінчення прибирання з вантажного фронту);
- накопичення составів порожніх поїздів;

- відправлення порожніх поїздів;
- рух порожніх поїздів від станції відправлення до станції призначення.

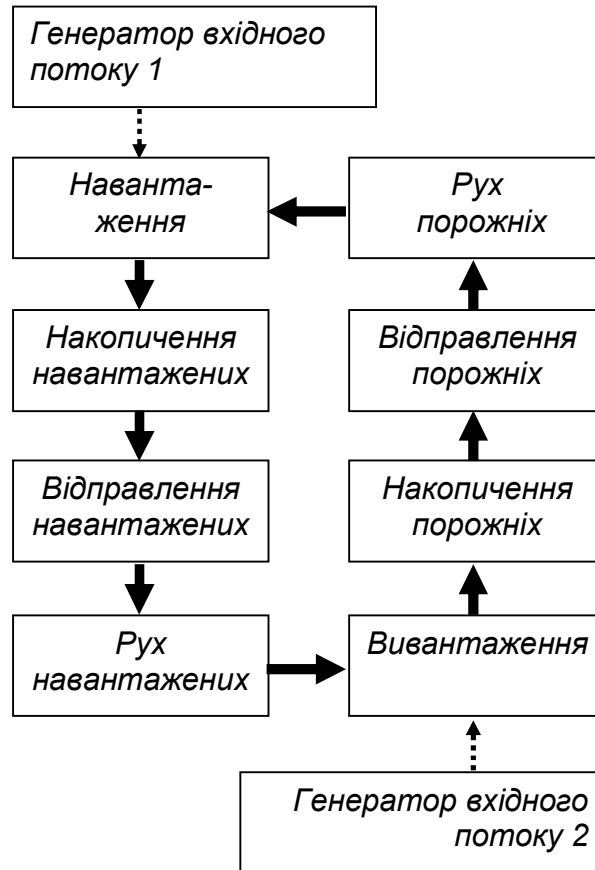


Рисунок 3.8 – Принципова схема моделі дослідження процесів маршрутизації вагонопотоків

Початкове заповнення системи вагонами здійснюють генератори вхідного потоку 1 та 2 (див. рис. 3.8).

Тривалості перебування вагона в системах навантаження та вивантаження моделюються як випадкові величини, що розподілені за логнормальним законом. Тривалості перебування поїздів у системах відправлення при традиційній організації перевізного процесу також моделюються як випадкові величини, що розподілені за логнормальним законом. При відправленні поїздів за розкладом тривалості перебування навантажених та порожніх вагонів у системах відправлення та руху приймаються постійними. Параметри

законів розподілу тривалості перебування вагонів у окремих підсистемах станції встановлюються за результатами статистичної обробки даних про функціонування реальних станцій або на підставі обробки результатів імітаційного моделювання. Тривалість руху навантажених та порожніх вагонів повагонними та маршрутними відправками моделюється як випадкова величина, що розподілена за логнормальним законом, параметри якого встановлюються за результатами спостережень за перевезеннями. Тривалість руху вагонів за розкладом приймається постійною. Величина цієї тривалості встановлюється на підставі аналізу графіка руху з урахуванням потрібних резервів на маршруті руху та на станції призначення для компенсації впливу випадкових факторів. У результаті роботи модель дозволяє визначати час перебування вагонів в окремих стадіях перевізного процесу та загальний парк вагонів, необхідний для здійснення перевезень.

### **3.3 Висновки за розділом 3**

1. Розроблена графоаналітична модель функціонування залізничних станцій, яка включає модель технічного забезпечення станції, модель процесу функціонування станції, список об'єктів, що обслуговуються на станції, та список технологій обслуговування об'єктів. Побудова вказаних моделей здійснена з використанням методів теорії графів та об'єктно-орієнтованого аналізу. Запропонована модель забезпечує підвищення швидкості людино-машинної взаємодії за рахунок автоматизованої побудови плану-графіка роботи станції з врахуванням повного комплексу операцій, що відповідають технології обслуговування об'єктів, автоматизованої модифікації груп операцій і автоматичного розрахунку показників роботи станції. Використання розробленої моделі дозволяє знизити навантаження на інженерів-технологів під час розробки технології роботи станцій та комплексного аналізу їх функціонування за рахунок скорочення рутинних операцій.

2. Для дослідження процесів маршрутизації перевезень розроблена математична модель, що імітує рух вагонів у кільцевому маршруті. У процесі моделювання імітуються процеси руху вагонів залізницею та їх обслуговування на станціях навантаження та вивантаження. У результаті роботи модель дозволяє визначати час перебування вагонів у окремих стадіях перевізного процесу та загальний парк вагонів, необхідний для здійснення перевезень.

## **РОЗДІЛ 4**

### **ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ВАНТАЖІВ У ПОРТИ ЗА РАХУНОК ВІДПРАВНИЦЬКОЇ МАРШРУТИЗАЦІЇ ТА ОРГАНІЗАЦІЇ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ВАНТАЖІВ ЗА РОЗКЛАДОМ**

Однією з найгостріших проблем магістрального залізничного транспорту України на сучасному етапі є відсутність в Укрзалізниці достатніх коштів на оновлення матеріально-технічної бази. Можливим шляхом вирішення цієї проблеми може бути залучення приватного капіталу. У цьому випадку за рахунок концентрації технічних операцій на станціях навантаження та вивантаження істотно спрощуються вимоги до оснащення залізничної мережі загального користування. Враховуючи те що зародження й погашення вантажопотоків переважно відбувається на коліях незагального користування, за умови розвитку відправницької маршрутизації власники підприємств потенційно мають стимули до розвитку інфраструктури й маневрових засобів під'їзних колій з метою зниження собівартості перевезень.

#### **4.1 Розробка методів оцінки ефективності відправницької маршрутизації, що враховує наявність різних інтересів у окремих учасників перевізного процесу**

Чинна методика визначення ефективності відправницьких маршрутів складалася за умов функціонування планової економіки та експлуатації єдиного парку вантажних вагонів і ґрунтується на мінімізації власних витрат залізниць для здійснення перевезень.

З переходом України до ринкової економіки умови роботи залізничного транспорту та його взаємодії з клієнтами істотно змінилися. Основні підприємства-клієнти залізничного транспорту в кінці 1990-х-початку 2000-х років були приватизовані, і сьогодні вони та їхні під'їзні колії перебувають у приватній власності. З метою стабільного забезпечення навантаження поро-

жніми вагонами великі вантажовідправники або придбали власний вагонний парк, або користуються послугами незалежних операторів вантажних вагонів. При цьому здебільшого власні вагони рухаються за кільцеваними маршрутами, обслуговуючи одного вантажовідправника.

Через зміну структури ринку залізничних перевезень суттєво ускладнилася і задача визначення ефективності маршрутизації, яку необхідно оцінювати з позицій вантажовідправника, вантажоодержувача та перевізника.

У зв'язку з цим запропоновано визначати ефективність маршрутизації перевезень за виразом [11]

$$\begin{cases} E_{\text{го}} = \Delta n e_{nH} - E_{\text{го}}^{\text{доп}} \pm K_{\text{го}} \geq 0 \\ E_{\text{жд}} = N e_{nH}^{\text{сп}} \sum r + E_{\text{н}} + E_{\text{к}} + E_{\text{уп}} + E_{\text{ув}} \pm K_{\text{жд}} \geq 0, \\ E_{\text{гп}} = -E_{\text{гп}}^{\text{доп}} \pm K_{\text{гп}} \geq 0 \end{cases}$$

де  $E_{\text{го}}, E_{\text{жд}}, E_{\text{гп}}$  – відповідно економія витрат вантажовідправника, залізниці та вантажоотримувача;

$\Delta n$  – скорочення експлуатаційного парку вантажних вагонів, що задіяні для перевезень, порівняно з відправленням немаршрутизованого вагонопотоку;

$E_{\text{го}}^{\text{доп}}, E_{\text{гп}}^{\text{доп}}$  – додаткові приведені витрати відповідно вантажовідправників та вантажоотримувачів, що пов'язані з виконанням на їх під'їзних коліях початкових та кінцевих операцій з формування та погашення поїздопотоків;

$E_{\text{н}}, E_{\text{к}}$  – відповідно скорочення експлуатаційних витрат станцій примикання до під'їзних колій у зв'язку з перенесенням виконання початкових та кінцевих операцій на колії незагального користування, а також через виключення операцій подачі–прибирання вагонів маневровими локомотивами;

$E_{\text{уп}}, E_{\text{ув}}$  – відповідно скорочення експлуатаційних витрат залізниць у зв'язку з відсутністю перевезень вагонів на ділянках, що примикають до ста-



нцій навантаження та вивантаження, в збірних, вивізних, передаточних поїздах;

$K_{го}, K_{жд}, K_{гп}$  – компенсації учасника/учаснику перевізного процесу додаткових витрат, пов'язаних з маршрутизацією перевезень.

#### **4.2 Аналіз ефективності відправницької маршрутизації на прикладі перевезень порожніх вагонів на напрямку «ТІС»–Полтавський ГЗК**

З метою техніко-експлуатаційної оцінки заходів з маршрутизації перевезень виконано дослідження ефективності організації прямих відправницьких маршрутів з порожніх вагонів зі станції Хімічна на станцію Золотнішине (Південна залізниця) під завантаження залізородною сировиною з ПАТ «Полтавський ГЗК». Дослідження процесу прямуювання вагонопотоків показали, що при сучасній організації перевезень завантажені котунами вагони прямують відправницькими маршрутами зі станції Золотнішине на станцію Хімічна. Порожні вагони у складі передавальних поїздів прямують зі станції Хімічна на станцію Чорноморська, де переробляються і в складі наскрізних поїздів прямують на станцію Золотнішине. Відповідна технологія пропуску вагонопотоків зображена на рис. 4.1, а.

Підвищення ефективності перевезень котунів з Полтавського ГЗК та «ТІС» може бути досягнуто за рахунок маршрутизації порожніх вагонопотоків [17, 38, 40]. Формування маршрутів з порожніх вагонів призначенням на станцію Золотнішине безпосередньо та станцію Хімічна дозволяє скоротити операції, пов'язані з переробкою вагонів на сортувальній гірці, з їх обробкою по прибуттю та відправленню, а також виключити перечеплення поїзних локомотивів на станції Чорноморська (див. рис. 4.1, б). Кольором на рис. 4.1 виділені операції, які виключаються при маршрутизації порожніх вагонопотоків на адресу Полтавського ГЗК. При цьому забезпечується зменшення обі-

гу вагонів, підвищення їх продуктивності та зменшення кількості пошкоджень на гірці.



*а) існуюча технологія; б) в умовах маршрутизації*

Рисунок 4.1 – Операції, що виконуються з вагонами Полтавського ГЗК на ст. Хімічна та ст. Чорноморська

Зміна організації порожніх вагонопотоків, що відправляються з Транспортного вузла «ТІС» на адресу Полтавського ГЗК, суттєво впливає на про-

стій вагонів у системі «станція Хімічна–станція Чорноморська». Тривалість перебування вагона у цій системі при існуючій технології обробки вагонопотоку з котунами та порожніх вагонів аналітично може бути визначена за формулою

$$t_{\Gamma} = t_{\text{ож.обр.п.Х}} + t_{\text{обр.п.Х}} + t_{\text{ож.под.Х}} + t_{\text{подХ}} + t_{\text{ож.ГОХ}} + t_{\Gamma\text{ОХ}} + t_{\text{ож.уб.Х}} + t_{\text{убХ}} + t_{\text{накХ}} + t_{\text{ож.оф.Х}} + t_{\text{офХ}} + t_{\text{ож.обр.от.Х}} + t_{\text{обр.отХ}} + t_{\text{ож.отпрХ}} + t_{\text{следЧ}} + t_{\text{ож.обр.п.Ч}} + t_{\text{обр.пЧ}} + t_{\text{ож.рас.Ч}} + t_{\text{расЧ}} + t_{\text{накМЧ}} + t_{\text{ож.оф.Ч}} + t_{\text{офЧ}} + t_{\text{ож.обр.от.Ч}} + t_{\text{обр.отЧ}} + t_{\text{ож.от.Ч}},$$

де  $t_{\text{ож.обр.п.Х}}$  та  $t_{\text{обр.п.Х}}$  – відповідно очікування обробки по прибуттю та операції по прибуттю з завантаженим маршрутом;

$t_{\text{ож.обр.п.Х}}$  та  $t_{\text{обр.п.Х}}$  – відповідно очікування обробки по прибуттю та операції по прибуттю з маршрутом, що прибуває на станцію Хімічна;

$t_{\text{ож.под.Х}}$  та  $t_{\text{подХ}}$  – відповідно очікування подачі та тривалість подачі першої групи вагонів під вивантаження;

$t_{\text{ож.ГОХ}}$  та  $t_{\Gamma\text{ОХ}}$  – відповідно очікування вантажних операцій та тривалість вантажних операцій з першою подачею вагонів;

$t_{\text{ож.уб.Х}}$  та  $t_{\text{убХ}}$  – відповідно очікування прибирання чергової групи вагонів з-під вивантаження, тривалість прибирання з вантажного фронту чергової групи порожніх вагонів на колію накопичення з-під вивантаження;

$t_{\text{накХ}}$  – середній простій вагона під накопиченням передаточного поїзда на станції Хімічна;

$t_{\text{ож.оф.Х}}$ ,  $t_{\text{офХ}}$  – відповідно очікування закінчення формування і тривалість закінчення формування передаточного поїзда на станції Хімічна;

$t_{\text{ож.обр.от.Х}}$ ,  $t_{\text{обр.отХ}}$  – відповідно очікування обробки по відправленню і тривалість обробки по відправленню поїзда свого формування на станції Хімічна;

$t_{\text{ож.отпрХ}}$ ,  $t_{\text{следЧ}}$  – відповідно тривалість очікування відправлення поїзда зі станції Хімічна та слідування до станції Чорноморська;

$t_{\text{ож.обр.п.Ч}}$ ,  $t_{\text{обр.п.Ч}}$  – відповідно очікування обробки по прибуттю та трива-

лість обробки поїзда по прибуттю на станції Чорноморська;

$t_{ож.рас.ч}$ ,  $t_{расч}$  – відповідно очікування розформування та тривалість розформування состава, що прибуває на станцію Чорноморська;

$t_{накМч}$  – тривалість простою порожніх вагонів у накопиченні маршруту на станції Чорноморська;

$t_{ож.оф.ч}$ ,  $t_{офч}$  – відповідно очікування операцій по закінченню формування та тривалість закінчення формування порожнього маршруту на станції Чорноморська;

$t_{ож.обр.от.ч}$ ,  $t_{обр.отч}$  – відповідно очікування обробки по відправленню і тривалість обробки по відправленню поїзда свого формування на станції Чорноморська;

$t_{ож.от.ч}$  – очікування відправлення порожнього поїзда свого формування на станції Чорноморська.

Середній простій вагона в системі «станція Хімічна–станція Чорноморська» при маршрутизації вагонопотоків може бути визначений за формулою

$$t_{II} = t_{ож.обр.п.Х} + t_{обр.п.Х} + t_{ож.под.Х} + t_{подХ} + t_{ож.ГОХ} + t_{ГОХ} + t_{ож.уб.Х} + t_{убХ} + t_{накМХ} + t_{ож.оф.МХ} + t_{офМХ} + t_{ож.обр.от.МХ} + t_{обр.отМХ} + t_{ож.отпрМХ} + t_{следМч},$$

де  $t_{накМХ}$  – середній простій вагона під накопиченням маршруту з порожніх вагонів на станції Хімічна.

Таким чином, економія тривалості обробки вагонів складає

$$\Delta t = t_I - t_{II} = (t_{накХ} + t_{ож.отпрХ} + t_{ож.обр.п.ч} + t_{обр.пч} + t_{ож.рас.ч} + t_{расч} + t_{накМч} + t_{ож.оф.ч} + t_{офч} + t_{ож.обр.от.ч} + t_{обр.отч} + t_{ож.от.ч}) - (t_{накМХ} + t_{ож.отпрМХ}).$$

Позначимо суму елементів

$$t_{ож.обр.п.ч} + t_{обр.пч} + t_{ож.рас.ч} + t_{расч} + t_{накМч} + t_{ож.оф.ч} + t_{офч} + t_{ож.обр.от.ч} + t_{обр.отч} + t_{ож.от.ч} = t_{простч}.$$

Тоді економія вагоно-годин складе

$$\Delta t = t_{накХ} + t_{ож.отпрХ} + t_{простч} - t_{накМХ} - t_{ож.отпрМХ}. \quad (4.1)$$

Значення складових виразу (4.1) визначаються на підставі статистичних даних та аналітичних розрахунків. У цілому очікуване значення скорочення обігу вагона буде складати  $\Delta t = 7,91$  години, а прогнозне математичне очікуване значення обігу вагона становить

$$\theta_M = \theta - \Delta t = 107,12 - 7,91 = 99,21 \text{ години.}$$

Для практичної перевірки ефективності маршрутизації порожніх вагонопотоків з «ТІС» на ПАТ «Полтавський ГЗК» в період з 19.06.2012 по 12.07.2012 реалізовано експеримент з формування відправницьких маршрутів на промисловій станції Хімічна [13]. При цьому як інфраструктурне забезпечення формування маршрутів на станції Хімічна було виділено дві колії для накопичення та відправлення поїздів із порожніх вагонів. Для порівняння було також розглянуто результати роботи в період з 5.06.2012 по 18.06.2012 та з 13.07.2012 по 27.07.2012, коли порожні вагони направлялися на станцію Чорноморська у передаточних поїздах за існуючою технологією.

На підставі аналізу інформації АСК ВП УЗ про рух вагонів між ТОВ «ТІС» та ПАО «Полтавський ГЗК» в період з 19.06.2012 по 12.07.2012 були визначені дані про час перебування порожніх вагонів з-під котунів у системі «станція Хімічна–станція Чорноморська» при організації перевезень відправницькими маршрутами (експеримент) та при існуючій технології організації перевезень. Таким чином, було отримано дві вибірки значень:  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_{n_x}\}$ , що відповідає новій технології перевезень порожніх вагонів маршрутами (обсяг вибірки  $n_x = 143$ ), та  $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_{n_y}\}$ , що відповідає існуючій технології перевезень (обсяг вибірки  $n_y = 123$ ).

Для визначення параметрів цих вибірок виконана їх статистична обробка, за результатами якої побудовані гістограми відповідних розподілів (рис. 4.2).

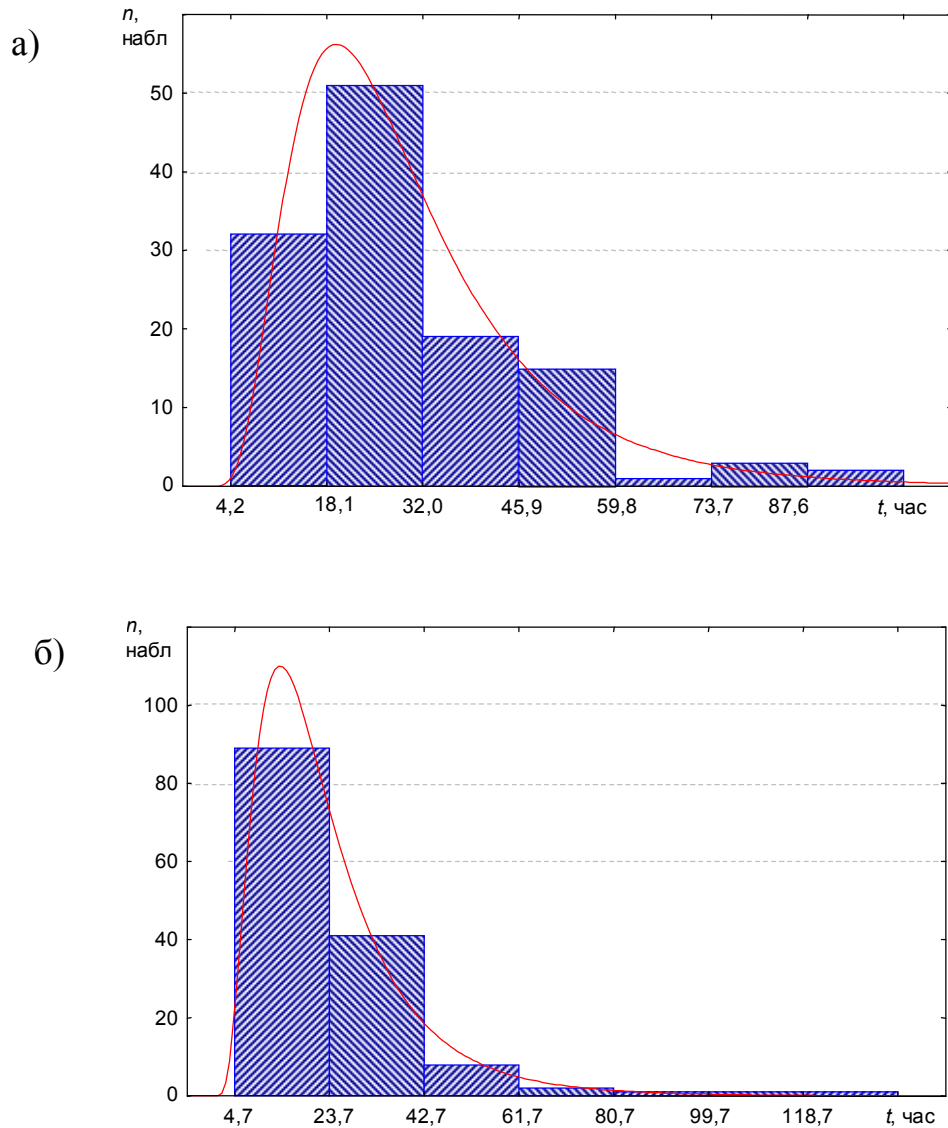


Рисунок 4.2 – Гістограми та функції щільності розподілу випадкової величини часу перебування вагона в системі «станція Хімічна–станція Чорноморська»

На підставі цих вибірок отримані статистичні оцінки математичних сподівань  $\bar{x}$  та  $\bar{y}$ , а також середніх квадратичних відхилень  $s_x$  та  $s_y$  за формулами

$$\bar{x} = \frac{1}{n_x} \sum x_i, \quad i = 1, 2, \dots, n_x$$

$$\bar{y} = \frac{1}{n_y} \sum y_j, \quad j = 1, 2, \dots, n_y$$

$$s_x = \frac{1}{n_x} \sum (x_i - \bar{x})^2, \quad i = 1, 2, \dots, n_x \qquad s_y = \frac{1}{n_y} \sum (y_j - \bar{y})^2, \quad j = 1, 2, \dots, n_y$$

При цьому математичне сподівання загального часу знаходження порожніх вагонів у системі «станція Чорноморська–станція Хімічна» в умовах маршрутизації вагонопотоків складає  $\bar{x} = 23,7$  год ( $s_x = 17,7$  год), а при існуючій технології –  $\bar{y} = 30,0$  год ( $s_y = 17,3$  год).

Враховуючи форму гістограм (див. рис. 4.2), при виконанні дослідження були висунуті гіпотези  $H_x$  та  $H_y$  про те, що випадкові величини  $X$  та  $Y$  мають логарифмічно-нормальний розподіл:

$$- H_x: F_X(x) = \Phi(\ln x; \mu_x; \sigma_x^2), \quad x \geq 0,$$

де  $\Phi(z; \mu_x; \sigma_x^2)$  – функція нормального розподілу випадкової величини  $Z = \ln X$  з параметрами  $(\mu_x; \sigma_x^2)$ ;

$$- H_y: F_Y(y) = \Phi(\ln y; \mu_y; \sigma_y^2), \quad y \geq 0,$$

де  $\Phi(w; \mu_y; \sigma_y^2)$  – функція нормального розподілу випадкової величини  $W = \ln Y$  з параметрами  $(\mu_y; \sigma_y^2)$ .

