

Український державний університет залізничного транспорту

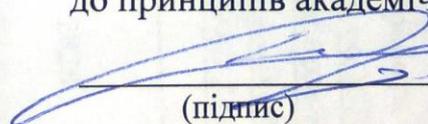
Кафедра управління експлуатаційною роботою

ОПТИМІЗАЦІЯ ПЕРЕВЕЗЕНЬ У ЗАЛІЗНИЧНОМУ ВУЗЛІ НА ОСНОВІ МОДЕЛІ  
РОБОТИ ПЕРЕДАТОЧНИХ ПОЇЗДІВ І АВТОТРАНСПОРТУ

Пояснювальна записка та розрахунки  
до випускної кваліфікаційної роботи

ОПЗВО 300.00.00.000 ПЗ

Розробив студент групи 211-ТТ-324  
спеціальності 275 / 275.02 – Транспортні  
технології (на залізничному транспорті)  
(роботу виконано самостійно, відповідно  
до принципів академічної доброчесності)

 Дмитро ІВАНЮК  
(підпис)

Керівник: доцент, канд. техн. наук

Петро ДОЛГОПОЛОВ

Рецензент: доцент, канд. техн. наук

Валерій КУЛЕШОВ

## АНОТАЦІЯ

Дана кваліфікаційна робота включає в себе 11 слайдів презентації, 82 аркуша пояснювальної записки формату А4, що включає 20 рисунків, 3 таблиці, 31 літературне джерело.

Ключові слова: ЗАЛІЗНИЧНИЙ ВУЗОЛ, МЕРЕЖА ПЕТРІ, ПЕРЕДАТОЧНИЙ ПОЇЗД, БАГАТОГРУПНИЙ ПОЇЗД, АВТОМОБІЛЬНИЙ ТРАНСПОРТ, ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ.

Об'єктом дослідження є удосконалення перевезень у залізничному вузлі на основі оптимізаційної моделі роботи передаточних поїздів і автотранспорту.

Метою дослідження є оптимізація перевезень у залізничному вузлі на основі побудови і реалізації оптимізаційної моделі роботи передаточних поїздів і автотранспорту.

На основі застосування математичного апарату розширених мереж Петрі побудовано модель розвезення вантажу автотранспортом залізниці до клієнтів, які не мають залізничних колій. Також побудовано модель формування передаточних поїздів як багатогрупних на сортувальній станції. Реалізація даних моделей дозволить скоротити простій вагона на вантажній станції, підвищити ефективність використання рухомого складу і покращити інші експлуатаційні показники.

Удосконалено функціональний склад та структуру комплексу комп'ютерної мережі і інтерфейсів працівників, що дозволяє в оперативному режимі узгоджувати місцеву роботу залізничного і автомобільного транспорту.

## ABSTRACT

This qualification work includes 11 presentation slides, 82 pages of an explanatory note in A4 format, featuring 20 figures, 3 tables, and 31 literature references.

Keywords: RAILWAY JUNCTION, PETRI NETWORK, TRANSFER TRAIN, MULTI-GROUP TRAIN, ROAD TRANSPORT, INFORMATION TECHNOLOGY.

The object of the study is to improve transportation in a railway node based on an optimization model of the operation of transfer trains and motor vehicles.

The purpose of the study is to optimize transportation in a railway node based on the construction and implementation of an optimization model of the operation of transfer trains and motor vehicles.

Based on the application of the mathematical apparatus of extended Petri nets, a model of cargo delivery by rail vehicles to customers who do not have railway tracks was built. A model of the formation of transfer trains as multi-group at the sorting station was also built. The implementation of these models will reduce the downtime of a car at the freight station, increase the efficiency of the use of rolling stock and improve other operational indicators.

The functional composition and structure of the computer network complex and employee interfaces have been improved, allowing for the operational coordination of local rail and road transport operations.

# Український державний університет залізничного транспорту

Факультет управління процесами перевезень

Кафедра управління експлуатаційною роботою

Освітній рівень: магістр

Спеціальність 275 Транспортні технології

275.02 «Транспортні технології (на залізничному транспорті)»

## ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри,  
професор, д-р техн. наук  
Тетяна БУТЬКО



15.01.2026р.

## ЗАВДАННЯ НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Іванюку Дмитру Миколайовичу

1. Тема роботи «Оптимізація перевезень у залізничному вузлі на основі моделі роботи передаточних поїздів і автотранспорту»

Керівник роботи Долгополов Петро Віталійович, канд. техн. наук, доцент затверджені розпорядженням від 24 жовтня 2025 року № 19/25.

