

Український державний університет залізничного транспорту

Кафедра управління експлуатаційною роботою

УЗГОДЖЕННЯ ГРАФІКІВ РУХУ ШВИДКІСНИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ПОЇЗДІВ
У МІЖНАРОДНОМУ СПОЛУЧЕННІ

Пояснювальна записка та розрахунки

до кваліфікаційної роботи

УГРШП.300.00.00.000 ПЗ

Розробив студент групи 216 – ОМП – Д23
спеціальності 275/275.02 – Транспортні
технології (на залізничному транспорті)
(роботу виконано самостійно, відповідно до
принципів академічної доброчесності)



(підпис)

Олексій ПАЛІЄНКО

Керівник: доцент, канд. техн. наук

Григорій СІКОНЕНКО

Рецензент: доцент, канд. техн. наук

Максим КУЦЕНКО

АНОТАЦІЯ

Дана кваліфікаційна робота включає в себе 14 слайдів презентації, 101 аркушів пояснювальної записки формату А4, що включає 22 рисунки, 16 таблиць, 23 літературних джерела.

Ключові слова: високошвидкісний рух, графік руху поїздів, узгодження розкладів, оптимізація зупинок.

Об'єктом дослідження є міжнародні пасажирські залізничні перевезення.

Метою дослідження є удосконалення технології складання розкладу пасажирських поїздів у міжнародному та внутрішньодержавному сполученні на основі підвищення узгодженості швидкісних та інших категорій поїздів шляхом раціоналізації управлінських рішень за рахунок розробки системи підтримки прийняття рішень.

У кваліфікаційній роботі було запропоновано модель узгодження розкладу руху швидкісних та інших категорій поїздів у міжнародному сполученні, яка базується на використанні макс-плюс алгебри. Цей підхід дозволяє враховувати пріоритети пропуску поїздів, зокрема в умовах їх запізнень.

На основі проведених досліджень розроблено модель оптимізації режиму руху швидкісних та інших категорій пасажирських поїздів на залізничному напрямку зі змішаним трафіком. Модель поєднує бінарний вибір зупинок на станціях із мінімізацією загальних пасажиро-годин і належить до класу змішаних цілочисельних моделей.

Реалізація запропонованих рішень у вигляді функціональної задачі для автоматизованих систем управління, таких як АСК ПП УЗ, забезпечить суттєве підвищення обґрунтованості технологічних рішень під час розробки нормативних і варіантних графіків руху поїздів, а також при оперативному регулюванні рухом поїздів.

ANNOTATION.

This qualification work includes 14 slides of presentation, 101 sheets of A4 explanatory note, including 22 figures, 16 tables, 23 references.

Keywords: high-speed traffic, train schedule, schedule coordination, optimization of stops.

The object of study is international passenger rail transportation.

The purpose of the study is to improve the technology of scheduling passenger trains in international and domestic traffic by increasing the consistency of high-speed and other categories of trains by rationalizing management decisions through the development of a decision support system.

In the qualification work, a model for coordinating the schedule of high-speed and other categories of trains in international traffic based on the use of max-plus algebra was proposed. This approach allows to take into account the priorities of trains, in particular in the conditions of their delays.

Based on the research, a model for optimizing the mode of operation of high-speed and other categories of passenger trains on a railway line with mixed traffic has been developed. The model combines the binary choice of stops at stations with the minimization of total passenger hours and belongs to the class of mixed integer models.

The implementation of the proposed solutions in the form of a functional task for automated control systems, such as the UZ ACS, will significantly increase the validity of technological solutions when developing normative and variant train schedules, as well as in the operational regulation of train traffic.

Український державний університет залізничного транспорту

Факультет управління процесами перевезень

Кафедра управління експлуатаційною роботою

Освітній рівень: магістр

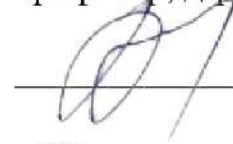
Спеціальність 275 Транспортні технології

275.02 Транспортні технології (на залізничному транспорті)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри,

професор, д-р техн. наук



Т.В.Буцько

« 27 » _____ грудня _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Палієнка Олексія Дмитровича

1. Тема проекту (роботи) «Узгодження графіків руху швидкісних пасажирських поїздів у міжнародному сполученні»

керівник Сіконенко Григорій Михайлович, канд.техн.наук, доцент
затверджена розпорядженням по факультету управління процесами перевезень
від 30 вересня 2024 року №12/24

2 Строк подання студентом роботи 30 грудня 2024 року

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Перелік міжнародних маршрутів прямування поїздів, кількісні та якісні показники роботи у динаміці, розклад руху поїздів у міжнародному сполученні, економічні показники.