Для перевірки гіпотез  $H_x$  і  $H_y$  використано критерій згоди Пірсона  $\chi^2$ :

$$\chi^2 = n \sum_{i=1}^r \frac{(p_i^* - p_i)^2}{p_i},$$

де  $p_i, p_i^*$  – відповідно теоретична та статистична імовірності потрапляння випадкової величини в  $i$ -й розряд, обчислені при прийнятій гіпотезі про закон розподілу;

$n$  – загальна кількість спостережень.

При обраному рівні значущості ( $\alpha = 0,05$ ) та числі ступенів вільності ( $\nu = 4$ ) порівняння розрахованих значень критерію Пірсона  $\chi^2$  для вибірок  $X$  та  $Y$  з їх критичними значеннями ( $\chi_{\max}^2 = 7,80$ ) показало, що наявні результати натурних спостережень не суперечать висунутим гіпотезам  $H_x$  та  $H_y$ :  $\chi^2(X) = 3,94 < 7,80$

та  $\chi^2(Y)=1,21 < 7,80$ . Таким чином, можна зробити висновок, що випадкові величини часу перебування вагонів у системі «станція Хімічна–станція Чорноморська» при реалізації їх відправлення маршрутами (величина  $X$ ) та при відправленні групами (величина  $Y$ ) підпорядковані логарифмічно-нормальному закону розподілу та мають функцію щільності розподілу виду

$$f(x) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\ln(x)-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

де  $\mu$  – масштабний параметр;

$\sigma$  – параметр форми.

Значення  $\mu$  та  $\sigma$  для вибірок, що характеризують перебування вагонів у системі «станція Хімічна–станція Чорноморська», наведені в табл. 4.1

Таблиця 4.1 – Параметри логнормального розподілу випадкової величини часу перебування вагона в системі «станція Хімічна–станція Чорноморська»

Параметр	Вибірка $X$ (експеримент)	Вибірка $Y$ (існуюча організація)
$\mu$	2,977	3,2559
$\sigma$	0,5998	0,5405

Для визначення ефективності маршрутизації перевезень порожніх вагонів була виконана перевірка про суттєву різницю отриманих вибірок  $X$  та  $Y$  часу перебування вагонів у системі «станція Хімічна–станція Чорноморська». При цьому була висунута гіпотеза  $H$  про те, що ці вибірки належать різним генеральним сукупностям, які мають різні функції розподілу ( $F_X \neq F_Y$ ); конкуруюча гіпотеза  $H_1: F_X = F_Y$ .

Для перевірки гіпотези про різницю двох вибірок  $(x_1, x_2, \dots, x_{n_x})$  та



$(y_1, y_2, \dots, y_{n_y})$  об'ємами відповідно  $n_x = 143$  та  $n_y = 123$  використано  $U$ -критерій Уїлкоксона. Значення критерію Уїлкоксона визначаються за допомогою виразів:

$$u_x = R_x - \frac{n_x(n_x + 1)}{2}, \quad u_y = R_y - \frac{n_y(n_y + 1)}{2},$$

де  $R_x, R_y$  – сума рангів, які відповідають елементам вибірок  $x_i$  ( $i = 1, \dots, n_x$ ) та  $y_j$  ( $j = 1, \dots, n_y$ ).

Ранги  $r_i$  ( $r_j$ ) являють собою номери елементів обох вибірок, що розташовані у порядку зростання ( $r \in [1, n_x + n_y]$ ). У результаті розрахунку вказаних статистик для вибірок  $x_i$  та  $y_j$  були отримані значення  $R_x = 16592$ ,  $u = 6296$  та  $R_y = 18919$ ,  $u = 11293$ .

При перевірці гіпотези  $H: F_X \neq F_Y$  проти конкуруючої гіпотези  $H_1: F_X = F_Y$  приймається двостороння критична область; при цьому гіпотеза  $H$  приймається, якщо  $\min(u_x, u_y) < U_{n_x, n_y, \alpha}$ . При більших значеннях  $n = n_x + n_y$  приближене критичне значення  $U_{n_x, n_y, \alpha}$  можна визначити як

$$U_{n_x, n_y, \alpha} \approx \frac{1}{2} n_x n_y - \lambda_q \sqrt{\frac{1}{12} n_x n_y (n_x + n_y + 1)},$$

де  $\lambda_q$  – квантіль порядку  $q$  нормального розподілу  $N(0, 1)$ .

Квантіль  $q$  визначається за прийнятим рівнем значущості

$$q = 1 - \frac{\alpha}{2},$$

де  $\alpha$  – рівень значущості (прийнято  $\alpha = 0,05$ ).

Для розглянутих вибірок  $x_i$  та  $y_j$ :  $n = 143 + 123 = 266$ ,  $q = 1 - 0,05/2 = 0,975$ ,  $\lambda_{0,975} = 1,960$ ; тоді  $U_{n_x, n_y, \alpha} = 7567,86$ . Оскільки  $\min(u_x, u_y) = 6296 > 7567,86$ , то основна гіпотеза  $H$  про належність вибірок  $X$  та  $Y$  до різних генеральних сукупностей не суперечить експериментальним даним та може бути прийнята.

Таким чином, можна зробити висновок, що у випадку впровадження маршрутизації при перевезенні порожніх вагонів з підкотунів час перебування їх у системі «станція Хімічна–станція Чорноморська» відрізняється від часу при існуючій технології. Окрім того, оскільки сума рангів вибірки  $Y$  ( $R_Y = 18919$ ) перевищує суму рангів вибірки  $X$  ( $R_X = 16592$ ), з цього випливає, що час перебування порожніх вагонів в системі при існуючій технології в цілому перевищує їх простій при впровадженні маршрутизації.

Простій вагонів на під'їзній колії «ГІС» і станції Чорноморська знаходиться під впливом значної кількості випадкових факторів, у тому числі і не врахованих у підрозділі. Такими факторами є простої через пошкодження вагонів, простої через виконання робіт на залізниці тощо. У зв'язку з цим використана процедура виключення грубих похибок. Для подальшого аналізу застосовано значення, які не перевищують верхньої межі, встановленої з надійністю 0,99. Відповідні максимальні значення і параметри відкоригованих вибірок наведено в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Відкориговані вибірки для аналізу тривалості руху вагонів на напрямку «ГІС»–Полтавський ГЗК

Параметр	Вибірка $X$ (експеримент)	Вибірка $Y$ (існуюча організація)
Верхня межа	79,23	91,22
Об'єм вибірки	140	121
Математичне сподівання	21,92	28,86
Середнє квадратичне відхилення	12,30	15,08

Тривалість скорочення перебування вагона в системі «станція Хімічна–станція Чорноморська» являє собою випадкову величину  $\Delta$ .

Математичне сподівання зазначеної величини може бути визначене як

$$\bar{\Delta} = \bar{y} - \bar{x},$$

середнє квадратичне відхилення може бути визначено як

$$s_{\Delta} = \sqrt{s_x^2 + s_y^2}.$$

На підставі даних табл. 4.2 встановлені параметри випадкової величини  $\Delta$

$$\bar{\Delta} = 28,86 - 21,92 = 6,94 \text{ год}, s_{\Delta} = \sqrt{12,30^2 + 15,08^2} = 19,46 \text{ год}.$$

Для визначення типу розподілу випадкової величини  $\Delta$  було змодельовано 300 її значень як різницю значень випадкових величин  $Y$  і  $X$ . Гістограма випадкової величини  $\Delta$  наведена на рис. 4.3.

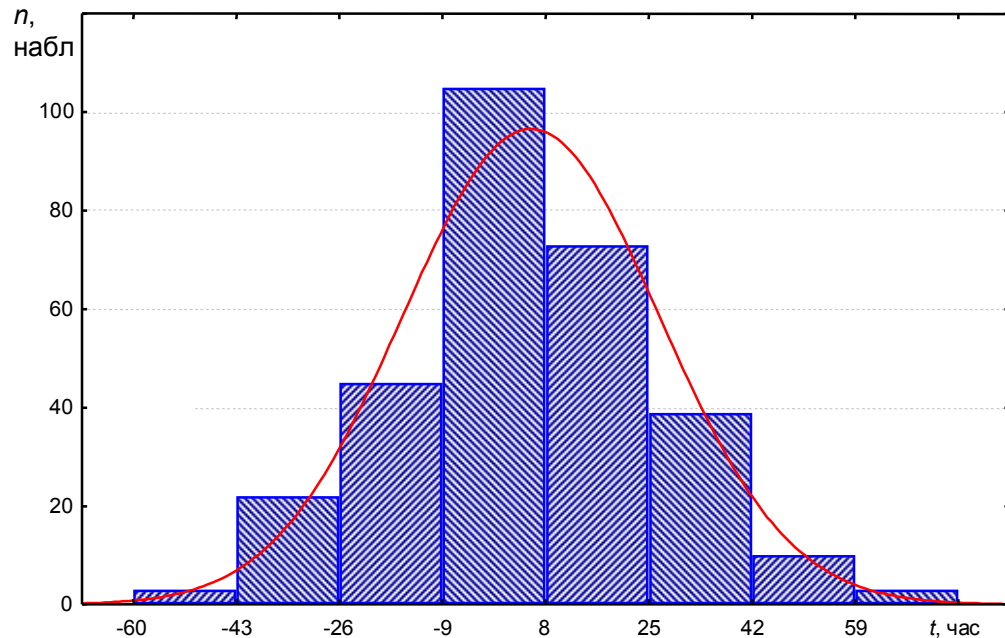


Рисунок 4.3 – Гістограма розподілу випадкової величини скорочення часу перебування вагона в системі «станція Хімична–станція Чорноморська» при маршрутизації порожніх вагонопотоків

Виконаний аналіз показує, що немає підстави відкидати гіпотезу про нормальний розподіл величини  $\Delta$ .

На підставі розрахованих параметрів випадкової величини  $\Delta$  визначений довірчий інтервал для середнього за формулою

$$\delta = \frac{ts_{\Delta}}{\sqrt{n}}$$

Рівню надійності 0,95 відповідає табличне значення  $t=1,96$ . Таким чином, довірчий інтервал при обсязі вибірки 121 становить

$$\delta = \frac{1,96 \cdot 19,46}{\sqrt{121}} = 3,47 \text{ години.}$$

Таким чином, на підставі проведеного експерименту можна стверджувати, що скорочення тривалості знаходження вагонів у системі «станція Хімічна–станція Чорноморська» знаходиться в межах  $\Delta_{\min} = 6,94 - 3,47 = 3,47$  години та  $\Delta_{\max} = 6,94 + 3,47 = 10,41$  години.

Теоретично розрахована величина скорочення тривалості знаходження вагонів у системі «станція Хімічна–станція Чорноморська», складова 7,91 узгоджується з експериментально встановленим значенням 6,94 і знаходиться в межах [3,47; 10,41], що свідчить про правильність теоретичних викладок.

Для визначення ефекту від маршрутизації порожніх вагонопотоків виконано розрахунки для теоретичного скорочення тривалості обігу вагонів  $\Delta_{\theta T} = 7,91$  години і мінімального скорочення обігу вагонів, встановленого в результаті експерименту  $\Delta_{\theta T} = 3,47$  години.

Інвентарний парк вагонів, задіяних для перевезення котунів за розглянутою схемою, може бути визначений за формулою

$$n_{\text{инв}} = \frac{k_3 k_n Q_{\text{год}} \Delta_{\theta}}{24 \cdot 365 q_{\text{ст}}},$$

де  $Q_{\text{год}}$  – перспективний річний обсяг перевезення котунів;

$k_3$  – коефіцієнт запасу, що враховує частку несправних вагонів,  $k_3 = 1,04$ ;

$\Delta_{\theta}$  – економія часу за обігом вагонів;

$q_{\text{ст}} = 69,94$  т – фактична статична норма завантаження котунів.

При перспективному річному обсязі  $Q_{річ} = 5$  млн т і скороченні обігу вагона на 7,91 годин економія інвентарного парку вагонів становить

$$n_{інв7} = \frac{1,04 \cdot 1,33 \cdot 5 \cdot 10^6 \cdot 7,91}{24 \cdot 365 \cdot 69,94} = 90 \text{ вагонів};$$

мінімальне скорочення обороту вагона на 3,47 години забезпечує економію інвентарного парку вагонів

$$n_{інв7} = \frac{1,04 \cdot 1,33 \cdot 5 \cdot 10^6 \cdot 3,47}{24 \cdot 365 \cdot 69,94} = 40 \text{ вагонів.}$$

При вартості вагона 72 тис. доларів США економія капітальних коштів в рухомий склад при скороченні обігу на 7,91 год (курс долара США прийнятий 8 грн за долар США) складе  $90 \cdot 72000 \cdot 8 = 51,8$  млн грн.

Скорочення обігу вагона на 3,47 години забезпечує економію капітальних коштів на рухомий склад  $40 \cdot 72000 \cdot 8 = 23,0$  млн грн.

Крім економії робочого парку очікується економія амортизаційних відрахувань на ці вагони і економія на їх поточне утримання і ремонти. При нормативному терміні експлуатації піввагонів 20 років щорічні амортизаційні відрахування становлять 5 % від їх вартості. Тобто щорічна економія амортизаційних відрахувань, відповідно до величини скорочення обігу вагона складе  $\mathcal{E}_{ам7} = 2,59$  млн грн та  $\mathcal{E}_{ам3} = 1,15$  млн грн.

Існуюча система ремонтів піввагонів передбачає їх ремонт і після нормативного пробігу. При формуванні маршрутів з порожніх піввагонів на станції Хімічна сумарний пробіг вагонів порівняно з першим варіантом не зміниться. В той же час маршрутизація порожніх вагонопотоків зі станції Хімічна повністю виключає переробку вагонів на сортувальній гірці. Кількість пошкоджень вагонів на сортувальній гірці, що припадає на 100 перероблених вагонів, приблизно може бути оцінена за допомогою виразу [80]:

$$n_{\text{повр}} = 0,00143 \bar{v}_3^{3,865},$$

де  $\bar{v}_3$  – середня швидкість підходу відчепів до вагонів, що стоять на сортувальних коліях, км/год.

Протягом року кількість пошкоджень вагонів становить

$$N_{\text{повр}} = \frac{Q_{\text{год}} n_{\text{повр}}}{10^3 q_{\text{ст}}}.$$

Нормативна швидкість підходу відчепів до вагонів, що стоять на сортувальних коліях, відповідно до ПТЕ [82] становить 5 км/год.

Таким чином,  $n_{\text{повр}} = 0,00143 \cdot 5^{3,865} = 0,72$  вагона.

$$N_{\text{повр}} = \frac{5 \cdot 10^6 \cdot 0,72}{10^3 \cdot 69,94} = 51,5 \text{ вагонів.}$$

Однак оцінити економію, пов'язану з ремонтом вагонів, і її розподіл між оператором вагонів і залізницею досить складно, тому надалі прийнято, що витрати на ремонт вагонів в обох варіантах є однаковими.

При формуванні маршрутів з порожніх піввагонів на станції Хімічна крім економії від скорочення вагонного парку очікується економія залізниці від скорочення переробки вагонів на станції Чорноморська.

Річна економія на станції Чорноморська включає економію від скорочення переробки вагонів на сортувальній гірці та економію від зменшення числа перечеплень локомотивів.

Річна економія від скорочення переробки вагонів на сортувальній гірці визначається за формулою

$$\mathcal{E}_{\text{пер}} = 365 \bar{N}_{\text{сут}} c_{\text{пер}},$$

де  $\bar{N}_{\text{сут}}$  – середньодобовий об'єм перевезень котунів, ваг.;

$c_{\text{пер}}$  – витратна ставка на переробку одного вагона, грн.

За даними Одеської залізниці за 2011 рік видаткова ставка на переробку одного вагона становила 50,23 грн.

$$\bar{N}_{\text{сут}} = \frac{Q_{\text{год}}}{365q_{\text{ст}}} = \frac{5000000}{365 \cdot 69,94} = 196 \text{ вагонів.}$$

$$\text{Тоді } \mathcal{E}_{\text{пер}} = 365 \cdot 196 \cdot 50,23 = 3,6 \text{ млн грн.}$$

Річна економія від зменшення числа перечеплень локомотивів визначається за формулою

$$\mathcal{E}_{\text{пл}} = 365 \cdot \frac{\bar{N}_{\text{сут}}}{m} t_{\text{пл}} c_{\text{пл}},$$

де  $t_{\text{пл}}$  – тривалість перечеплення локомотива, прийнято  $t_{\text{пл}}=0,5$  год;

$c_{\text{пл}}$  – вартість простою локомотива з бригадою за даними Одеської залізниці за 2011 рік,  $c_{\text{пл}}=471,72$  грн.

$$\mathcal{E}_{\text{пл}} = 365 \cdot \frac{196}{57} 0,5 \cdot 471,72 = 0,3 \text{ млн грн.}$$

Таким чином, загальна економія по станції Чорноморська становитиме  $3,6 + 0,3 = 3,9$  млн грн на рік або 54,4 грн на один перероблений вагон.

Зазначена економія не залежить від величини скорочення тривалості обігу вагона.

Додаткові витрати «ТІС», пов'язані з формуванням маршрутів порожніх вагонів на станцію Золотнішине, виникають через необхідність утримання додаткової колійної ємності для накопичення маршруту і збільшення простою вагонів інших призначень в очікуванні відправлення на ст. Чорноморська.

При жорсткій спеціалізації колій для накопичення маршрутів необхідно виділити дві колії.

Додаткові витрати на спорудження колії становлять 16 млн грн. Експлуатаційні витрати, пов'язані з утриманням додаткової колійної ємності, прийняті в розмірі 5 % від вартості колії в рік і складають 0,8 млн грн на рік.

Додаткові прості інших вагонів пов'язані зі збільшенням часу накопичення через зменшення потужності струменя вагонопотоку відправлення і додатковим простоем поїздів в очікуванні відправлення через пріоритетну подачу локомотивів для відправлення маршрутів.

Додаткові прості вагонів в накопиченні можуть бути визначені за формулою

$$\Delta t_{\text{нак}} = c \left( \frac{m}{N - N_M} - \frac{m}{N} \right),$$

При  $N=970$  вагонів,  $N_M=196$  вагонів

$$\Delta t_{\text{нак}} = 12 \left( \frac{55}{970 - 196} - \frac{55}{970} \right) = 0,14 \text{ год.}$$

Додатковий простій вагонів на під'їзній колії становить

$$\Delta \sum N t_{\text{нак}} = \Delta t_{\text{нак}} (N - N_M),$$

$$\Delta \sum N t_{\text{нак}} = 0,14(970 - 196) = 113 \text{ ваг-год.}$$

Додаткові прості вагонів також виникають через пріоритетне відправлення маршрутів перед відправленням передавальних поїздів.

Додаткові вагоно-години очікування відправлення при пріоритетному відправленні маршрутів можуть бути визначені за формулою

$$\sum N t_{\text{ожс}} = \frac{24mN_M}{N} = \frac{24 \cdot 55 \cdot 196}{970} = 267 \text{ ваг-год.},$$

Таким чином, робочий парк під'їзної колії збільшується на величину

$$\Delta n_p = \frac{\sum N t_{\text{нак}} + \sum N t_{\text{ожс}}}{24} = \frac{113 + 267}{24} = 15,8 \text{ ваг.}$$

При середній вартості 1 вагоно-діб 33 доларів США (264 грн) додаткові витрати складуть 1,52 млн грн на рік.



Розраховані показники ефективності маршрутизації наведено у табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – Техніко-економічні показники ефективності маршрутизації порожніх вагонопотоків

Показник	Очікуване значення	Мінімальне значення
Скорочення парку вантажних вагонів, шт.	90	40
Скорочення капітальних вкладень на розвиток парку вантажних вагонів, млн грн	51,8	23,0
Скорочення амортизаційних відрахувань на парк вантажних вагонів, млн грн на рік	2,59	1,15
Скорочення витрат на переробку вагонопотоку по станції Чорноморська, млн грн на рік	3,6	3,6
Скорочення витрат на перечеплення локомотивів по станції Чорноморська, млн грн на рік	0,3	0,3
Скорочення кількості пошкоджень вагонів в результаті сортування на гірці, ваг./рік	52	52
Збільшення кількості колій на ст. Хімічна	2	2
Капітальні вкладення на збільшення кількості колій, млн грн	16	16
Експлуатаційні витрати на додаткову колійну ємність, млн грн на рік	0,8	0,8
Збільшення робочого парку вагонів інших призначень на «ТІС»	16	16
Експлуатаційні витрати на додатковий вагонний парк, млн грн на рік	1,52	1,52

При розрахунковому терміні окупності 8 років маршрутизація переве-

зень порожніх вагонів з «ТІС» на Полтавський ГЗК забезпечує в середньому 8,6 млн грн на рік, а в найгіршому випадку 3,6 млн грн на рік економії витрат в логістичному ланцюзі перевезень залізорудної сировини на експорт. В той же час, економію від маршрутизації отримують Полтавський ГЗК та залізниця, а витрати несе «ТІС», тому для впровадження маршрутизації необхідна розробка компенсаційних заходів.

#### **4.3 Аналіз ефективності організації руху вантажних поїздів за розкладом**

Суттєвою проблемою, що виникає при оцінці заходів з маршрутизації вагонопотоків із власних вагонів, є імовірнісний характер економії витрат на використання вантажних вагонів. Так, середня швидкість доставки порожніх вагонів на маршруті станція Хімічна–станція Золотнішине при існуючій технології перевезень складає 14,2 км/год, а при маршрутизації перевезень буде складати 18,1 км/год. В той же час, згідно з «Правилами перевезень вантажів», на даному напрямку допустимою є швидкість доставки маршрутних відправок 5,35 км/год.

Вирішенням даної проблеми може бути організація руху завантажених та порожніх поїздів за розкладом [37, 39, 41]. Існуючі методи оцінки ефективності заходів з переведення вантажних поїздів за розкладом орієнтовані на зменшення витрат залізниці за рахунок підвищення ефективності використання локомотивів і локомотивних бригад. При цьому процесам, що відбуваються на станціях відправлення та прибуття вантажів, приділяється менша увага. У зв'язку з цим виконано дослідження процесів, що відбуваються на термінальних станціях при організації перевезення масових вантажів поїздами за розкладом. Забезпечення відправлення поїздів за розкладом може здійснюватись за рахунок відправлення поїздів змінного складу, або за рахунок створення резервів вагонів на станції відправлення для погашення нерівномірності станційних процесів. Відправлення неповносоставних поїздів призво-

дить до погіршення використання технічних засобів залізниць. Методи тарифікації перевезень таких поїздів в Україні відсутні. Тому як основний метод забезпечення відправлення вантажних поїздів за розкладом розглядалося створення резервів вагонів на станції відправлення. Дослідження виконувались з використанням моделі руху вагонів у кільцевому маршруті, яка була розроблена у розд. 3.

Відповідно до досліджень, наведених у [88] забезпечення залізницею графіку руху може бути виконано при наданні резерву часу руху у порівнянні з сумарним перегонним часом руху 5 %, а також створенні резерву часу по прибуттю 0,5 год.

Забезпечення відправлення вантажних поїздів зі станції може здійснюватися за рахунок організації обробки вагонів та вантажів на ній за розкладом. Такий захід, як правило, вимагає ускладнення управління, зменшення обсягів перевантаження за прямим варіантом та відповідний розвиток складських ємностей. Інший підхід пов'язаний із збереженням імовірнісних процесів обслуговування вагонів та вантажів на станції та забезпечення відправлення поїздів за розкладом за рахунок створення запасу вагонів, що очікують відправлення зі станції. Саме такий підхід і розглядався в роботі.