2. Строк подання студентом роботи 12.01.2026 р.

3. Вихідні дані до роботи Існуюча технологія обслуговування передаточних поїздів і автотранспорту у базовому залізничному вузлі і її експлуатаційні показники, закономірності обсягів місцевих вагонопотоків у вузлі, технологія обслуговування вантажовласників на станціях, обсяги обробки інформації та документів, структура комплексу АРМ та функціональний склад існуючих інформаційних систем у роботі вузла

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Аналіз існуючих технологій роботи передаточних поїздів і автотранспорту. Моделювання роботи поїздів і автотранспорту і визначення її вихідних параметрів. Побудова моделі оптимізації формування передаточних поїздів як багатогрупних. Удосконалення інформаційно-керуючої системи залізничного вузла для оптимізації роботи поїздів і автотранспорту. Визначення економічної ефективності удосконалення місцевої роботи залізничного вузла.

5. Перелік графічного матеріалу Тема, актуальність, предмет, об'єкт, мета і задачі дослідження, модель обслуговування вантажовласників автотранспортом залізниці, визначення оптимальної схеми перевезення вантажу, модель формування передаточних поїздів на сортувальній станції, удосконалення

комплексу АРМ працівників інформаційно-керуючої мережі залізничного вузла, визначення економічної доцільності запропонованих наукових розробок, висновки по роботі

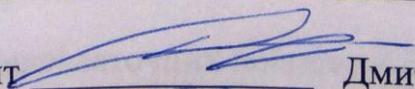
6. Консультанти розділів роботи

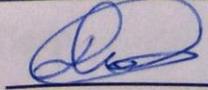
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Визначення економічної ефективності удосконалення місцевої роботи залізничного вузла	Доцент Н.В. Гриценко		

7. Дата видачі завдання 25.10.2025 р.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

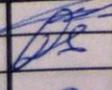
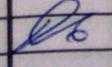
Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1 Аналіз існуючих технологій роботи передаточних поїздів і автотранспорту у залізничних вузлах і наукових розробок з їх удосконалення	02.11.25	Виконано
2 Моделювання роботи поїздів і автотранспорту і визначення її вихідних параметрів	24.11.25	Виконано
3 Побудова моделі оптимізації формування передаточних поїздів як багатогрупних	09.12.25	Виконано
4 Удосконалення інформаційно-керуючої системи залізничного вузла для оптимізації роботи поїздів і автотранспорту	21.12.25	Виконано
5 Визначення економічної ефективності удосконалення місцевої роботи залізничного вузла	07.01.26	Виконано

Студент  Дмитро ІВАНЮК

Керівник  Петро ДОЛГОПЛОВ

## Зміст

Вступ	7
1 Аналіз існуючих технологій роботи передаточних поїздів і автотранспорту у залізничних вузлах і наукових розробок з їх удосконалення	9
1.1 Аналіз досвіду удосконалення місцевої роботи у залізничних вузлах	9
1.2 Базовий залізничний вузол. Експлуатаційно-технічна характеристика	12
1.3 Аналіз наукових досліджень з удосконалення технології роботи передаточних поїздів і автотранспорту у залізничному вузлі	13
2 Моделювання роботи поїздів і автотранспорту і визначення вхідних параметрів	19
2.1 Вибір і аналіз математичного апарату для моделювання роботи поїздів і автотранспорту	19
2.2 Побудова моделі перевезення вантажу до вантажовідправників автотранспортом залізниці	21
2.3 Визначення вхідних параметрів варіантів перевезення вантажу для вантажовласників. Вибір оптимального варіанту	25
3 Оптимізаційне моделювання формування передаточних поїздів як багатогрупних	33
3.1 Вибір і аналіз математичного апарату для побудови моделі формування передаточних поїздів	33
3.2 Розробка моделі формування передаточних поїздів як багатогрупних на базі розширених мереж Петрі	35

ОПЗВО 300.00.00.000 ПЗ								
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Оптимізація перевезень у залізничному вузлі на основі моделі роботи передаточних поїздів і автотранспорту	Літ.	Аркуш	Аркушів
Розроб.		Іванюк		11.01.26			5	82
Перевір.		Долгополов		12.01.26				
Н. Контр.		Долгополов		12.01.26				
Затверд.		Буцько						
						УкрДУЗТ		