4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. 1 Аналіз основних тенденцій та сучасного стану організації міжнародних пасажирських залізничних перевезень. 2 Узгодження розкладу руху швидкісних та інших категорій пасажирських поїздів у міжнародному сполученні. 3 Оптимізація режиму зупинок/пропуску швидкісних пасажирських поїздів 4 Оцінка економічної доцільності синхронізації розкладів руху пасажирських поїздів у різних сполученнях. Висновки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1 Мета та задачі дослідження. 2 Аналіз динаміки та структури пасажирських перевезень. 3 Основні маршрути прямування поїздів у міжнародному сполученні. 4 Узгодження розкладів руху пасажирських поїздів у внутрішньодержавному та міждержавному сполученні. 5 Модель організації

руху пасажирських поїздів по напрямку. 6 Дослідження попиту на перевезення у часі. 7 Визначення економічної доцільності удосконалення технології складання розкладу руху поїздів у міжнародному сполученні.

6 Консультанти окремих розділів

Розділ	Прізвище, ініціали, посада та науковий ступінь консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Економічне обґрунтування запропонованого проектного рішення	Гриценко Н.В., доцент, канд. економ. наук		

7 Дата видачі завдання 30 вересня 2024р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН




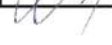
Назва етапів	Строк виконання етапів роботи	Примітка
Вступ	02.10.2024	виконано
1 Аналіз основних тенденцій та сучасного стану організації міжнародних пасажирських залізничних перевезень.	16.10.2024	виконано
2 Узгодження розкладу руху швидкісних та інших категорій пасажирських поїздів у міжнародному сполученні.	01.11.2024	виконано
3 Оптимізація режиму зупинок/пропуску швидкісних пасажирських поїздів.	25.11.2024	виконано
4 Оцінка економічної доцільності синхронізації розкладів руху пасажирських поїздів у різних сполученнях.	20.12.2024	виконано
Висновки.	25.12.2024	виконано
Оформлення роботи	30.12.2024	виконано

Студент  Олексій ПАЛІЄНКО

Керівник  Григорій СІКОНЕНКО

Зміст

Вступ	8
1 Аналіз основних тенденцій та сучасного стану організації міжнародних пасажирських залізничних перевезень	11
1.1 Загальні положення	11
1.2 Аналіз останніх досліджень і публікацій	14
1.3 Динаміка і структура пасажирських перевезень	17
1.4 Швидкісний рух при організації міжнародних пасажирських перевезень	22
2 Узгодження розкладу руху швидкісних та інших категорій пасажирських поїздів у міжнародному сполученні	30
2.1 Методологічні основи складання та аналізу розкладу руху поїздів	30
2.2 Математична формалізація складання графіку руху поїздів	32
2.3 Синхронізація розкладів пасажирських поїздів у міжнародному сполученні	37
2.4 Оптимізація руху поїздів на маршруті прямування	39
3 Оптимізація режиму зупинок/пропуску швидкісних пасажирських поїздів	54
3.1 Аналіз публікацій щодо організації зупинок/пропуску станцій по маршруту прямування	56
3.2 Визначення пасажиропотоків при моделюванні	57
3.3 Доцільність використання змішаних інтегрованих моделей для визначення режиму прямування швидкісних поїздів	58

					УГРШП. 300.00.00.000				
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Узгодження графіків руху швидкісних пасажирських поїздів у міжнародному сполученні	Літ.	Арк.	Акрушів	
Розроб.		Палієнко		27.12		i		6	101
Перевір.		Сіконенко		27.12		УкрДУЗТ			
Н. Контр.		Малахова		27.12					
Затв.		Бутько		27.12					

