

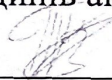
Кафедра залізничних станцій та вузлів

РОЗРАХУНОК ЧИСЛА КОЛІЙ В ПАРКАХ ПРИКОРДОННОЇ ВУЗЛОВОЇ  
ТЕХНІЧНОЇ СТАНЦІЇ

Пояснювальна записка та розрахунки  
до кваліфікаційної роботи

РЧКПП.300.00.00.000 ПЗ

Розробив студент групи 101-МКТ-Д21  
спеціальності 275 / 275.02 (роботу  
виконано самостійно, відповідно до  
принципів академічної доброчесності)

  
\_\_\_\_\_  
(підпис) Кирил ТКАЧЕНКО

Керівник: доцент, кандидат техн. наук  
Ігор БЕРЕСТОВ

Рецензент: доцент, кандидат техн. наук  
Григорій СІКОНЕНКО

## АНОТАЦІЯ

Дана кваліфікаційна робота включає в себе 10 слайдів презентації, 68 аркушів пояснювальної записки формату А4, що включає 4 рисунки, 8 таблиць, 12 літературних джерел.

Ключові слова: ТЕХНІЧНА СТАНЦІЯ, КОЛІЙНИЙ РОЗВИТОК, ПРИЙМАЛЬНО-ВІДПРАВНИЙ ПАРК, ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИЙ АНАЛІЗ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС.

Об'єктом дослідження є процес функціонування прикордонної вузлової технічної станції. Метою дослідження є визначення потрібного числа колій в парках прикордонної вузлової технічної станції для заданих умов експлуатації.

Кваліфікаційна робота присвячена дослідженню організації функціонування прикордонної вузлової технічної станції з акцентом на визначення параметрів її колійного розвитку. У роботі розглянуто наукові підходи до розрахунку залізничних станцій, проведено обґрунтування кількості колій у приймально-відправних парках на основі аналізу середньозваженої тривалості заняття колії поїздом та розрахункового інтервалу прибуття. Визначено потребу в кількості колій сортувального парку, що відповідає умовам експлуатації прикордонної вузлової станції. Розглянуто сучасні форми і порядок проведення митного контролю в умовах міжнародного сполучення. Окрему увагу приділено побудові системи інтелектуального аналізу, яка забезпечує автоматизовану обробку інформації, моніторинг стану станції та прийняття управлінських рішень. Результати дослідження можуть бути використані для модернізації прикордонних вузлових станцій і підвищення ефективності перевізного процесу.

## ABSTRACT

This qualification work includes 10 presentation slides, 68 pages of an explanatory note in A4 format, featuring 4 figures, 8 tables and 12 literature references.

Keywords: TECHNICAL STATION, STATION TRACKAGE, ARRIVAL AND DEPARTURE YARD, INTELLECTUAL ANALYSIS, TECHNOLOGICAL PROCESS.

The object of the study is the functioning process of a border junction technical railway station. The purpose of the research is to determine the required number of tracks in the yards of the border junction technical station under specified operating conditions.

The qualification work is dedicated to the study of the organization of the functioning of a border junction technical station with an emphasis on determining the parameters of its track development. The paper examines scientific approaches to the calculation of railway stations and provides a substantiation of the number of tracks in the arrival and departure yards based on the analysis of the weighted average track occupation time by trains and the calculated train arrival interval. The need for the number of tracks in the classification yard corresponding to the operating conditions of the border junction station has been determined. Modern forms and procedures for customs control under international traffic conditions are discussed. Particular attention is paid to the development of an intelligent analysis system that ensures automated information processing, station status monitoring, and decision-making support. The results of the study can be used for the modernization of border junction technical stations and to improve the efficiency of the transportation process.

# Український державний університет залізничного транспорту

Факультет управління процесами перевезень

Кафедра залізничних станцій та вузлів

Освітній рівень: бакалавр

Спеціальність 275 Транспортні технології

275.02 Транспортні технології (залізничний транспорт)

## ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри,

професор, доктор техн. наук

Олександр ОГАР

« 12 » травня 2025 р.

