

Український державний університет залізничного транспорту

Кафедра залізничних станцій та вузлів

ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ
ГОРЛОВИН ПАРКУ ПРИЙМАННЯ СОРТУВАЛЬНОЇ СТАНЦІЇ

Пояснювальна записка та розрахунки
до випускної кваліфікаційної роботи

ВРКПГ.300.00.00.000 ПЗ

Розробив студент групи 214-МКТ-Д23
спеціальності 275 / 275.02 (роботу
виконано самостійно, відповідно до
принципів академічної доброчесності)


_____ Іван КОБЕЦЬ
(підпис)

Керівник: асистент, кандидат техн. наук

Дмитро ГУРІН

Рецензент: доцент, кандидат техн. наук

Антон КОВАЛЬОВ

АНОТАЦІЯ

Дана кваліфікаційна робота включає в себе 12 слайдів презентації, 73 аркушів пояснювальної записки формату А4, що включає 17 рисунків, 15 таблиць, 16 літературних джерел.

Ключові слова: СОРТУВАЛЬНА СТАНЦІЯ, ГОРЛОВИНА, ПАРК ПРИЙМАННЯ, ПРИЙМАЛЬНО-ВІДПРАВНИЙ ПАРК, КОНСТРУКТИВНІ ПАРАМЕТРИ.

Об'єктом дослідження є процес функціонування залізничних станцій.

Метою дослідження є мінімізація витрат на спорудження та експлуатацію горловин парків залізничних станцій шляхом розробки методу розрахунку їх раціональних конструктивних параметрів.

У кваліфікаційній роботі виконано огляд вимог до проектування горловин, їх елементів та етапності розвитку горловин. Проаналізовано методи розрахунку раціональних конструктивних параметрів горловин. Виконано огляд схем горловин парків сортувальних станцій.

Визначено раціональні конструктивні параметри горловин парку приймання сортувальної станції. Розраховано число та тривалість затримок поїзних та маневрових локомотивів на перехрещеннях у вихідній горловині приймально-відправного парку сортувальної станції. Виконано техніко-економічне обґрунтування вибору варіанту вихідної горловини приймально-відправного парку сортувальної станції.

ABSTRACT

This qualification work includes 12 presentation slides, 73 pages of an explanatory note in A4 format, featuring 17 figures, 15 tables, and 16 literature references.

Keywords: SORTING STATION, THROAT, RECEIVING PARK, RECEIVING-DISPATCHING PARK, DESIGN PARAMETERS.

The study focuses on the operational processes of railway stations.

Its objective is to minimize the construction and operational costs of railway station park throats by developing a method for calculating their optimal design parameters.

The research reviewed the design requirements for throats, their components, and the stages of throat development. It analyzed methods for calculating rational design parameters of throats and examined the layouts of sorting station park throats.

The study determined the optimal design parameters for the throats of the sorting station's receiving park. It calculated the number and duration of delays for trains and shunting locomotives at crossings in the initial throat of the sorting station's receiving-dispatching park. Finally, it conducted a technical and economic justification for the selection of the initial throat of the sorting station's receiving-dispatching park.

Український державний університет залізничного транспорту

Факультет управління процесами перевезень

Кафедра залізничних станцій та вузлів

Рівень вищої освіти: магістр-дослідник

Спеціальність 275 Транспортні технології

275.02 Транспортні технології (на залізничному транспорті)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри,

професор, доктор техн. наук

 О. М. Огар

« 30 » вересня 2024 р.



ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Кобець Івану Сергійовичу

1. Тема проекту «Визначення раціональних конструктивних параметрів горловин парку приймання сортувальної станції»
керівник проекту (роботи) Гурін Дмитро Олегович, к.т.н.,
затверджені розпорядженням факультету УПП від «30» вересня 2024 року № 12/24
2. Строк подання студентом закінченої роботи – «16» грудня 2024 року
3. Вихідні дані до проекту (роботи): схеми горловин парків сортувальних станцій, розміри поїзної роботи станції, питомі витрати у вантажному русі.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Вимоги до проектування горловин. Аналіз методів розрахунку раціональних конструктивних параметрів горловин. Огляд схем горловин парків сортувальних станцій. Розробка методу розрахунку раціональних конструктивних параметрів горловин парку приймання сортувальних станцій. Визначення раціональних конструктивних параметрів горловин парку приймання сортувальної станції. Розрахунок числа і тривалості затримок поїзних і маневрових локомотивів на перехрещеннях у вихідній горловині приймально-відправного парку сортувальної станції. Техніко-економічне обґрунтування вибору варіанту вихідної горловини приймально-відправного парку сортувальної станції.
5. Перелік графічного матеріалу: об'єкт, предмет, задачі дослідження, наукова новизна, мета роботи; математична модель визначення раціональних конструктивних параметрів горловин парків залізничних станцій; витрати з наростаючим підсумком за розрахунковий період в залежності від кількості додаткових з'їздів; альтернативні варіанти розміщення з'їздів; залежність витрат з

