

Український державний університет залізничного транспорту

Кафедра залізничних станцій та вузлів

**ОБГРУНТУВАННЯ ЕФЕКТИВНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ РОБОТИ
ПРИКОРДОННОЇ СТАНЦІЇ**

Пояснювальна записка і розрахунки
до кваліфікаційної роботи

ОЕТР.300.00.00.000 ПЗ

Розробив студент групи 211-ТТ(МКТ)-Д23
спеціальності 275 / 275.02 (роботу виконано
самостійно, відповідно до принципів
академічної доброчесності)



Оксана СТИС

Керівник: доцент, канд. техн. наук

Ганна ШАПОВАЛ

Рецензент: доцент, канд. техн. наук

Світлана ПРОДАЩУК

2025

АНОТАЦІЯ

Дана кваліфікаційна робота включає в себе 10 слайдів презентації, 77 аркушів пояснювальної записки формату А4, що включає 7 рисунків, 12 таблиць, 28 літературних джерел.

Ключові слова: СТАНЦІЯ, МІЖНАРОДНІ ПЕРЕВЕЗЕННЯ, ІНФРАСТРУКТУРА, СОРТУВАЛЬНИЙ ПАРК, СПЕЦІАЛІЗАЦІЯ КОЛІЙ.

Об'єкт дослідження – процес функціонування прикордонної станції

Метою роботи є обґрунтування ефективної технології роботи прикордонної станції шляхом визначення раціонального варіанту використання інфраструктури сортувального парку.

Для прикордонної станції проаналізовано статистичні дані щодо часу на формування составів на витяжних коліях. Визначено тривалість формування поїздів, добові витрати на утримання маневрових локомотивів.

Розроблено математична модель, яка відображає процес переміщення вагонопотоків від моменту їх надходження на прикордонну станцію до моменту відправлення їх згідно плану формування поїздів.

Для вибору оптимальної спеціалізації колій розраховано кількість вагонів, що надходять на сортувальні колії, потрібну довжину колій. Обґрунтовано варіант спеціалізації сортувальних колій у кожному пучку, який дозволить раціонально розподілити їх завантаженість та зменшити обсяг маневрової роботи локомотивів.

Проведено економічне обґрунтування запропонованого проектного рішення. Отриманні результати можуть бути використанні при обґрунтуванні доцільності удосконалення технології процесу формування поїздів на прикордонних станціях.

ABSTRACT

This qualification work includes a 10-slide presentation and a 77-page explanatory note in A4 format, featuring 7 figures, 12 tables, and 28 references.

Keywords: STATION, INTERNATIONAL TRANSPORTATION, INFRASTRUCTURE, SORTING YARD, TRACK SPECIALIZATION.

The study focuses on the operational processes of a border station.

The aim of the research is to substantiate an efficient operational technology for the border station by identifying the optimal utilization of sorting yard infrastructure.

For the border station, statistical data on train formation times on haulage tracks were analyzed. The study determined the duration of train formation and the daily maintenance costs of shunting locomotives.

A mathematical model was developed to represent the movement of carloads from their arrival at the border station to their dispatch according to the train formation plan. To determine the optimal track specialization, the number of cars arriving at the sorting yard and the required track lengths were calculated.

The proposed track specialization plan for each bundle is justified, allowing for a rational distribution of track loads and a reduction in the volume of shunting operations performed by locomotives.

An economic justification for the proposed solution was conducted. The findings can be applied to validate the feasibility of enhancing train formation technology at border stations.

Український державний університет залізничного транспорту

Факультет управління процесами перевезень

Кафедра залізничних станцій та вузлів

Освітній рівень: магістр

Спеціальність 275 Транспортні технології

275.02 Транспортні технології (на залізничному транспорті)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

професор, д-р техн. наук

ОГАР Олександр ОГАР

«30» вересня 2024 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Стис Оксана Павлівна

1 Тема «Обґрунтування ефективної технології роботи прикордонної станції»

керівник Шаповал Ганна Василівна, канд. техн. наук, доцент.

Затверджено розпорядженням по факультету «Управління процесами перевезень» від 30 вересня 2024 року № 12/24.

2 Строк подання студентом закінченої роботи – 31 грудня 2024 року

3 Вихідні дані: схема станції; техніко-експлуатаційна характеристика прикордонної станції; основні показники роботи станції та їх аналіз.