3.4 Формування моделі визначення кількості зупинок та їх розташування для швидкісних та інших категорій пасажирських поїздів	61
3.5 Застосування евристичного пошуку для визначення режиму прямування швидкісних поїздів	67
3.6 Розрахунок ефективної організації пропуску швидкісних та поїздів інших категорій на базовому полігоні	71
4 Оцінка економічної доцільності синхронізації розкладів руху пасажирських поїздів у різних сполученнях	74
Висновки	80
Список використаних джерел	82
Додаток А – Дослідження динаміки та структури пасажирських перевезень	85
Додаток Б – Аналіз узгодженості руху пасажирських поїздів у міжнародному сполученні	87
Додаток В – Вихідні дані для моделювання режиму пропуску швидкісних поїздів	92
Додаток Г – Елементи програмної реалізації генетичного алгоритму для мінімізації цільової функції	97
Додаток Д – Результати моделювання визначення оптимального режиму зупинок/пропуску швидкісних та інших категорій пасажирських поїздів на напрямку	100

					УГРШП. 300.00.00.000	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вступ

У останнє десятиріччя спостерігається стійкий тренд по збільшенню обсягів пасажирських міжнародних перевезень що зумовлено розвитком туризму, трудовою міграцією, а в останні роки – евакуацією у зв'язку з війною. За розрізненими даними до країн західної Європи емігрувало 3,2-4,5 млн. осіб що зумовлює підвищення поїздок для відвідування рідних або батьківщини.

Організація міжнародних перевезень вимагає вирішення кола додаткових питань при організації технологічного процесу. При здійсненні міжнародних пасажирських перевезень основними є: організація продажу проїзних документів по залізницям інших країн (при відсутності безпересадкового сполучення), організація митного контролю, організація переходу ширини колії 1520 мм – 1435мм.

Парк вагонів RIC в Україні є обмеженим і тому переважна частина поїздів у міжнародному сполученні прямує до прикордонних станцій з колією 1520мм (наприклад Пшемисль, Хелм) де здійснюється пересадка на інші поїзди для прямування по країнам Європейського союзу. За таких умов узгодженість розкладів руху цих поїздів відчутно впливає на комфорт пасажирів та може бути ключовим фактором при виборі виду транспорту. Також слід зазначити що переважна кількість обласних центрів України не має прямого міжнародного сполучення, що також утворює оптимізаційну задачу узгодження міжнародних та внутрішньодержавних поїздів.

Задача ефективного складання графіку руху пасажирських поїздів з урахуванням пріоритетів має велику кількість кореляційно-залежних факторів, що фактично унеможливує її рішення без сучасних інформаційних систем. Перераховані обставини свідчать про актуальність досліджень спрямованих на вдосконалення складання розкладу руху пасажирських поїздів у міжнародному сполученні у вигляді функціональної задачі АСК ПП УЗ як системи підтримки прийняття рішень.

Великий внесок у розвиток питань вдосконалення перевезень пасажирів та швидкісного руху на залізничному транспорті внесли такі вчені, як: А.П. Абрамов, М.М. Барков, І.В. Белов, А. В. Болотін, Т.В. Бутько, Б. А. Волков, А.Є. Гибшман, В.Г. Галабурда, М.І. Данько, Ю.В. Дьяков, Т. М. Муджирі, Є.А. Сотников, В.Г. Савельєв, В.М. Саввов, Б. І. Шафіркін, Ш. М. Шайдуллін, П.О.Яновський та інші.

Мета і завдання дослідження. Метою даної роботи є удосконалення технології складання розкладу пасажирських поїздів у міжнародному та внутрішньодержавному сполученні на основі підвищення узгодженості швидкісних та інших категорій поїздів шляхом раціоналізації управлінських рішень за рахунок розробки системи підтримки прийняття рішень.

Реалізація цієї мети потребує постановку і вирішення таких основних задач:

- аналіз існуючого стану міжнародних пасажирських перевезень та інформаційних систем, що діють на залізниці, особливостей їх використання в системах підтримки прийняття рішень і виявлення проблем, які потребують вирішення;

- розробка моделей об'єктів і процесів, що описують систему пасажирських залізничних перевезень в системах підтримки прийняття рішень;

- розробка моделі оптимізації розкладів руху пасажирських поїздів різних категорій з узгодженням міжнародних та внутрішньодержавних поїздів з урахуванням потенційного попиту на перевезення;

- оцінка економічної доцільності реалізації моделей оптимізації розкладу руху пасажирських поїздів у вигляді системи підтримки прийняття рішень для інженерів-технологів відділу аналізу та розробки ГРП а також оперативно керуючого персоналу.