наростаючим підсумком від кількості додаткових з'їздів; схеми горловин приймально-відправного парку сортувальної станції з одним та двома локомотивними тупиками; порівняльна діаграма числа та тривалості затримок для першого та другого варіанту; розрахунок витрат у першому варіанті; розрахунок витрат у другому варіанті; висновки. Загалом 12 аркушів.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультантів	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Техніко-економічне обґрунтування вибору варіанту вихідної горловини приймально-відправного парку сортувальної станції	Наталія ГРИЦЕНКО, доцент, канд. екон. наук		

7. Дата видачі завдання «30» вересня 2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН





Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
Вступ	07.10.2024	
1 Вимоги до проектування горловин		
2 Аналіз методів розрахунку раціональних конструктивних параметрів горловин	14.10.2024	
3 Огляд схем горловин парків сортувальних станцій	21.10.2024	
4 Розробка методу розрахунку раціональних конструктивних параметрів горловин парку приймання сортувальних станцій	04.11.2024	
5 Визначення раціональних конструктивних параметрів горловин парку приймання сортувальної станції	18.11.2024	
6 Розрахунок числа і тривалості затримок поїзних і маневрових локомотивів на перехрещеннях у вихідній горловині приймально-відправного парку сортувальної станції	02.12.2024	
7 Техніко-економічне обґрунтування вибору варіанту вихідної горловини приймально-відправного парку сортувальної станції	09.12.2024	
8. Висновки	16.12.2024	
9. Оформлення роботи	16.12.2024	

Студент  Іван КОБЕЦЬ

Керівник  Дмитро ГУРІН

Зміст

Вступ	7
1 Вимоги до проектування горловин	11
1.1 Поняття, призначення і функції горловин	11
1.2 Елементи конструкції горловин	12
1.3 Особливості конструкції горловин парків залізничних станцій	17
1.4 Етапність розвитку горловин	21
2 Аналіз методів розрахунку раціональних конструктивних параметрів горловин	25
2.1 Методи розрахунку раціональних конструктивних параметрів гіркових горловин	25
2.2 Методи розрахунку раціональних конструктивних параметрів горловин приймально-відправних парків	31
3 Огляд схем горловин парків сортувальних станцій	33
3.1 Схеми горловин парку приймання	33
3.2 Схеми горловин парку відправлення	37
3.3 Схеми горловин сортувального парку	39
4 Розробка методу розрахунку раціональних конструктивних параметрів горловин парку приймання сортувальних станцій	42
5 Визначення раціональних конструктивних параметрів горловин парку приймання сортувальної станції	48
6 Розрахунок числа і тривалості затримок поїзних і маневрових локомотивів на перехрещеннях у вихідній горловині приймально-відправного парку сортувальної станції	53

ВРКПГ.300.00.00.000 ПЗ					
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	
		Кобець			Визначення раціональних конструктивних параметрів горловин парку приймання сортувальної станції
		Гурін			
		Шаповал			УкрДУЗТ
		Огар			
			Літ.	Аркуш	Аркушів
			5	73	

7 Техніко-економічне обґрунтування вибору варіанту вихідної горловини приймально-відправного парку сортувальної станції	61
7.1 Прогнозування розмірів поїзної і сортувальної роботи сортувальної станції	62
7.2 Визначення економічної привабливості інвестиційного проекту	63
Висновки	69
Список використаних джерел	71

					ВРКПГ.300.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Вступ

Рівень розвитку інфраструктури залізничного транспорту повинен відповідати обсягам виконуваної роботи з перевезень. Тільки в цьому випадку можливо забезпечити ефективність його роботи. Данна вимога перш за все висувається до залізничних станцій, ключових структурних ланок транспортного процесу, тому саме від їхньої пропускної і переробної спроможності залежить стабільна робота мережі залізниць.