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

1 Оцінка ефективності використання інфраструктури прикордонної станції

2 Особливості роботи прикордонної станції при міжнародних перевезеннях



3 Дослідження впливу технології формування поїздів на ефективність використання інфраструктури прикордонної станції

4 Моделювання процесу формування поїздів на прикордонній станції

5 Економічне обґрунтування запропонованого проектного рішення

5 Перелік графічного матеріалу: мета, предмет, об'єкт та задачі роботи; дослідження тривалості часу формування поїздів; кількість локомотивів на витяжних коліях; технологічні параметри після впровадження запропонованої спеціалізації сортувальних колій; результати роботи сортувального парку та витяжних колій після впровадження запропонованих заходів; модель визначення керуючих параметрів процесу формування поїздів; результати моделювання; економічний ефект від впровадження запропонованого проектного рішення; висновки (10 арк.).

6 Консультанти окремих розділів

Розділ	Прізвище, ініціали, посада та науковий ступінь консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Економічне обґрунтування запропонованого проектного рішення	Наталія ГРИЦЕНКО, доцент, канд. екон. наук		

7 Дата видачі завдання 30 вересня 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів	Строк виконання етапів	Примітка
1 Оцінка ефективності використання інфраструктури прикордонної станції	10.10.2024	
2 Особливості роботи прикордонної станції при міжнародних перевезеннях	24.10.2024	
3 Дослідження впливу технології формування поїздів на ефективність використання інфраструктури прикордонної станції	07.11.2024	
4 Моделювання процесу формування поїздів на прикордонній станції	21.11.2024	
5 Економічне обґрунтування запропонованого проектного рішення	05.12.2024	
Оформлення роботи.	31.12.2024	

Студент



Оксана СТИС

Керівник



Ганна ШАПОВАЛ

Зміст

Вступ	8
1 Оцінка ефективності використання інфраструктури прикордонної станції	10
1.1 Аналіз підходів до підвищення ефективності використання інфраструктури станцій	10
1.2 Характеристика елементів інфраструктури станції	13
1.3 Експлуатаційна характеристика прикордонної станції	14
2 Особливості роботи прикордонної станції при міжнародних перевезеннях	17
2.1 Загальні положення	17
2.2 Технологія роботи прикордонної станції по обробці імпортного вагонопотоку	21
2.3 Технологія роботи прикордонної станції по обробці експортного вагонопотоку	23
3 Дослідження впливу технології формування поїздів на ефективність використання інфраструктури прикордонної станції	25
3.1 Визначення основних технологічних параметрів процесів накопичення та формування поїздів на основі обробки хронометражних спостережень	25
3.2 Визначення оптимальної кількості маневрових локомотивів на витяжних коліях	33
3.3 Дослідження взаємодії в роботі сортувальної гірки та витяжних колій формування	38
3.4 Вибір оптимального варіанту спеціалізації сортувальних колій	39

ОЕТР.300.00.00.000 ПЗ								
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Обґрунтування ефективної технології роботи прикордонної станції	Літ.	Арк.	Аркуші
Розроб.		Стис						
Перевір.		Шаповал					6	77
Н. контр.		Шаповал				УкрДУЗТ		
Затв.		Огар						

Вступ

Сучасний політичний та економічний стан в Україні потребує швидкої інтеграції залізничного транспорту до європейських вимог, оскільки в умовах військового стану актуальним є поширення міжнародного економічного співробітництва для подальшого розвитку вітчизняної промисловості та забезпечення конкурентоспроможності українських залізниць на ринку транспортних послуг [1, 2].

Залізничний транспорт повинен відновити свій потенціал шляхом модернізації існуючих об'єктів відповідно до вимог європейських стандартів. Це можливо за рахунок адаптації українського та європейського ринків перевезень, збільшення пропускної спроможності пунктів пропуску, будівництво мережі інтермодальних та перевантажувальних терміналів. Залізничне сполучення між Україною та Європою зараз є найбільш важливим, ніж будь-коли, оскільки це важливий канал для експорту української продукції. Це потребує подальшої розбудови залізничних вантажних терміналів на західних територіях країни на стиках з Польщею, Угорщиною, Словаччиною та Румунією.

