

Український державний університет залізничного транспорту

Кафедра управління експлуатаційною роботою

УДОСКОНАЛЕННЯ ШВИДКІСНИХ ЗАЛІЗНИЧНИХ
ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НА ОСНОВІ ВПРОВАДЖЕННЯ МААС-
ТЕХНОЛОГІЙ

Пояснювальна записка та розрахунки
до кваліфікаційної роботи

УШЗПП.300.00.00.000 ПЗ

Розробив студент групи 213-ОПУТ-Д23
спеціальності 275/275.02 – Транспортні
технології (на залізничному транспорті)
(роботу виконано самостійно, відповідно до
принципів академічної доброчесності)



Марія ЗАВ'ЯЛОВА

Керівник: професор, докт. техн. наук
Андрій ПРОХОРЧЕНКО

Рецензент: професор, докт. техн. наук
Олександр ОГАР

2025

АНОТАЦІЯ

Дана кваліфікаційна робота включає в себе 15 слайдів презентації, 87 аркушів пояснювальної записки формату А4, що включає 14 рисунків, 62 літературних джерел.

Ключові слова: ЗАЛІЗНИЦЯ, ПЕРЕВЕЗЕННЯ ПАСАЖИРІВ, НАСКРІЗНА ПОСЛУГА, МОБІЛЬНІСТЬ ЯК СЕРВІС.

Об'єктом дослідження є процес організації залізничних пасажирських перевезень в інтегрованих транспортних послугах.

Метою дослідження є удосконалення організації швидкісних залізничних пасажирських перевезень на основі реалізації інтегрованих послуг перевезень пасажирів в межах цифрової платформи MaaS, що на відміну від існуючих досліджень враховує комплексний підхід до планування перевезень з урахуванням пересадок між швидкісними поїздами та іншими видами транспорту на залізничних вокзалах України.

В межах даної кваліфікаційної магістерської роботи удосконалено організацію швидкісних залізничних пасажирських перевезень на основі реалізації інтегрованих послуг перевезень пасажирів в межах цифрової платформи MaaS. Удосконалено макrorівневу модель планування інтегрованих послуг перевезення пасажирів швидкісними поїздами з літаками та автобусами на основі оптимізаційної математичної моделі на основі методу рою часток, що на відмінність від існуючих, враховує взаємодію між пасажирськими пересадочними комплексами та дозволяє дослідити функціонування системи пасажирських перевезень в перехідних і стаціонарних режимах, та надати властивість гнучкості в процесі розробки плану формування швидкісних пасажирських поїздів з урахуванням пересадок пасажирів на різні види транспорту;

Удосконалено технологію перевезень пасажирів в умовах роботи програмного додатку на основі концепції "Mobility as a Service".

ABSTRACT

This qualification paper includes 15 presentation slides, 87 pages of explanatory notes containing 14 figures, and 62 literary sources.

Keywords: RAILWAY, PASSENGER TRANSPORTATION, END-TO-END SERVICE, MOBILITY AS A SERVICE.

The object of the research is the process of organizing railway passenger transportation as part of integrated transport services.

The aim of the research is to improve the organization of high-speed railway passenger transportation through the implementation of integrated passenger transport services within the MaaS digital platform. Unlike existing studies, it takes a comprehensive approach to transport planning, considering transfers between high-speed trains and other modes of transport at railway stations in Ukraine.

Within the framework of this qualification master's thesis, the organization of high-speed railway passenger transportation has been improved through the implementation of integrated passenger transport services within the MaaS digital platform. The macro-level model for planning integrated passenger transport services involving high-speed trains, airplanes, and buses has been enhanced based on an optimization mathematical model using the particle swarm method. Unlike existing models, it accounts for the interaction between passenger interchange complexes and makes it possible to study the functioning of the passenger transportation system in both transient and steady-state modes, as well as provide flexibility in developing a plan for forming high-speed passenger trains that considers passenger transfers to various modes of transport.

The technology of passenger transportation has been improved under the operation of a software application based on the "Mobility as a Service" concept.