До числа найважливіших елементів станцій, що впливають на зазначені показники, відносяться стрілочні горловини. Вони є найбільш відповідальними складовими колійного розвитку залізничних станцій та характеризуються певною складністю з точки зору проектування раціональних схем. Конструкція горловин в першу чергу суттєво впливає на безпеку руху поїздів, рівень маневреності, пропускну спроможність станцій, простої вагонів, поїзних і маневрових локомотивів (через наявність ворожих маршрутів), капіталовкладення у будівництво, експлуатаційні витрати на утримання станцій.

Науково обґрунтовані підходи до вибору раціональних конструкцій горловин залізничних станцій були закладені ще наприкінці XIX століття. Саме тоді було висвітлено проектні завдання, що були тісно пов'язані з питанням раціоналізації стрілочних горловин. Серед цих завдань слід зазначити проектування другої головної колії, розділення загального руху на пасажирський і вантажний, перебудова станцій внаслідок збільшення розмірів руху поїздів.

Надалі публікувалося чимало різних наукових праць та інших нормативних документів з проектування станцій, що рекомендували типові проектні рішення і вимоги до конструкції колійного розвитку. Розроблені на той час альбоми планів елементів станцій містили стрілочні горловини, характерною особливістю яких є недостатня обґрунтованість конструкцій з економічної точки зору. Такі горловини призводили до значної різниці корисних довжин станційних колій. Не зважаючи на це, вони використовувались при проектуванні.

Окремими дослідженнями доведено, що капіталовкладення в стрілочні горловини можуть становити від 31% до 90% від загальних вкладень у колійний розвиток. Основний вплив на ці вкладення здійснюють конструкція горловини та число колій у парку. Зазначене свідчить про те, що вартість спорудження горловини може сягати рівня вартості спорудження колій у парку. Зазначена вартість для сортувальних станцій доходить до 51% від загальних капіталовкладень у колійний розвиток, якщо станція комбінованого типу, і до 35% – якщо станція з послідовним розташуванням основних парків.

На сьогоднішній день сформовано основні нормативні вимоги щодо конструкції стрілочних горловин та окремі типові рішення. Незважаючи на це, аналіз реалізованих рішень при реконструкції станційних горловин доводить, що проектувальникам недостатньо бази типових варіантів і нормативних рекомендацій. Отже, проблема вибору раціональної конструкції горловини в окремих умовах проектування, що потребують нестандартних рішень залишається актуальною. Зазначена проблема є однією з основних у теорії і практиці проектування залізничних станцій і може бути вирішена шляхом формування відповідної оптимізаційної моделі. У якості критерію оптимізації можуть виступати витрати з наростаючим підсумком на спорудження горловини за її життєвий цикл.

На даний момент сформовано наступні методи обґрунтування конструкційних рішень станційних горловин: метод аналітичних обчислень і метод моделювання. Перший метод ділиться на детермінований і імовірнісний, другий – на графічний та імітаційний. До переваг методу аналітичних обчислень відносяться детермінація результатів розрахунків вихідними даними, легкість перевірки цих результатів і їх відтворення. Недоліком є відсутність урахування реальних процесів пересувань і, як наслідок, завищення або заниження значень пропускної здатності. Метод моделювання має певні складності з позиції застосування на практиці. Цими складностями є суттєві витрати часу на підготовку вихідних даних, відсутність підходів щодо формалізації процесів створення моделей. Однак важливою перевагою методу моделювання є можливість урахування і відтворення маневрових і поїзних пересувань.

Отже, розвиток відомих методів обґрунтування конструкцій станційних горловин є актуальним науково-прикладним завданням, рішення якого дозволить оптимізувати витрати на спорудження і експлуатацію колійного розвитку залізничних станцій в реальних умовах експлуатації.

Кваліфікаційна робота виконувалась відповідно до Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року (розпорядження Кабінету Міністрів України від 30.05.2018 р. № 430-р) [1].

Основною метою даного дослідження є мінімізація витрат на спорудження та експлуатацію горловин парків залізничних станцій шляхом розробки методу розрахунку їх раціональних конструктивних параметрів.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- виконати дослідження вимог до проектування горловин;
- проаналізувати методи розрахунку раціональних конструктивних параметрів горловин;
- виконати огляд схем горловин парків сортувальних станцій;
- визначити раціональні конструктивні параметри горловин парку приймання сортувальної станції;
- визначити число і тривалість затримок поїзних і маневрових локомотивів на перехрещеннях у вихідній горловині приймально-відправного парку сортувальної станції;
- обґрунтувати вибір варіанту вихідної горловини приймально-відправного парку сортувальної станції.

Об'єкт дослідження – процес функціонування залізничних станцій.