З метою оцінки впливу взаємного розміщення ниток на графіку на величину обігу вагонів виконано ряд імітаційних експериментів. У рамках експериментів розглядався випадок обігу протягом доби трьох поїздів через рівні інтервали часу. При цьому зміщення моментів відправлення маршрутів зі станцій навантаження і вивантаження  $\Delta$  варіювалося в межах 0-14 годин з інтервалом в одну годину. Для кожного варіанту зміщення  $\Delta$  виконувалося 10 експериментів, що відрізнялися початковими значеннями датчиків випадкових чисел. За середніми значеннями результатів експериментів побудований графік, зображений на рис. 4.4.

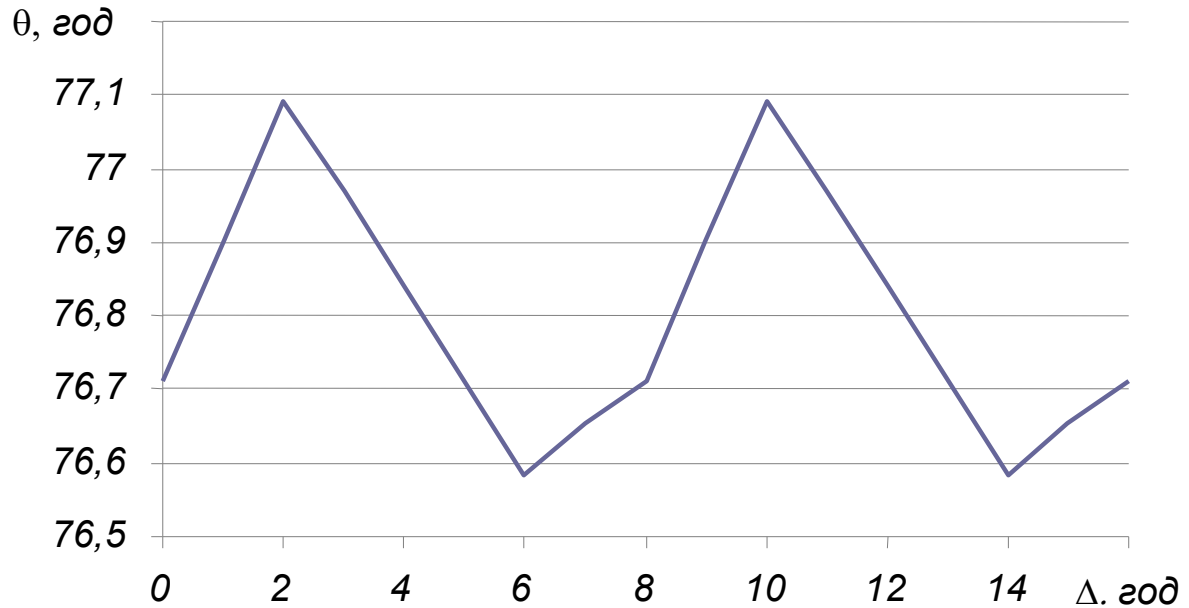


Рисунок 4.4 – Залежність обігу вагонів від різниці в часі відправлення маршрутів зі станцій навантаження і вивантаження

Встановлено, що у випадку, якщо співвідношення періоду графіку відправлення поїздів до середнього квадратичного відхилення тривалості знаходження вагона в системі виконання вантажних операцій складає менше 3, положення виділених ниток графіка несуттєво впливає на величину обігу вагона і викликає її зміну в межах 1 %. У зв'язку з цим у разі малих обсягів роботи при розробці жорсткого графіка руху поїздів повинні узгоджуватись процеси, що відбуваються на термінальних станціях, з процесом перевезення залізницею. При значних обсягах ці процеси можуть плануватись окремо.

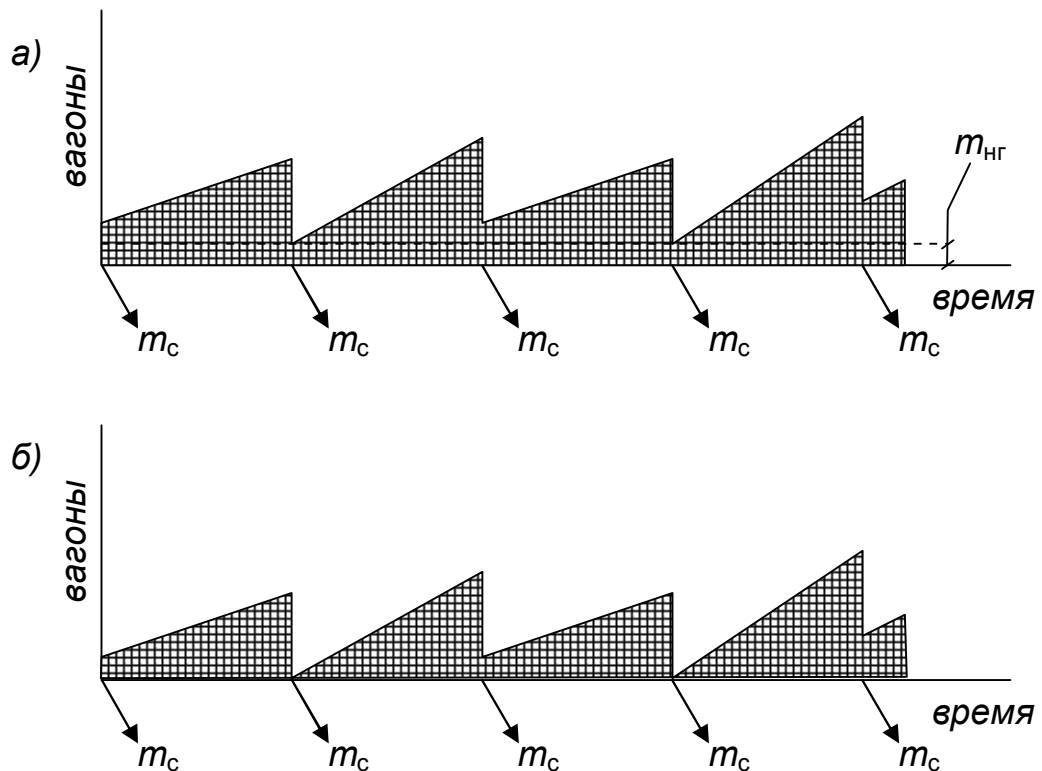
Експерименти з розробленою імітаційною моделлю процесу просування вагонопотоків показали, що досліджувана система має певну пропускну спроможність, яка визначається певною кількістю вагонів  $n_{\text{рп}}$ .

$$n_{\text{рп}} = \frac{\theta N_{\text{р}} m_{\text{с}}}{24}, \quad (4.2)$$

де  $\theta$  – обіг вагона, год;

$N_{\text{р}}$  – кількість пар поїздів на добу, що відправляються за розкладом.

Перевищення кількістю вагонів значення  $n_p$  призводить до того, що надлишок вагонів постійно знаходиться в накопиченні. Якщо число вагонів менше значення  $n_p$ , то в певні моменти часу складаються ситуації, коли нитки графіка не можуть бути забезпечені складами поїздів. Враховуючи, що точне значення обігу вагонів піддається впливу випадкових факторів, то для визначення значення  $n_{pn}$  моделювання пропуску вагонів здійснювалося в два етапи. На першому етапі моделювання виконувалося з завищеним значенням  $n_p$ . При цьому фіксувалася мінімальна кількість завантажених  $m_{нз}$  і порожніх  $m_{пн}$  вагонів, що знаходяться в накопиченні. На другому етапі після стабілізації процесу моделювання з накопичення завантажених і порожніх вагонів виключалося відповідно  $m_{нз}$  і  $m_{пн}$  вагонів. Графічна інтерпретація цього процесу зображена на рис. 4.5.



а) на першому етапі; б) на другому етапі

Рисунок 4.5 – Моделювання процесу накопичення вагонів

Для визначення величини додаткового простою вагонів в очікуванні нитки графіка виконано серію імітаційних експериментів з моделлю, в яких варіювалися обсяги відправлення від 2 до 6 ниток. Для кожних розмірів руху ставилося  $m_{оп} = 10$  паралельних дослідів. При цьому кількість вагонів  $n$  у системі приймається такою, щоб виконувалася умова  $n > n_{рп}$ . В ході кожного дослідів протягом розрахункового періоду  $P$  фіксувався середній час руху вагонів у завантаженому  $t_{зв}$  та порожньому станах  $t_{пр}$ , вагоно-години простою вагонів на станціях відправлення  $T_{в}$  та призначення  $T_{п}$ , мінімальна кількість вагонів, що знаходилася в накопиченні на станції відправлення  $m_{мв}$  та призначення  $m_{мп}$ . Середній простій вагонів на станціях відправлення та призначення визначається за формулами відповідно

$$t_{в} = \frac{T_{в} - m_{мв}P}{n_{в}}, \quad t_{п} = \frac{T_{п} - m_{мп}P}{n_{п}}. \quad (4.3)$$

Залежність величини додаткового простою вагонів  $t_{дод}$  від розмірів руху  $N_p$  наведена на рис. 4.6.

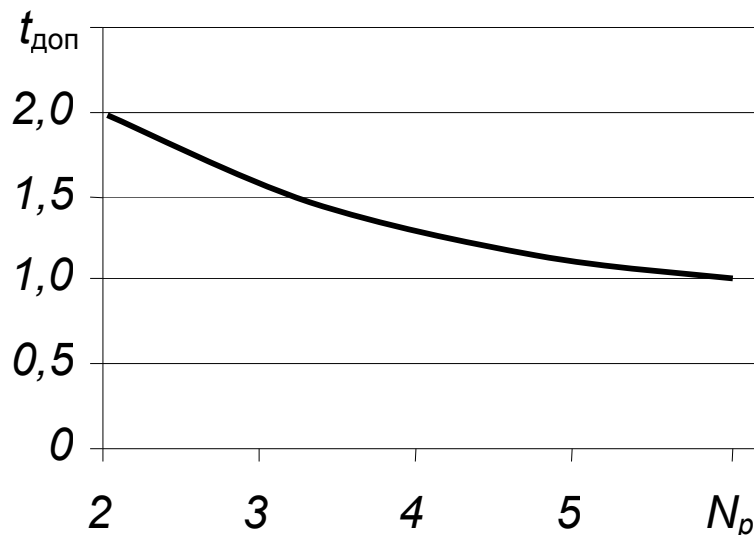


Рисунок 4.6 – Залежність величини додаткового простою вагонів від розмірів руху

В цілому при організації руху вантажних поїздів за розкладом для планових обсягів перевезення 8 млн т залізорудної сировини з Полтавського ГЗК в Транспортний вузол «ТІС» досягається підвищення маршрутної швидкості руху на 85 % та скорочення обігу вагонів на 21 год (20 %), що забезпечує економічний ефект від скорочення витрат на залізничні вагони не менше 2,5 млн USD на рік.

Вказана величина складає біля 4,8 % загальних витрат вантажовідправника на послуги залізничної інфраструктури та локомотивної тяги. Збільшення плати залізницею у вказаних межах компенсується підвищенням якості послуги і не призведе до підвищення логістичних витрат вантажовідправника на перевезення. В той же час вказана величина економії збігається з оцінками величини інвестиційної складової тарифу на оновлення матеріально-технічної бази. З іншого боку, результати моделювання показали, що впровадження твердих ниток графіку для руху поїздів з масовими вантажами забезпечує зниження коефіцієнту добової нерівномірності перевезень з 1,46 до 1, а це безпосередньо впливає на величину локомотивного парку та штат локомотивних бригад Укрзалізниці, використання пропускної та провізної спроможності ділянок, а також на потрібну потужність навантажувальних та розвантажувальних засобів Полтавського ГЗК та «ТІСу». Тому організація руху поїздів за розкладом може бути основою з удосконалення внутрішніх технологічних процесів підприємств та форсування пропускної спроможності транспортної системи в періоди збільшення обсягів перевезень.

#### **4.4 Висновки за розділом 4**

Дослідження процесів роботи залізничних станцій в системі маршрутизації перевезень дозволяє зробити такі висновки.

1. Діюча методика визначення ефективності відправницьких маршрутів складалася за умов функціонування планової економіки та експлуатації еди-

ного парку вантажних вагонів і ґрунтується на мінімізації власних витрат залізниць для здійснення перевезень. На сьогодні методика оцінки ефективності відправницьких маршрутів не відповідає структурі ринку залізничних перевезень, оскільки вона не враховує наявність власних інтересів у кожного учасника перевізного процесу.

2. Удосконалено метод оцінки ефективності маршрутизації перевезень вантажів залізничним транспортом. На відміну від існуючих підходів, ефективність маршрутизації запропоновано оцінювати комплексно – з позицій вантажовідправника, перевізника та вантажоодержувача. На основі імітаційного моделювання виконано оцінку ефективності маршрутизації порожніх вагонопотоків з Транспортного вузла «ТІС» на Полтавський ГЗК. Удосконалення організації вагонопотоків забезпечує скорочення витрат у логістичному ланцюзі у розмірі порядку 8,6 млн грн на рік. У той же час економія витрат для Полтавського ГЗК досягається за рахунок прискорення обігу вагонів, а для залізниці – за рахунок виключення переробки вагонів на станції Чорноморська. Транспортний вузол «ТІС» несе додаткові витрати через необхідність утримання додаткової колійної ємності для накопичення маршрутів. Тому для організації відправницької маршрутизації необхідно забезпечувати компенсації додаткових витрат станціям формування маршрутів.

3. Організація руху вантажних поїздів за розкладом є заходом, що забезпечує підвищення швидкості доставки вантажів та зниження нерівномірності перевезень. Встановлено, що організація руху поїздів за розкладом на маршруті Полтавський ГЗК–Транспортний вузол «ТІС» може забезпечити підвищення швидкості доставки на 85 %. В той же час, необхідність відправлення поїздів точно за розкладом викликає додаткові простой вагонів в очікуванні відправлення тривалістю 1...2 години залежно від розмірів добового вагонопотоку. У цілому запропонований захід забезпечує скорочення обігу вагонів на 20 % та зменшення витрат на перевезення на 4,8 %. Організація руху



поїздів за розкладом може бути основою з удосконалення внутрішніх технологічних процесів підприємств та форсування пропускної спроможності існуючої транспортної системи в періоди збільшення обсягів перевезень.

4. Маршрутизація перевезень та організація руху вантажних поїздів за розкладом вимагає розвитку колійної інфраструктури припортових станцій і, як результат, збільшення їх витрат. У зв'язку з цим додаткові витрати повинні покриватись за рахунок розробки відповідних компенсаційних заходів.

## **РОЗДІЛ 5**

### **УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ СОБІВАРТОСТІ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПРИВАТНИХ ПРИПОРТОВИХ СТАНЦІЙ**

Діючи на сьогодні тарифи на внутрішні залізничні перевезення вантажів характеризуються рядом істотних недоліків. Формування тарифів базується на середньомережевій собівартості перевезень. У зв'язку з цим тариф орієнтований на загальне відшкодування витрат з перевезень і вельми слабо пов'язаний із собівартістю конкретного перевезення. Виконані у розд. 4 дослідження показують, що розвиток припортової інфраструктури дозволяє підвищити ефективність перевезень вантажів у залізнично-водному сполученні. У той же час, основна частина витрат при цьому пов'язана з розвитком припортових станцій. Відсутність зв'язку між собівартістю конкретного перевезення та величиною тарифів і зборів призводить до того, що розвиток інфраструктури призводить лише до збільшення витрат припортових станцій. Тому інвестування коштів здійснюється при вичерпанні пропускної спроможності станцій. Для подолання цієї ситуації доцільним є введення диференціації тарифу, яка б дозволила врахувати складність операцій, що виконуються залізницею. Такий крок дозволить демонополізувати сектор ринку, пов'язаний з виконанням термінальних операцій та формуванням відправницьких маршрутів і дасть можливість сформуватися приватним вантажним станціям.

#### **5.1 Удосконалення методів визначення собівартості початкових і кінцевих операцій**

До початково-кінцевих операцій належать всі операції, які виконуються з вагоном від моменту його прибуття на станцію завантаження або вивантаження до відправлення з неї. Відповідно до існуючого Збірника тарифів частина витрат, пов'язаних з початково-кінцевими операціями, покривається за

рахунок тарифу, а частина за рахунок додаткових сплат і зборів. Необхідно зазначити, що на відміну від Тарифних умов Російської Федерації та Білорусії, визначення і склад початково-кінцевих операцій у вітчизняному Збірнику тарифів [92] відсутній.

У Російській Федерації, згідно з Прейскурантом № 10-01 [83], до початкових і кінцевих операцій належать такі види робіт і послуг:

- повідомлення про прибуття вантажу і про подачу навантажених або порожніх вагонів на залізничні колії загального користування або до фронтів навантаження (вивантаження) на місцях загального користування;
- поточний ремонт порожніх вагонів загального парку при підготовці їх під навантаження;
- технічне обслуговування на залізничних станціях вантажних вагонів загального парку або власних (орендованих) вагонів;
- технічне обслуговування та поточний ремонт контейнерів загального парку;
- огляд вагонів загального парку в технічному і комерційному відношенні для подачі вантажовідправникам під певні вантажі;
- підготовка під налив цистерн, бункерних напіввагонів загального парку;
- групування вагонів для подачі під навантаження (вивантаження) певним вантажовідправникам (вантажоодержувачам) та підготовка їх до подачі;
- прийом до відправлення (включаючи перевірку правильності навантаження і кріплення вантажів на відкритому рухомому складі) і видача вантажів, а також оформлення перевізних документів залізничною станцією;
- виконання приймально-здавальних операцій (огляд і передача вагонів у технічному і комерційному відношенні);
- маневрова робота з розформування поїздів різних категорій (маршрутних, передавальних, вивізних, збірних), які прибули на залізничні станції

навантаження, вивантаження, за призначенням вагонів і вантажів, а також формування на залізничній станції поїздів різних категорій;

- маневрова робота з подачі (прибирання) порожніх і навантажених вагонів на виставочні (приймально-здавальні) колії, що належать Російським залізницям і розташовані в межах залізничної станції;

- маневрова робота з подачі (прибирання) порожніх і навантажених вагонів на місця загального користування залізничних станцій для здійснення навантаження (вивантаження) вантажів засобами Російських залізниць;

- технологічні операції з контейнерами, не пов'язані з прийомом та видачею вантажів, за винятком вантажів, які перевозяться під митним контролем.

Окрім цих операцій, у тарифи, вказані в Прейскуранті 10-01, з початково-кінцевих операцій включені такі витрати:

- з утримання та обслуговування будинків, споруд, обладнання та інвентарю господарства вантажної і комерційної роботи та господарства перевезень;

- з утримання технологічних центрів з обробки перевізних документів;

- з амортизації, утримання та ремонту станційних колій (без залізничних колій загального користування), пристроїв сигналізації та зв'язку, вагонів, контейнерів загального парку при перевезенні в них вантажів, а також витрати з приймання і відправлення поїздів на залізничних станціях, роботи поїзних локомотивів, їх амортизації, утримання й капітального ремонту.

У Білорусії відповідно до «Інструкції про порядок встановлення та застосування тарифів на перевезення вантажів по території Республіки Білорусь залізничним транспортом загального користування» [72] до початково-кінцевих операцій належать:

- повідомлення вантажоодержувача про прибуття вантажу;

- повідомлення вантажовідправника, вантажоодержувача про час подачі вагонів під навантаження, вивантаження;
- поточний ремонт порожніх вагонів залізниці при підготовці їх під навантаження;
- огляд у технічному відношенні на станціях приватних, орендованих вагонів, а також приватних контейнерів;
- технічне обслуговування та поточний ремонт вагонів, контейнерів залізниці;
- обслуговування вагонів залізниці в технічному і комерційному відношеннях для подачі вантажовідправникам під навантаження вантажів;
- групування вагонів для подачі під навантаження, вивантаження вантажовідправникам, вантажоодержувачам та підготовка їх до подачі;
- прийом до перевезення і видача вантажів, порожніх вагонів;
- виконання приймально-здавальних операцій між станцією і вантажовідправником, вантажоодержувачем;
- маневрова робота з розформування та формування поїздів різних категорій (маршрутних, передавальних, вивізних, збірних) на станціях відправлення та призначення вантажів;
- маневрова робота з подачі та прибирання порожніх і навантажених вагонів на (з) виставочні (х) колії, розташовані в межах станції;
- частина технологічних операцій, не пов'язаних з прийом та видачею вантажів, за винятком операцій, необхідних для виконання вимог митного законодавства.

У ході виконання початково-кінцевих операцій є операції, які провадяться залізницею незалежно від місцевих умов. До таких операцій належать, наприклад, оформлення перевізних документів, а також повідомлення про прибуття вантажу і про подачу навантажених або порожніх вагонів на залізничні колії незагального користування або до фронтів навантаження (виван-

таження) на місцях загального користування. Склад і складність, а також витрати залізниць, пов'язані з виконанням інших операцій, істотно залежать від місцевих умов. Аналіз технології залізничних вантажних перевезень дозволяє встановити, що основними факторами, які впливають на складність вантажних операцій і відповідно пов'язані з ними витрати, є:

- місце виконання вантажних операцій;
- порядок забезпечення навантаження порожніми вагонами та направлення порожніх вагонів після вивантаження;
- належність вагона до інвентарного або приватного парку.

При виконанні вантажних операцій на місцях загального користування можливі такі варіанти початкових і кінцевих операцій:

- прийом до відправлення вантажів на місцях загального користування з подачею порожніх вагонів із зовнішньої мережі;
- прийом до відправлення вантажів на місцях загального користування з подачею порожніх вагонів з інших пунктів вантажної роботи станції (місце загального або незагального користування);
- видача вантажів на місцях загального користування з відправленням вагона зі станції в порожньому вигляді;
- видача вантажів на місцях загального користування з направленням порожнього вагона під навантаження на інші пункти вантажної роботи станції;
- виконання з вагоном зведеної операції на одному пункті вантажної роботи, що передбачає видачу та прийом вантажу до перевезення на місцях загального користування.

У процесі виконання початкових і кінцевих операцій виконуються такі операції з поїздами і вагонами:

- операції з прибуття поїзда;
- розформування состава поїзда;

- накопичення вагонів для подачі на вантажний фронт;
- подача вагонів на вантажний фронт;
- прибирання вагонів з вантажного фронту;
- прийом вантажів до перевезення;
- видача вантажів;
- перестановка вагонів між вантажними фронтами;
- накопичення состава поїзда;
- операції з поїздом з відправлення.

Можливі варіанти послідовності виконання операцій з вагонами на місцях загального користування зображені на рис. 5.1.

На рис. 5.1 виділені такі варіанти обслуговування вагонів: 1 – розвантаження на місцях загального користування і відправлення порожнім; 2 – розвантаження на місцях загального користування, передача під завантаження на місця незагального користування; 3 – здвоєні операції на місцях загального користування; 4 – отримання порожнього вагона з місць незагального користування і завантаження на місцях загального користування; 5 – прибуття порожнього вагона для завантаження на місцях загального користування.

Процес виконання початкових і кінцевих операцій на станціях, де вантажні операції здійснюються на місцях незагального користування, істотно залежить від місцевих умов, а саме:

- джерел забезпечення навантаження порожніми вагонами і призначення порожніх вагонів після вивантаження;
- місця виконання приймально-здавальних операцій;
- належності локомотива, що виконує подачу та забирання вагонів на під'їзні колії;
- порядку організації руху по з'єднувальній колії.

