

Український державний університет залізничного транспорту

Кафедра управління експлуатаційною роботою

УДОСКОНАЛЕННЯ СХЕМ ОБІГУ ШВИДКІСНИХ
ПАСАЖИРСЬКИХ ПОЇЗДІВ НА ОСНОВІ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Пояснювальна записка та розрахунки
до кваліфікаційної роботи

УСОШП.300.00.00.000 ПЗ

Розробив студент групи 211 –ОПУТ – Д23
спеціальності 275/275.02 – Транспортні
технології (на залізничному транспорті)
(роботу виконано самостійно, відповідно до
принципів академічної доброчесності)



Олексій ЛУКІН

(підпис)

Керівник: доцент, канд. техн. наук
Галина ПРОХОРЧЕНКО

Рецензент: доцент, канд. техн. наук
Оксана КОВАЛЬОВА

2024

АНОТАЦІЯ

Дана кваліфікаційна робота включає в себе 16 слайдів презентації, 80 аркушів пояснювальної записки формату А4, що включає 20 рисунків, 4 таблиці, 30 літературних джерел.

Ключові слова: ШВИДКІСНІ ПАСАЖИРСЬКІ ПЕРЕВЕЗЕННЯ, СХЕМА ОБІГУ СОСТАВА, АВТОМАТИЗАЦІЯ.

Об'єктом дослідження є процес організації швидкісних пасажирських перевезень в Україні.

Метою дослідження є підвищення ефективності швидкісних пасажирських перевезень на основі удосконалення технології експлуатації швидкісних пасажирських поїздів з урахуванням автоматизації схем їх обігу. Це дозволить зменшити час простою составів при обороті, раціоналізувати використання поїзних бригад стюардів, і як наслідок зменшити витрати на пасажирські перевезення.

У межах кваліфікаційної роботи удосконалено схеми обігу швидкісних пасажирських поїздів в умовах зміни попиту на перевезення з урахуванням зменшення витрат на експлуатацію поїздів та роботу бригад стюардів. На основі проведених досліджень автоматизовано процес складання схем обігу швидкісних пасажирських поїздів на основі удосконалення оптимізаційної математичної моделі, що дозволяє зменшити експлуатаційні витрати при виборі схем експлуатації составів швидкісних поїздів та їх бригад стюардів на залізничній мережі та урахувати технічні, технологічні обмеження русі та обертів составів та поїзних бригад.

Доопрацьовано склад функціональних задач інформаційно-керуючої системи пасажирського комплексу, які є основою для формування системи підтримки прийняття рішень працівників пасажирського комплексу в межах локальної комп'ютерної мережі, яка інтегрована до системи АСК ПП УЗ-Є.

ABSTRACT

This qualification work includes 16 presentation slides, 80 A4 pages of explanatory notes, featuring 20 figures, 4 tables, and 30 references.

Keywords: HIGH-SPEED PASSENGER TRANSPORTATION, TRAIN CIRCULATION SCHEME, AUTOMATION.

The object of the research is the process of organizing high-speed passenger transportation in Ukraine.

The purpose of the research is to improve the efficiency of high-speed passenger transportation by enhancing the operational technology of high-speed passenger trains, taking into account the automation of their circulation schemes. This will reduce train downtime during circulation, optimize the use of train steward crews, and, consequently, reduce passenger transportation costs.

As part of the qualification work, the circulation schemes of high-speed passenger trains were improved in response to changes in transportation demand, focusing on reducing train operating costs and steward crew expenses. Based on the conducted research, the process of developing high-speed passenger train circulation schemes has been automated by refining the optimization mathematical model. This model allows for reduced operating costs when selecting operational schemes for high-speed train sets and their steward crews, while considering technical and technological constraints on train movement and circulation.

The composition of functional tasks for the information and control system of the passenger complex has been refined. These tasks form the basis for a decision support system for passenger complex employees within a local computer network, integrated into the ASU-PP UZ-E system.

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



Буцько Т.В.

«30» грудня _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Лукіну Олексію Олександровичу

1 Тема роботи «Удосконалення схем обігу швидкісних пасажирських поїздів на основі автоматизації» керівник Прохорченко Галина Олегівна, доцент, кандидат техн. наук затверджена розпорядженням по факультету управління процесами перевезень від «30» вересня 2024 р. № 12/24.

2 Строк подання студентом роботи 30 грудня 2024 року.