Об'єкт дослідження – міжнародні пасажирські перевезення залізничним транспортом.

Предмет дослідження – узгодження розкладу руху швидкісних та інших категорій пасажирських поїздів у міжнародному та внутрішньодержавному сполученні.

Методи дослідження. Дослідження базуються на результатах обробки статистичних звітів про діяльність залізничних перевізників; статистичних даних про перевезених пасажирів на залізничному транспорті; результатах моделювання процесів на залізничному транспорті; результатах експертиз транспортних інформаційних систем.

Методами дослідження, використаними в роботі, є математичні методи системного аналізу, теорії прийняття рішень, регресійного аналізу та теорії множин, макс плюс алгебра, генетичні алгоритми, теорії розкладів.

Елементи наукової новизни роботи. В роботі набуло подальшого розвитку підхід до узгодження руху різних категорій поїздів при організації пасажирських міжнародних перевезень з використанням сучасних технологій на основі генетичних алгоритмів та макс плюс алгебри.

Публікації. За результатами досліджень опубліковано 1 наукова робота [1] в збірнику наукових праць УкрДУЗТ.

Висновки

Основні результати проведених досліджень можуть бути сформульовані у вигляді наступних висновків.

1 Пасажирські залізничні перевезення датуються державами у більшості країн світу. Проблема відшкодування збитків при організації пасажирських перевезень на залізницях України повинна стати одним з найважливіших аспектів соціальної політики держави. За сучасних умов проблема оптимізації використання та підвищення ефективності використання рухомого складу при організації міжнародних пасажирських перевезень становиться одною із пріоритетних.

2 Проаналізовано динаміку та структуру міжнародних перевезень. Встановлено що переважна частка пасажиропотоку - 65,6% у сполученні Україна-Західна Європа прямують через Польщу, при цьому 57,4% у швидкісних поїздах. Тому при плануванні міжнародних пасажирських перевезень необхідно звертати особливу увагу на організацію швидкісного руху.

3 Запропоновано модель узгодження розкладу руху швидкісних та інших категорій поїздів у міжнародному сполученні на основі макс – плюс алгебри, що дозволяє враховувати пріоритети при пропуску поїздів, в тому числі і при запізненнях поїздів.

4 Формалізовано завдання раціоналізації розкладу відправлення швидкісних та інших категорій поїздів з урахуванням потенційного та реалізованого попиту на перевезення по маршруту та напрямку. Запропонована модель поєднує бінарний вибір наявності зупинки для швидкісних поїздів на станціях при мінімізації загальних пасажиро-годин та може бути віднесена до змішаних цілочисельних моделей.

5 За результатами моделювання доведено необхідність скорочення зупинок швидкісних пасажирських поїздів 725 по станціям М, Д; 723 – по

станції Д, 721 – по станції П, М, Д. Призначення додаткової зупинки пасажирського поїзду 15 – по станції М. При цьому загальні витрати становитимуть 7484 пасажиро-годин, що на 342 пасажиро-годину менше у порівнянні з існуючим графіком (або на 4,6%).

6 При реалізації запропонованого комплексу моделей у вигляді системи підтримки прийняття рішень для інженерів технологів відділу аналізу і розробки графіку руху поїздів а також для ДНЦ при оперативному регулюванні руху економічний ефект на п'ятий рік експлуатації складе 14241,26 тис. грн., що доводить доцільність інвестування такого проекту.