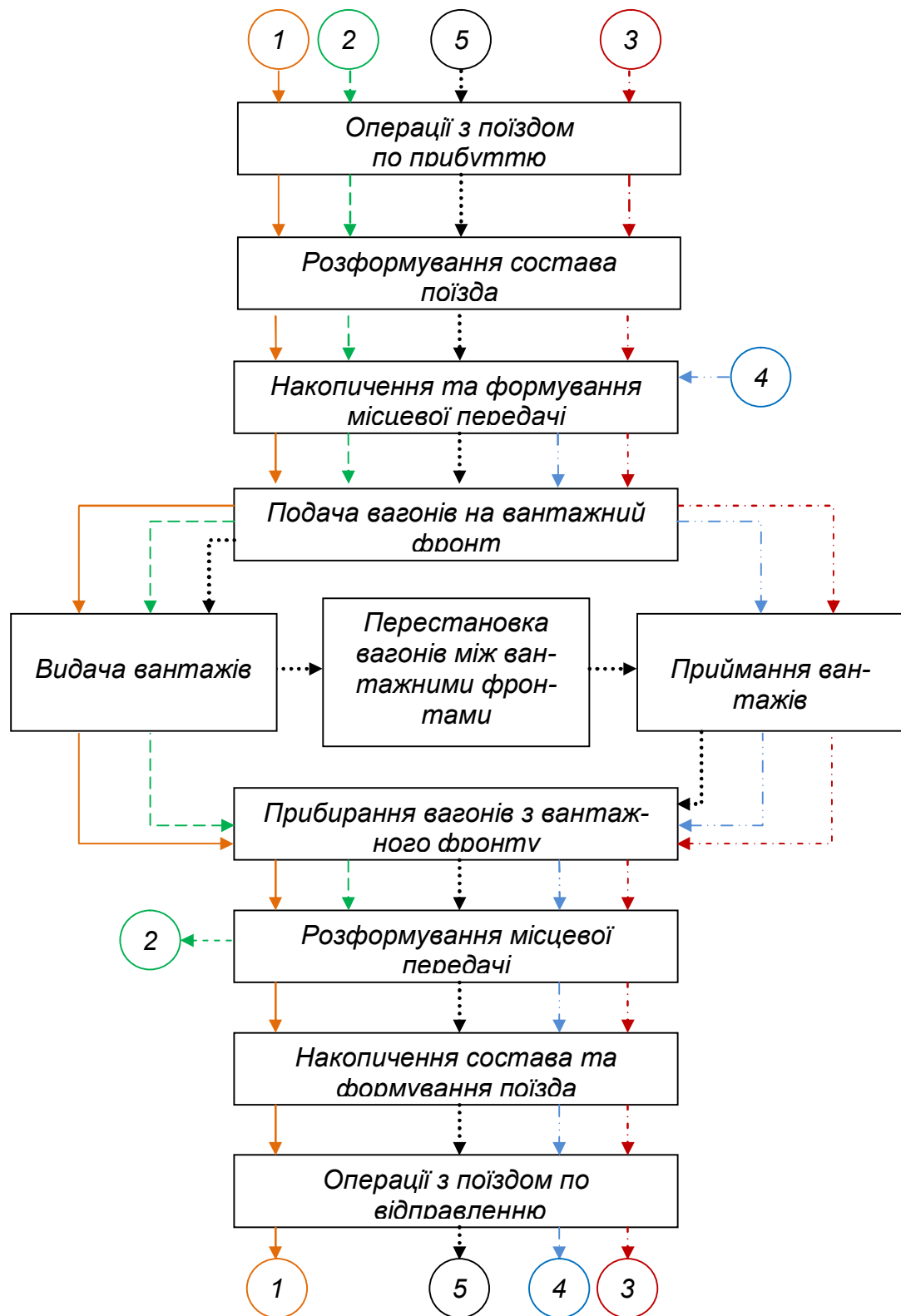


Рисунок 5.1 – Схема виконання початково-кінцевих операцій з вагонами на місцях загального користування

Суттєвою відмінністю виконання початково-кінцевих операцій на колі-



ях незагального користування від колій загального користування є наявність приймально-здавальних операцій з вагонами, що являє собою документально оформлену передачу відповідальності за стан вагонів і вантажів з оглядом вагонів у комерційному і технічному відношенні представниками залізниці та представниками під'їзної колії.

На рис. 5.2 зображені можливі варіанти послідовності виконання операцій з вагонами на місцях незагального користування в разі, коли формування і розформування місцевих передач на колії незагального користування здійснюється на станціях примикання.

Окремі під'їзні колії промислових підприємств України (наприклад, ТОВ з П «ТІС», ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг», ПАТ Металургійний комбінат «АЗОВСТАЛЬ») мають залізничну інфраструктуру, яка дозволяє виконувати прийом і відправлення поїздів без їх розформування на станціях примикання. У цьому випадку в процесі початково-кінцевих операцій з вагонами і вантажами виконуються лише операції з прибуття поїзда і його відправлення, що суміщаються з приймально-здавальними операціями. Можливі варіанти послідовності виконання операцій з вагонами на місцях незагального користування, коли вагони прямують на них і з них у складі поїздів з магістральної мережі, наведеної на рис. 5.3.

Аналіз рис. 5.1-5.3 показує, що для існуючої структури тарифів характерна значна невідповідність між переліком послуг, які надаються залізницею своїм клієнтам у випадку, коли залізнична станція здійснює формування місцевих передач на місцях загального і незагального користування, і у випадку, коли прибуття вагонів на місця незагального користування та відправлення з них здійснюється в складі організованих поїздів безпосередньо з магістральної мережі.

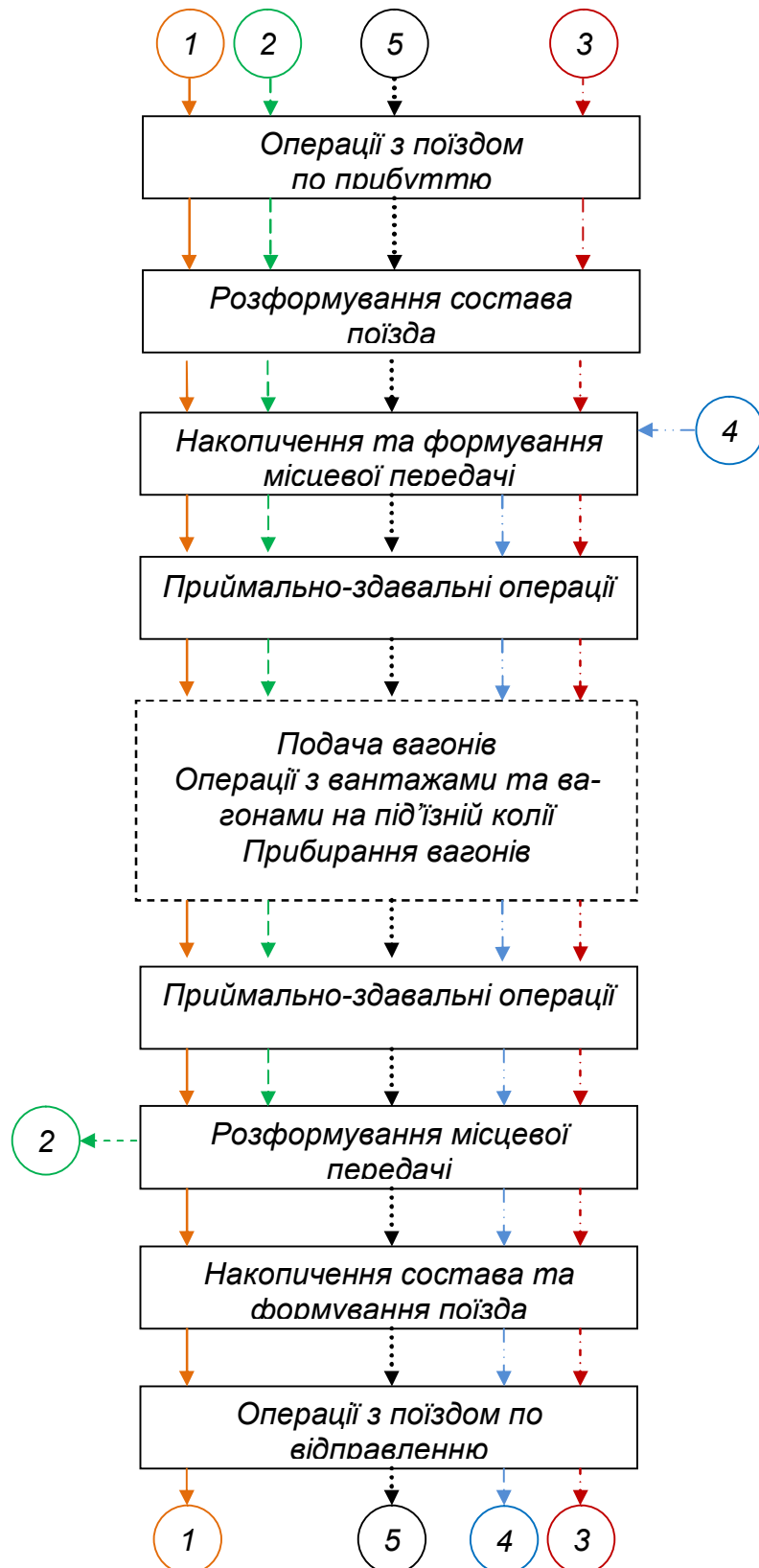


Рисунок 5.2 – Схема виконання початково-кінцевих операцій з вагонами на місцях незагального користування при прямуванні на них вагонів маневровим порядком

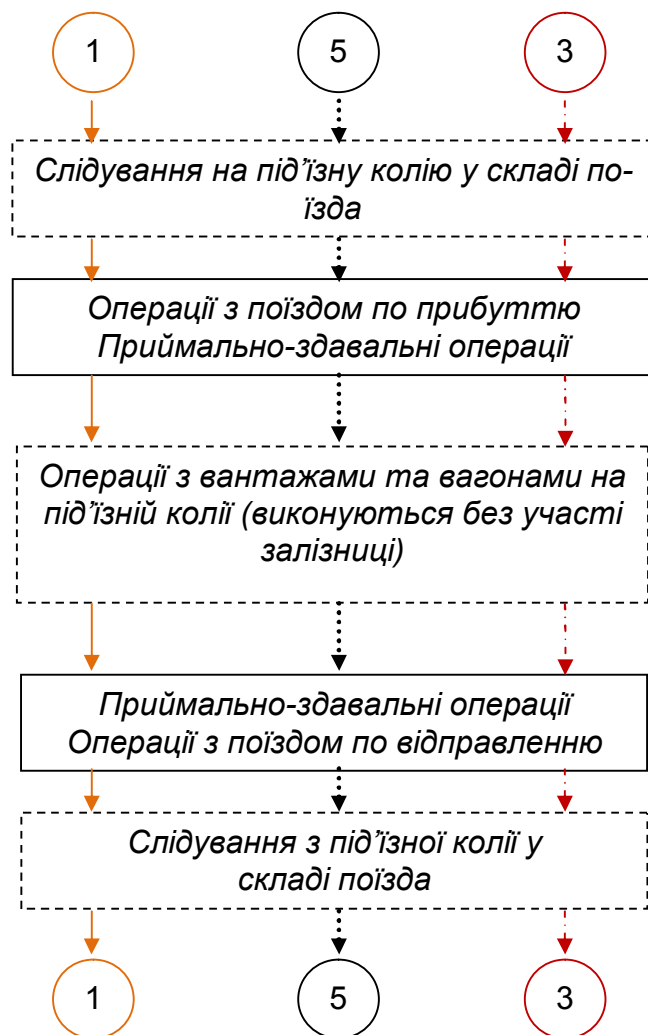


Рисунок 5.3 – Схема виконання початково-кінцевих операцій з вагонами на місцях незагального користування при прямуванні на них вагонів у складі організованих поїздів

На підставі аналізу розподілу експлуатаційних витрат, пов'язаних з вантажними перевезеннями, за джерелами покриття [92] та структури експлуатаційних витрат, пов'язаних з вантажними перевезеннями по статтях номенклатури витрат [71], визначено питому вагу витрат на технологічні операції, які виконуються залізницями у складі початково-кінцевих операцій з вагонами, що прибувають і відправляються на залізничні колії незагального користування у складі організованих поїздів без переформування на станціях примикання.

При виконанні розрахунків прийнято, що загальновиробничі витрати по господарствах розподіляються пропорційно основним витратам, а витрати управлінь залізниць – пропорційно розподіленим витратам по господарствах.

За співвідношенням питомої ваги груп статей в експлуатаційних витратах визначена структура витрат, які покриваються за рахунок плати за початково-кінцеві операції за складовими тарифу, які наведені в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Частка витрат, пов'язаних з технологічними операціями, які виконуються залізницями в складі ПКО з вагонами, які прибувають і відправляються на залізничні колії незагального користування у складі організованих поїздів без переформування на станціях примикання, %

Найменування витрат	Частка витрат, що покриваються платою за ПКО	
	інфраструктурна (з урахуванням локомотивної тяги)	вагонна
1	2	3
Прийом до відправлення і видача вантажу	7,22	0,00
Перевантаження вагонів через технічні й комерційні несправності	0,03	0,00
Загальновиробничі та адміністративні витрати господарства вантажної і комерційної роботи	2,40	0,00
Робота електровозів у господарському русі	0,99	0,00
Робота тепловозів у господарському русі	4,69	0,00
Витрати, пов'язані з використанням парової тяги	0,00	0,00
Загальновиробничі та адміністративні витрати локомотивного господарства	0,88	0,00
Очищення вагонів, промивання критих та ізотермічних вагонів, підготовка цистерн під налив, обладнання вантажних вагонів для спеціальних перевезень, поточний ремонт порожніх вагонів при підготовці їх під навантаження на інших пунктах, утримання та експлуатація контейнерів	0,00	47,61

Продовження табл. 5.1

1	2	3
Поточний ремонт вантажних вагонів, обслуговування та огляд внутрішнього обладнання рефрижераторних вагонів	0,00	13,06
Загальновиробничі та адміністративні витрати вагонного господарства	0,00	9,76
Поточне утримання, обслуговування та експлуатація апаратури телеграфних і телефонних станцій, апаратури телефонного та вибіркового зв'язку, повітряних і кабельних ліній зв'язку, інших пристроїв автоматики та зв'язку залізниць, поточні та капітальні ремонти та амортизація основних засобів	2,90	0,00
Загальновиробничі та адміністративні витрати господарства сигналізації та зв'язку	0,70	0,00
Технічне обслуговування контактної мережі та ліній електропередач, тягових підстанцій, пунктів паралельного з'єднання, пристроїв зовнішнього освітлення станцій, переїздів, вантажних дворів, контейнерних майданчиків, тощо, утримання і обслуговування устаткування і пристроїв електропостачання, ліній електропередач	1,16	0,00
Капітальний і поточний ремонти та амортизація основних засобів електропостачання, амортизація інших основних засобів	0,97	0,00
Загальновиробничі та адміністративні витрати господарства електропостачання	0,84	0,00
Зміст технологічних центрів з обробки перевізних документів	2,01	0,00
Зміст відбудовних поїздів	0,79	0,00
Загальновиробничі та адміністративні витрати дирекцій залізничних перевезень	4,01	0,00
Управління залізниць та підпорядковані їм підрозділи	2,54	6,06
<b>Всього</b>	32,13 ≈ 32	76,49 ≈ 76

Встановлено, що собівартість початково-кінцевих операцій з вагонами, які прибувають і відправляються на залізничні колії незагального користу-

вання у складі організованих поїздів без переформування на станціях примикання, нижче від середньомережевої на 68 % в частині інфраструктурної та на 24 % в частині вагонної складових плати за початково-кінцеві операції.

Необхідно відзначити, що власники залізничної інфраструктури незагального користування все одно несуть витрати на її утримання та обслуговування поїздів і вагонів. Ці витрати закладаються або у вартість вантажу на станціях навантаження, або у вартість переробки вантажів у портах на припортових станціях. Це ставить підприємства, що мають власні залізничні станції, у нерівні умови конкуренції з підприємствами, які обслуговуються залізницею.

Залежності величини знижок до тарифу  $R$  для перевезень вантажів за найбільш поширеними тарифними схемами 1 та 2 у вагонах, які прибувають і відправляються на залізничні колії незагального користування у складі організованих поїздів без переформування на станціях примикання, залежно від відстані, зображено на рис. 5.4.

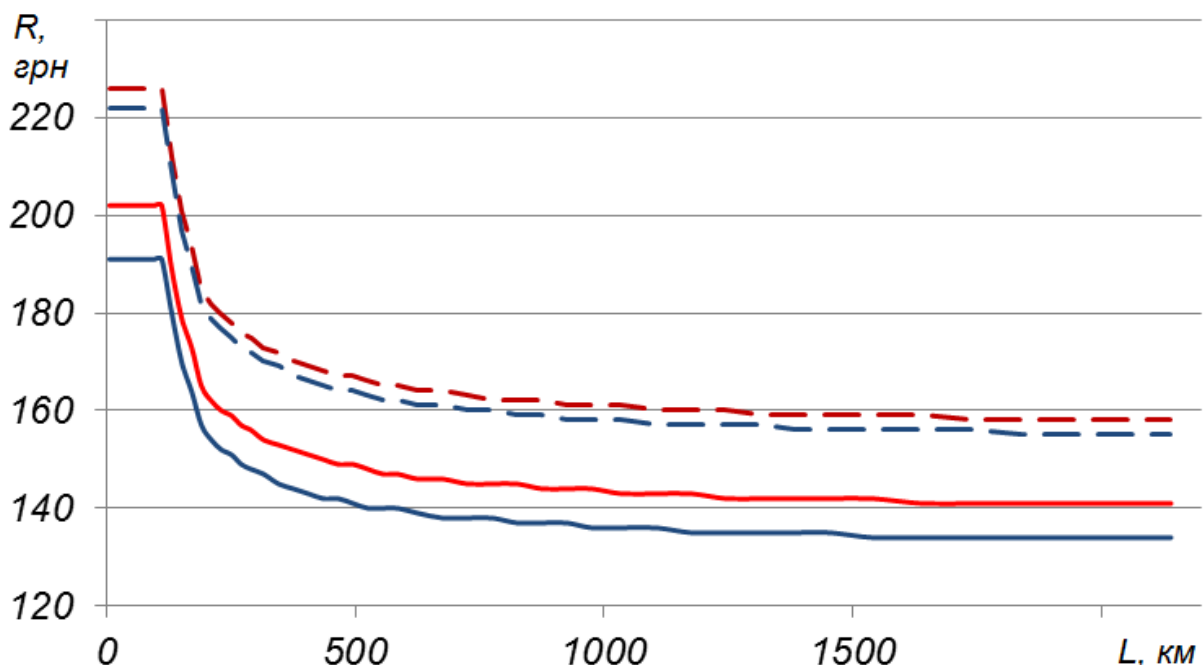


Рисунок 5.4 – Залежність знижки на початкову або кінцеву операцію від відстані перевезень

Тут величина знижки розрахована на одну операцію. При цьому прийнято, що витрати на початкову та на кінцеву операцію однакові.

Середня відстань перевезень вантажів у 2014 році склала 499,3 км. Аналіз рис. 5.4 показує, що для перевезень у межах від 301 до 2190 різниця у величині знижки для мінімальної та максимальної відстані перевезень не перевищує 10 %. У зв'язку з цим можуть бути прийняті мінімальні значення знижок. Величини цих знижок наведені в табл. 5.2.

Таблиця 5.2 – Пропоновані знижки на початкову або кінцеву операції від відстані перевезень

Тарифна схема	Знижка до тарифу	
	для вагона парку залізниць	для власного або орендованого вагона
1	158	141
2	155	134

## 5.2 Удосконалення методів тарифікації перевезень відправницьких маршрутів

Економія витрат залізниць при відправленні вантажів маршрутними відправками включає такі елементи: економію витрат на ділянках навантаження та вивантаження, що пояснюється відсутністю потреби у використанні збірних, передаточних та вивізних поїздів; економію витрат на технічних станціях у зв'язку з відсутністю переробки вагонів; економію, спричинену скороченням часу користування інвентарними вагонами. Стимулювання вантажівідправників до формування відправницьких маршрутів повинно здійснюватись за рахунок тарифів [14].

Визначення величини складових економії виконано за розрахунковими формулами «Збірника тарифів» [92].

У зв'язку з тим, що облік використання поїздів більш дорогих категорій на коротких відстанях в діючому тарифі враховується у вартості операції руху за допомогою коефіцієнта  $k$ , то виключити здорожчання тарифу можна шляхом коригування цього коефіцієнта.

Для прямих відправницьких маршрутів повинно використовуватися мінімальне значення  $k_{\min}=0,902041536$  для всіх відстаней перевезення. Для маршрутів, які прямують у розпилення, відкориговане значення коефіцієнта  $k$  може бути встановлено з виразу

$$k'(L) = \frac{k(L) + 0,902041536}{2},$$

де  $k'(L)$ ,  $k(L)$  – відповідно відкориговане і нормативне значення коефіцієнта  $k$  залежно від відстані перевезення  $L$ .

Витрати, пов'язані з переробкою вагонів, можуть бути виключені з тарифу на підставі середньої мережевої видаткової ставки вартості переробки одного вагона. При цьому знижка до тарифу визначається як

$$c_{\text{пер}} = \frac{Lz_{\text{пер}}}{\sum ns} e_{\text{пер}} (1 + r),$$

де  $z_{\text{пер}}$  – кількість переробок транзитних вагонів у мережі на рік;

$\sum ns$  – вагоно-кілометри пробігу вантажних вагонів на рік;

$e_{\text{пер}}$  – середня мережева витратна ставка вартості переробки одного вагона;

$r$  – коефіцієнт рентабельності до собівартості перевезень.

Відповідно до звіту форми ЦО-1 в 2012 році кількість вагонів, які пройшли з переробкою по мережі, склала 23134456 вагонів; пробіг вантажних вагонів склав 5729384 тис. вагоно-км. У розрахунках прийнято, що вартість переробки одного вагона становить 50,23 грн, коефіцієнт рентабельнос-



ті дорівнює 0,3. У цих умовах знижка за виключення переробки становить 0,26367 грн на 1 км.

При визначенні величини знижок для відправницьких маршрутів, що прямують у розпилення, знижка встановлюється у зв'язку з виключенням використання збірних, вивізних, передавальних поїздів на початковому етапі перевезення, а також у зв'язку з виключенням переробки на технічних станціях до станції розпилення. Для ступінчастих маршрутів, які прямують на одну станцію вивантаження, знижка встановлюється у зв'язку з виключенням використання збірних, вивізних, передавальних поїздів на кінцевому етапі перевезення, а також у зв'язку з виключенням переробки на технічних станціях по маршруту.

Знижки на вагонну складову операції руху формуються на підставі економії витрат на початкових і кінцевих ділянках перевезення, а також у зв'язку зі скороченням простоїв вагонів на сортувальних станціях. При цьому, скорочення простоїв вагонів відбувається за рахунок простоїв по прибуттю, в розформування, закінчення формування та відповідних очікувань операцій. Необхідно відзначити, що загальна тривалість цих операцій становить близько 3,5 години. Враховуючи відносно низьку вартість інвентарної вагоно-години (близько 1,06 грн), впливом маршрутизації на простої вагонів на технічних станціях можна знехтувати.