3 Вихідні дані до роботи: Техніко-експлуатаційні показники роботи залізничного транспорту України в цілому, статистичні дані щодо обсягів перевезень пасажирів, пасажирообігу та кількості пасажирів, техніко-експлуатаційна характеристика полігону.

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. 1 Аналіз стану пасажирських перевезень в Україні 2 Аналіз високошвидкісних перевезень у світовій практиці 3 Техніко-експлуатаційна характеристика полігону дослідження 4 Формалізація процедури складання схем обігу пасажирських швидкісних поїздів. 5 Розробка вимог до системи підтримки прийняття рішень щодо планування схем обороту составів швидкісних поїздів. 6 Економічне обґрунтування удосконалення схем обігу швидкісних пасажирських поїздів на основі автоматизації

5 Перелік графічного матеріалу: Порівняльна діаграма обсягів перевезених пасажирів залізничним і всіма видами транспорту в Україна за

період 2018-2023 р, кількість перевезених пасажирів швидкісними поїздами компанії УЗШК за період 2013-2020 рр.; діаграми частки кількості рейсів, що виконані у 2021 році за січень – березень з розподілом за різними видами перевезень пасажирів та у 2023 році; схема графіку руху та обслуговування поїзних бригад на полігоні; граф час-простір-стан для часового періоду від t+4 до t+8; інтерфейс системи підтримки прийняття рішень.

6 Консультанти окремих розділів

Розділ	Прізвище, ініціали, посада та науковий ступінь консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Оцінка економічної ефективності проектного рішення	Євгеній БАЛАКА, доцент, к.е.н		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів	Строк виконання етапів	Примітка
Вступ. 1 Аналіз стану пасажирських перевезень в Україні	07.09.2024	
2 Аналіз високошвидкісних перевезень у світовій практиці	14.10.2024	
3 Техніко-експлуатаційна характеристика полігону дослідження	04.11.2024	
4 Формалізація процедури складання схем обігу пасажирських швидкісних поїздів.	30.11.2024	
5 Розробка вимог до системи підтримки прийняття рішень щодо планування схем обороту составів швидкісних поїздів	16.12.2024	
6 Економічне обґрунтування удосконалення схем обігу швидкісних пасажирських поїздів на основі автоматизації	23.12.2024	
Висновки. Оформлення роботи	30.12.2024	

Студент



Олексій ЛУКІН




Керівник



Галина ПРОХОРЧЕНКО

Зміст

Вступ	6
1 Аналіз стану пасажирських перевезень в Україні	9
1.1 Загальна характеристика пасажирських перевезень	9
1.2 Характеристика швидкісних залізничних перевезень в Україні	20
2 Аналіз високошвидкісних перевезень у світовій практиці	
3 Техніко-експлуатаційна характеристика полігону дослідження	23
3.1 Технологічний процес обслуговування рухомого складу	23
3.2 Регулювання робочого часу і часу відпочинку поїзних бригад	28
4 Формалізація процедури складання схем обігу пасажирських швидкісних поїздів	34
4.1 Постановка проблеми	39
4.2 Розробка математичної моделі автоматизованого складання схем обігу швидкісних пасажирських поїздів	43
4.3 Опис проблеми роботи поїзних бригад на полігоні дослідження	54
5 Розробка вимог до системи підтримки прийняття рішень щодо планування схем обороту составів швидкісних поїздів.	58
5.1 Архітектура і принципи розробки СППР	58
5.2 Розробка системи підтримки прийняття рішень	66
6 Економічне обґрунтування удосконалення схем обігу швидкісних пасажирських поїздів на основі автоматизації	68
Висновки	76
Список використаних джерел	78

					<i>УСОШП300.00.00.000 ПЗ</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	<i>Удосконалення схем обігу швидкісних пасажирських поїздів на основі автоматизації</i>	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.	Лукін О.	Прохорченко				5	80	6
Перевір.	Прохорченко					<i>УкрДУЗТ</i>		
Н. Контр. Затверд.	Прохорченко Бутько Т.В.							

У сучасних умовах розвитку транспортної системи України забезпечення ефективності швидкісних пасажирських перевезень є важливим завданням, яке має стратегічне значення для економіки та соціальної сфери країни. Швидкісні пасажирські поїзди стають ключовим елементом транспортної інфраструктури, оскільки вони забезпечують швидке, комфортне та надійне сполучення між регіонами. Однак ефективна організація їх експлуатації вимагає раціонального використання ресурсів, мінімізації витрат та адаптації до змін попиту на перевезення.