Предмет дослідження – конструктивно-технологічні параметри станційних горловин.

Для вирішення поставлених у випускній кваліфікаційній роботі завдань використано наступні математичні методи: для визначення раціональних конструктивних параметрів горловин парку приймання сортувальної станції – методи нелінійного програмування; для розрахунку числа і тривалості затримок

поїзних і маневрових локомотивів на перехрещеннях у вихідній горловині приймально-відправного парку сортувальної станції – методи теорії імовірності.

Елементи наукової новизни одержаних результатів. У кваліфікаційній роботі вперше обґрунтовано раціональні конструктивні параметри горловин парку приймання сортувальної станції на основі застосування методу розрахунку вказаних параметрів, який дозволяє визначати економічно доцільні проектні рішення конструкцій горловин роздільних пунктів.

Розроблений метод розрахунку раціональних конструктивних параметрів горловин парків залізничних станцій може бути використаний проектними, науково-дослідними та експертними організаціями при розробці комплексних проектів будівництва, перебудови та реконструкції залізничних станцій з метою мінімізації капітальних вкладень і витрат, що мають місце в процесі експлуатації об'єкту.

Результати досліджень також можуть бути використаними у навчальному процесі Українського державного університету залізничного транспорту при вивченні дисципліни «Проектування об'єктів залізничної інфраструктури».

За результатами досліджень опубліковано тези доповідей на студентській науково-технічній конференції [2].

Висновки

У роботі представлено рішення актуальної науково-прикладної задачі мінімізації витрат на спорудження та експлуатацію горловин парків залізничних станцій шляхом розробки методу розрахунку їх раціональних конструктивних параметрів. Використання зазначеного методу забезпечує економію коштів на спорудження горловин та дозволяє скоротити простої рухомого складу. При цьому:

1. Виконано огляд вимог до проектування горловин, їх елементів та етапності розвитку горловин. Визначено, що конструкція горловин парків залізничних станцій напряму залежить від типу станції та особливостей технологічного процесу, необхідного числа паралельних операцій в горловині. Найбільш значущими факторами, що впливають на етапність розвитку горловин, є принципова схема станції, розміри території, заброньованої під майбутній колійний розвиток парків, початкові розміри і темпи росту розмірів руху, вартісні показники.

2. Аналіз методів розрахунку раціональних конструктивних параметрів горловин довів, що на даний час відсутні чіткі рекомендації щодо застосування схем горловин при проектуванні чи реконструкції парків і станцій. Методи, які дозволяють визначити певні оптимальні параметри конструкції розроблені в основному для гіркових горловин, а питання розрахунку раціональних конструктивних параметрів горловин приймально-відправних парків, особливо великих залізничних станцій, на даний момент вирішено не в повній мірі. Для зменшення капітальних вкладень та експлуатаційних витрат на утримання і технічне обслуговування горловин в першу чергу необхідно удосконалити теоретичні основи розрахунку їх раціональних конструктивних параметрів.

3. Виконано огляд схем горловин парків сортувальних станцій. Визначено, що конструкція горловин напряму залежить від технології роботи станції та операцій, що в них виконуються. На даний момент існує кілька підходів до проектування гіркових горловин. Графічний метод є найбільш трудомістким, він

передбачає попереднє наближене визначення положення окремими пучків горловини, а також дозволяє зробити наступні аналітичні розрахунки невідомих кутів. У свою чергу, ЕОМ дозволяє значно прискорити проектування гіркових горловин, шляхом розрахунку невідомих параметрів. Однак, при створенні проекту сортувальної станції, її робота повинна розглядатися не ізольовано, а у сукупності з роботою всіх інших розпорядчих станцій певної дороги, що знаходиться з нею в тій чи іншій взаємодії.

4. За допомогою розробленого методу визначено раціональні конструктивні параметри горловин парку приймання сортувальної станції. Для заданої схеми парку приймання на дев'ять колій оптимальним варіантом є улаштування чотирьох додаткових з'їздів у горловинах з шести запропонованих. Витрати з наростаючим підсумком за розрахунковий період 10 років для даного парку становлять 275729,9 тис. грн.

5. З метою обґрунтування потрібного числа локомотивних тупиків у вихідній горловині приймально-відправного парку сортувальної станції розраховано число та тривалість затримок поїзних та маневрових локомотивів на перехрещеннях у зазначеній горловині. Розглянуто два варіанти горловин (з одним локомотивним тупиком та двома локомотивними тупиками). У першому варіанті вихідної горловини число затримок становить 14 для поїзних локомотивів і 9 для маневрових локомотивів. У другому варіанті число цих затримок відповідно становить 14 і 7. Загальна тривалість затримок для поїзних і маневрових локомотивів відповідно склала 53,72 хв. і 24,05 хв. у першому варіанті, 54,87 хв. і 20,87 хв. у другому варіанті.