При визначенні величини знижок при перевезенні вантажів у вагонах інвентарного парку залізниць необхідно враховувати те, що до складу провізної плати включена вартість навантаженого і порожнього рейсу. Величину знижки слід визначати виходячи з вартості навантаженого рейсу. Таким чином, при розрахунку величини знижок при перевезенні у вагонах інвентарного парку враховується коригувальний коефіцієнт ( $K_{cp}$ ), який визначається за формулами:

- для інфраструктурної складової

$$K_{zp} = \frac{П_{св}}{П_{св} + П_{нв} \cdot \alpha},$$

де  $П_{св}$  – провізна плата при перевезенні вантажу у власному (орендованому) вагоні за відповідною тарифною схемою, грн/ваг.;

$П_{нв}$  – провізна плата за перевезення порожнього вагона (тарифна схема 14), грн/ваг.;

$\alpha$  – коефіцієнт порожнього пробігу до завантаженого.

- для вагонної складової:

$$K_{zp} = \frac{1}{1 + \alpha}.$$

Результати розрахунку коефіцієнта  $K_{zp}$  для інфраструктурної складової за тарифними схемами наведені у додатку Б.

Величина коефіцієнта  $K_{zp}$  для вагонної складової дорівнює:

$$K_{zp} = \frac{1}{1 + 0,686} = 0,593.$$

На основі виконаних розрахунків отримано значення знижувальних коефіцієнтів до тарифу (див. додатки В та Г), залежність яких від відстані перевезень наведено на рис. 5.5.

Зменшення величини знижувального коефіцієнта для відстаней перевезень від 0 до 200 км пов'язано з тим, що залізничний тариф складається з плати за початково-кінцеву операцію та операцію руху. При цьому знижка на маршрут пов'язана саме з операцією руху, а основна частка витрат при перевезеннях на короткі відстані пов'язана з початково-кінцевою операцією.

Порівняння пропонованих знижок зі знижками, діючими в Російській Федерації, наведено на рис. 5.6. Аналіз рис. 5.6. показує, що пропоновані знижки менші, ніж знижки, що діють в Російській Федерації. Різниця виникає

у зв'язку з тим, що у запропонованій системі знижок окремо виконується нарахування знижок на початково-кінцеві операції.

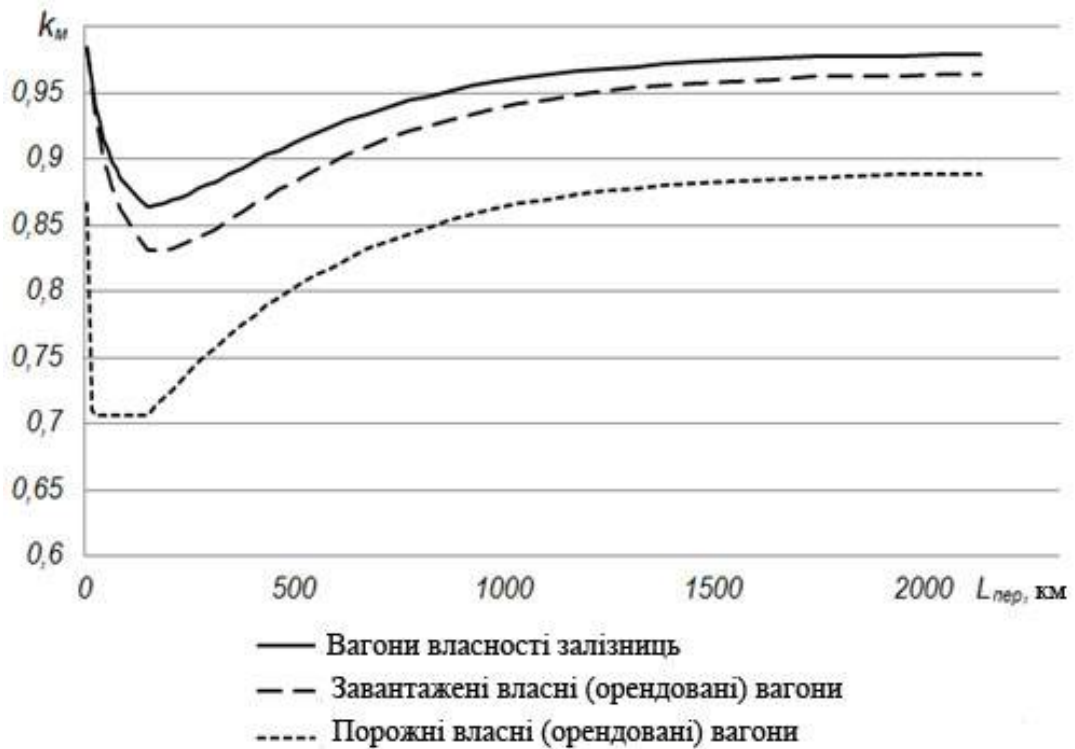


Рисунок 5.5 – Залежність знижувального коефіцієнта до тарифу від відстані перевезень



Рисунок 5.6 – Порівняння величини пропонувананих знижок на маршрути з діючою системою знижок в Російській Федерації

На рис. 5.7 представлено порівняння знижок на маршрути і початково-кінцеві операції зі знижками на маршрути, що надаються в Російській Федерації. Аналіз рис. 5.7 показує, що на відстанях понад 500 км величина знижки на інвентарні вагони є близькою до величини знижки, діючої в Російській Федерації. На відстані менше 500 км більш високе значення знижки пояснює постійним величиною знижки на початково-кінцеву операцію.



Рисунок 5.7 – Порівняння величини пропонуваніх знижок на маршрути і початково-кінцеві операції з чинною системою знижок в Російській Федерації

Необхідно також відзначити, що величина економії від маршрутизації мало залежить від належності вагонів до парку залізниць або парку власних (орендованих) вагонів. У той же час вартість перевезення таких вагонів менша, тому величина знижки є більшою.

Враховуючи, що таблиця знижувальних коефіцієнтів на маршрути в «Прейскуранті 10-01» Російської Федерації з'явилася задовго до поділу парку, то диференціація по власності вагонів в ній не передбачалася, а запропонована диференціація знижки залежно від власності вагонів дозволяє більш точно врахувати умови експлуатації.

### **5.3 Удосконалення визначення величини плати за подачу-прибирання вагонів**

Одним із затратних елементів перевізного процесу є подача та забирання вагонів із магістральних залізничних станцій на під'їзні колії. Ця операція здійснюється маневровими тепловозами, більша частина яких функціонує з подовженим терміном експлуатації. Через обмеження потужності маневрових локомотивів та довжини колій подача-прибирання вагонів здійснюється за декілька етапів.

Згідно з положеннями Збірника тарифів збір за подачу та забирання вагонів на (з) під'їзні (их) колії (їй) локомотивом залізниці визначається залежно від фактичної кількості поданих і прибраних вагонів за звітну добу і від відстані у два кінці.

Базові ставки зборів для під'їзних колій та інших місць незагального користування, які не перебувають на балансі залізниць, визначаються за [92].

Для того щоб стимулювати вантажовідправників до подовження та електрифікації приймально-відправних колій незагального користування для забезпечення можливості прийому та відправлення повносоставних поїздів, збір за подачу та забирання вагонів на ці під'їзні колії локомотивами залізниці доцільно визначати як збільшення локомотивної складової у тарифі

$$P_{п(у)} = k_{л} \frac{l_{нп}}{L} C(L),$$

де  $l_{нп}$  – відстань пробігу поїзного локомотива по залізничній колії незагаль-

ного користування;

$C(L)$  – тариф за перевезення вантажів залізницями загального користування на відстань  $L$ ;

$k_{л}$  – частка локомотивної складової у вартості послуг магістральної інфраструктури та локомотивної тяги.

Запропонований крок дасть суттєвий стимул для розвитку приватної залізничної інфраструктури, так як витрати на подачу-прибирання вагонів при цьому зменшуються більше ніж у 10 разів.

#### **5.4 Дослідження ефективності функціонування приватних термінальних станцій**

Мінімальне технічне оснащення приватних терміналів повинно забезпечувати прямування поїздів, як мінімум, до найближчої сортувальної станції (не враховуючи станцію примикання). Стимули для розвитку і утримання відповідного технічного забезпечення надає економія від плати за початково-кінцеві операції та подачу-забирання вагонів. Окрім того, такі термінали можуть надавати послуги з формування прямих відправницьких маршрутів або маршрутів у розпилення, а також відправлення їх за розкладом.

Будівництво та експлуатація приватних термінальних станцій вимагає капітальних та експлуатаційних витрат від їх власників. Можливими шляхами покриття витрат на утримання нових парків та виконання маневрової роботи є плата за початково-кінцеві операції, плата за накопичення відправницьких маршрутів, а також плата за перевалку вантажів. При цьому передбачається, що у перспективі перші дві складові повинні повністю покривати витрати на будівництво та експлуатацію залізничної інфраструктури.

У зв'язку з цим пропонується умовно розділяти інфраструктуру приватних термінальних станцій на дві частини: основну, що виконує операції з приймання, переробки та відправлення вагонопотоків, та додаткову, що за-

безпечує накопичення відправницьких маршрутів. При цьому, використання основної інфраструктури повинно покриватись за рахунок усіх клієнтів, вагони яких переробляються на приватній термінальній станції, використання додаткової інфраструктури покриваються лише за рахунок тих клієнтів, які користуються послугами з маршрутизації перевезень.

Величина плати за початково-кінцеві операції визначається із умов відшкодування пов'язаних з ними витрат і забезпечення загальної конкурентоспроможності послуг припортової станції та її вантажних комплексів у порівнянні з іншими маршрутами перевезень вантажів.

Величина вартості послуг з формування відправницьких маршрутів повинна забезпечувати відшкодування витрат, пов'язаних з ними.

Робота, що необхідна для формування відправницьких маршрутів, складається з маневрової роботи та процесу накопичення вагонів до встановленої маси чи довжини маршруту.

Процес накопичення – процес зайняття колії (колій) вагонами (групами вагонів), що очікують підводу вагонів (груп вагонів), необхідних для формування состава поїзда встановленої маси або довжини.

Для накопичення вагонів на окремі призначення на припортових станціях виділяються сортувальні колії, на які направляють вагони у процесі розформування передач, що надходять з вантажних фронтів. У випадку, якщо в процесі розформування передач сортувальна колія переповнюється, вагони направляються на відсівні колії, після чого вони підлягають повторному сортуванню. Для накопичення составів поїздів, вагонопотік яких перевищує 200 вагонів, виділяється 2 сортувальні колії.

Створення додаткової колійної ємності пов'язано з капітальними витратами на будівництво та експлуатаційними витратами на утримання.

Будівництво в сортувальному парку додаткової сортувальної колії вимагає укладання саме додаткової колії, а також додаткових стрілочних переводів та додаткових гальмових уповільнювачів.

Кількість колій у сортувальному парку станції визначається кількістю підходів, які вона обслуговує. Відповідно додаткові витрати, пов'язані з будівництвом та обслуговуванням однієї додаткової колії у сортувальному парку, можуть бути визначені за виразом

$$E_M = E_K + \frac{(n_{cm} - n_{c,min})E_c + (n_{ym} - n_{y,min})E_y}{n_M}.$$

Маневрова робота з формування відправницьких маршрутів являє собою сукупність робіт, що виконується маневровими засобами, яка необхідна для формування маршруту встановленої маси та довжини. При цьому до маневрових засобів належать маневрові локомотиви та сортувальні пристрої. Тривалість зайнятості маневрових засобів роботами з формування прямих відправницьких маршрутів складається з часу на виконання окремих операцій, які в залежності від призначення підрозділяються на:

- розформування-формування составів із сортувальної гірки (з витяжних колій);
- закінчення формування составів із сортувальної гірки (з витяжних колій);
- перестановки вагонів та составів з колії на колію або з парка в парк.

Необхідно відмітити, що вказані операції виконуються з вагонами, що відправляються як при маршрутизації вагонопотоків, так і при її відсутності. Збільшення довжини стрілочних горловин при спорудженні додаткових колій, а також поява нових призначень, призводить до деякого збільшення витрат на маневрову роботу з формування та закінчення формування составів. Однак таке збільшення є несуттєвим і надалі не враховувалось.

Процес накопичення вагонів на окреме призначення зображено на рис. 5.8.



При цьому в умовах випадкового надходження вагонів на сортувальні колії час від часу виникає їх переповнення, у зв'язку з чим групи вагонів повинні направлятись на «відсівні колії» і підлягати повторному сортуванню. За допомогою розробленої у розд. 3 моделі виконано обчислювальні експерименти щодо визначення залежності між добовим вагонопотоком та витратами на додаткове сортування вагонів. Встановлено, що залежність між цими величинами може бути описана поліномом другого ступеня, зокрема для умов «ТІС» у вигляді виразу

$$C_{\text{доп}} = 0,152N^2 + 7,12N - 600 \text{ грн за добу.}$$

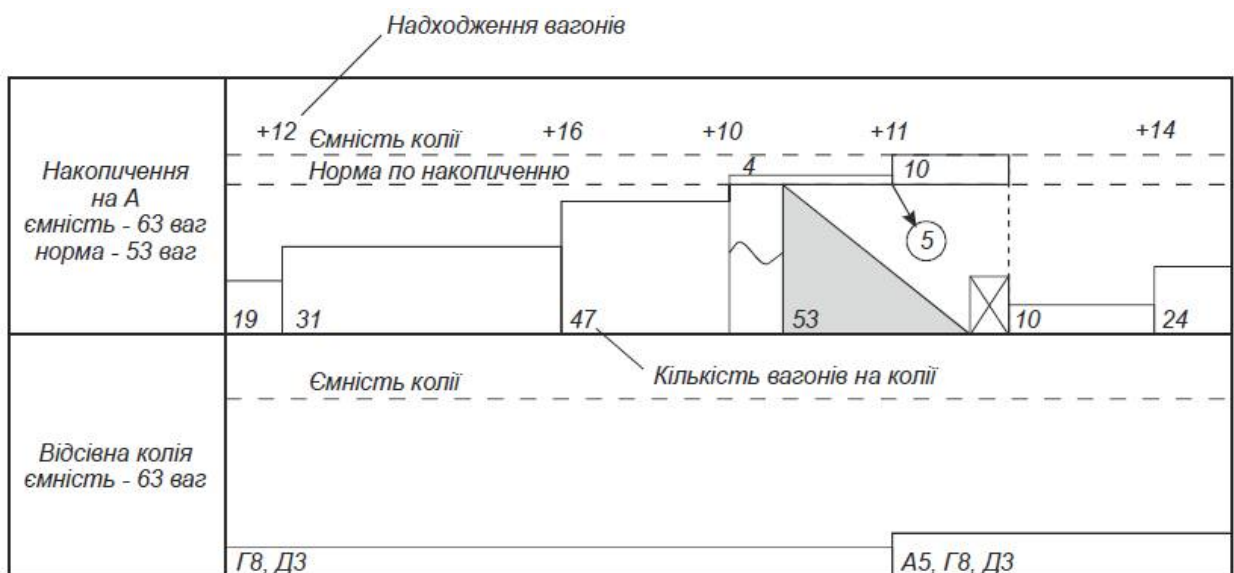


Рисунок 5.8 – Фрагмент графіка роботи сортувального парку

При виділенні для призначення двох колій додаткові витрати на повторне сортування вагонів не виникають.

Відповідно до характеру роботи станція Хімічна являє собою приватну вантажну станцію, яка обслуговує морський порт. Станція Хімічна формує передавальні поїзди на станцію Чорноморська Одеської залізниці. Відстань перевезень від станції Хімічна до станції Чорноморська становить 32 км, що

відповідає відстані від переважного числа вантажних станцій у транспортних вузлах до сортувальних станцій. При відправленні всіх вагонів на станцію Чорноморська в Транспортному вузлі «ТІС» має бути 3-4 колії для накопичення передач і їх відправлення.

Після будівництва парку Южний Транспортний вузол «ТІС» буде перетворений в припортову залізницю з припортовою сортувальною станцією. При цьому з'являється можливість відправлення переважної частини поїздів з проходження станції Чорноморська на ходу. Можливими призначеннями вагонопотоків з Транспортного вузла «ТІС» є станції Помічна (254 км) і Вапнярка (375 км), що відповідає середній відстані, яку вагони пройдуть між станціями переробки (275 км). При такій організації вагонопотоків у Транспортному вузлі «ТІС» має бути 4 сортувально-відправних колії: дві колії для відправлення на Помічну, одна колія для відправлення на станцію Вапнярка і одна колія для відправлення на станцію Чорноморська та згладжування коливань вагонопотоків. Додаткова колійна ємність у кількості двох сортувально-відправних колій необхідна для виконання операцій відправлення та для простою поїздів в очікуванні відправлення на перегін. У подальших розрахунках прийнято, що в Транспортному вузлі «ТІС» має бути мінімум 8 сортувальних колій для сортування вагонопотоку прибуття і 6 сортувально-відправних колій для сортування та накопичення вагонопотоків відправлення.

Спорудження в сортувальному парку додаткової сортувальної колії вимагає укладання додаткових стрілочних переводів і гальмівних уповільнювачів. Сортувальний парк на 14 сортувальних колій повинен мати 26 стрілочних переводів, а на 24 сортувальних колій – 46 стрілочних переводів. Таким чином, спорудження додаткових 10 сортувальних колій вимагає укладання додаткових 20 стрілочних переводів, або 2 стрілочних переводів на колію. Додаткові 10 сортувальних колій вимагають укладання також 22 гальмівних уповільнювачів (2 на пучкову гальмівну позицію і по одному на сортувальну колію на парковій гальмівній позиції). Отже, на одну сортувальну колію при-

падає 1,2 гальмівних уповільнювача.

У розрахунках прийнято, що вагонопотік Транспортного вузла «ТІС» буде складати 2200 вагонів на добу (40 поїздів), вартість спорудження парку Южний складає 560 млн грн, вартість однієї колії становить 8,0 млн грн, вартість укладання одного стрілочного переводу 880 тис. грн, вартість гальмівних уповільнювачів з укладанням і системою управління 1,2 млн грн, термін окупності капітальних вкладень – 8 років, річні витрати на утримання станційної інфраструктури прийняті рівними 10 % від будівельної вартості.

Таким чином, загальна вартість інфраструктури для формування відправницьких маршрутів становитиме

$$C_{\text{доп}}=10\cdot(8+0,88\cdot 2+1,2\cdot 1,2)=112 \text{ млн грн.}$$

Вартість основної інфраструктури для відправлення вагонопотоку становитиме

$$C_{\text{осн}}=560-112=448 \text{ млн грн.}$$

При прийнятому терміні окупності та витрати на утримання станції вартість переробки вагона на станції становитиме

$$C_{\text{вб}} = \frac{448 \cdot (0,1 + 1/8)}{365 \cdot 2200} 10^6 = 126 \text{ грн на вагон.}$$

Пропонована величина знижки на НКО становить 134 грн для власного (орендованого) вагона і 155 грн для вагона власності залізниць. При включенні Транспортного вузла «ТІС» в план формування Укрзалізниці наскрізні поїзди, що відправляються на станції Помічна і Вапнярка, будуть являти собою фактично маршрути в розпилення. При цьому знижки на маршрутну відправку до станції Помічна (254 км) становлять 126 грн, а до станції Вапнярка (375 км) 164 грн. Додатковий економічний ефект виникає через те, що подача-прибирання вагонів в Транспортний вузол «ТІС» буде здійснюватися в поїзному режимі. Величина зменшення витрат, порівняно з існуючими ви-

тратами на подачу-прибирання, становитиме не менше 32 грн на вагон.

У цілому, при отриманні всіх знижок економія в логістичному ланцюзі постачань в Транспортний вузол «ТІС» буде становити

$$C_{\text{эк}} = 134 + 32 + \frac{126 \cdot 2 + 164}{4} = 270 \text{ грн.}$$

Допустима вартість маневрової роботи на коліях станції становить  $270 - 126 = 144$  грн на вагон.

Аналіз вартості послуг залізниці із обслуговування маневровими локомотивами портів наведено в табл. 5.3.

Таблиця 5.3 – Витрати на обслуговування морських портів локомотивами залізниці

Збори	Берегова	Одесса-Порт	Іллічівськ
За подачу-прибирання	79,9	49,8	92,9
За виконання маневрової роботи	3	0	19,2
Всього	82,9	49,8	103,1

Аналіз даних табл. 5.3 показує, що витрати у розмірі 144 грн на вагон є прийнятними.

Маршрутизація вимагає додаткових витрат на спорудження та утримання колійної інфраструктури. У цілому ці витрати складають

$$C_{\text{п}} = \frac{(8,0 + 0,88 \cdot 2 + 1,2 \cdot 1,2)(0,1 + 1/8)}{365} 10^6 = 6904,0 \text{ USD за добу на одну}$$

колію.

Питома залежність витрат на формування відправницького маршруту від добового вагонопотоку, віднесена на один вагон, наведена на рис. 5.9.

На основі аналізу встановлено, що у випадку, коли для маршрутних ві-

дправок будуть застосовуватись знижувальні коефіцієнти, розвиток додаткової інфраструктури та її утримання є доцільним при добовому вагонопотоку 75 і більше вагонів. Якщо вказані витрати будуть частково покриватись за рахунок економії плати за користування вагонами, маршрутизація вагонопотоків буде доцільною при добовому вагонопотоці понад 50 вагонів.

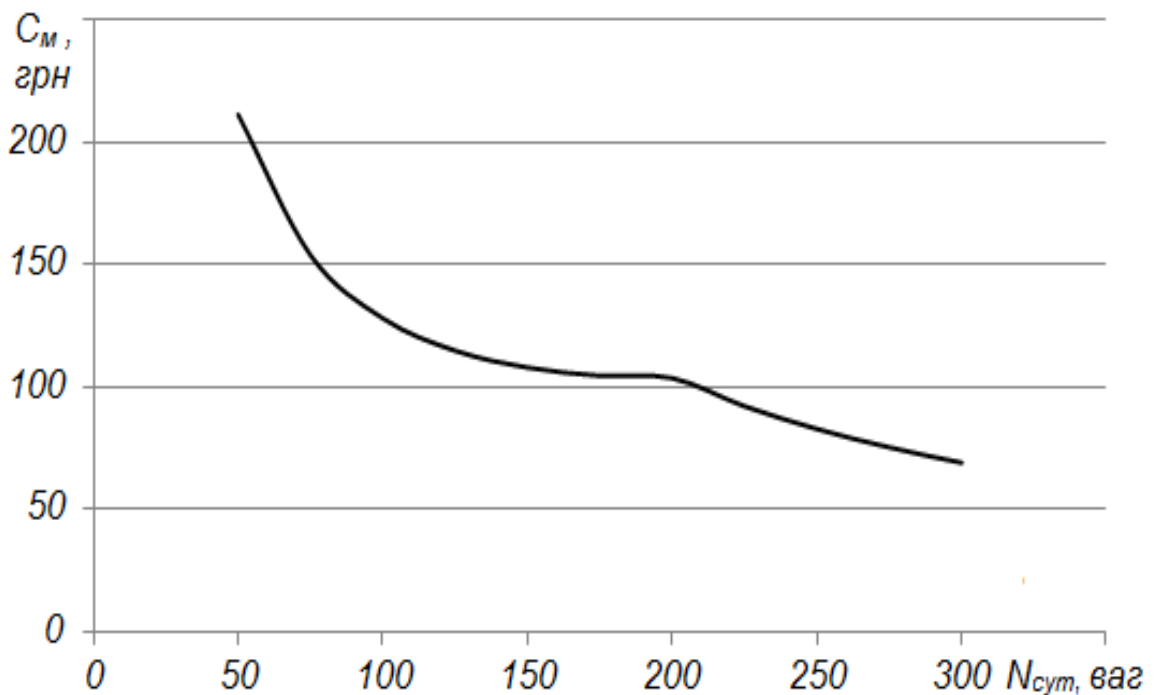


Рисунок 5.9 – Залежність вартості послуг з формування відправницьких маршрутів від добового вагонопотоку

Удосконалення тарифної політики залізниць з метою демонополізації сектору термінальних операцій у портах дозволить наблизити величину тарифу до собівартості перевезень, створить умови до інвестування коштів у термінальну транспортну інфраструктуру, дозволить зменшити загальні логістичні витрати на перевезення вантажів і, у результаті, з одного боку, підвищити ефективність та привабливість для вантажовласників транспортної системи України, з іншого – збільшити конкурентоспроможність вітчизняних товарів на зовнішніх ринках.