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 _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Зав'яловій Марії Дмитрівні

1 Тема роботи «Удосконалення швидкісних залізничних пасажирських перевезень на основі впровадження MaaS-технологій» керівник Прохорченко Андрій Володимирович, професор, доктор техн. наук затверджена розпорядженням по факультету управління процесами перевезень від 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 пасажирського залізничного комплексу України, статистичні дані щодо обсягів перевезень пасажирів різними видами транспорту, розклад руху пасажирських поїздів.

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. 1 Аналіз швидкісних залізничних пасажирських перевезень та мобільності пасажирів в Україні. 2 Аналіз наукових і практичних досліджень впровадження технологій перевезень на основі концепції “Mobility as a Service”. 3 Формалізація планування інтегрованих послуг з перевезення пасажирів на основі MaaS-технологій 4 Розробка вимог щодо структури програмного додатку з планування перевезення пасажирів на основі MaaS-технологій. 5 Економічна оцінка ефективності впровадження удосконаленої технології перевезень пасажирів в умовах роботи програмного додатку на основі концепції “Mobility as a Service”. Висновки.

5 Перелік графічного матеріалу. Діаграма динаміки коефіцієнту рухливості населення на залізничному транспорті України та Польщі у

період 1995-2022 рр, діаграма динаміки зміни кількості перевезених пасажирів в Україні, Топологія мережі залізничних пересадочних комплексів та схема слідування пасажиропотоків, Схема взаємодії із програмним додатком на основі MaaS-технологій

6 Консультанти окремих розділів

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

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів	Строк виконання етапів	Примітка
Вступ. 1 Аналіз швидкісних залізничних пасажирських перевезень та мобільності пасажирів в Україні	07.09.2024	
2 Аналіз наукових і практичних досліджень впровадження технологій перевезень на основі концепції "Mobility as a Service"	14.10.2024	
3 Формалізація планування інтегрованих послуг з перевезення пасажирів на основі MaaS-технологій	04.11.2024	
4 Розробка вимог щодо структури програмного додатку з планування перевезення пасажирів на основі MaaS-технологій.	30.11.2024	
5 Економічна оцінка ефективності впровадження удосконаленої технології перевезень пасажирів в умовах роботи програмного додатку на основі концепції "Mobility as a Service".	16.12.2024	
Висновки. Оформлення роботи	23.12.2024	

Студент



Марія ЗАВ'ЯЛОВА





Керівник



Андрій ПРОХОРЧЕНКО

Зміст

Вступ	8
1 Аналіз швидкісних залізничних пасажирських перевезень та мобільності пасажирів в Україні	11
1.1 Аналіз умов розвитку швидкісних залізничних пасажирських перевезень в Україні	11
1.2 Аналіз ключових аспектів мобільності пасажирів в Україні та світі	15
2 Аналіз наукових і практичних досліджень впровадження технологій перевезень на основі концепції “Mobility as a Service”	18
2.1 Аналіз наукових праць щодо досліджень перевезень на основі концепції “Mobility as a Service”	18
2.2 Аналіз практичних проєктів, які успішно реалізують концепцію “Mobility as a Service”	30
3 Формалізація планування інтегрованих послуг з перевезення пасажирів на основі MaaS-технологій	39
3.1 Розробка математичної моделі планування пасажирських перевезень в перехідних режимах на основі концепції MaaS	43
3.2 Розв’язку на основі методу рою часток та результати моделювання	52
4 Розробка вимог щодо структури програмного додатку з планування перевезення пасажирів на основі MaaS-технологій	66
4.1 Розробка функцій програмного додатку на основі MaaS-технологій	66
4.2 Розробка схеми взаємодії із програмним додатком на основі MaaS-технологій для інтеграції різних видів транспорту із залізничним	68

					УРЗВО.300.00.00 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Завялова М			Удосконалення швидкісних залізничних пасажирських перевезень на основі впровадження MaaS-технологій	Літ.	Арк.	Аркунів
Перевір.		Прохорченко А.В					6	86
Реценз.						УкрДУЗТ		
Н. Контр.		Прохорченко А.						
Затверд.		Буцько Т.В.						