Існуючі підходи до планування схем обігу швидкісних поїздів часто є недостатньо гнучкими та не враховують повною мірою сучасні можливості автоматизації процесів управління. Це призводить до надмірного простою рухомого складу, нераціонального використання персоналу та, як наслідок, підвищення витрат на перевезення.

Удосконалення схем обігу швидкісних пасажирських поїздів із застосуванням автоматизації дозволяє не лише зменшити експлуатаційні витрати, а й підвищити оперативність прийняття рішень, покращити якість обслуговування пасажирів та підвищити конкурентоспроможність залізничного транспорту.

Таким чином, тема удосконалення схем обігу швидкісних пасажирських поїздів на основі автоматизації є *актуальною*, оскільки вона спрямована на вирішення ключових проблем організації перевезень, раціоналізацію використання ресурсів та підвищення ефективності функціонування пасажирських залізничних перевезень.

Метою дослідження є підвищення ефективності швидкісних пасажирських перевезень на основі удосконалення технології експлуатації швидкісних пасажирських поїздів з урахуванням автоматизації схем їх обігу. Це дозволить зменшити час простою составів при обороті, раціоналізувати використання поїзних бригад стюардів, і як наслідок зменшити витрати на пасажирські перевезення.

Основні завдання:

1. провести аналіз сучасного стану пасажирських перевезень на залізницях України та за кордоном;
2. провести аналізу існуючих методи побудови схем обігу швидкісних поїздів на залізницях України та за кордоном;
3. сформувавши математичну модель автоматизованого розрахунку схем обігу швидкісних пасажирських поїздів;
4. оцінити економічну ефективність запропонованих заходів по удосконаленню технології формування схем обігу
5. розробити вимоги до системи підтримки прийняття рішень щодо планування схем обороту составів швидкісних поїздів.

Об'єктом дослідження є процес організації швидкісних пасажирських перевезень в Україні

Предметом дослідження є технологія автоматизації розрахунку схем обігу швидкісних пасажирських поїздів.

Елементи наукової новизни: в межах даної кваліфікаційної роботи удосконалено схеми обігу швидкісних пасажирських поїздів в умовах зміни попиту на перевезення з урахуванням зменшення витрат на експлуатацію поїздів та роботу бригад стюардів.

Для підвищення якості планування автоматизовано процес складання схем обігу швидкісних пасажирських поїздів на основі удосконалення оптимізаційної математичної моделі, яка, на відміну від існуючих, дозволяє зменшити експлуатаційні витрати при виборі схем експлуатації составів швидкісних поїздів та їх бригад стюардів на залізничній мережі та урахувати технічні, технологічні обмеження русі та обертів составів та поїзних бригад.

Також доопрацьовано склад функціональних задач інформаційно-керуючої системи пасажирського комплексу, які є основою для формування системи підтримки прийняття рішень працівників пасажирського комплексу в межах локальної комп'ютерної мережі, яка інтегрована до системи АСК ПП УЗ-Є.

Матеріали кваліфікаційної магістерської роботи опубліковані у фахових виданнях МОН України [1,2].

Висновки

Порівняльний аналіз діаграм пасажирообігу за видами транспорту за період 2018-2023 р свідчить, що залізничний транспорт втрачає частку ринку останні роки. Після 2018 року негативна динаміка клалася й у обсягах перевезень пасажирів у швидкісних поїздах, що є найбільш прибутковими. Останні роки спостерігається падіння пасажирообороту, у порівнянні з 2014 роком падіння у 2020 році склало 78%. Однією з причин є карантинні обмеження, але вже у 2021 році перевезення відновлюються та потребують більш ефективних технологій планування для зменшення витрат. Населеність швидкісних поїздів за січень-березень 2023 року в умовах постійної зміни маршрутів склала близько 78% від запропонованої кількості місць в поїздах. В таких умовах важливим напрямком підвищення конкурентоспроможності залізниць є підвищення якості перевезень за рахунок удосконалення систему обігу пасажирських составів, що дозволить оптимізувати графік руху пасажирських поїздів та зменшити непродуктивні простої составів в пунктах приписки та оберту.