3.3 Моделювання маневрів по розвезенню вагонів на вантажній станції і визначення їх параметрів	44
4 Удосконалення інформаційно-керуючої системи залізничного вузла для оптимізації роботи поїздів і автотранспорту	51
4.1 Розробка вимог до топологічної структури інформаційно-керуючої мережі залізничного вузла	51
4.2 Формування задач для АРМ маневрового диспетчера сортувальної станції	53
4.3 Удосконалення АРМ товарного касира та прийомоздавальника	56
4.4 Удосконалення місцевої роботи залізничного вузла при функціонуванні розроблених АРМ	59
5 Визначення економічної ефективності удосконалення місцевої роботи залізничного вузла	62
Висновки	67
Список використаних джерел	69
Додаток А Схема базового залізничного вузла	73
Додаток Б Розподіл випадкових величин параметрів передаточних поїздів	74
Додаток В Розподіл випадкових величин простою рухомого складу на станціях	77
Додаток Г Визначення економічної доцільності удосконалення інформаційно-керуючої системи залізничного вузла	80

## Вступ

На залізничному транспорті одним із основних напрямків підвищення ефективності технологічних процесів у даний час постає удосконалення системи управління перевезеннями на основі ресурсозбереження та впровадження інформаційних технологій, в тому числі автоматизованих робочих місць (АРМ) оперативних працівників. Це у свою чергу вимагає розширення функціональних можливостей інформаційних та інформаційно-керуючих систем залізничного транспорту для можливості всебічного застосування передових методів у перевізному процесі залізниць [1, 2].

Однією з важливих складових експлуатаційної роботи залізничного транспорту є місцева робота залізничних вузлів та вантажних станцій як елементів даних вузлів.

Дослідження технології місцевої роботи залізничних вузлів та взаємодії з вантажовласниками показали, що існуюча технологія доставки вантажів негативно впливає на ефективність перевезень та термін доставки вантажу через значні простой вагонів та вантажів на станціях навантаження-вивантаження.

Таким чином, **актуальність теми** обумовлена необхідністю підвищення рівня синхронізації роботи станцій залізничних вузлів між собою і вантажовласниками на основі впровадження інноваційних технологій місцевої роботи. Це дозволить зменшити собівартість перевезень, прискорити доставку та підвищити схоронність вантажу, скоротити потребу в енергоносіях, зменшити навантаження на автошляхи і зберегти екологічний стан навколишнього середовища.

**Метою роботи** оптимізація перевезень у залізничному вузлі на основі побудови і реалізації оптимізаційної моделі роботи передаточних поїздів і автотранспорту.

Для досягнення мети необхідно вирішення ряду задач:

- аналіз існуючих технологій роботи передаточних поїздів і автотранспорту у залізничних вузлах і наукових розробок з їх удосконалення;

- моделювання роботи поїздів і авторганспорту і визначення вхідних параметрів;
- оптимізаційне моделювання формування передаточних поїздів як багатогрупних;
- удосконалення інформаційно-керуючої системи залізничного вузла для оптимізації роботи поїздів і автотранспорту;
- визначення економічної ефективності від удосконалення місцевої роботи залізничного вузла.

Таким чином, в якості *предмета дослідження* у даній кваліфікаційній роботі виступає залізничний вузол.

*Об'єкт дослідження* – удосконалення перевезень у залізничному вузлі на основі оптимізаційної моделі роботи передаточних поїздів і автотранспорту.

*Методи дослідження.* Наукові дослідження базуються на використанні математичних апаратів теорії розширених мереж Петрі, теорії ймовірностей та математичної статистики.

*Елементи наукової новизни отриманих результатів:*

- вперше удосконалено технологію обслуговування віддалених вантажовласників залізничного вузла на базі доставки вантажу автотранспортом під диспетчерським керівництвом залізниці на основі імітаційної моделі у термінах математичного апарату розширених мереж Петрі;
- доопрацьовано модель формування передаточних поїздів, яка дозволяє скоротити міжопераційні простой рухомого складу і витрат на маневрову роботу у залізничних вузлах;
- доопрацьовано структуру інформаційно-керуючої мережі залізничного вузла в умовах функціонування моделі роботи передаточних поїздів і автотранспорту.

По темі кваліфікаційної роботи автором опубліковану одну наукову працю [4].

## Висновки

У роботі проведені дослідження з оптимізації перевезень у залізничному вузлі на основі побудови і реалізації оптимізаційної моделі роботи передаточних поїздів і автотранспорту.

При цьому було вирішено наступні задачі:

- проаналізовані існуючі технології роботи передаточних поїздів і автотранспорту у залізничних вузлах і наукові розробки з їх удосконалення;
- проведено моделювання роботи поїздів і автотранспорту і визначення вхідних параметрів;
- проведено оптимізаційне моделювання формування передаточних поїздів як багатогрупних;
- проведено удосконалення інформаційно-керуючої системи залізничного вузла для оптимізації роботи поїздів і автотранспорту;
- визначена економічна ефективність від удосконалення місцевої роботи залізничного вузла.