5 Економічна оцінка ефективності впровадження удосконаленої технології перевезень пасажирів в умовах роботи програмного додатку на основі концепції “Mobility as a Service”.	72
Висновки	79
Список використаних джерел	81

					УШЗПП.300.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

Вступ

У сучасних умовах розвитку транспорту залізничний транспорт відіграє ключову роль у забезпеченні ефективного, швидкого та екологічного перевезення пасажирів. Особливого значення набуває обслуговування пасажирів міжнародного швидкісного сполучення, що вимагає високого рівня сервісу, мінімізації часу очікування, чіткого управління пасажиропотоками та інтеграції різних транспортних систем.

Впровадження цифрових технологій у роботу залізничних вокзалів є невід'ємною складовою удосконалення системи обслуговування пасажирів. Використання цифровізації дозволяє автоматизувати процеси обробки даних, покращити якість сервісу, підвищити точність прогнозування пасажиропотоків та забезпечити зручний доступ до інформації для пасажирів.

На тлі зростання попиту на міжнародні перевезення, інтеграція цифрових рішень, таких як інтелектуальні інформаційні системи, навігаційні платформи, мобільні додатки для пасажирів, а також автоматизація управління операційними процесами на вокзалах, є критично важливою для підвищення конкурентоспроможності залізничного транспорту.

Крім того, цифровізація сприяє підвищенню безпеки, економічній ефективності та сталому розвитку залізничного транспорту, що відповідає глобальним тенденціям екологічної відповідальності та інноваційного прогресу.

Таким чином, тема удосконалення роботи залізничних вокзалів при обслуговуванні пасажирів міжнародного швидкісного сполучення на основі цифровізації є вкрай актуальною, оскільки дозволяє вирішувати нагальні задачі розвитку транспортної інфраструктури в умовах динамічних змін глобального ринку.

Метою дослідження удосконалення організації швидкісних залізничних пасажирських перевезень на основі реалізації інтегрованих послуг перевезень пасажирів в межах цифрової платформи MaaS, що на відміну від існуючих досліджень враховує комплексний підхід до планування перевезень з урахуванням пересадок між швидкісними поїздами та іншими видами транспорту на залізничних вокзалах України.

Основні завдання:

- провести аналіз умов розвитку пасажирських перевезень в Україні;
- провести аналіз наукових і практичних досліджень впровадження технологій перевезень на основі концепції “Mobility as a Service”
- провести прогнозування коефіцієнту рухливості населення на залізничному транспорті України для виявлення тенденцій зміни мобільності користувачів залізничним транспортом;
- провести аналіз нерівномірності пасажиропотоків на залізничній мережі України;
- формалізувати задачу побудови інтегрованих послуг з перевезення пасажирів швидкісними поїздами з можливістю подальшої пересадки на інші види транспорту на основі концепції сервісів MaaS;
- сформулювати вимоги до структури програмного додатку на основі MaaS-технологій, що забезпечить високий рівень обізнаності пасажирів, зручність у користуванні послугами та інтеграцію різних видів транспорту із залізничним;
- обґрунтувати економічну доцільність від впровадження удосконаленої технології перевезень пасажирів в умовах роботи програмного додатку на основі концепції “Mobility as a Service”.

Об'єктом дослідження є процес організації залізничних пасажирських перевезень в інтегрованих транспортних послугах.

Предметом дослідження технологія перевезень пасажирів швидкісними поїздами з можливістю пересадки на інші види транспорту на основі концепції МaaS - “Мобільність як сервіс”.

Елементи наукової новизни: В межах даної кваліфікаційної магістерської роботи удосконалення організації швидкісних залізничних пасажирських перевезень на основі реалізації інтегрованих послуг перевезень пасажирів в межах цифрової платформи МaaS.

Удосконалено макrorівневу модель планування інтегрованих послуг перевезення пасажирів швидкісними поїздами з літаками та автобусами на основі оптимізаційної математичної моделі на основі методу рою часток, що на відміну від існуючих, враховує взаємодію між пасажирськими пересадочними комплексами та дозволяє дослідити функціонування системи пасажирських перевезень в перехідних і стаціонарних режимах, та надати властивість гнучкості в процесі розробки плану формування швидкісних пасажирських поїздів з урахуванням пересадок пасажирів на різні види транспорту;

Удосконалено технологію перевезень пасажирів в умовах роботи програмного додатку на основі концепції “Mobility as a Service”.