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Ткаченку Кирилу Руслановичу

1. Тема проекту «Розрахунок числа колій в парках прикордонної вузлової технічної станції»

керівник проекту (роботи) Берестов Ігор В'ячеславович, кандидат техн. наук, доцент

затверджені розпорядженням факультету УПП від «12» травня 2025 року № 06/25

2. Строк подання студентом закінченої роботи – «09» червня 2025 року

3. Вихідні дані до проекту (роботи): типовий технологічний процес роботи технічної станції, схема прикордонної технічної станції, схема підходів до прикордонної технічної станції, розміри руху пасажирських і вантажних поїздів.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Наукові підходи до розрахунку залізничних станцій. Розрахунок числа колій в приймально-відправних парках прикордонної вузлової технічної станції. Визначення середньозваженої тривалості заняття колії поїздом. Визначення розрахункового інтервалу прибуття поїздів в приймально-відправний парк прикордонної вузлової технічної станції. Визначення числа колій в сортувальному парку прикордонної вузлової технічної станції. Форми та порядок проведення митного контролю. Побудова системи інтелектуального аналізу функціонування технологічного процесу на залізничній станції.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): мета і задачі роботи, об'єкт, предмет і методи дослідження, прикладна значущість отриманих результатів; вихідні дані для розрахунку числа колій в парках прикордонної вузлової технічної станції; потрібні пропускна спроможність, число головних колій і технічне оснащення ліній; принцип визначення числа колій в приймально-відправних парках прикордонної вузлової технічної станції; сумарна тривалість заняття колій приймально-відправних парків; процедура визначення розрахункового інтервалу прибуття поїздів в

приймально-відправний парк; результати розрахунку потрібного числа колій в парках прикордонної вузлової технічної станції; висновки. Загалом 10 аркушів.

6. Дата видачі завдання «12» травня 2025 року

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

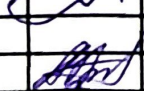
| Назва етапів дипломного проекту (роботи)                                                                                                                                                                                                     | Строк виконання етапів проекту (роботи) | Примітка |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|----------|
| 1 Вступ                                                                                                                                                                                                                                      | 15.05.2025 р.                           |          |
| 2 Наукові підходи до розрахунку залізничних станцій. Розрахунок числа колій в приймально-відправних парках прикордонної вузлової технічної станції                                                                                           | 19.05.2025 р.                           |          |
| 3 Визначення середньозваженої тривалості заняття колії поїздом                                                                                                                                                                               | 26.05.2025 р.                           |          |
| 4 Визначення розрахункового інтервалу прибуття поїздів в приймально-відправний парк прикордонної вузлової технічної станції                                                                                                                  | 30.05.2025 р.                           |          |
| 5 Визначення числа колій в сортувальному парку прикордонної вузлової технічної станції. Форми та порядок проведення митного контролю. Побудова системи інтелектуального аналізу функціонування технологічного процесу на залізничній станції | 03.06.2025 р.                           |          |
| 6 Висновки                                                                                                                                                                                                                                   | 05.06.2025 р.                           |          |
| 7 Оформлення роботи                                                                                                                                                                                                                          | 09.06.2025 р.                           |          |

Студент  Кирил ТКАЧЕНКО

Керівник проекту (роботи)  Ігор БЕРЕСТОВ

## Зміст

|                                                                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Вступ                                                                                                     | 7  |
| 1 Наукові підходи до розрахунку залізничних станцій                                                       | 9  |
| 1.1 Наукові підходи до дослідження та розрахунку роздільних пунктів                                       | 9  |
| 1.2 Методи розрахунку колійного розвитку на залізничних станціях                                          | 15 |
| 2 Розрахунок числа колій в приймально-відправних парках прикордонної вузлової технічної станції           | 19 |
| 2.1 Вихідні дані                                                                                          | 19 |
| 2.2 Визначення потрібної пропускної спроможності і числа головних колій ліній, що примикають              | 19 |
| 2.3 Розробка спеціалізації приймально-відправних парків прикордонної вузлової технічної станції           | 22 |
| 2.4 Принцип визначення числа колій в приймально-відправних парках прикордонної вузлової технічної станції | 24 |
| 3 Визначення середньозваженої тривалості заняття колії поїздом                                            | 26 |
| 3.1 Загальний принцип розрахунку                                                                          | 26 |
| 3.2 Визначення тривалості технологічних операцій                                                          | 27 |
| 3.3 Визначення тривалості очікування виводу поїзда з приймально-відправного парку                         | 31 |