Побудовано математичну модель та розроблено заходи з оптимізації доставки вантажу автомобільним транспортом залізниці до віддалених клієнтів, які не мають безпосереднього доступу до залізничних колій.

Реалізація моделі обслуговування вантажовласників при доставці вантажу автотранспортом залізниці дозволить підвищити оперативність обслуговування вантажовласників через прискорення доставки та підвищення схоронності вантажу, а також надання вантажовласникам гнучких послуг. Оптимізація доставки вантажів також дозволяє скоротити потребу у кошовому рідкому паливі, зберегти екологічний стан навколишнього середовища та зменшити навантаження на автошляхи.

Реалізація математичної моделі формування передаточних поїздів на сортувальній станції шляхом застосування багатогрупної підбірки вагонів в рамках інформаційно-керуючої системи залізничного вузла дозволяє скоротити простій вагона на вантажній станції, підвищити ефективність використання рухомого складу, скоротити непродуктивні витрати на маневрову роботу та підвищити

оперативність обслуговування вантажовласників.

Отримано залежності скорочення витрат вагоно-годин та локомотиво-годин простою на вантажних станціях від додаткових витрат при застосуванні багатогрупої підбірки. На основі них зроблено висновок, що дана модель дозволяє на 39% скоротити витрати вагоно-годин та на 31% – локомотиво-годин при розвезенні вагонів по вантажним фронтам.

При визначенні економічної ефективності запропонованих заходів отримано наступні результати. При одноразових капітальних витратах у сумі 1299,2 тис. грн щорічний економічний ефект становить 3412,01 тис. грн. Термін окупності капітальних вкладень складає один рік, що менше нормативного терміну окупності для засобів інформаційних технологій. Це свідчить про доцільність впровадження даних наукових розробок у ряді крупних залізничних вузлів.

## Список використаних джерел

- 1 Концепція державної програми реформування залізничного транспорту України / Схвалено розпорядженням КМУ №651-р від 27.12.2006. К.: Магістраль, №1 (1179) 10-16 січня 2007 р. С. 6.
- 2 Інформація про Українські залізниці. URL: <https://mtu.gov.ua/content/informaciya-proukrainski-zaliznici.html> (дата звернення: 26.10.2025).
- 3 Долгополов П. В. Удосконалення технології роботи залізничного вузла на основі комплексу планетарних моделей: дис. на здобуття вченого ступеня канд.техн.наук. Харків, 2005. 237с.
- 4 Іванюк Д. М. Оптимізація перевезень у залізничному вузлі на основі моделі роботи поїздів і автотранспорту / *85-а студентська науково-технічна конференція Українського державного університета залізничного транспорту*, Харків, 10–11 грудня 2025 р.: Тези доповідей. Харків: УкрДУЗТ, 2025. С. 403.
- 5 Кочнев Ф. П., Сотников И. Б. Управление эксплуатационной работой железных дорог: учеб. пособие для вузов. М.: Транспорт, 1990. 424 с.
- 6 Смехов А. А. Основы транспортной логистики: учебник. М.: Транспорт, 1995. 197с.
- 7 Бутько Т. В, Гребцов О. І., Головка Т. В. Основи теорії транспортних процесів та систем: Конспект лекцій. Харків: УкрДАЗТ, 2011. 62 с.
- 8 Бутько Т. В., Долгополов П. В. Визначення можливостей для розширення функцій КСЕОД у комп'ютерній мережі залізничного вузла / *Збірник наукових праць КУЕТТ*. К.: КУЕТТ, 2003. Вип. 1-2. С. 121–125.
- 9 Бобровський В. І., Демченко Є. Б., Дорош А. С. Підвищення ефективності функціонування сортувальних комплексів станцій в умовах нерівномірності вхідного потоку поїздів / *Збірник наукових праць ДНУЗТ ім. В. Лазаряна*. Дніпропетровськ. 2015. № 10. С. 16 – 22.
- 10 Лаврухін О. В., Долгополов П. В., Петрушов В. В., Ходаківський О. М. Інформаційні системи та технології при управлінні залізничними перевезеннями : навч. посібник. Харків: ТОВ «СМІТ», 2010. 118 с.