Матеріали кваліфікаційної магістерської роботи опубліковані у фахових виданнях МОН України [61, 62].

Висновки

- Проведений аналіз умов розвитку швидкісного пасажирського руху на залізницях України свідчить, що на пасажирському транспортному ринку загострилась конкуренція між залізничним та автомобільним транспортом. З 2016 року спостерігається тренд падіння обсягів перевезень. Для зміни негативної динаміки запропоновано технологію перевезень пасажирів швидкісними поїздами з можливістю пересадки на інші види транспорту на основі концепції MaaS - “Мобільність як сервіс”.

- В роботі проаналізовані ключові аспекти мобільності – доступність послуг, зручність пересадок, швидкість, ефективність та екологічність. Концепції перевезень “Мобільність як послуга” дозволяють реалізувати інтегровані послуги використовуючи переваги інтеграції залізничного транспорту з авіа та автобусами. Цей підхід передбачає інтеграцію різних видів транспорту в єдину цифрову екосистему, яка забезпечує користувачам зручність планування, бронювання та оплати подорожей. MaaS стає одним із ключових інструментів для удосконалення транспортних систем, зокрема в контексті залізничних швидкісних пасажирських перевезень.

- Порівняльний аналіз діаграм динаміки розрахованого коефіцієнту рухливості населення на залізничному транспорті України та Польщі у період 1995-2022 рр свідчить, що в Україні останні роки катастрофічно зменшується рухливість населення – у 2021 році на одного громадянина припадало лише 2 поїздки поїздом на рік. В той же час у Польщі у 2022 році показник відновився до 9,62 поїздки. Після 2018 року негативна динаміка склалася й у обсягах перевезень пасажирів у швидкісних поїздах, що є найбільш прибутковим сегментом діяльності.

- Проведений аналіз наукових і практичних досліджень впровадження технологій перевезень на основі концепції “Mobility as a Service” довів ефективність такого підходу. Це дозволяє отримати наскрізну послугу для пасажирів та підвищити рівень доступності різних видів транспорту. MaaS

стає одним із ключових інструментів для удосконалення транспортних систем, зокрема в контексті залізничних швидкісних пасажирських перевезень.

- Удосконалено макrorівневу модель планування інтегрованих послуг перевезення пасажирів швидкісними поїздами з літаками та автобусами на основі оптимізаційної математичної моделі на основі методу рою часток, що на відміну від існуючих, враховує взаємодію між пасажирськими пересадочними комплексами та дозволяє дослідити функціонування системи пасажирських перевезень в перехідних і стаціонарних режимах, та надати властивість гнучкості в процесі розробки плану формування швидкісних пасажирських поїздів з урахуванням пересадок пасажирів на різні види транспорту.

- Удосконалено технологію перевезень пасажирів в умовах роботи програмного додатку на основі концепції “Mobility as a Service”. Розроблено функції та схему взаємодії із програмним додатком на основі MaaS-технології для інтеграції різних видів транспорту із залізничним.

- Розрахунок економічного ефекту від впровадження процедури планування інтегрованих послуг з перевезення пасажирів в межах цифрової платформи на основі MaaS-технологій довів, що економічний ефект з наростаючим підсумком складе 3,1 млрд. грн. При цьому проект окупується на другий рік впровадження.

Список використаних джерел

1. Показники пасажирських перевезень. Офіційний сайт АТ «Укрзалізниця». URL: http://www.uz.gov.ua/cargo_transportation/general_information/indicators_of_transit (дата звернення: 08.11.2024).
2. Транспорт і зв'язок України-2022. Статистичний збірник. Вид. офіц. Київ: Державна служба статистики України, 2022. 221 с.
3. Малахова О. А., Лінецька Т. О. Удосконалення перевезення пасажирів із застосуванням логістичних підходів. *Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту*. 2013. Вип. 140. С. 66–71.
4. Константінов Д. В., Ватраль С. М. Формування актуальних напрямків розвитку пасажирських приміських перевезень залізниць України. *Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту*. 2013. Вип. 140. С. 14–22.
5. Бутько Т. В., Прохорченко А. В., Журба О. О. Формування моделі організації пасажиропотоків при здійсненні пересадок на залізничному вокзалі з використанням колективного інтелекту. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2010. № 2. С. 57–61.
6. Положення про фірмові пасажирські поїзди та групи пасажирських фірмових вагонів: наказ Міністерства транспорту та зв'язку України: офіц. текст: за станом на 20.03.1997 р. № 99.
7. Правила проїзду пасажирів у поїздах міждержавного сполучення: міжнародний документ: офіц. текст: за станом на 13 вересня 1996 р.
8. Meloni I., Musolino G. et al. Mobility as a Service: Insights from Three Pilot Studies Across Different Italian Settings. Available at SSRN: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4978778>.