Після закінчення періоду окупності капітальних видатків економія витрат у логістичних ланцюгах поставки вітчизняних вантажів на експорт та транзитних вантажів складу 84 млн грн.

### **5.5 Висновки за розділом 5**

1. Удосконалення тарифної політики залізниць з метою демонополізації сектору термінальних операцій дозволить наблизити величину тарифу до собівартості перевезень, створить умови до інвестування коштів в термінальну транспортну інфраструктуру, дозволить зменшити загальні логістичні витрати на перевезення вантажів і, в результаті, підвищити конкурентоспроможність вітчизняних товарів на зовнішніх ринках. Економічною основою для розвитку приватних залізничних станцій є введення знижувальних коефіцієнтів для відправницьких маршрутів, а також надання знижок за виконання початково-кінцевих операцій для приватних станцій, прямування вагонів на які та з яких виконується у складі організованих поїздів.

2. Отримана залежність вартості послуг з формування відправницьких маршрутів від добового вагонопотоку. Встановлено, що у випадку, коли для маршрутних відправок будуть застосовуватись знижувальні коефіцієнти, розвиток додаткової інфраструктури і її утримання є доцільним при добовому вагонопотоці 75 і більше вагонів. Якщо вказані витрати будуть частково покриватись за рахунок економії плати за користування вагонами, маршрутизація вагонопотоків буде доцільною при добовому вагонопотоці понад 50 вагонів.

3. Оцінка логістичних витрат, пов'язаних з перевезеннями вантажів залізничним транспортом в Транспортний вузол «ТІС» для перевантаження на морський транспорт, показує, що розвиток його інфраструктури забезпечує скорочення витрат на доставку вантажів у морські порти після закінчення періоду окупності на 84 млн грн на рік.

## ВИСНОВКИ

Дисертаційна робота містить отримані автором результати, які в сукупності вирішують науково-практичне завдання підвищення ефективності взаємодії залізничного та водного транспорту за рахунок експлуатації приватних припортових станцій. Виконані в роботі дослідження дозволяють зробити такі висновки та пропозиції:

1. Аналіз наукових робіт, присвячених проблемі удосконалення перевезень вантажів у залізнично-водному сполученні та організації роботи припортових залізничних станцій, показав, що на сьогодні однією із основних проблем транспортної галузі є диспропорція в розвитку морських портів та залізничної інфраструктури, що забезпечує доставку вантажів у них. Розв'язання проблеми може досягатися за рахунок залучення інвестицій у розвиток приватної припортової залізничної інфраструктури. Експлуатація такої інфраструктури потребує удосконалення методів організації роботи припортових станцій та їх взаємодії з іншими учасниками перевізного процесу.

2. Запропоновано удосконалений метод оцінки розрахункових обсягів роботи залізничних станцій, що ґрунтується на методах аналізу часових рядів та математичного моделювання. Розрахункові обсяги роботи визначаються з урахуванням місячної та добової нерівномірності. Місячну нерівномірність пропонується оцінювати по відношенню до тренда показника за останні 3-5 років. Як розрахунковий період для оцінки добової нерівномірності пропонується використовувати 30-тиденний період у попередньому році з найбільшим сумарним обсягом робіт. Розміри розрахункових порожніх вагонопотоків пропонується визначати на підставі завантажених вагонопотоків із застосуванням матриці ймовірності використання вагонів під здвоєні операції. Розрахунок коефіцієнтів нерівномірності для умов роботи Транспортного вузла

«ТІС» показав, що коефіцієнт місячної нерівномірності складає 1,25, добової нерівномірності – 1,18.

3. Традиційна система оцінки показників функціонування залізничного транспорту, що ґрунтується на визначенні середніх простоїв вагонів на станціях та їх обігу в підрозділах залізниць не дає достатньо чіткої інформації приватним терміналам для диференціації якості своїх послуг за окремими вантажовласниками та конкуренції за окремі вагонопотоки. У зв'язку з цим запропоновано здійснювати оцінку обігу вагонів і нерівномірності перевезень за окремими вантажовідправниками. Зокрема, статистичний аналіз обігу вагонів, які задіяні при перевезенні залізничної сировини з Полтавського ГЗК в Транспортний вузол «ТІС» показав, що тривалість завантаженого рейсу в середньому на 10,2 годин менша, ніж порожнього. Тому удосконалення організації вагонопотоків може забезпечити скорочення логістичних затрат, пов'язаних з експортом вантажів.

4. Розроблено графоаналітичну модель функціонування залізничних станцій, яка містить модель технічного забезпечення станції, модель процесу функціонування станції, список об'єктів, що обслуговуються на станції, та список технологій обслуговування об'єктів. Вказані моделі побудовані з використанням методів теорії графів та об'єктно-орієнтованого аналізу. Запропонована модель забезпечує підвищення швидкості людино-машинної взаємодії за рахунок: автоматизованої побудови плану-графіка роботи станції з урахуванням повного комплексу операцій, що відповідають технології обслуговування об'єктів; автоматизованої модифікації груп операцій і автоматичного розрахунку показників роботи станції. Використання розробленої моделі дозволяє знизити навантаження на інженерів-технологів під час розробки технології роботи станцій та комплексного аналізу їх функціонування за рахунок скорочення рутинних операцій.



5. Для дослідження процесів маршрутизації перевезень розроблена математична модель, що імітує рух вагонів у кільцевому маршруті. В процесі моделювання імітуються процеси руху вагонів залізницею та їх обслуговування на станціях навантаження та вивантаження. В результаті роботи модель дозволяє визначати час знаходження вагонів в окремих стадіях перевізного процесу та загальний парк вагонів, необхідний для здійснення перевезень.

6. Удосконалено метод оцінки ефективності маршрутизації перевезень вантажів залізничним транспортом. На відміну від існуючих підходів ефективність маршрутизації запропоновано оцінювати комплексно – з позицій вантажовідправника, перевізника та вантажоодержувача. На основі імітаційного моделювання виконано оцінку ефективності маршрутизації порожніх вагонопотоків з Транспортного вузла «ТІС» на Полтавський ГЗК. Удосконалення організації вагонопотоків забезпечує скорочення витрат у логістичному ланцюзі у розмірі порядку 8,6 млн грн на рік. Економія витрат для Полтавського ГЗК досягається за рахунок прискорення обігу вагонів, а для залізниці – за рахунок виключення переробки вагонів на станції Чорноморська. Транспортний вузол «ТІС» несе додаткові витрати через необхідність утримання додаткової колійної ємності для накопичення маршрутів. Тому для організації відправницької маршрутизації необхідно забезпечувати компенсації додаткових витрат станціям формування маршрутів.

7. Організація руху вантажних поїздів за розкладом є заходом, що забезпечує підвищення швидкості доставки вантажів та зниження нерівномірності перевезень. Встановлено, що організація руху поїздів за розкладом на маршруті Полтавський ГЗК–Транспортний вузол «ТІС» може забезпечити підвищення швидкості доставки на 85 %. В той же час, необхідність відправлення поїздів точно за розкладом викликає додаткові простої вагонів в

очікуванні відправлення тривалістю 1...2 години в залежності від розмірів добового вагонопотоку. В цілому запропонований захід забезпечує скорочення обігу вагонів на 20 % та зменшення витрат на перевезення на 4,8 %. Організація руху поїздів за розкладом може бути основою з удосконалення внутрішніх технологічних процесів підприємств та форсування пропускної спроможності існуючої транспортної системи в періоди збільшення обсягів перевезень.

8. Удосконалення тарифної політики залізниць з метою демонополізації сектору термінальних операцій дозволить наблизити величину тарифу до собівартості перевезень, створить умови до інвестування коштів в термінальну транспорту інфраструктуру, дозволить зменшити загальні логістичні витрати на перевезення вантажів і, в результаті, підвищити конкурентоспроможність вітчизняних товарів на зовнішніх ринках. Економічною основою для розвитку приватних залізничних станцій є введення знижувальних коефіцієнтів для відправницьких маршрутів, а також надання знижок за виконання початково-кінцевих операцій для приватних станцій, прямування вагонів на які та з яких виконується у складі організованих поїздів.

9. Отримана залежність вартості послуг з формування відправницьких маршрутів від добового вагонопотоку. Встановлено, що у випадку, коли для маршрутних відправок будуть застосовуватися знижувальні коефіцієнти, то розвиток додаткової інфраструктури і її утримання є доцільним при добовому вагонопотоку 75 і більше вагонів. Якщо вказані витрати будуть частково покриватись за рахунок економії плати за користування вагонами, маршрутизація вагонопотоків буде доцільною при добовому вагонопотоці понад 50 вагонів.

10. Оцінка логістичних витрат, що пов'язані з перевезеннями вантажів залізничним транспортом в Транспортний вузол «ТІС» для перевантаження на морський транспорт, показує, що розвиток його інфраструктури забезпечує скорочення витрат на доставку вантажів у морські порти після закінчення періоду окупності на 84 млн грн на рік.

## БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Альошинський Є. С. Аналіз проблем та перспектив розвитку інфраструктури припортових залізничних вузлів / Є. С. Альошинський, С. О. Світлична // Перспективные инновации в науке, образовании, производстве и транспорте : сборник научных трудов Междунар. научно-практ. конф. SWorld, 21 июня – 03 июля 2012 г. – Режим доступа : <http://www.sworld.education/konfer27/101.pdf>.
2. Балалаев А. С. Организационно-технологические проблемы взаимодействия железнодорожного и морского транспорта и направления их решения / А. С. Балалаев // Транспорт Урала. – 2009. – № 3 (22). – С. 11-15.
3. Бобровский В. И. Функциональное моделирование железнодорожных станций в тренажерах оперативно-диспетчерского персонала / В. И. Бобровский, Р. В. Вернигора // Математичне моделювання. –2000. –№2(5). – С. 68–71.
4. Бобровский В. И. Эргатические модели железнодорожных станций / В. И. Бобровский, Д. Н. Козаченко, Р. В. Вернигора // Зб. наук. праць КУЕТТ: Серія «Транспортні системи і технології». – Київ : КУЕТТ, 2004. – Вып. 5. – С. 80-86.
5. Бобровский В. И. Технико-экономическое управление железнодорожными станциями на основе эргатических моделей / В. И. Бобровский, Д. Н. Козаченко, Р. В. Вернигора // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2004. – № 6. – С. 17-21.
6. Бодюл В. И. Повышение ритмичности и эффективности транспортного производства на основе снижения внутрисуточной неравномерности перевозок на железных дорогах: дисс. ... докт. техн. наук: 05.22.08 / Валерий Иванович Бодюл; ВНИИЖТ. – Москва, 2006. – 318 с.
7. Бутько Т. В. Удосконалення сумісної роботи портів та залізничних вузлів в умовах зростання вантажопотоків / Т. В. Бутько, Т. В. Головка // Зб. наук. праць ДонІЗТ. – Донецьк, 2006. – Вип. 8. – С. 5-13.

8. Бутько Т. В. Усовершенствование технологии работы припортовой станции / Т. В. Бутько, Т. В. Головки // Зб. наук. праць. – Київ : КУЕТТ, 2004. – Вип. 5. – С. 87-91.

9. Бутько Т. В. Удосконалення сумісної роботи портів та залізничних вузлів на основі логістичних методів / Т. В. Бутько, Д. В. Ломотко, Т. В. Головки // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2007. – № 3/6 (27). – С. 10-16.

10. Бутько Т. В. Формування математичної моделі взаємодії залізничного транспорту та поромного комплексу / Т. В. Бутько, О. В. Лаврухін, Т. В. Головки // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2011. – № 6/9 (54). – С. 66-69.

11. Верлан А. И. Совершенствование методов стимулирования отправительской маршрутизации на железнодорожном транспорте / А. И. Верлан // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – 2014. – № 1(49). – С. 75-85.

12. Верлан А. И. Графо-аналитическая модель функционирования железнодорожных станций / А. И. Верлан // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2014. – Т. 6. – № 3(72). – С. 21-26.

13. Верлан А. И. Підвищення ефективності управління приватним вагонним парком за рахунок відправницької маршрутизації порожніх вагонопотоків / А. И. Верлан, Д. М. Козаченко, Р. В. Вернигора // Залізничний транспорт України. – 2012. – № 6. – С. 35-37.

14. Верлан А. И. Совершенствование методов технико-экономической оценки эффективности перевозки грузов отправительскими маршрутами / А. И. Верлан, Е. П. Пинчук, И. Л. Журавель // Зб. наук. праць Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна «Транспортні системи та технології перевезень». – Дніпропетровськ, 2014. – Вип. 7. – С. 10-14.

15. Верлан А. И. Совершенствование организации вагонопотоков в ло-

гистической цепи поставки железнорудного сырья с Полтавского ГОКа в транспортный узел ТИС / А. И. Верлан, Д. Н. Козаченко, А. М. Шепета // 36. наук. праць Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна «Транспортні системи та технології перевезень». – Дніпропетровськ, 2012. – Вип. 3. – С. 20-24.

16. Верлан А. И. Перспективы развития морского терминала навалочных грузов «Трансинвестсервис» / А. И. Верлан, Ф. Н. Доброносков // Перспективы взаємодії залізниць та промислових підприємств : тези доп. 1-ї Міжнар. науково-практ. конф. (Моршин, 23-25 лютого 2012 р.) – Дніпропетровськ : ДНУЗТ, 2012. – С. 16-18.

17. Верлан А. И. Проблемы маршрутизации вагонопотоков в условиях эксплуатации частного парка грузовых вагонов / А. И. Верлан, Е. П. Пинчук // Перспективы взаємодії залізниць та промислових підприємств: тези доп. II-ї Міжнар. науково-практ. конф. (с. Кострине, 21-23 лютого 2013 р.) – Дніпропетровськ : ДНУЗТ, 2013. – С. 6-9.

18. Верлан А. И. Пути повышения эффективности взаимодействия железнодорожного и морского транспорта / А. И. Верлан, Н. И. Березовый, В. В. Малашкин // Перспективы взаємодії залізниць та промислових підприємств: тези доп. III-ї Міжнар. науково-практ. конф. (Дніпропетровськ, 27-28 лютого 2014 р.) – Дніпропетровськ : ДНУЗТ, 2014. – С. 4-6.

19. Вернигора Р. В. Анализ неравномерности грузовых перевозок на магистральном и промышленном железнодорожном транспорте / Р. В. Вернигора, Н. И. Березовый // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2012. – № 2/3(56). – С. 62-67.

20. Ветухов Е. А. Определение уровня загрузки станций методом моделирования их работы на ЭЦВМ / Е. А. Ветухов, Е. А. Сотников // Железнодорожный транспорт. – 1969. – №7. – С. 34-37.

21. ВНТП 81. Нормы технологического проектирования тепловых электрических станций. – Утв. Протоколом научно-технического Совета Минэнерго СССР от 17.08.1981 г. №99. – Москва: Изд-во стандартов, 1981. – 46 с.

22. Галин А. В. Сухие порты как часть транспортной инфраструктуры. направления развития / А. В. Галин // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. – 2014. – №2 (24). – С. 87-92.

23. Галин А. В. Сухие порты как часть транспортной инфраструктуры. Направления развития / А. В. Галин // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. – 2014. – № 2 (24). – С. 87-92.

24. Галлямова Ю. Припортовые ж/д станции могут отдать в управление портам [Электронный ресурс] // РБК: ежедневная деловая газета. – 19.03.2012. – Режим доступа: <http://www.rbcdaily.ru/industry/562949983288176>.

25. Голик Т. М. Единая технология работы станции и порта / Т. М. Голик, А. М. Горчаков // Железнодорожный транспорт. – 1963. – № 9. – С. 83-85.

26. Державна цільова програма реформування залізничного транспорту на 2010-2015 роки: постанова Кабінету Міністрів України від 16 грудня 2009 р. № 1390.

27. Захаров А. Г. Совершенствование планирования и анали за грузовых перевозок на железнодорожном транспорте / А. Г. Захаров. – Москва : Транспорт, 1990. – 239 с.

28. Ивницкий В. А. Оперативный анализ работы и нормирование простоев на станции с использованием имитационного моделирования / В. А. Ивницкий, А. Г. Миркин // Вестник ВНИИЖТа. – 1990. – №7. – С. 7-10.

29. Інструкція з калькулювання собівартості перевезень на залізничному транспорті України. – Затв. наказом Укрзалізниці від 15.01.2009 №15-Ц.

30. Кириченко Г. І. Оптимізація взаємодії залізниці та вантажовласника – мета розробки інформаційних технологій / Г. І. Кириченко // Проблеми транспорту : зб. наук. пр.– Вип. 7. – Київ : НТУ, 2010. – С.239-246.

31. Кириченко Г. І. Проблематика застосування інформаційних техно-

логій в управлінні процесами доставки вантажу / Г. І. Кириченко // Проблеми транспорту : зб. наук. пр. – Вип. 9. – Київ : НТУ, 2012. – С. 17-27.

32. Козаченко Д. М. Удосконалення методів оцінки роботи залізничного транспорту у сфері міжнародних транзитних перевезень / Д. М. Козаченко, А. І. Верлан, Ю. Н. Германюк // Залізничний транспорт України. – 2013. – № 2(99). – С. 40-42.

33. Козаченко Д. М. Програмний комплекс для імітаційного моделювання роботи залізничних станцій на основі добового плану-графіку / Д. М. Козаченко, Р. В. Вернигора, Р. Г. Коробйова // Залізн. трансп. України. – 2008. – № 4(70). – С. 18-20.

34. Козаченко Д. Н. Объектно-ориентированная модель функционирования железнодорожных станций / Д. Н. Козаченко // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту. – 2013. – № 46. – С. 47-55.

35. Козаченко Д. Н. Исследование эффективности организации перевозок металлургических грузов по расписанию / Д. Н. Козаченко, А. И. Верлан, Ю. Н. Германюк // Вестник Белорусского государственного университета транспорта: Наука и транспорт. – 2013. – №1 (26). – С. 52-55.

36. Козаченко Д. Н. Оценка эффективности маршрутизации перевозки массовых грузов железнодорожным транспортом в современных условиях / Д. Н. Козаченко, Р. В. Вернигора, А. И. Верлан // Збірник наукових праць Донецького інституту залізничного транспорту. – Донецьк, 2012. – Вип. 31. – С. 25-29.

37. Козаченко Д. Н. Исследование перевозок грузов в условиях организации движения грузовых поездов по расписанию / Д. Н. Козаченко, А. И. Верлан, В. О. Баланов // Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту: тези 73 Міжнар. науково-практ. конф. (Дніпропетровськ, 23–24 травня 2013 р.) – Дніпропетровськ : ДНУЗТ, 2013. – С. 142-143.

38. Козаченко Д. Н. Совершенствование управления вагонами приват-



ного парка / Д. Н. Козаченко, А. И. Верлан, Р. В. Вернигора // Проблемы безопасности на транспорте : материалы VI междунар. науч.-практ. конф., 29–30 нояб. 2012 г., г. Гомель / Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель, 2012. – С. 25-27.

39. Козаченко Д. Н. Совершенствование логистики перевозок металлургических грузов на основании использования твердых ниток движения грузовых поездов / Д. Н. Козаченко, А. И. Верлан, Ю. Н. Германюк // Проблемы и перспективы развития транспортных систем и строительного комплекса : материалы III Междунар. научно-практ. конф. (Гомель, 17-18 октября 2013 г.) – Гомель : БелГУТ, 2013. –С. 82-84.

40. Козаченко Д. Н. Совершенствование логистики экспортных перевозок железорудного сырья в транспортный узел ТИС / Д. Н. Козаченко, Р. В. Вернигора, А. И. Верлан // Железнодорожные перевозки горно-металлургических грузов РФ: тезисы III-й междунар. конф. (Москва, 1-2 ноября 2012 г.) – Москва: Maxconference, 2012. – С. 52-53.

41. Козаченко Д. Н. Совершенствование логистики перевозки грузов на основании движения грузовых поездов по расписанию / Д. Н. Козаченко, А. И. Верлан, Ю. Н. Германюк // Транзитный потенциал Украины. Эффективная инфраструктура и логистика на транспорте в странах Юго-Восточной Европы: сборник трудов 16-й Междунар. конф. по транспорту и логистике, г. Одесса, 15-16 октября 2013 г. – Одесса, 2013. – С. 89.

42. Козаченко Д. Н. Определение расчетных объемов работ для магистральных и промышленных железнодорожных станций / Д. Н. Козаченко, А. И. Верлан, А. В. Горбова // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – 2015. – № 3(57). –С. 105-115.

43. Козаченко Д. М. Програмні засоби для функціонального моделювання залізничних станцій / Д. М. Козаченко, І. Л. Журавель, О. М. Пасічний // Збірник наукових праць Донецького інституту залізничного

транспорту української державної академії залізничного транспорту. – Донецьк, 2013. – Вип. 36. – С. 25-33.

44. Козаченко Д. Н. Автоматизированное формирование функциональных моделей железнодорожных станций / Д. Н. Козаченко, Р. В. Вернигора, В. В. Малашкин // Зб. наук. праць Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна «Транспортні системи та технології перевезень». – Дніпропетровськ, 2014. – № 8. – С. 65-73.

45. Козаченко Д. Н. Комплексный анализ железнодорожной инфраструктуры металлургического комбината на основе графоаналитического моделирования / Д. Н. Козаченко, Р. В. Вернигора, Н. И. Березовый // Зб. наук. праць Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна «Транспортні системи та технології перевезень». – Дніпропетровськ, 2011. – Вип. 4. – С. 55-60.

46. Козаченко Д. Н. Математическая модель для оценки технико-технологических показателей работы железнодорожных станций / Д. Н. Козаченко // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту. – 2013. – №3(45). – С. 22-28.

47. Козаченко Д. Н. Проблемы стимулирования отправительской маршрутизации на железнодорожном транспорте / Д. Н. Козаченко // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – 2013. – № 3(192). – С. 207-211.

48. Козаченко Д. М. Організація передпроектного обстеження залізничних станцій та вузлів / Д. М. Козаченко, Р. В. Вернигора, О. В. Горбова // Зб. наук. праць Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна «Транспортні системи та технології перевезень». – Дніпропетровськ, 2014. – Вип. 7. – С. 44-48.

49. Козаченко Д. М. Методи збору даних про функціонування залізничних станцій / Д. М. Козаченко, Р. В. Вернигора, О. В. Горбова // Зб. наук.

праць Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна «Транспортні системи та технології перевезень». – Дніпропетровськ, 2014. – Вип. 8. – С. 58-64.

50. Козаченко Д. М. Моделювання роботи залізничного напрямку / Д. М. Козаченко, Г. Я. Мозолевич, О. В. Власюк // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2009. – Вип. 28. – С. 143-148.

51. Козлов П. А. Автоматизированное построение имитационных моделей крупных транспортных объектов / П. А. Козлов, В. Ю. Пермикин, В. С. Колокольников // Транспорт Урала. – 2013. – № 2 (37). – С. 3–6.