- 11 Альошинський Є. С., Пестременко А. З. Управління ланцюгом постачань: метод. Вказівки до практичних занять. Харків: УкрДАЗТ, 2008. 34 с.
- 12 Розпорядження Кабінету Міністрів України від 16.12.2009 р., № 1557-р. «Про затвердження плану заходів із запровадження електронного документообігу, пов'язаного з перевезенням вантажів залізничним транспортом». Режим доступу: <http://www.kmu.gov.ua>. (Дата звернення 14.11.2025)
- 13 Мірошніков А. М. Про впровадження електронного документообігу / А. М. Мірошніков. Режим доступу: <http://www.uz.gov.ua>. (Дата звернення 21.11.2025).
- 14 Про електронний цифровий підпис та із змінами від 15 січня 2009: закон України від 22 травня 2003 року 852-IV // Урядовий кур'єр. 2007. № 247 від 31 грудня. С. 3–15.
- 15 Грунтов П. С., Макарович А. М., Шубко В. Г. Управление эксплуатационной работой и качеством перевозок на железнодорожном транспорте: учебник для вузов ж.-д. транспорта. М.: Транспорт, 1994. 543с.
- 16 Автоматизированное рабочее место товарного кассира (АРМ ТВК): инструкция: Утв. зам. Главного инженера Южной ж. д. Харків: Інформаційно – статистический центр. 2006. 6 с.
- 17 Ситнік Б. Т. Основи інформаційних систем і технологій: Навч. посібник. Харків: УкрДУЗТ, 2019. 175 с.
- 18 Аникин Б. А. Логистика: учебник. М.: ИНФРА-М, 2001. 352с.
- 19 Бутько Т. В. Прохоров В. М., Чехунов Д. М. Технологія інтелектуального управління сортувальною станцією на основі багатоцільової оптимізації з використанням генетичних алгоритмів. Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. 2018. № 4. С. 45-55. URL: <http://lib.kart.edu.ua/handle/123456789/4484> (дата звернення: 23.11.2025).
- 20 Котов В. Е. Сети Петри. М.: Наука. 1984. 260 с.
- 21 Пестременко, А. З. Альошинський, Є. С. Берестова Т. Т. Методичні вказівки з варіантами завдань для практичних занять з дисципліни «Управління ланцюгом постачання» / Українська держ. акад. залізничного транспорту. Харків:УкрДАЗТ, 2007. 34 с.
- 22 Иващук В. В. Конкурентный сервис на железнодорожном транспорте Украины / *Альманах международного экспедитора*. 2007. №1. С. 187-191.

- 23 Рекомендований технологічний процес роботи вантажної станції. К.: *Транспорт України*, 2004. 262 с.
- 24 Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика: учебник. М.: Высшая школа, 2000. 478 с.
- 25 Гапанович В. А., Грачёв А. А., Ковалёв В. И. и др. Системы автоматизации и информационные технологии управления перевозками на железных дорогах: учебник для вузов ж.-д. транспорта. М.: Маршрут, 2006. 544с.
- 26 Олифер В. Г., Олифер Н. А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. СПб.: Питер, 2001. 672с.
- 27 Долгополов П.В., Скоробогатов О.А. Удосконалення експлуатаційної роботи залізничної дільниці шляхом побудови комплексу інтерактивних АРМ поїзного диспетчера та чергових по станціям // Зб. наукових праць УкрДАЗТ. Харків, 2007. Вип. 85. С. 133–140.
- 28 Осьмушко О.В. Експертні системи – перспективний напрямок розвитку АСУ на залізничному транспорті / *Залізничний транспорт України*. 1997. №1. С. 10–12.
- 29 Балака Є. І., Зоріна О. І., Колесникова Н. М. Оцінка економічної доцільності інвестицій в інноваційні проекти на транспорті: навч. посібнику Х.: УкрДАЗТ, 2005. 212с.
- 30 Позднякова Л. О., Жердев М. Д., Куделя В. І. та ін. Техніко-економічні розрахунки та обґрунтування проектних рішень: загальні положення, методика та нормативно-довідкові матеріали до виконання дипломних проектів для студ. спец. 7.100.403 «Управління процесами перевезень на залізничному транспорті» всіх форм навчання. Харків: УкрДАЗТ, 2007. Ч. 1. 30с.
- 31 Позднякова Л. О., Жердев М. Д., Куделя В. І. та ін. Техніко-економічні розрахунки та обґрунтування проектних рішень: загальні положення, методика та нормативно-довідкові матеріали до виконання дипломних проектів для студ. спец. 7.100.403 «Управління процесами перевезень на залізничному транспорті» всіх форм навчання. Харків: УкрДАЗТ, 2007. Ч. 2. 18с.