9. Liimatainen H., Mladenović M. N., O'Hern S. Mobility as what? *European Transport Research Review*. 2024. 16(68). <https://doi.org/10.1186/s12544-024-00697-3>.
10. Sochor J., Strömberg H., Karlsson M. I. C. Implementing mobility as a service: Challenges in integrating user, commercial, and societal perspectives. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*. 2015. <https://doi.org/10.3141/2536-01>.
11. Stilgoc J., Mladenović M. The politics of autonomous vehicles. *Humanities and Social Sciences Communications*. 2022. 9(433). <https://doi.org/10.1057/s41599-022-01463-3>.
12. Alyavina E., Nikitas A., Tchouamou Njoya E. Mobility-as-a-service and unsustainable travel behaviour: Exploring the car ownership and public transport trip replacement side-effects of the MaaS paradigm. *Transport Policy*. 2024. 150. C. 53–70. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2024.03.001>.
13. Hörcher D., Graham D. J. MaaS economics: Should we fight car ownership with subscriptions to alternative modes? *Economics of Transportation*. 2020. 22. P. 100167. <https://doi.org/10.1016/j.ecotra.2020.100167>.
14. Storme T., De Vos J., De Paepe L., Witlox F. Limitations to the car-substitution effect of MaaS. Findings from a Belgian pilot study. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. 2020. 131. C. 196–205. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2019.09.032>.
15. Smith G., Hensher D., Ho C., Balbontin C. Mobility-as-a-Service users: insights from a trial in Sydney. *European Transport Research Review*. 2023. 15(40). <https://doi.org/10.1186/s12544-023-00612-2>.
16. Kivimäki M. MaaS-Finland on the leading edge. *Proceedings of the Mobility as A Service Seminar and Networking Event*. Ministry of Transport and Communications, Vantaa, Finland. 2014.
17. Reyes García J. R., Lenz G., Haveman S. P., Bonnema G. M. State of the Art of Mobility as a Service (MaaS) Ecosystems and Architectures—An

- Overview of, and a Definition, Ecosystem and System Architecture for Electric Mobility as a Service (eMaaS). *World Electric Vehicle Journal*. 2020. 11(7). <https://doi.org/10.3390/wevj11010007>.
18. Schulz T., Zimmermann S., Böhm M., Gewald H., Kremar H. Value co-creation and co-destruction in service ecosystems: The case of the Reach Now App. *Technological Forecasting and Social Change*. 2021. 170. P. 120926. [https://doi.org/10.1016/0040-1625\(88\)90012-1](https://doi.org/10.1016/0040-1625(88)90012-1).
 19. Cisterna C., Madani N., Bandicra C., Viti F., Cools M. MaaS modelling: A review of factors, customers' profiles, choices and business models. *European Transport Research Review*. 2023. 15(37). <https://doi.org/10.1186/s12544-023-00597-y>.
 20. Kraus L., Proff H., Jeppe A. Estimation of joint value in mobility as a service ecosystems under different orchestrator settings. *European Transport Research Review*. 2023. 15(25). <https://doi.org/10.1186/s12544-023-00594-1>.
 21. Moyano A., Tejero-Beteta C., Sánchez-Cambronero S. Mobility-as-a-Service (MaaS) and High-Speed Rail Operators: Do Not Let the Train Pass! *Sustainability*. 2023. 15(8474). <https://doi.org/10.3390/su15118474>.
 22. IRG-Rail. Mobility as a Service (MaaS): An Overview. IRG-Rail Report. 2022. URL: <https://irg-rail.eu/download/5/945/IRG-Rail202210-MobilityasaserviceMaaS-Anoverview.pdf>.
 23. Liimatainen H., Mladenović M. N., O'Hern S. Developing mobility as a service – user, operator and governance perspectives. *European Transport Research Review*. 2021. 13(4). C. 68. <https://doi.org/10.1186/s12544-021-00496-0>.
 25. Jittrapirom P., Caiati V., Feneri A. M., Ebrahimigharehbaghi S., González M. J. A., Narayan J. Mobility-as-a-Service: A Critical Review and the Generalized Multi-Modal Transport User Experience. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. 2019. 131. C. 244–267. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2019.09.024>.