Для ефективного рішення задачі розрахунку плану формування пасажирських поїздів швидкісного та звичайного руху та розробки раціональних схем обігу їх составів на мережі залізниць з урахування експлуатації з'єднаних швидкісних поїздів необхідним є ув'язка роботи всіх підрозділів, що приймають участь в плануванні, на сітьовому рівні, тобто розглядати їх функціонування з позиції системного підходу. Функціонування Департаменту пасажирських перевезень далекого сполучення АТ «Укрзалізниця», причетних служб регіональних філій та вагонних депо залізниць в єдиній мережі дозволить створити принципово нову інтегровану систему організації пасажирських перевезень, яка дозволить реалізувати органічну структуру управління пасажирським комплексом, і як наслідок, надати гнучкість системі пасажирських перевезень в умовах коливань.

Для підвищення якості планування автоматизовано процес складання схем обігу швидкісних пасажирських поїздів на основі удосконалення оптимізаційної математичної моделі, яка, на відміну від існуючих, вирішується більш точним і швидким оптимізаційним методом мурашиних колоній, дозволяє зменшити експлуатаційні витрати при виборі схем експлуатації составів швидкісних поїздів та їх бригад стюардів на залізничній мережі та урахувати технічні, технологічні обмеження русі та оборті составів та поїзних бригад.

В умовах реалізації технології управління пасажирськими перевезеннями удосконалено склад функціональних задач інформаційно-керуючої системи пасажирського комплексу, які є основою для формування системи підтримки прийняття рішень щодо планування схем обороту швидкісних пасажирських поїздів і бригад стюардів.

Економічне обґрунтування запропонованих заходів доводить економічну ефективність удосконалення технології експлуатації швидкісних пасажирських поїздів на основі автоматизованих розрахунків схем обігу составів та кільцювання поїзних бригад. Для двох можливих сценаріїв обороту поїзних бригад: зі створенням додаткового пункту обороту бригад по станції Л та із удосконаленим варіантом кільцювання були проведені розрахунки, які показали, що економічний ефекти з наростаючим підсумком від впровадження запропонованої схем обігу за період 2025-2029 рр., становить 2 676 000 грн

Список використаних джерел

1 Прохорченко Г.О., Курганевич Т.М., Лукін О.О. Удосконалення роботи залізничних вокзалів при обслуговуванні пасажирів міжнародного швидкісного сполучення на основі цифровізації. 37 міжнародна науково-практична конференція "Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті": матеріали конференції. Україна. Харків. 10-11 жовтня 2024 року, УкрДУЗТ. С. 69-70.

2. Прохорченко Г.О., Лукін О.О., Середа Д.Д. Удосконалення схем обігу швидкісних пасажирських поїздів на основі автоматизації. 5-та міжнародна науково-технічна конференція «Інтелектуальні транспортні технології»: матеріали конференції. Україна. Харків. УкрДУЗТ. С.108-110

3 Directive 2008/57/EC of the European Parliament and of the Council of 17 June 2008 on the interoperability of the rail system within the Community URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/TXT/?uri=CELEX%3A32008L0057> (дата звернення 10.10.2024).

4 High-speed rail in Europe URL: https://en.wikipedia.org/wiki/High-speed_rail_in_Europe (дата звернення 11.10.2024).

5 A European high-speed rail network: not a reality but an ineffective patchwork. Special Report № 19.2018. URL: <https://op.europa.eu/webpub/eca/special-reports/high-speed-rail-19-2018/en/> (дата звернення 11.10.2024).

6 . "High Speed freight train Italy hits the track on 7 November". ProMedia Group. URL: <https://www.railfreight.com/railfreight/2018/11/02/high-speed-freight-train-italy-hits-the-track-on-7-november/> (дата звернення 11.10.2024).

7 "High-speed line for freight: not just fast, also on time". ProMedia Group. URL: <https://www.railfreight.com/railfreight/2019/03/22/high-speed-line-for-freight-not-just-fast-also-on-time/> (дата звернення 11.10.2024).

8 Brescia high speed line contract signed". Railway Gazette International. 10 March 2011. Archived from the original on 30 November 2011. Retrieved 28 March 2015. /(дата звернення 11.10.2024).

9. Наказ Укрзалізниці від 10.03.1994 р. № 40-Ц про особливості регулювання робочого часу і часу відпочинку окремих категорій працівників залізничного транспорту, робота яких безпосередньо пов'язана із забезпеченням безпеки руху поїздів і обслуговуванням пасажирів.