52. Концепція Державної програми реформування залізничного транспорту : розпорядження Кабінету Міністрів України від 27 грудня 2006 р. N 651-р. – Режим доступу: <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/651-2006-%D1%80>.

53. Король Р. Г. Имитационное моделирование системы «железнодорожная станция–морской порт» на примере Владивостокского транспортного узла / Р. Г. Король, А. С. Балалаев // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. –2015. –№3 (31). – С. 209-216.

54. Король Р. Г. Технология функционирования Владивостокского транспортного узла при наличии мультимодального терминала «сухой порт» / Р. Г. Король, А. С. Балалаев // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. – 2014. –№ 5 (27). –С. 92-101.

55. Кузнецов А. Л. Имитационная модель в порту Тамань / А. Л. Кузнецов, И. М. Русу, М. Н. Горынцев [и др.] // Морские порты. – 2013. – № 7(118). – С. 34-38.

56. Лаврухін О. В. Удосконалення оперативного планування роботи ва-

нтажної станції в умовах нечіткої вихідної інформації / О. В. Лаврухін, І. О. Левченко // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту. – Дніпропетровськ, 2008. – Вип. 25. – С. 162-164.

57. Левицкий И. Е. Проблемы взаимодействия транспорта Украины / И. Е. Левицкий // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2006. – Вип. 12. – С. 100-103.

58. Левицкий И. Е. Совершенствование переработки местных вагонопотоков в железнодорожных узлах / И. Е. Левицкий, Р. Г. Коробьева // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2008. – Вип. 23. – С. 104-107.

59. Лещинский Е. И. Имитационное моделирование на железнодорожном транспорте / Е. И. Лещинский. – Москва : Транспорт, 1977. – 176 с.

60. Ломотько Д. В. Совершенствование технологии передачи грузопотока при взаимодействии железнодорожного и морского транспорта / Д. В. Ломотько, Т. З. Вейсов // Зб. наук. праць УкрДАЗТ. –Харків, 2014. – Вип.150. – С. 91-97.

61. Ляхницкий В. Е. Проектирование портов / В. Е. Ляхницкий. – Ленинград : Речной транспорт, 1956. – 471 с.

62. Максимей И. В. Имитационное моделирование вероятностных характеристик функционирования железнодорожной сети / И. В. Максимей, Е. И. Сукач, П. В. Гируц, Е. А. Ерофеева // Математичні машини і системи. – 2008. – № 4. –С. 147-153.

63. Мелник М. Основы прикладной статистики : пер. с англ. / М. Мелник. – Москва : Энергоатомиздат, 1983. – 416 с.

64. Методика розрахунку тарифів на перевезення вантажів залізничним транспортом. – Затв. Наказом Міністерства інфраструктури України 20 червня 2013 р. № 418.

65. Мироненко В. К. Моделювання пропускної спроможності системи

контейнерних терміналів / В. К. Мироненко, Н. М. Алексійчук // Збірник наукових праць Державного економіко-технологічного університету транспорту: Серія «Транспортні системи і технології». – 2012. – Вип. 21. – С. 168-176.

66. Мишарин А. С. Основы технологического взаимодействия государственных и частных структур железнодорожного, морского и других видов транспорта / А. С. Мишарин // Транспорт: наука, техника, упр. – 2007. – № 8. – С. 13-15.

67. Модельный закон «О железнодорожном транспорте»: постановление Межпарламентской Ассамблеи государств – участников СНГ № 38-15 от 23.11.2012 г. – Режим доступа: <http://www.ic-ie.com/zjd.pdf>.

68. Можливості раціоналізації процесу виконання митних операцій на припортових залізничних станціях / Є. С. Альошинський, С. О. Світлична, Т. Г. Стягіна, І. О. Тушкіна // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2011. – №3 (50). – С. 14-18.

69. Муравьев Д. С. Использование имитационного моделирования для оценки перерабатывающей способности морских портов и обоснования необходимости сооружения «сухого» порта / Д. С. Муравьев, П. Н. Мишкурин, А. Н. Рахмангулов // Современные проблемы транспортного комплекса России. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г. И.Носова, 2013. – Вып. 4. – С. 66-72.

70. Напрямки удосконалення процесу міжнародних вантажних перевезень на припортових залізничних станціях / В.В. Козак, М.І. Данько, Є. С. Альошинський, С. О. Світлична // Вагонний парк. – 2011. – № 3. – С. 7-10.

71. Номенклатура витрат з основних видів економічної діяльності залізничного транспорту України: наказ Укрзалізниці № 417–Ц від 21.08.2007. – Київ : Укрзаліниця, 2011. – 448 с.

72. О тарифах на перевозку грузов по территории Республики Беларусь железнодорожным транспортом общего пользования, кроме перевозок грузов, следующих транзитом по территории стран – участниц Единого эконо-

мического пространства, а также работы (услуги), связанные с организацией и осуществлением этой перевозки: постановление Министерства экономики Республики Беларусь 23 апреля 2013 г. № 26 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <http://www.pravo.by/main.aspx?guid=3871&p0=W21327582&p1=1>.

73. Образцов В. Н. Станции и узлы. Ч. II. – Москва : Трансжелдориздат, 1938. – 492 с.

74. Основы взаимодействия железных дорог с другими видами транспорта / под ред. В. В. Повороженко. – Москва : Транспорт, 1986. – 215 с.

75. Основы построения транспортных узлов / Ин-т комплексных трансп. пробл. ; под ред. С. В. Земблинова. – Москва: Транспорт, 1959. – 447 с.

76. Павлов Л. Н. Развитие железнодорожной инфраструктуры при взаимодействии с морским транспортом (зарубежный опыт) / Л. Н. Павлов // Транспорт: наука, техника, упр. – 2007. – № 8. – С. 60-62.

77. Персианов В. А. Смешанные железнодорожно-водные перевозки (экономика, планирование, управление) / В. А. Персианов, С. В. Милославская. – Москва : Транспорт, 1988. – 231 с.

78. Портовые узлы и станции: устройство и эксплуатация / К. Ю. Скалов, М. Н. Зубков, В. С. Кравченко, В. Н. Никитина. – Москва : Транспорт, 1965. – 198 с.

79. Пособие к СНиП 2.05.07-85. Пособие по проектированию промышленных железнодорожных станций. – Утв. приказом Союзпромтрансниипроекта №200 от 14.10.86. – Москва: Стройиздат, 1986. – 254 с.

80. Правила и нормы проектирования сортировочных устройств на железных дорогах колеи 1520 мм. – Москва : Техинформ, 2003. – 170 с.

81. Правила перевезень вантажів залізничним транспортом України. Ч.І. – Київ, 2004. – 432 с.

82. Правила технічної експлуатації залізниць України. – Київ : Транс-

порт України, 2005. – 256 с.

83. Прейскурант №10-01. Тарифы на перевозку грузов и услуги инфраструктуры, выполняемые Российскими железными дорогами: в 2 ч. [Электронный ресурс] – Режим доступа: [http://doc.rzd.ru/doc/public/ru?STRUCTURE\\_ID=704&layer\\_id=5104&id=6188](http://doc.rzd.ru/doc/public/ru?STRUCTURE_ID=704&layer_id=5104&id=6188).

84. Про залізничний транспорт України : проект закону України від 29 травня 2015 р. // Міністерство інфраструктури України. – Режим доступу: [http://mtu.gov.ua/uk/alias\\_50/52037.html](http://mtu.gov.ua/uk/alias_50/52037.html).

85. Проектирование железнодорожных станций и узлов: Справочное и методическое руководство / под ред. Г. З. Верцмана и П. И. Пантелеева. – Москва : Трансжелдориздат, 1963. – 443 с.

86. Проектирование железнодорожных станций и узлов: Справочное и методическое руководство / под ред. А. М. Козлова и К. Г. Гусевой. – Москва: Транспорт, 1981. – 592 с.

87. Прохоренков А. М. Координирующая информационная система управления инфраструктурами транспортного узла / А. М. Прохоренков, Р. А. Истратов // Вестник МГТУ. – 2013. – Т. 16. – №1. – С. 148-156.

88. Резервы времени при организации движения грузовых поездов по расписанию / Д. Н. Козаченко, Н. И. Березовый, В. О. Баланов, В. В. Журавель // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – 2015. – № 2 (56). – С. 105–115

89. Рекомендации по проектированию вокзалов / Минстрой России, ЦНИИП градостроительства. – Москва: ГУП ЦПП, 1997. – 60 с.

90. Рыбин П. К. Маневровое обслуживание морских портов и его влияние на путевое развитие портовых станций: дисс. ... канд. техн. наук : 05.22.08 / Петр Кириллович Рыбин; ПГУПС. – Санкт-Петербург, 2003. – 175 с.

91. Скалозуб В. В. О применении расширенного логистического отоб-

ражения для анализа и прогнозирования параметров процессов железнодорожного транспорта / В. В. Скалозуб, И. В. Клименко // Экономика: реалії часу. – 2012. – № 3-4 (4-5). – С. 57-62.

92. Тарифне керівництво №1. Збірник тарифів на перевезення вантажів залізничним транспортом у межах України та пов'язані з ними послуги. – Київ : «Укрзалізниця», 2009. – 200 с.

93. Тарифы на грузовые перевозки и дополнительные платежи: по состоянию на 01.01.2015 г., с учетом внесенных изменений и дополнений // АО «Грузинская железная дорога». – 33 с. – Режим доступа: [http://www.railway.ge/files/tarifs/sataripo/satarifo\\_01.01.15\\_rus.pdf](http://www.railway.ge/files/tarifs/sataripo/satarifo_01.01.15_rus.pdf).

94. Тарифы, сборы и плата за услуги, связанные с перевозкой грузов и предоставлением услуг инфраструктуры, выполняемые ОАО АК «Железные дороги Якутии», и правила их применения (Тарифное руководство): приказ Федеральной службы по тарифам от 23 октября 2007 г. N 263-т/1 г. Москва. // Российская газета. – 2007. – Федеральный выпуск №4547. – Режим доступа: <http://www.rg.ru/2007/12/19/fst-jdyakutia-dok.html>.

95. Турпищева М. С. Имитационная модель совместной работы железной дороги и портовых терминалов / М. С. Турпищева, А. С. Кожушко // Вестник АГТУ. – 2008. – №5(46). – С. 79-83.

96. Угрюмов А. К. Неравномерность движения поездов / А. К. Угрюмов. – Москва : Транспорт, 1968. – 112 с.

97. Филипенко А. О. Щодо перспектив створення морських трансферів в Одеській області / А. О. Филипенко, В. В. Баришнікова // Вісник ЧДТУ. Серія: Економічні науки. – 2012. – Вип. 31. – С. 226-231.

98. ЦД-0081. Практичні рекомендації щодо складання технологічного процесу роботи сортувальної станції. – Затв. наказом Укрзалізниці № 715-Ц від 22.12.09. – Київ : ТОВ «НВП Поліграфсервіс», 2010. – 230 с.

99. Шабалин Н. Н. Моделирование процессов массового обслуживания на станциях / Н. Н. Шабалин // Железнодорожный транспорт. – 1971. – № 5. –



С. 64–65.

100. Ющенко Н. Р. Теоретические основы ритмичной работы станций и участков промышленных районов [Рукопись] : дис. д-ра техн. наук : защищена 21.06.1950 / Николай Романович Ющенко; Моск. ин-т инженеров ж.-д. трансп. им. И. В. Сталина. – Москва, 1950. – 465 с.

101. Ярошевич В. П. Выбор системы мер увеличения пропускной и провозной способности железнодорожных линий: учебн. пособие / В. П. Ярошевич, М. И. Шкурин. – Гомель : БелИИЖТ, 1989 – 66 с.

102. Яценко В. А. Морской транспорт вчера, сегодня, завтра / В. А. Яценко. – Москва : Транспорт, 1991. – 238 с.

103. Allen W. Regional and short line railroads in the United States / W. Allen, M. Sussman, D. Miller // *Transportation Quarterly*. –2002. –Vol. 56. –№ 4. – P. 77–113.

104. Expansion of U.S. Corn-based Ethanol from the Agricultural Transportation Perspective // USDA Ethanol Transportation Backgrounder. – September 2007 [Virtual Resource]. – Access Mode: <http://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/Ethanol%20Transportation%20Backgrounder.pdf>.

105. Forkenbrock D. J. Comparison of external costs of rail and truck freight transportation / D. J. Forkenbrock // *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. – 2001. – Vol. 35. – Iss. 4. –P. 321–337.

106. Giua A. Modeling and supervisory control of railway networks using Petri nets / A. Giua, C. Seatzu // *IEEE Trans. on Automation Science and Engineering*. – 2008. – Vol. 5. –№ 3. – P. 431–445.

107. Hamburg is staying on Course: The Port Development Plan to 2025. – Режим доступа: <http://www.hamburg-port-authority.de/de/presse/broschueren-und-publikationen/Documents/port-development-plan2025.pdf>.

108. Kenkel P. An Economic Analysis Of Uit-Train Facility Investment / P. Kenkel, S. Henneberry, H. N. Agustini // Selected Paper prepared for presenta-

tion at the Southern Agricultural Economics Association Annual Meeting, Tulsa, Oklahoma, February 14-18, 2004. – Access Mode: <http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/34748/1/sp04ke02.pdf>.

109. Kreutzberger E. Lowest Cost Intermodal Rail Freight Transport Bundling Networks: Conceptual Structuring and Identification / E. Kreutzberger // European Journal of Transport and Infrastructure Research. – 2010. – Iss. 10(2). – P. 158-180.

110. Milinkovic S. A fuzzy Petri net model to estimate train delays / S. Milinkovic, M. Markovic, S. Veskovic, M. Ivic, N. Pavlovic // Simulation Modelling Practice and Theory. – 2013. – № 33. –P. 144–157.

111. Miller Ch. Realizing the Economic Development Benefits of Short-line Railroads: The Case of Mississippi / Ch. Miller, S. Bethany // Regional Science Policy & Practice. –2014. – Vol. 6. –Iss. 1. – P. 1–11.

112. Port Terminal Railroad Association : Your Partner in the Supply Chain. – Режим доступа: [https://www.swrailshippers.com/swars\\_pdfs/2012\\_norwood\\_presentation.pdf](https://www.swrailshippers.com/swars_pdfs/2012_norwood_presentation.pdf).

113. Ranson P.J.G. The Victorian Railway and How It Evolved / P.J.G. Ranson. – London: William Heinemann Ltd, 1989. – 352 p.

114. Study of Railroad Rates: 1985-2007 [Электронный ресурс] // Surface Transportation Board. Office of Economics, Environmental Analysis & Administration Section of Economics, 2009. – 13 p. – Режим доступа: <http://www.stb.dot.gov/stb/industry/1985-2007RailroadRateStudy.pdf>.

115. Szűcs G. Railway Simulation with the CASSANDRA Simulation System / G. Szucs // Journal of Computing and Information Technology – CIT. –2001. – Vol. 9. –№ 2. –P. 133–142.

116. Zhengyu, X. A Hybrid Temporal-Spatio Forecasting Approach for Passenger Flow Status in Chinese High-Speed Railway Transport Hub / X. Zhengyu, J. Limin, Q. Yong Q, W. Li // Discrete Dynamics in Nature and Society. –2013. – Article ID 239039. – 7 p. – <http://dx.doi.org/10.1155/2013/239039>.

## **ДОДАТКИ**

## Додаток А

## Акти впровадження

Затверджую:

Перший проректор-проректор з навчальної роботи Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

професор Боднар Б.Є.

« 19 » 02 2015 р.



## Довідка

про впровадження результатів дисертаційної роботи Верлана А.І., аспіранта кафедри «Управління експлуатаційною Роботою» Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

З 2012 р. у Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна при викладанні лекційного матеріалу та при виконанні курсової роботи по дисципліні «Удосконалення експлуатаційної роботи на залізничному транспорті», використовуються методи організації маршрутних перевезень, що розроблені у складі дисертації Верлана А.І. «Підвищення ефективності перевезень вантажів у залізнично-водному сполученні за рахунок розвитку приватних припортових станцій».

Також запропоновані у дисертації підходи моделі та методи використовуються при виконанні дипломних магістерських робіт та дипломних проєктів за спеціальністю «Організація перевезень та управління на залізничному транспорті» напрямку «Транспортні технології».

Завідувач кафедри УЕР,  
к.т.н., доцент

М.І. Березовий



## АКТ

впровадження результатів дисертаційної роботи на здобуття вченого ступеня кандидата технічних наук аспіранта кафедри «Управління експлуатаційною роботою» ДНУЗТ  
**Верлана Анатолія Івановича**  
 на тему «ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ВАНТАЖІВ У ЗАЛІЗНИЧНО-ВОДНОМУ СПОЛУЧЕННІ ЗА РАХУНОК РОЗВИТКУ ПРИВАТНИХ ПРИПОРТОВИХ СТАНЦІЙ»

ТОВ з П «Трансінвестсервіс» розглянуто методи та моделі, які розроблені в дисертаційній роботі аспіранта кафедри «Управління експлуатаційною роботою» ДНУЗТ Верлана Анатолія Івановича

У роботі:

- розроблено методи оцінки ефективності відправницької маршрутизації та організації перевезень вантажів за розкладом, що враховують наявність різних інтересів у окремих учасників перевізного процесу та можуть застосовуватись в умовах демонополізації транспортного ринку;

- отримано нові залежності величини простоїв вагонів на початкових та кінцевих станціях при організації перевезень вантажів за розкладом прямими відправницькими маршрутами, що дозволяє оцінювати вплив зміни системи організації руху поїздів на роботу термінальних станцій;

- удосконалено математичну модель функціонування залізничних станцій за рахунок використання методів теорії графів та об'єктно-орієнтованого аналізу, що дає змогу підвищити ефективність взаємодії інженера-технолога та ЕОМ та забезпечує поліпшення якості оцінки техніко-технологічних характеристик залізничних станцій;

- удосконалено підходи до оцінки розрахункових обсягів роботи залізничних станцій за рахунок використання методів аналізу часових рядів та методів математичного моделювання, що дозволяє підвищити точність визначення місячної та добової нерівномірності перевезень;

- удосконалено методи визначення собівартості залізничних перевезень за рахунок виділення термінальної складової та оцінки економії при маршрутизації перевезень, що дозволяє наблизити величину тарифів до собівартості перевезень і створити стимули для залучення приватних інвестицій у розвиток припортової інфраструктури.

Розроблені концептуальні підходи, методи та моделі є критично важливими для розвитку залізничного транспорту незагального користування в Україні. Вони дозволяють здійснювати як техніко-технологічне так і економічне обґрунтування розвитку припортових станцій за рахунок приватного капіталу.

Результати дисертаційної роботи Верлана Анатолія Івановича прийняті до впровадження на станціях ТОВ з П «Трансінвестсервіс» і використовуються як при організації експлуатаційної роботи підприємства, так і при розробці проекту спорудження нового парку «Южний» станції Хімична.

Генеральний  
 директор ТОВ з П «Трансінвестсервіс»



А.О. Ставніцер

ТРАНСИНВЕСТСЕРВИС  
 общество с ограниченной  
 ответственностью с  
 иностранными инвестициями  
 ЕГРПОУ 22447500  
 Чапаева 50, с. Визирка  
 Одесская обл. 67543 Украина  
 ☎ +38 0482 300 711  
 ☎ +38 0482 300 735  
 ✉ info@tis.ua

**Додаток Б**

**Визначення частки завантаженого рейсу в знижках до інфраструктурної складової**

Таблиця Б.1 – Коефіцієнт частки завантаженого рейсу в знижках до інфраструктурної складової

Відстань, км		Плата по схемі за одиницю	Плата за вагон	Ставка плати за вісь	Плата за порожній вагон	Коефіцієнт (K <sub>гр</sub> )
від	до					
1	2	3	4	5	6	7
<b>Схема 1 (гривень за вагон)</b>						
0	10	712	712	7,5	30	0,972
11	20	772	772	11,2	44,8	0,962
21	30	891	891	18,7	74,8	0,946
31	40	1010	1010	26,2	104,8	0,934
41	50	1130	1130	33,7	134,8	0,924
51	60	1249	1249	41,2	164,8	0,917
61	70	1368	1368	48,7	194,8	0,911
71	80	1488	1488	56,2	224,8	0,906
81	90	1607	1607	63,7	254,8	0,902
91	100	1726	1726	71,2	284,8	0,898
101	120	1905	1905	82,4	329,6	0,894
121	140	2015	2015	97,4	389,6	0,883
141	160	2118	2118	112,4	449,6	0,873
161	180	2226	2226	125,9	503,6	0,866
181	200	2301	2301	139,3	557,2	0,858
201	220	2436	2436	152,5	610	0,853
221	240	2569	2569	165,6	662,4	0,85
241	260	2702	2702	178,4	713,6	0,847
261	280	2834	2834	191,1	764,4	0,844
281	300	2965	2965	203,6	814,4	0,841
301	330	3128	3128	219,1	876,4	0,839
331	360	3321	3321	237,4	949,6	0,836
361	390	3512	3512	255,5	1022	0,834
391	420	3702	3702	273,3	1093,2	0,832
421	450	3890	3890	291	1164	0,83
451	480	4077	4077	308,5	1234	0,828
481	510	4263	4263	325,9	1303,6	0,827
511	540	4448	4448	343,1	1372,4	0,825
541	570	4633	4633	360,3	1441,2	0,824
571	600	4817	4817	377,4	1509,6	0,823
601	650	5061	5061	400,1	1600,4	0,822
651	700	5366	5366	428,4	1713,6	0,82
701	750	5671	5671	456,5	1826	0,819
751	800	5975	5975	484,7	1938,8	0,818
801	850	6280	6280	512,8	2051,2	0,817
851	900	6585	6585	540,9	2163,6	0,816
901	950	6891	6891	569	2276	0,815
951	1000	7197	7197	597,2	2388,8	0,815
1001	1070	7566	7566	631,1	2524,4	0,814
1071	1140	7998	7998	670,8	2683,2	0,813
1141	1210	8431	8431	710,6	2842,4	0,812
1211	1280	8866	8866	750,6	3002,4	0,811
1281	1350	9303	9303	790,6	3162,4	0,811
1351	1420	9742	9742	830,8	3323,2	0,81

## Продовження табл. Б.1

1	2	3	4	5	6	7
1421	1490	10182	10182	871,2	3484,8	0,81
1491	1590	10718	10718	920,3	3681,2	0,809
1591	1690	11351	11351	978,3	3913,2	0,809
1691	1790	11987	11987	1036,5	4146	0,808
1791	1890	12625	12625	1094,9	4379,6	0,808
1891	1990	13264	13264	1153,4	4613,6	0,807
1991	2090	13905	13905	1212,1	4848,4	0,807
2091	2190	14547	14547	1270,8	5083,2	0,807
Схема 2 (гривень за вагон)						
0	10	691	691	7,5	30	0,971
11	20	754	754	11,2	44,8	0,961
21	30	882	882	18,7	74,8	0,945
31	40	1010	1010	26,2	104,8	0,934
41	50	1138	1138	33,7	134,8	0,925
51	60	1266	1266	41,2	164,8	0,918
61	70	1393	1393	48,7	194,8	0,912
71	80	1521	1521	56,2	224,8	0,908
81	90	1649	1649	63,7	254,8	0,904
91	100	1777	1777	71,2	284,8	0,901
101	120	1968	1968	82,4	329,6	0,897
121	140	2090	2090	97,4	389,6	0,887
141	160	2204	2204	112,4	449,6	0,877
161	180	2322	2322	125,9	503,6	0,87
181	200	2405	2405	139,3	557,2	0,863
201	220	2550	2550	152,5	610	0,859
221	240	2694	2694	165,6	662,4	0,856
241	260	2837	2837	178,4	713,6	0,853
261	280	2979	2979	191,1	764,4	0,85
281	300	3120	3120	203,6	814,4	0,848
301	330	3294	3294	219,1	876,4	0,846
331	360	3502	3502	237,4	949,6	0,843
361	390	3707	3707	255,5	1022	0,841
391	420	3910	3910	273,3	1093,2	0,839
421	450	4112	4112	291	1164	0,837
451	480	4313	4313	308,5	1234	0,836
481	510	4512	4512	325,9	1303,6	0,835
511	540	4711	4711	343,1	1372,4	0,833
541	570	4909	4909	360,3	1441,2	0,832
571	600	5106	5106	377,4	1509,6	0,831
601	650	5368	5368	400,1	1600,4	0,83
651	700	5695	5695	428,4	1713,6	0,829
701	750	6021	6021	456,5	1826	0,828
751	800	6347	6347	484,7	1938,8	0,827
801	850	6674	6674	512,8	2051,2	0,826
851	900	7001	7001	540,9	2163,6	0,825
901	950	7328	7328	569	2276	0,824
951	1000	7656	7656	597,2	2388,8	0,824
1001	1070	8051	8051	631,1	2524,4	0,823
1071	1140	8514	8514	670,8	2683,2	0,822
1141	1210	8978	8978	710,6	2842,4	0,822
1211	1280	9444	9444	750,6	3002,4	0,821