26. Whim (MaaS Global). URL: <https://maasification.com/applications/by-application/whim-maas-global/> (дата звернення: 12.11.2024).
27. MaaS Global Whim files for bankruptcy: A turning point for the sector. 2024. URL: <https://m2050.media/en/maas-global-whim-files-for-bankruptcy-a-turning-point-for-the-sector/> (дата звернення: 12.11.2024).
28. UbiGo - Smart Mobility. URL: <https://www.ubigo.me/> (дата звернення: 24.01.2025).
29. Jelbi by BVG. URL: <https://www.bvg.de/en/jelbi> (дата звернення: 12.11.2024).
30. Jelbi: Mobility as a Service in Berlin. URL: <https://trafi.com/case-studies/jelbi> (дата звернення: 12.11.2024).
31. Jelbi Stations: The future of mobility in Berlin. URL: <https://www.mobilityinsights.com/jelbi-stations> (дата звернення: 24.01.2025).
32. Trafi. BVG Jelbi: World's Most Extensive Mobility-as-a-Service in Berlin. URL: <https://www.trafi.com/post/bvg-jelbi-world-s-most-extensive-mobility-as-a-service-in-berlin> (дата звернення: 12.11.2024).
33. Moovit. Moovit MaaS: Global Mobility as a Service Platform. URL: <https://www.moovit.com/maas/> (дата звернення: 24.01.2025).
34. Intel. Intel Acquires Moovit to Accelerate Mobileye's Mobility-as-a-Service Offering. 2020. URL: <https://www.intel.com/content/www/us/en/newsroom/news/intel-acquires-moovit.html> (дата звернення: 12.11.2024).
35. Прохорченко А. В. Удосконалення системи оперативного прогнозування пасажиропотоків на основі використання інтелектуальних технологій. *Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту*. 2007. Вип. 85. С. 161–171.

36. Бутько Т. В., Константинов Д. В., Малахова О. А., Прохорченко А. В. Пасажирські перевезення (залізничний транспорт): навчальний посібник. Харків: Дім Райдер, 2014. 254 с.
37. Журба О. О. Організація пасажирських перевезень в умовах залізничних пересадочних комплексів: дис. канд. техн. наук: 05.22.01 – транспортні системи. Харків: УкрДАЗТ, 2011. 189 с.
38. Beligiannis G., Moschopoulos C. N., Karperonis G. P., Likothanassis S. D. Applying evolutionary computation to the school timetabling problem: The Greek case. *Computers & Operations Research*. 2008. Vol. 35. P. 1265–1280.
39. Hannemann M., Schulz F., Wagner D., Zaroliagis C. Timetable Information: Models and Algorithms. *Railway Optimization*. 2007. № 4359. P. 67–90.
40. Yu Li, Zhao J., Cheng J. Model and Algorithm for Passenger Station Task Allocation Problem in Railway Terminal. *Conference Proceeding Paper: ICCTP 2010: Integrated Transportation Systems—Green - Intelligent – Reliable*. 2010. № 258. P. 2590–2596.
41. Goverde R. M. Optimal Transfer Times in Railway Timetables. *Transportation Research* Goverde R. M. Transfer Stations and Synchronization. *TopTech Study “Rail Systems Engineering”*, Delft University of Technology, Faculty of Civil Engineering and Geo Sciences, Transportation Planning and Traffic Engineering Section. 1998. P. 10.
41. Древаль І. В. Градоформуєча роль залізничних вокзальних комплексів. *Науковий вісник будівництва*. 2009. № 47. С. 115–119.
42. Heike L. Management Scheme for Rail Passenger Fares in Germany. *Japan Railway & Transport Review*. 2004. № 47. P. 50–55.
43. Goto K. Passenger Service Technologies. *Japan Railway & Transport Review*. 2000. № 24. P. 50–55.
44. Розклад руху призначених пасажирських поїздів. Офіційний сайт АТ «Укрзалізниця». URL: <https://uz.gov.ua/passengers/timetable/> (дата звернення: 12.11.2024).