Список використаних джерел

- 1 Палієнко О.Д. Узгодження графіків руху швидкісних пасажирських поїздів у міжнародному сполученні. *Збірник матеріалів доп. 84 студентській наук.-техн. конф. УкрДУЗТ. (11–12 грудня 2024 р.)*. Харків : УкрДУЗТ, 2024. С. 112.
- 2 Jain S., Singh Jain S. Traffic Congestion Modelling Based on Origin and Destination: *Procedia Engineering*. 2017. Vol. 187. P. 442-450.
- 3 Yan Y., Zhang S., Tang J., Wang X. Understanding characteristics in multivariate traffic flow time series from complex network structure: *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*. July 2017. Vol. 477. P. 149-160.
- 4 Wang K., Xia W., Zhang A. Should China further expand its high-speed rail network? Consider the low-cost carrier factor: *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. June 2017. Vol. 100. P.105-120.
- 5 Sánchez-Borràs M., Nash Ch., Abrantes P., López-Pita A. Rail access charges and the competitiveness of high speed trains: *Transport Policy*. March 2010. Vol. 17. P.102-109.
- 6 Wan Y., Hun-Koo H., Yoshida Y., Zhang A. Airlines' reaction to high-speed rail entries: Empirical study of the Northeast Asian market: *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. 2016. Vol.94. P. 532-557.
- 7 The development of international passenger rail transport United Nations Economic Commission for Europe: web-site. URL: https://unece.org/sites/default/files/2021-03/2017835_E_cover_pdf%20web.pdf (date of the application 02.10.2023).
- 8 Офіційний сайт Державної служби статистики України URL: <http://www.ukrstat.gov.ua> (дата звернення 05.10.2024).
- 9 Національна транспортна стратегія України до 2030 року: розпорядження каб. мін. України № 430-р від 30.05.2018 Верховна Рада України: веб-сайт.URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/430-2018-%D1%80#Text>. (дата звернення 11.10.2024).

- 10 Про утворення державного підприємства «Української залізничної швидкісної компанії». Українська залізниця: веб-сайт. URL: [http://www.uz.gov.ua/about/general_information/entertainments/ukrainian fastspe
ed railway company/](http://www.uz.gov.ua/about/general_information/entertainments/ukrainian_fastspeed_railway_company/). (дата звернення 17.10.2024).
- 11 Залізниця. Історія, термінологія, новини розвитку. Залізничний транспорт: веб-сайт. URL: <http://rly.su/content/> (дата звернення 25.10.2024).
- 12 Schutter B.D., Schutter T. Max-plus algebra and max-plus linear discrete event systems : An Introduction. Technical report. 2008. Vol.08-007. P.118-125.
- 13 Hansen I.A. Pachl J. Railway timetable and traffic (Analysis, Modelling, Simulatoin). Eurailpress. 2008. P.1158 – 1163.
- 14 Case J. Max-plus algebra : From discrete event systems to Continuous Optimal Control Problem. SIAM news. 2010. Vol. 43. P.1108-1123.
- 15 Quintero K.,Aguilar J.,Niel E. A hybrid approach based on genetic algorithms and (max, +) algebra for network applications. Applied Soft Computing. Vol. 54, P. 93-107
- 16 Heidergott B., Olsder G.J., Wonde J. Max-plus at work. Prinoeton University Press. 2005. P.1167-1177.
- 17 Макаренко М.В., Гойхман І.М. Динаміка і структура перевезення пасажирів. Ефективна економіка. веб-сайт URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=288>. (дата звернення 22.11.2023)
- 18 Vuchic, V.R. Urban Transit: Operations, Planning, and Economics Wiley: Hoboken. 2005, P. 119–128.
- 19 Freyss M., Giesen R., Muñoz J.C. Continuous approximation for skip-stop operation in rail transit. Transp. Res. C Emerg. Technol. Vol. 36. 2013, P.419–433.
- 20 Sun F., Zhu W., Ye Y., Wang D. Optimal skip-stop schedule under mixed traffic conditions for minimizing travel time of passengers. Discret. Dyn. Nat. Soc. 2013, P.121-129.
- 21 Sogin S.L., Caughron B.M., Chadwick S.G. Optimizing skip stop service in passenger rail transportation. In 2012 Joint Rail Conference; American Society of Mechanical Engineers: New York, NY, USA. 2012, P. 501–512.

22 Parbo J., Nielsen O.A., Prato C.G. User perspectives in public transport timetable optimisation. *Transp. Res. C Emerg. Technol.* Vol.48. 2014, P. 269–284.

23 Балака Є.І., Зоріна О.І., Колесникова Н.М., Писаревський І.М. Оцінка економічної доцільності інвестицій в інноваційні проекти на транспорті: Навчальний посібник. Харків: УкрДАЗТ, 2005. 210 с.