Продовження табл. Б.1

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>
1281	1350	9912	9912	790,6	3162,4	0,82
1351	1420	10382	10382	830,8	3323,2	0,82
1421	1490	10853	10853	871,2	3484,8	0,819
1491	1590	11428	11428	920,3	3681,2	0,819
1591	1690	12106	12106	978,3	3913,2	0,819
1691	1790	12787	12787	1036,5	4146	0,818
1791	1890	13470	13470	1094,9	4379,6	0,818
1891	1990	14154	14154	1153,4	4613,6	0,817
1991	2090	14841	14841	1212,1	4848,4	0,817
2091	2190	15528	15528	1270,8	5083,2	0,817



## Додаток В

## Знижки до інфраструктурної складової

Таблиця В.1 – Знижки до інфраструктурної складової тарифної схеми №1 під час перевезення власними (орендованими) вагонами прямим відправницьким маршрутом

Відстань, км		Маса вантажу (грн/ваг.)													Маса вантажу понад 72,5 (грн/т)
від	до	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>13</i>	<i>14</i>	<i>15</i>	<i>16</i>
0	10	11,4	11,6	11,8	12	12,2	12,4	12,6	12,7	12,9	13,1	13,3	13,5	13,7	0,13
11	20	34,3	34,8	35,4	36	36,5	37,1	37,7	38,2	38,8	39,4	39,9	40,5	41,1	0,38
21	30	57,1	58	59	59,9	60,9	61,8	62,8	63,7	64,7	65,6	66,5	67,5	68,4	0,63
31	40	79,9	81,3	82,6	83,9	85,2	86,5	87,9	89,2	90,5	91,8	93,2	94,5	95,8	0,88
41	50	102,8	104,5	106,2	107,9	109,6	111,3	113	114,7	116,4	118,1	119,8	121,5	123,2	1,13
51	60	125,6	127,7	129,8	131,8	133,9	136	138,1	140,2	142,2	144,3	146,4	148,5	150,6	1,39
61	70	148,4	150,9	153,4	155,8	158,3	160,7	163,2	165,6	168,1	170,6	173	175,5	177,9	1,64
71	80	171,3	174,1	177	179,8	182,6	185,5	188,3	191,1	194	196,8	199,6	202,5	205,3	1,89
81	90	194,1	197,3	200,5	203,8	207	210,2	213,4	216,6	219,8	223	226,3	229,5	232,7	2,14
91	100	217	220,5	224,1	227,7	231,3	234,9	238,5	242,1	245,7	249,3	252,9	256,5	260,1	2,39
101	120	251,2	255,4	259,5	263,7	267,8	272	276,2	280,3	284,5	288,6	292,8	297	301,1	2,77
121	140	281,1	285,7	290,4	295	299,6	304,2	308,8	313,5	318,1	322,7	327,3	331,9	336,6	3,10
141	160	308,9	314	319	324,1	329,1	334,2	339,2	344,2	349,3	354,3	359,4	364,4	369,5	3,41
161	180	322,4	327,6	332,8	338	343,2	348,4	353,6	358,8	363,9	369,1	374,3	379,5	384,7	3,56
181	200	331,9	337,1	342,4	347,7	353	358,2	363,5	368,8	374,1	379,3	384,6	389,9	395,2	3,67
201	220	347	352,4	357,9	363,3	368,8	374,3	379,7	385,2	390,6	396,1	401,6	407	412,5	3,85
221	240	360,4	366	371,6	377,3	382,9	388,5	394,1	399,7	405,3	410,9	416,5	422,2	427,8	4,00
241	260	372,4	378,1	383,8	389,6	395,3	401	406,8	412,5	418,3	424	429,7	435,5	441,2	4,14
261	280	382,9	388,7	394,6	400,4	406,3	412,1	417,9	423,8	429,6	435,4	441,3	447,1	452,9	4,27
281	300	392,2	398,1	404	409,9	415,8	421,8	427,7	433,6	439,5	445,4	451,3	457,2	463,1	4,38
301	330	402,2	408,2	414,1	420,1	426,1	432,1	438	444	450	456	461,9	467,9	473,9	4,51
331	360	412,1	418,1	424,1	430,1	436,1	442,1	448,2	454,2	460,2	466,2	472,2	478,2	484,2	4,64
361	390	420	426	432	438	444	450	456	462	468,1	474,1	480,1	486,1	492,1	4,74



Таблиця В.2 – Знижки до інфраструктурної складової тарифної схеми №1 під час перевезення вагонами інвентарного парку відправницьким маршрутом

Відстань, км		Маса вантажу (грн/ваг.)													Маса вантажу понад 72,5 (грн/т)
від	до	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>13</i>	<i>14</i>	<i>15</i>	<i>16</i>
0	10	11,8	12	12,3	12,5	12,8	13	13,2	13,5	13,7	13,9	14,2	14,4	14,7	0,14
11	20	35	35,8	36,5	37,2	37,9	38,6	39,3	40	40,7	41,4	42,1	42,8	43,5	0,4
21	30	57,4	58,6	59,8	60,9	62,1	63,2	64,4	65,5	66,7	67,9	69	70,2	71,3	0,66
31	40	79,4	81	82,6	84,2	85,8	87,4	89	90,6	92,2	93,8	95,4	97	98,6	0,91
41	50	101	103	105,1	107,1	109,1	111,2	113,2	115,2	117,3	119,3	121,3	123,4	125,4	1,16
51	60	122,5	125	127,4	129,9	132,4	134,8	137,3	139,8	142,2	144,7	147,2	149,6	152,1	1,41
61	70	143,8	146,7	149,6	152,5	155,4	158,3	161,2	164,1	167	169,9	172,8	175,7	178,6	1,66
71	80	165	168,4	171,7	175	178,3	181,7	185	188,3	191,6	195	198,3	201,6	204,9	1,9
81	90	186,2	190	193,7	197,5	201,2	205	208,7	212,5	216,2	220	223,7	227,5	231,2	2,14
91	100	207,2	211,4	215,5	219,7	223,9	228,1	232,2	236,4	240,6	244,8	248,9	253,1	257,3	2,39
101	120	238,8	243,6	248,5	253,3	258,1	262,9	267,7	272,5	277,3	282,1	287	291,8	296,6	2,75
121	140	263,9	269,1	274,4	279,7	285	290,3	295,5	300,8	306,1	311,4	316,7	321,9	327,2	3,04
141	160	286,6	292,3	298	303,7	309,4	315,1	320,8	326,5	332,2	337,9	343,6	349,3	355	3,3
161	180	296,4	302,2	308,1	313,9	319,7	325,5	331,4	337,2	343	348,8	354,7	360,5	366,3	3,41
181	200	302,1	307,9	313,8	319,7	325,5	331,4	337,2	343,1	348,9	354,8	360,7	366,5	372,4	3,48
201	220	313,8	319,8	325,9	331,9	337,9	343,9	350	356	362	368	374,1	380,1	386,1	3,62
221	240	324,6	330,8	337	343,2	349,3	355,5	361,7	367,8	374	380,2	386,4	392,5	398,7	3,75
241	260	334	340,3	346,6	352,9	359,2	365,4	371,7	378	384,3	390,6	396,9	403,2	409,5	3,87
261	280	342,1	348,4	354,8	361,2	367,5	373,9	380,3	386,7	393	399,4	405,8	412,2	418,5	3,97
281	300	348,9	355,3	361,8	368,2	374,6	381,1	387,5	393,9	400,4	406,8	413,2	419,7	426,1	4,05
301	330	356,7	363,1	369,6	376,1	382,6	389,1	395,6	402,1	408,5	415	421,5	428	434,5	4,15
331	360	363,8	370,3	376,8	383,3	389,8	396,3	402,8	409,3	415,8	422,3	428,8	435,3	441,8	4,25
361	390	369,5	376	382,4	388,9	395,4	401,9	408,4	414,9	421,4	427,9	434,3	440,8	447,3	4,33
391	420	373,6	380	386,5	392,9	399,3	405,8	412,2	418,7	425,1	431,5	438	444,4	450,8	4,39
421	450	376,4	382,7	389,1	395,4	401,8	408,2	414,5	420,9	427,2	433,6	439,9	446,3	452,7	4,44
451	480	378	384,3	390,5	396,8	403	409,3	415,5	421,8	428	434,3	440,5	446,8	453	4,47
481	510	379,2	385,3	391,5	397,6	403,7	409,9	416	422,1	428,2	434,4	440,5	446,6	452,8	4,5



Таблиця В.3 – Знижки до інфраструктурної складової тарифної схеми №2 під час перевезення власними (орендованими) вагонами відправницьким маршрутом

Відстань, км		Маса вантажу (грн/ваг.)							Маса понад 72,5 т (грн/т)
від	до	40	45	50	55	60	65	70	понад 72,5
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	10	13,7	13,9	14	14,2	14,4	14,6	14,7	0,21
11	20	41,1	41,6	42,1	42,6	43,2	43,7	44,2	0,62
21	30	68,4	69,3	70,2	71,1	71,9	72,8	73,7	1,03
31	40	95,8	97	98,3	99,5	100,7	102	103,2	1,45
41	50	123,2	124,8	126,3	127,9	129,5	131,1	132,7	1,86
51	60	150,5	152,5	154,4	156,3	158,3	160,2	162,2	2,27
61	70	177,9	180,2	182,5	184,8	187,1	189,4	191,6	2,68
71	80	205,3	207,9	210,6	213,2	215,8	218,5	221,1	3,1
81	90	232,6	235,6	238,6	241,6	244,6	247,6	250,6	3,51
91	100	260	263,4	266,7	270,1	273,4	276,8	280,1	3,92
101	120	301,1	304,9	308,8	312,7	316,6	320,4	324,3	4,54
121	140	336,5	340,8	345,1	349,4	353,7	358	362,3	5,07
141	160	369,4	374,1	378,8	383,5	388,2	392,9	397,6	5,57
161	180	384,7	389,5	394,3	399,2	404	408,9	413,7	5,79
181	200	395,1	400	404,9	409,8	414,7	419,7	424,6	5,94
201	220	412,4	417,5	422,6	427,6	432,7	437,8	442,9	6,2
221	240	427,7	432,9	438,1	443,4	448,6	453,8	459	6,42
241	260	441,1	446,5	451,8	457,1	462,5	467,8	473,2	6,62
261	280	452,9	458,3	463,7	469,2	474,6	480	485,5	6,79
281	300	463	468,5	474,1	479,6	485,1	490,6	496,1	6,94
301	330	473,8	479,4	484,9	490,5	496,1	501,6	507,2	7,09
331	360	484,1	489,7	495,3	500,9	506,5	512,1	517,7	7,24
361	390	492	497,6	503,2	508,8	514,4	520	525,6	7,34
391	420	497,8	503,3	508,9	514,5	520	525,6	531,2	7,42
421	450	501,7	507,2	512,7	518,3	523,8	529,3	534,8	7,47
451	480	504,1	509,6	515	520,4	525,9	531,3	536,7	7,5
481	510	505,2	510,6	515,9	521,2	526,6	531,9	537,2	7,5
511	540	505,2	510,5	515,7	520,9	526,1	531,4	536,6	7,49
541	570	504,4	509,5	514,6	519,7	524,8	529,9	535	7,46
571	600	502,8	507,7	512,7	517,6	522,6	527,6	532,5	7,43
601	650	499,7	504,5	509,3	514,1	518,8	523,6	528,4	7,37
651	700	495	499,5	504	508,5	513	517,6	522,1	7,28
701	750	489,6	493,8	498,1	502,3	506,6	510,8	515,1	7,18
751	800	483,9	487,9	491,9	495,9	499,8	503,8	507,8	7,07
801	850	478,3	482	485,7	489,4	493,2	496,9	500,6	6,97
851	900	473	476,4	479,9	483,3	486,8	490,2	493,7	6,87
901	950	468,1	471,3	474,5	477,7	480,9	484,1	487,3	6,77
951	1000	463,9	466,8	469,8	472,7	475,7	478,6	481,6	6,69
1001	1070	459,7	462,4	465,1	467,7	470,4	473,1	475,7	6,61
1071	1140	456,3	458,7	461	463,4	465,7	468,1	470,4	6,53
1141	1210	454,5	456,6	458,7	460,7	462,8	464,9	466,9	6,47
1211	1280	454,4	456,2	458	459,8	461,6	463,4	465,2	6,45
1281	1350	455,9	457,4	459	460,5	462,1	463,6	465,2	6,44
1351	1420	458,9	460,2	461,5	462,9	464,2	465,5	466,9	6,46
1421	1490	463,4	464,5	465,6	466,8	467,9	469	470,2	6,5
1491	1590	470,6	471,6	472,5	473,4	474,3	475,2	476,2	6,58

## Продовження табл. В.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1591	1690	481,6	482,3	483	483,7	484,4	485,1	485,8	6,71
1691	1790	494,7	495,2	495,8	496,3	496,8	497,3	497,8	6,87
1791	1890	509,8	510,2	510,5	510,9	511,2	511,6	511,9	7,07
1891	1990	526,6	526,8	527,1	527,3	527,5	527,7	527,9	7,29
1991	2090	544,8	544,9	545	545,1	545,2	545,3	545,4	7,52
2091	2190	564,3	564,3	564,3	564,3	564,3	564,3	564,3	7,78

Таблиця В.4 – Знижки до інфраструктурної складової тарифної схеми №2 під час перевезення вагонами інвентарного парку відправницьким маршрутом

Відстань, км		Маса вантажу (грн/ваг.)							Маса понад 72,5 т (грн/т)
від	до	40	45	50	55	60	65	70	понад 72,5
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	10	14,8	15	15,3	15,5	15,7	16	16,2	0,23
11	20	43,9	44,6	45,3	46	46,7	47,4	48,1	0,7
21	30	71,9	73,1	74,2	75,4	76,5	77,7	78,8	1,17
31	40	99,5	101,1	102,7	104,3	105,9	107,5	109,1	1,64
41	50	126,7	128,7	130,7	132,8	134,8	136,9	138,9	2,1
51	60	153,7	156,1	158,6	161,1	163,5	166	168,5	2,57
61	70	180,4	183,3	186,2	189,1	192	194,9	197,8	3,04
71	80	207,2	210,6	213,9	217,2	220,6	223,9	227,2	3,51
81	90	233,8	237,6	241,4	245,1	248,9	252,6	256,4	3,97
91	100	260,5	264,7	268,9	273,1	277,2	281,4	285,6	4,44
101	120	300,3	305,1	309,9	314,8	319,6	324,4	329,2	5,14
121	140	331,7	337	342,3	347,6	352,9	358,2	363,5	5,74
141	160	359,8	365,5	371,2	376,9	382,7	388,4	394,1	6,29
161	180	371,3	377,1	383	388,8	394,7	400,5	406,4	6,54
181	200	377,8	383,7	389,6	395,5	401,4	407,3	413,2	6,7
201	220	392,2	398,3	404,4	410,4	416,5	422,6	428,6	6,98
221	240	405	411,2	417,4	423,6	429,9	436,1	442,3	7,23
241	260	415,9	422,2	428,6	434,9	441,2	447,6	453,9	7,45
261	280	425,1	431,5	437,9	444,4	450,8	457,2	463,6	7,63
281	300	433,3	439,7	446,2	452,7	459,2	465,7	472,2	7,79
301	330	441,8	448,3	454,9	461,4	467,9	474,5	481	7,95
331	360	449,2	455,7	462,3	468,8	475,4	482	488,5	8,1
361	390	454,7	461,3	467,8	474,3	480,9	487,4	494	8,21
391	420	458,2	464,7	471,2	477,7	484,2	490,7	497,2	8,28
421	450	460	466,5	472,9	479,3	485,7	492,1	498,5	8,32
451	480	460,9	467,2	473,6	479,9	486,2	492,5	498,8	8,34
481	510	460,6	466,8	473	479,2	485,4	491,6	497,8	8,33
511	540	458,7	464,7	470,8	476,8	482,9	488,9	495	8,3
541	570	456,5	462,4	468,3	474,2	480,1	486	491,9	8,25
571	600	453,7	459,4	465,1	470,8	476,6	482,3	488	8,2
601	650	449,2	454,7	460,2	465,7	471,2	476,7	482,2	8,11
651	700	442,9	448,1	453,3	458,5	463,7	468,9	474,1	7,98
701	750	436	440,9	445,7	450,6	455,5	460,4	465,3	7,83
751	800	428,8	433,4	438	442,6	447,1	451,7	456,3	7,69
801	850	421,8	426	430,3	434,5	438,8	443,1	447,3	7,54
851	900	415	418,9	422,9	426,8	430,8	434,7	438,7	7,4



## Додаток Г

## Знижки до вагонної складової

Таблиця Г.1 – Знижки до вагонної складової тарифної схеми №1

Відстань, км		Відправницький		В розпилення	
від	до	до 72,5 т, грн за вагон	понад 72,5 т, грн за тонну	до 72,5 т, грн за вагон	понад 72,5 т, грн за тонну
1	2	3	4	5	6
0	10	1,3	0,01	0,7	0
11	20	4	0,02	2	0,01
21	30	6,6	0,04	3,3	0,02
31	40	9,3	0,05	4,7	0,03
41	50	12	0,07	6	0,03
51	60	14,6	0,08	7,3	0,04
61	70	17,3	0,1	8,6	0,05
71	80	19,9	0,11	10	0,06
81	90	22,6	0,13	11,3	0,06
91	100	25,3	0,14	12,6	0,07
101	120	29,2	0,17	14,6	0,08
121	140	32,5	0,18	16,2	0,09
141	160	35,5	0,2	17,7	0,1
161	180	36,5	0,21	18,3	0,1
181	200	37,1	0,21	18,5	0,11
201	220	38,4	0,22	19,2	0,11
221	240	39,5	0,22	19,7	0,11
241	260	40,3	0,23	20,2	0,11
261	280	41	0,23	20,5	0,12
281	300	41,6	0,24	20,8	0,12
301	330	42	0,24	21	0,12
331	360	42,3	0,24	21,1	0,12
361	390	42,3	0,24	21,1	0,12
391	420	42	0,24	21	0,12
421	450	41,6	0,24	20,8	0,12
451	480	41	0,23	20,5	0,12
481	510	40,3	0,23	20,1	0,11
511	540	39,4	0,22	19,7	0,11
541	570	38,5	0,22	19,2	0,11
571	600	37,5	0,21	18,7	0,11
601	650	36	0,2	18	0,1
651	700	34,1	0,19	17	0,1
701	750	32,1	0,18	16	0,09
751	800	30,1	0,17	15	0,09
801	850	28	0,16	14	0,08
851	900	26	0,15	13	0,07
901	950	24,1	0,14	12,1	0,07
951	1000	22,2	0,13	11,1	0,06
1001	1070	20,1	0,11	10	0,06
1071	1140	17,7	0,1	8,9	0,05
1141	1210	15,6	0,09	7,8	0,04
1211	1280	13,6	0,08	6,8	0,04
1281	1350	11,7	0,07	5,9	0,03
1351	1420	10,1	0,06	5	0,03
1421	1490	8,6	0,05	4,3	0,02



## Продовження табл. Г.1

1	2	3	4	5	6
1491	1590	6,9	0,04	3,5	0,02
1591	1690	5,3	0,03	2,6	0,02
1691	1790	3,9	0,02	1,9	0,01
1791	1890	2,7	0,02	1,3	0,01
1891	1990	1,6	0,01	0,8	0
1991	2090	0,7	0	0,4	0
2091	2190	0	0	0	0

Таблиця Г.2 – Знижки до вагонної складової тарифної схеми №2

Відстань, км		Відправницький		В розпилення	
від	до	до 72,5 т, грн за вагон	понад 72,5 т, грн за тону	до 72,5 т, грн за вагон	понад 72,5 т, грн за тону
1	2	3	4	5	6
0	10	1,9	0,05	1	0,02
11	20	5,8	0,14	2,9	0,07
21	30	9,7	0,23	4,9	0,11
31	40	13,6	0,32	6,8	0,16
41	50	17,5	0,41	8,7	0,2
51	60	21,4	0,5	10,7	0,25
61	70	25,3	0,59	12,6	0,3
71	80	29,2	0,68	14,6	0,34
81	90	33	0,77	16,5	0,39
91	100	36,9	0,86	18,5	0,43
101	120	42,8	1	21,4	0,5
121	140	47,5	1,11	23,8	0,56
141	160	51,8	1,21	25,9	0,61
161	180	53,4	1,25	26,7	0,63
181	200	54,2	1,27	27,1	0,64
201	220	56,1	1,31	28,1	0,66
221	240	57,7	1,35	28,8	0,68
241	260	59	1,38	29,5	0,69
261	280	60	1,41	30	0,7
281	300	60,8	1,42	30,4	0,71
301	330	61,4	1,44	30,7	0,72
331	360	61,8	1,45	30,9	0,72
361	390	61,8	1,45	30,9	0,72
391	420	61,5	1,44	30,7	0,72
421	450	60,8	1,42	30,4	0,71
451	480	60	1,4	30	0,7
481	510	58,9	1,38	29,5	0,69
511	540	57,7	1,35	28,8	0,68
541	570	56,3	1,32	28,1	0,66
571	600	54,8	1,28	27,4	0,64
601	650	52,7	1,23	26,3	0,62
651	700	49,8	1,17	24,9	0,58
701	750	46,9	1,1	23,5	0,55
751	800	43,9	1,03	22	0,51
801	850	41	0,96	20,5	0,48
851	900	38,1	0,89	19	0,45
901	950	35,2	0,83	17,6	0,41

Продовження табл. Г.2

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
951	1000	32,5	0,76	16,3	0,38
1001	1070	29,4	0,69	14,7	0,34
1071	1140	25,9	0,61	13	0,3
1141	1210	22,8	0,53	11,4	0,27
1211	1280	19,8	0,46	9,9	0,23
1281	1350	17,2	0,4	8,6	0,2
1351	1420	14,7	0,34	7,4	0,17
1421	1490	12,5	0,29	6,3	0,15
1491	1590	10,2	0,24	5,1	0,12
1591	1690	7,7	0,18	3,9	0,09
1691	1790	5,7	0,13	2,8	0,07
1791	1890	3,9	0,09	1,9	0,05
1891	1990	2,4	0,06	1,2	0,03
1991	2090	1,1	0,03	0,5	0,01
2091	2190	0	0	0	0