|              |      |          |                                                                                     |      |                                                                         |         |       |         |
|--------------|------|----------|-------------------------------------------------------------------------------------|------|-------------------------------------------------------------------------|---------|-------|---------|
|              |      |          |                                                                                     |      | РЧКПП.300.00.00.000 ПЗ                                                  |         |       |         |
| Зм.          | Арк. | № докум. | Підпис                                                                              | Дата | Розрахунок числа колій в парках прикордонної вузлової технічної станції | Літ.    | Аркуш | Аркушів |
| Розроб.      |      | Ткаченко |  |      |                                                                         | i       | 5     | 68      |
| Перев.       |      | Берестов |  |      |                                                                         | УкрДУЗТ |       |         |
| Заст. Дирек. |      |          |                                                                                     |      |                                                                         |         |       |         |
| Н. контр.    |      | Шаповал  |  |      |                                                                         |         |       |         |
| Затв.        |      | Огар     |  |      |                                                                         |         |       |         |

|     |                                                                                                                                |    |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4   | Визначення розрахункового інтервалу прибуття поїздів в приймально-відправний парк прикордонної вузлової технічної станції      | 39 |
| 4.1 | Розрахунок мінімального інтервалу прибуття                                                                                     | 39 |
| 4.2 | Розрахунок середнього інтервалу прибуття                                                                                       | 41 |
| 5   | Визначення числа колій в сортувальному парку прикордонної вузлової технічної станції                                           | 45 |
| 6   | Форми та порядок проведення митного контролю                                                                                   | 46 |
| 7   | Побудова системи інтелектуального аналізу функціонування технологічного процесу на залізничній станції                         | 48 |
| 7.1 | Обґрунтування необхідності впровадження інтелектуального аналізу                                                               | 48 |
| 7.2 | Переваги застосування автоматизованого інтелектуального аналізу                                                                | 50 |
| 7.3 | Автоматизована аналітична система як інструмент для нових форм аналізу                                                         | 53 |
| 7.4 | Застосування інформаційного сховища для інтерактивного аналізу                                                                 | 55 |
|     | Висновки                                                                                                                       | 59 |
|     | Список використаних джерел                                                                                                     | 61 |
|     | Додаток А Дані для розрахунку потрібної кількості колій у приймально-відправних парках прикордонної вузлової технічної станції | 63 |

## Вступ

Залізничні станції, зокрема ті, що мають технічне призначення, є ключовими елементами перевізного процесу, адже рівень їхньої ефективності істотно визначає загальну продуктивність функціонування залізничної інфраструктури. У зв'язку з цим на залізничному транспорті впроваджується широкий комплекс технічних та технологічних рішень, орієнтованих на суттєве зростання ефективності транспортних операцій шляхом застосування інноваційних підходів і водночас оптимізації витрат на будівництво й утримання об'єктів.

Технічні станції, що є складовою частиною загальної мережі, вирізняються різноманіттям планувальних рішень, яке зумовлене історичними передумовами їхнього формування, ступенем технічного розвитку, специфікою експлуатації на час створення, а також соціально-економічними характеристиками обслуговуваних територій і функціональними обов'язками, які вони виконують.

Значна частина сучасних технічних станцій функціонує без належних інфраструктурних розв'язок на підходах, із поперечними схемами, які не відповідають актуальним обсягам руху та не забезпечують повного використання потенціалу тепловозної й електричної тяги щодо збільшення маси поїздів. Такі станції часто мають низку проблем: застарілі або відсутні сортувальні пристрої, неефективне розташування об'єктів вантажного комплексу та локомотивного господарства. Ураховуючи ці та інші чинники, багато технічних станцій потребують модернізації схем і оновлення колійної інфраструктури. Основними причинами для перебудови є дефіцит або надлишок сортувальних і приймально-відправних колій; неефективні конструктивні рішення горловин; відсутність або недосконалість розв'язок на підходах до станцій; нераціональне підключення під'їзних колій; недостатнє технічне забезпечення зон вантажно-розвантажувальних робіт, пунктів технічного огляду та інших важливих об'єктів.