10. Службовий розклад руху пасажирських поїздів на 2019–2020 роки / Головне пасажирське управління Укрзалізниці. – К.: Укрзалізниця, 2019.

11. Божок Н. О. Напрямки впровадження швидкісних пасажирських перевезень в Україні / Н. О. Божок // *Збірник наукових праць Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна «Проблеми економіки транспорту»*. 2013. Вип. 5. С. 46–56.

12 Length of Beijing-HK rail network same as Equator URL:www.thestar.com.my (дата звернення 20.10.2024)

13. «New high-speed trains on drawing board. China.org.cn». URL: www.china.org.cn. (дата звернення 20.10.2024)

14. Лючков Д. С. Аналіз впровадження швидкісного залізничного руху в Україні / Д. С. Лючков, Ю. Л. Бердник . *Вагонний парк*. 2010. № 12. С. 28–30.

15. Тимчасова інструкція з організації швидкісного руху пасажирських поїздів. Вимоги до інфраструктури та рухомого складу. ВНД 32.1.07.000-02 / Укрзалізниця. К.: Укрзалізниця, 2002– 51 с.

16. Goossens J. W., Hoesel S. V., Kroon L. A branch-and-cut approach for solving railway line-planning problems. *Transport Science*. 2004. Vol. 38. P. 379–393.

17. Zhou X. S., Zhong M. Single-track train timetabling with guaranteed optimality: branch-and-bound algorithms with enhanced lower bounds. *Transportation Research Part B: Methodological*. 2007. – Vol. 41. P. 320–341.

18. Lin D. Y., Ku Y. H. Using genetic algorithms to optimize stopping patterns for passenger rail transportation .*Computers-Aided Civil and Infrastructure Engineering*. 2014. Vol. 29. P. 264–278.
19. Zhou X. S., Zhong M. Bicriteria train scheduling for high-speed passenger railroad planning applications. *European Journal of Operational Research*. 2005. Vol. 167. P. 752–771.
20. Niu H. M., Zhou X. S., Gao R. H. Train scheduling for minimizing passenger waiting time with time-dependent demand and skip-stop patterns: nonlinear integer programming models with linear constraints. *Transportation Research Part B: Methodological*. 2015. Vol. 76. – P. 117–135.
21. Kroon L., Maróti G., Nielsen L. Rescheduling of railway rolling stock with dynamic passenger flows .*Transport Science*. 2014. Vol. 49. P. 165–184.
22. Nielsen L. K., Kroon L., Maróti G. A rolling horizon approach for disruption management of railway rolling stock. *European Journal of Operational Research*. 2012. Vol. 220. P. 496–509.
23. Yang L. X., Qi J. G., Li S. K., et al. Collaborative optimization for train scheduling and train stop planning on high-speed railways. *Omega*. 2016. Vol. 64. – P. 57–76.
24. Yue Y. X., Wang S. F., Zhou L. S., et al. Optimizing train stopping patterns and schedules for high-speed passenger rail corridors. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*. 2016. Vol. 63.– P. 126–146.
25. Kaspi M., Raviv T. Service-oriented line planning and timetabling for passenger trains *Transport Science*. 2013. Vol. 47. P. 295–311.
26. Bešinović N., Goverde R. M., Quaglietta E., et al. An integrated micro–macro approach to robust railway timetabling *Transportation Research Part B: Methodological*. 2016. Vol. 87. P. 14–32.
27. Huang J. Y. Using ant colony optimization to solve train timetabling problem of mass rapid transit. Proceedings of the 9th Joint International Conference on Information Sciences. Kaohsiung, Taiwan, October 2006. – P. 1–4. – Trier: DBLP.

28. Tsuji Y., Kuroda M., Kitagawa Y., et al. Ant colony optimization approach for solving rolling stock planning for passenger trains Proceedings of the 2012 IEEE/SICE International Symposium. Fukuoka, Japan, 16–18 December 2012. – P. 716–721. – New York: IEEE.

29. Yue Y. X., Zhou L. S., Yue Q. X., et al. Multi-route railroad blocking problem by improved model and ant colony algorithm in real world. *Computers & Industrial Engineering*. 2011. Vol. 60. P. 34–42.

30. Sama M., Pellegrini P., D'Ariano A., et al. Ant colony optimization for the real-time train routing selection problem. *Transportation Research Part B: Methodological*. 2016. Vol. 85. P. 89–108.