45. Офіційний сайт DBAG. URL: <https://www.bahn.de> (дата звернення: 20.11.2024).
46. Wolfgang F., Ruppert G. Boutätigkeit der Deutschen Bahn in Berlin. *ETR: Eisenbahntechnische Rundschau*. 2000. № 6. P. 365–377.
47. Бутько Т. В., Малахова О. А., Прохорченко А. В., Константинов Д. В. Пасажирські перевезення (залізничний транспорт): навчальний посібник. Харків: Дім Райдер, 2014. 259 с.
48. Kandee S. A. Prototype Intermodal Transportation Center: A New Approach to Interior Environments of Transportation Centers. *Virginia Commonwealth University*. 2001. P. 170.
49. Мироненко В. П., Борзов О. М. Архітектура сучасних залізничних вокзальних комплексів. Модернізація вокзалів і тенденції розвитку. *Вісник ХДАДМ*. 2009. № 4. С. 63–68.
50. Правила перевезення пасажирів, багажу, вантажобагажу та пошти залізничним транспортом України. *Офіційний вісник України*. 2000. № 26. С. 51.
51. Hu T. C. Multi-Commodity Network Flows. *ORSA Journal*. 1963. Vol. 11(3). P. 344–360.
52. Субботін С. О., Олійник А. О., Олійник О. О. Неітеративні, еволюційні та мультиагентні методи синтезу нечіткологічних і нейромережних моделей: монографія / Під заг. ред. С. О. Субботіна. Запоріжжя: ЗНТУ, 2009. 375 с.
53. Харарі Ф. Теорія графів. Пер. з англ. М.: Мир, 1973. 301 с.
54. Ху Т. Цілочисельне програмування і потоки в мережах. Пер. з англ. М.: Мир, 1974. 519 с.
55. Shi Y., Eberhart R. C. Parameter selection in particle swarm optimization. *Proceedings of Evolutionary Programming VII (EP98)*. 1998. P. 591–600.

56. Fourie P. C., Groenwold A. A. Particle Swarms in Topology Optimization. *Extended Abstracts of the Fourth World Congress of Structural and Multidisciplinary Optimization, Dalian, China*. 2001. P. 52–53.
57. Shigenori N., Takamu G. J., Toshiki Y., Yoshikazu F. A hybrid particle swarm optimization for distribution state estimation. *IEEE Transactions on Power Systems*. 2003. 18(1). P. 60–68.
58. Жуковицький І. В., Скалозуб В. В., Устенко А. Б. Принципи побудови системи підтримки прийняття рішень і управління вантажними перевезеннями на основі аналітичних сервісів АСК ПП УЗ. *Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна*. 2007. Вип. 17. С. 28–35.
59. Sprague R. H. A Framework for the Development of Decision Support Systems. *MIS Quarterly*. 1980. Vol. 4. Pp. 1–26.
61. Прохорченко А. В., Зав'ялова М. Д. Удосконалення швидкісних залізничних пасажирських перевезень на основі впровадження MaaS-технологій. *Тези стендових доповідей та виступів учасників конференції 37-ї Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті» (10-11 жовтня 2024 року, м. Харків). Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2024. Вип. 3 (додаток). С. 49–50.
62. Зав'ялова М. Д., Дубініна А. С., Курганевич Т. М., Панченко А. С. Удосконалення швидкісних перевезень пасажирів у внутрішньому та міжнародному сполученні. *5-а міжнародна науково-технічна конференція «Інтелектуальні транспортні технології»*. Харків, 25–27 листопада 2024 р.: Тези доповідей. Харків: УкрДУЗТ, 2024. С. 106–108.