6. Результати розрахунків довели, що у другому варіанті витрати за розрахунковий період 10 років з приведенням вартісних оцінок результатів і витрат різних років до першого року на 11875,2 тис. грн більші ніж у іншому варіанті. За сукупністю отриманих результатів можна зробити висновок, що варіант конструкції вихідної горловини приймально-відправного парку сортувальної станції з одним локомотивним тупиком є більш ефективним.

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 Кобець І. С. Обґрунтування раціональних конструкцій горловин залізничних станцій. Тези доп. 84-ї студ. наук.-техн. конф., м. Харків, 11-12 грудня 2024 р. Харків, 2024. С. 327-328.
- 3 Залізничні станції та вузли : навчальний посібник / І. В. Берестов, Г. В. Шаповал, М. Ю. Куценко та ін.; за ред. І. В. Берестова. Харків : Райдер, 2012. 464 с.
- 4 Савченко А. О., Румянцева М. С. Удосконалення методів розрахунку раціональних конструктивних параметрів горловин парків залізничних станцій. *Збірник наукових праць студентів та магістрів Українського державного університету залізничного транспорту*. Харків : УкрДУЗТ, 2017. Вип. 13. (5 с.).
- 5 Бобровський В. І., Колесник А. І., Дорош А. С. Удосконалення конструкції плану колійного розвитку гіркових горловин. *Транспортні системи та технології перевезень* : збірник наукових праць Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2011. Вип. 1. С. 27-33.
- 6 Огар О. М., Розсоха О. В. Напрямки удосконалення конструкцій гіркових горловин сортувальних пристроїв з позиції ресурсозбереження. *Восточно-европейский журнал передовых технологий*. 2007. № 5/2(29). С. 54-58.
- 7 Бобровський В. І. Автоматизація проектування стрілочних горловин сортувальних парків. *Удосконалення технічних пристроїв та технології управління процесом розформування составів на сортувальних гірках* : міжвузівський збірник наукових праць Дніпропетровського інституту залізничного транспорту. Дніпропетровськ: ДІТ, 1986. С. 42-49.

8 Моделі, методи та алгоритми автоматизованого проектування залізничних станцій: монографія / В. І. Бобровський, Д. М. Козаченко, Р. В. Вернигора, В. В. Малашкін. Дніпропетровськ: Вид-во Маковецький, 2010. 156 с.

9 Колесник А. І. Оптимізація конструкції колійного розвитку сортувальних гірок малої потужності. *Транспортні системи та технології перевезень*: збірник наукових праць Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. Дніпропетровськ : ДНУЗТ, 2014. Вип. 8. С. 74-79.

10 Бобровський В. І., Колесник А. І. Улаштування сполучних кривих при розміщенні паркових уповільнювачів на прямих ділянках сортувальних колій. *Транспортні системи та технології перевезень*: збірник наукових праць Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2013. Вип. 5. С. 17-23.

11 Бобровський В. І., Колесник А. І., Дорош А. С. Оптимізація параметрів елементів плану сортувальних колій. *Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна*. Дніпропетровськ : ДНУЗТ, 2011. Вип. 38. С. 35-40.

12 Огар О. М. Математична модель визначення раціональних параметрів поздовжнього профілю насувної частини сортувальних гірок. *Збірник наукових праць*. Харків : УкрДАЗТ, 2013. Вип. 137. С. 17-24.

13 Огар О. М., Страна Л. А., Бригіна Л. В. Розробка процедури розрахунку раціональних параметрів поздовжнього профілю спускної частини сортувальних гірок. *Збірник наукових праць*. Харків : УкрДАЗТ, 2013. Вип. 135. С. 37-45.

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

15 Балака Є. І. Економічна оцінка інноваційних проектів на транспорті : методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни «Економічна оцінка інноваційних проектів на транспорті». Харків : УкрДУЗТ, 2014. 42 с.

16 Студентська навчальна звітність. Текстова частина (пояснювальна записка). Загальні вимоги до побудови, викладення та оформлення : методичний посібник з додержання вимог нормо контролю у студентській навчальній звітності / Л. М. Козар та ін.; за заг. ред. Л. М. Козаря. Харків : УкрДАЗТ, 2014. 58 с.