Актуальність теми. В умовах повномасштабного вторгнення для залізничного транспорту одним з вагомих факторів забезпечення високої якості експлуатаційної роботи є зменшення витрат, пов'язаних з переробкою вагонопотоків на станціях. Обмежуючими елементами в системі залізничного транспорту є прикордонні станції, від успішної роботи яких залежить виконання плану перевезень, а також основні показники роботи залізниць. Скорочення часу знаходження вагонів на прикордонних станціях має значний вплив на прискорення доставки вантажів. Наявність непродуктивного простою вагонів в очікуванні виконання операцій погіршує ефективність їх роботи та призводить до додаткових витрат палива, електроенергії, рухомого складу та коштів. Тому виникає необхідність в обґрунтуванні ефективної технології роботи прикордонних станцій [3, 4].

Метою роботи є обґрунтування ефективної технології роботи прикордонної станції шляхом визначення раціонального варіанту використання інфраструктури сортувального парку.

Об'єкт дослідження – процес функціонування прикордонної станції.

Предмет дослідження – організація роботи сортувального парку.

Поставлена мета потребує вирішення наступних задач:

- оцінити ефективність використання інфраструктури прикордонної станції;
- дослідити особливості роботи прикордонної станції при міжнародних перевезеннях;

- визначити вплив технології формування поїздів на ефективність роботи витяжних колій формування сортувального парку;

- провести моделювання процесу формування поїздів на прикордонній станції;

- обґрунтувати необхідну спеціалізацію сортувальних колій та кількість маневрових локомотивів;

- провести економічне обґрунтування запропонованого проектного рішення.

Методи дослідження. Для дослідження показників роботи прикордонної станції використано методи математичної статистики. При моделюванні процесу формування поїздів використано методи імітаційного моделювання. Для вирішення задачі по вибору оптимального варіанта процесу формування поїздів застосовано метод динамічного дискретного програмування з використанням математичного апарату мереж Петрі. Для економічного обґрунтування доцільності реалізації запропонованого проектного рішення застосовано метод згладжування для прогнозування обсягів роботи станції.

Наукова новизна отриманих результатів. Запропонована математична модель, яка відображає процес переміщення вагонопотоків від моменту їх надходження на прикордонну станцію до моменту відправлення їх згідно плану формування поїздів на прилеглі дільниці.

Практичне значення отриманих результатів. Отриманні результати можуть бути використанні при обґрунтуванні доцільності удосконалення технології процесу формування поїздів на прикордонних станціях.

Публікації. Основні положення роботи доповідалися та були схваленні на 84 студентській науково-технічній конференції УкрДУЗТ (м. Харків, 2024 р.) [5].

Висновки

У кваліфікаційній роботі досліджено вплив процесу формування поїздів на прикордонній станції на ефективність використання інфраструктури станції. Були поставлені задачі по розробці заходів з удосконалення технології процесу формування поїздів.

Для дослідження обрано прикордонну станцію. Зібрано та проаналізовано статистичні дані щодо часу на формування составів на витяжних коліях на підставі яких побудовано гістограму статистичного розподілу тривалості формування. За зовнішнім виглядом гістограми та за величиною коефіцієнта варіації часу формування зроблено висновок, що тривалість формування поїздів на витяжних коліях підпорядковується нормальному закону розподілу. Нормальний закон розподілу часу формування перевірено за критерієм погодження Пірсона χ^2 .

При розробці заходів з удосконалення технології закінчення формування поїздів основними критеріями щодо їх вибору були зменшення тривалості знаходження вагонів, що переробляються на станції, під сортувальним процесом у підсистемах розформування та формування, а також відповідність при цьому рівня завантаженості сортувальних колій протягом доби допустимим рівням завантаження з узгодженням кількості маневрових локомотивів, що обслуговують підсистеми розформування-формування.

Момент завершення накопичення вагонів на состави в сортувальному парку є складовою частиною всього процесу формування. Проте треба враховувати, що состави можуть накопичуватися нерівномірно, що призводить до виникнення простою в очікування формування. Для успішної роботи станції визначено добові та витрати на утримання маневрових локомотивів. Використання одного локомотива для роботи в хвостовій горловині сортувального парку та на витяжних коліях формування дозволить забезпечити мінімальні витрати по станції.