Визначальним компонентом інфраструктури технічної станції є її колійний розвиток, оскільки кількість колій у парках суттєво впливає як на початкові інвестиції в будівництво, так і на тривалість та ефективність експлуатації станції

впродовж усього її функціонування. Таким чином, розрахунок колійного розвитку технічних станцій є актуальною науково-прикладною задачею.

Метою даної роботи є визначення потрібного числа колій в парках прикордонної вузлової технічної станції для заданих умов експлуатації.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- проаналізувати наукові підходи до розрахунку залізничних станцій;
- розрахувати потрібну пропускну спроможність, число головних колій ліній, що примикають, та розробити спеціалізацію приймально-відправних парків прикордонної вузлової технічної станції;
- розрахувати тривалості технологічних операцій, тривалості очікування виводу поїздів з приймально-відправних парків та середньозважені тривалості заняття колій зазначених парків;
- визначити розрахункові інтервали прибуття поїздів в приймально-відправні парки прикордонної вузлової технічної станції і розрахувати число колій в цих парках;
- визначити число колій в сортувальному парку.

Об'єкт дослідження – процес функціонування прикордонної вузлової технічної станції.

Предмет дослідження – конструктивно-технологічні параметри приймально-відправних і сортувального парків прикордонної вузлової технічної станції.

Методи дослідження. Для розрахунку числа колій в приймально-відправних парках прикордонної вузлової технічної станції використано аналітичний метод розрахунку, що базується на урахуванні середньозваженої тривалості заняття колії поїздом у приймально-відправному парку і розрахункового інтервалу прибуття поїздів у цей парк. Для розрахунку тривалості очікування виводу поїздів з приймально-відправних парків використано методи теорії масового обслуговування.

Прикладна значущість отриманих результатів. Отримані результати розрахунку потрібного колійного розвитку прикордонної вузлової технічної станції забезпечать надійне і ефективне її функціонування в заданих умовах експлуатації.

## Висновки

У кваліфікаційній роботі вирішено науково-прикладне завдання щодо розрахунку числа колій в парках прикордонної вузлової технічної станції для заданих умов експлуатації. Використаний підхід до розрахунку конструктивних параметрів залізничних станцій забезпечить надійне і ефективне функціонування діючих і нових об'єктів протягом життєвого циклу. При цьому:

1. У роботі розглянуто різноманітні підходи до визначення параметрів залізничних станцій, зосереджуючи увагу на складності транспортних систем як у структурному, так і в технологічному аспектах. Їхня ефективність значною мірою зумовлена керуючими впливами та взаємодією випадкових процесів, що ускладнює проведення точних обчислень.

Перші методи оцінювання ефективності транспортних систем базувалися на аналітичних підходах (детермінованих або стохастичних), проте не забезпечували повного врахування складної організації, технологій та управлінських чинників. Частковим вирішенням стали графічні методи, але й вони виявилися неспроможними моделювати вплив випадкових явищ, водночас породжуючи додаткові труднощі. Це обумовило необхідність переходу до імітаційного моделювання.

Результати аналізу методів розрахунку залізничних станцій засвідчили, що тільки імітаційне моделювання, яке дозволяє врахувати складну структуру станцій, повністю відповідає сучасним вимогам та забезпечує достовірне відображення реального функціонування.

2. Розраховано потрібну пропускну спроможність, число головних колій ліній, що примикають, та розроблено спеціалізацію приймально-відправних парків прикордонної вузлової технічної станції. Потрібна пропускну спроможність лінії А-О склала 106 пар поїздів, лінії Б-О – 114 пар поїздів, лінії С-О – 35 пар поїздів і лінії Д-О – 33 пари поїздів. На підставі виконаних розрахунків обґрунтовано, що лінії А-О і Б-О слід проектувати двоколійними, С-О і Д-О – одноколійними.

Потрібна пропускна спроможність перегону між передвузловою станцією П і вузловою технічною станцією О склала 141 пару поїздів. Отриманий результат свідчить про те, що двоколійний міст забезпечить пропуск заданого поїздопотoku.

Парк ПВ-1 спеціалізовано для приймання усіх вантажних поїздів з напрямків А та С, приймання поїздів у розформування з напрямків Б та Д, виставки із сортувального парку составів свого формування для відправлення на всі напрямки. Парк ПВ-2 спеціалізовано для приймання транзитних поїздів із напрямків Б і Д.