Для вибору оптимальної спеціалізації колій було розраховано кількість вагонів, що надходять на сортувальні колії, коли там знаходиться состав (2 ваг), кількість

вагонів після накопичення (12 ваг) та вагони, що надійшли до відсіву (13 ваг), а також потрібна довжина колій (1911 м) при заданих параметрах. Запропоновано власний варіант спеціалізації колій у кожному пучку, який дозволить раціонально розподілити завантаженість колій та зменшити обсяг маневрової роботи локомотивів.

Результатами розробки таких заходів стала постановка задачі підвищення ефективності сортувального процесу на прикордонній станції у вигляді цільової функції з системою обмежень та подальша її реалізація за допомогою імітаційного моделювання із застосуванням математичного апарату мереж Петрі.

Економічний ефект на розрахунковий період складає: зменшення простою поїздів на станції, за рахунок впровадження змін у спеціалізацію сортувальних колій – 384,27 тис. грн.; зменшення витрат на утримання колій сортувального парку - 7653,98 тис. грн. Тоді економічний ефект з урахуванням всіх запропонованих вище заходів в загальному підсумку складе 8038,25 тис. грн.

На основі даних, отриманих моделюванням та економічними розрахунками було визначено, що застосування запропонованих заходів з удосконалення технології процесу формування поїздів на прикордонній станції забезпечують більш раціональну організацію вагонопотоків як внутрішнього сполучення, так і міжнародного, при цьому не вимагають залучення додаткових технічних засобів на станції, і, як наслідок, не потребують додаткових капітальних вкладень у розвиток інфраструктури станції, а заощадженні кошти дозволять підвищити загальний бюджет станції.

Список використаних джерел

1. Commission regulation (EU) 1299/2014 of 18 November 2014 on the technical specifications for interoperability relating to the «infrastructure» subsystem of the rail system in the European Union. – URL: <http://data.europa.eu/eli/reg/2014/1299/oj>.
2. Directive (EU) 2016/797 of the European Parliament and of the Council of 11 May 2016 on the interoperability of the rail system within the European Union. - URL: <http://data.europa.eu/eli/dir/2016/797/oj>
3. Про схвалення Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року: схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 30.05.2018 р. № 430-р. [Документ 430-2018-р, чинний, поточна редакція від 03.05.2023, підстава - 416-2023-п]. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/430-2018-%D1%80>
4. Відбудова залізничного транспорту повоєнної України. URL: <https://ti-ukraine.org/research/vidbudova-zaliznychnogo-transportu-povoyennoyi-ukrayiny/>
5. Стис О.П., Кизилів С.В. Удосконалення технології взаємодії елементів інфраструктури станції при міжнародних перевезеннях. *84 студентська науково-технічна конференції (Харків, 11-13 грудня 2024 р.)*. URL: <https://kart.edu.ua/nauka/stud-ndr/stud-ntk>.
6. Кобилух О. Я. Вантажні перевезення залізничним транспортом: проблеми та перспективи розвитку в Україні. Академічні візії: Секція Економіки, 2023, Вип. 25 DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.10471804>.
7. Торопов Б. І., Стрелко О. Г., Грушевська Т. М., Болвановська Т. В. Застосування системного підходу при дослідженні технології та оснащення технічних станцій. Вчені записки ТНУ імені Вернадського. Серія: Технічні науки, 2022, №5, том 33(72), С.318-324 DOI <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2022.5/49>.
8. Вернигора Р. В., Малашкин В. В. Методика техніко-експлуатаційної оцінки проектних рішень по удосконаленню параметрів залізничних станцій. *Збірник наукових праць ДНУЗТ ім. Лазаряна. Транспортні системи та технології перевезень*. 2016. Вип. 11. С. 16-25.

9. Стрелко О. Г., Бердниченко Ю. А., Петриковець О. В., Грушевська Т. М., Круглик М. В. Удосконалення технології роботи сортувальних станцій шляхом застосування єдиної інформаційної системи. *Вчені записки ТНУ ім. Вернадського*. Вип. 30 (69). 2. № 5. 2019. С. 144-148.