3. Розраховано тривалості технологічних операцій, тривалості очікування виводу поїздів з приймально-відправних парків та середньозважені тривалості заняття колій зазначених парків. Тривалість виконання технологічних операцій з транзитними поїздами без зміни локомотива склала 29,0 хв., транзитними поїздами зі зміною локомотива і кутовими поїздами – 49,2 хв., дільничними поїздами – 31,4 хв., збірними поїздами – 38,1 хв. і поїздами свого формування – 48,3 хв..

Тривалість очікування відправлення на лінію О-П склала 30,0 хв., лінію О-Б – 30,7 хв. і лінію О-Д – 24,9 хв.. Тривалість очікування розформування склала 7,6 хв.. Середньозважена тривалість заняття колій ПВ-1 склала 62,8 хв., ПВ-2 – 65,0 хв..

4. Визначено розрахункові інтервали прибуття поїздів в приймально-відправні парки прикордонної вузлової технічної станції і розраховано число колій в цих парках. Розрахунковий інтервал для лінії П-О склав 9,6 хв., лінії Б-О – 11,5 хв. і лінії Д-О – 36,7 хв.. Розрахунковий інтервал виставки у приймально-відправний парк составів поїздів свого формування склав 44,3 хв..

Отримані результати розрахунків дозволили визначити потрібне число колій в приймально-відправних парках станції. У парку ПВ-1 зазначене число колій повинно складати 9, парку ПВ-2 – 7.

5. Визначено число колій в сортувальному парку. В залежності від числа призначень за планом формування і потужності вагонопотоку число колій у зазначеному парку повинно складати 14.

## Список використаних джерел

- 1 Про схвалення Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 30 травня 2018 р. № 430-р. *Офіційний вісник України*. 2018. № 52. С. 533. Ст. 1848.
- 2 Залізничні станції та вузли: навч. посібник / І. В. Берестов та ін.; за ред. І. В. Берестова. Харків: Райдер, 2012. 464 с.
- 3 Прокопенко Т. О. Теорія систем і системний аналіз : навч. посібник [Електронний ресурс]. М-во освіти і науки України, Черкас. держ. технол. ун-т. Черкаси : ЧДТУ, 2019. 139 с.
- 4 Четчуєв М. В., Єфименко Ю. І. Обґрунтування раціональної етапності розвитку горловини залізничних станцій. *Наука та техніка транспорту*. 2012. №3. С. 29-36.
- 5 Горбова О. В. Удосконалення методів техніко-експлуатаційної оцінки роботи залізничних станцій : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.22.20 / Горбова Олександра Вікторівна. Дніпро, 2016. 24 с.
- 6 Bobrovskiy V., Kozachenko D., Vernigora, R. Functional simulation of railway stations on the basis of finite-state automata. *Transport Problems*. 2014, 9(3), pp. 57-65.
- 7 Kaakai F., Hayat S., El Moudni A. Simulation of railway stations based on hybrid petri nets. *IFAC Proceedings Volumes*. Volume 39, Issue 5, 2006, pp. 50-55.
- 8 Kaakai F., Hayat S., El Moudni A. A hybrid Petri nets-based simulation model for evaluating the design of railway transit stations. *Simulation Modelling Practice and Theory*. Volume 15, Issue 8, September 2007, pp. 935-969.
- 9 Кашеева Н.В., Осокін О.В., Колокольников В.С. Автоматизована побудова імітаційних моделей. *Транспорт: наука, техніка та управління*. 2014. №5. С. 50-53.
- 10 Кашеева Н.В., Тимухіна О.М. Підвищення функціональних та адаптивних властивостей залізничних станцій : монографія. LAP LAMBERT Akademik Publishing GmbH&Co.KG, Germany, 2013. 222 p.

11 Кашеєва Н.В., Тимухіна О.М., М'ягков А.В. Залежність показників роботи транспортної системи від властивостей технологічних ліній. *Транспорт: наука, техніка та управління*. 2013. №11. С. 36-38.

12 Кашеєва Н.В., Четверіков В.А., Окулов Н.Є. Дослідження заводських сортувальних станцій за допомогою імітаційного моделювання. *Транспорт: наука, техніка та управління*. 2014. №3. С. 58-62.