10. Березовий М. І., Болжеларський В. В., Козаченко Д. М., Боричева С. В. Оцінка ризиків на сортувальних гірках згідно Європейських підходів. *Збірник наукових праць ДНУЗТ ім. акад. В. Лазаряна. Транспортні системи та технології перевезень*. 2022. Вип. 23. С. 89-96. DOI <http://tstt.diit.edu.ua/article/view/261662/258083>

11. Козаченко Д. М., Березовий М. І., Малашкін В. В., Мілянчик А. Р. Аналіз перспектив та передумов створення в Україні операторів залізничної інфраструктури. *Збірник наукових праць ДНУЗТ ім. ак. В. Лазаряна. Транспортні системи та технології перевезень*. 2020. Вип. 20. С. 66-73. DOI <https://doi.org/10.15802/tstt2020/217408>.

12. Технологічний процес роботи сортувальної станції: 715-Ц : затв. наказом генерального директора Укрзалізниці 22.12.2009. К.: Укрзалізниця, 2009. 250 с.

13. Писарєв В. А., Рождественський О. В., Пашко П. В. Митний контроль на залізничному транспорті: за ред. П. В. Пашка. К.: Знання, 2004. 404с.

14. Порядок взаємодії посадових осіб митних органів, які здійснюють митні формальності з товарами, що переміщуються залізничними транспортними засобами і працівників залізниць України: затверджено Наказ № 215/365 від 26 квітня 2024 року. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0695-24#Text>.

15. Прокопенко В. В. Митний контроль рухомого складу залізничного транспорту. *Право та державне управління*. 2017, №4(29) том 1, С.121-126. URL: http://www.pdu-journal.kpu.zp.ua/archive/4_2017/tom_1/23.pdf

16. Пестременко-Скрипка О. С., Берестова Т. Т. Удосконалення системи передачі міжнародного вагонопотоку на прикордонних передавальних станціях. *Збірник наукових праць ДНУЗТ ім. акад. В. Лазаряна*. 2019. Вип. 17. С. 48-54.

17. Огірко О. І., Галайко Н. В. Теорія ймовірностей та математична статистика: навчальний посібник. Львів: ЛьвДУВС, 2017. 292 с.

18. Бобровський В. І., Скворн І. Я. Удосконалення технології формування багатогрупних составів. *Вестник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. ак. В. Лазаряна*. 2007. Вип. 19. С. 88-3.
19. Бобровський В. І., Скворн І. Я. Удосконалення методики вибору раціональної технології формування багатогрупних составів. *Збірник наукових праць УкрДАЗТ*. Харків, 2012, Вип. 131. С. 162-171.
20. ДБН В.2.3-19:2018 Споруди транспорту. Залізничні колії 1520 мм. Норми проектування: затверджено наказом № 261 від 28.09.2018. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=80894.
21. Шаповал Г. В., Шелехань Г. І., Занік І. В. Дослідження впливу поїздоутворення на ефективність сортувального процесу. *Збірник наукових праць УкрДУЗТ*. Харків: УкрДУЗТ, 2016. Вип. 166. С. 68-78.
22. Зайцев Д. А. Мережі Петрі і моделювання систем: навчальній посібник, Одеса. 2006. 243с.
23. Reggie Davidrajuh. Colored Petri Nets for Modeling of Discrete Systems: a Practical Approach With GPenSIM. *Springer Nature Singapore*. 2023. 216с.
24. Meng Chu Zhou, Naiqi Wu. System Modeling and Control with Resource-Oriented Petri Nets. *CRC Press*. 2018. 312 с
25. Методичні вказівки з розрахунку норм часу на маневрові роботи, які використовуються на залізничному транспорті: затв. наказом Укрзалізничці від 25.03.2003 р. № 72-ЦЗ. К.: КМДФ ФКП «НДІСЄП», 2003. 81 с.
26. Балака Є. І., Зоріна О.І., Колесникова Н.М., Писаревський І. М. Оцінка економічної доцільності інвестицій в інноваційні проекти на транспорті: навч. посіб. Харків: УкрДАЗТ, 2005. 210 с.
27. ДСТУ 8302:2015 Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання; введ 2016-07-01. К.: ДП «УкрНДНЦ», 2016. 18 с.
28. Студентська навчальна звітність. Текстова частина (пояснювальна записка). Загальні вимоги до побудови викладення та оформлення: метод. посібник з додержання вимог нормоконтролю у студентській навчальній звітності / Л. М. Козар, Є. В. Коновалов, А. О. Лапко, Г. В. Шаповал [та ін.]. Харків : УкрДАЗТ, 2014. 54 с.