

Український державний університет залізничного транспорту

Кафедра «Управління експлуатаційною роботою»

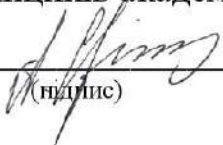
**УДОСКОНАЛЕННЯ РОЗКЛАДІВ РУХУ ПАСАЖИРСЬКИХ ПОЇЗДІВ НА
ЗАЛІЗНИЦЯХ УКРАЇНИ**

Пояснювальна записка та розрахунки

до кваліфікаційної роботи

УРРПІ.300.00.00.000 ПЗ

Розробив здобувачка групи 212 – ОПУТ – 323
спеціальності 275/275.02 – Транспортні
технології (на залізничному транспорті)
(роботу виконано самостійно, відповідно до
принципів академічної доброчесності)


_____ Аліна Світлицька
(підпис)

Керівник: доцент, канд. техн. наук

Олена МАЛАХОВА

Рецензент: доцент, канд. техн. наук

Ганна ШАПОВАЛ

АНОТАЦІЯ

Дана кваліфікаційна робота включає в себе 16 слайдів презентації, 95 аркушів пояснювальної записки формату А4, що включає 35 рисунків, 26 таблиці, 39 літературних джерел.

Ключові слова: пасажирські поїзди, графік руху пасажирських поїздів, якість перевезень, норми маси поїздів, регулювання резервів часу, несинхронність відправлення поїздів.

Об'єктом процес організації руху пасажирських поїздів.

Метою дослідження є удосконалення графіку руху пасажирських поїздів за рахунок підвищення якості управління сервісами пасажирських перевезень на основі досягнення гарантованого дотримання частоти курсування і часу прибуття/відправлення пасажирських поїздів.

У кваліфікаційній роботі було запропоновано підхід до опису рівня дотримання графіка руху пасажирських поїздів, що дозволяє аналізувати особливості виконання графіка за різних умов організації руху.

Розроблена математична модель формування норм дотримання графіка руху пасажирських поїздів дає можливість проводити багатоваріантні розрахунки з урахуванням різних характеристик порушень графіка, досліджувати їхній вплив на стійкість частоти курсування, а також на своєчасність прибуття і відправлення пасажирських поїздів.

Запропонований метод динамічного регулювання резервів графіка руху забезпечує більш точне врахування особливостей планування пропуску пасажирських поїздів на ділянках залізничних ліній. Цей метод рекомендується для застосування в ситуаціях, коли необхідно мінімізувати затримки на маршрутах. Застосування методу динамічного регулювання резервів графіка дозволяє оцінювати ефективність схем пропуску пасажирських поїздів у різних умовах організації руху.

ABSTRACT

This qualification work includes 16 presentation slides, 95 pages of A4 explanatory note, including 35 figures, 26 tables, 39 references.

Key words: passenger trains, passenger train schedule, quality of transportation, train weight standards, regulation of time reserves, non-synchronous train departure.

The object is the process of organising the movement of passenger trains.

The purpose of the study is to improve the schedule of passenger trains by improving the quality of passenger transport services management on the basis of achieving guaranteed compliance with the frequency of running and the time of arrival/departure of passenger trains.

In the qualification work, an approach to describing the level of compliance with the passenger train schedule was proposed, which allows analysing the peculiarities of schedule performance under different traffic conditions.

The developed mathematical model for the formation of norms of compliance with the passenger train schedule makes it possible to carry out multivariate calculations taking into account various characteristics of schedule violations, to study their impact on the stability of the running frequency, as well as on the timeliness of arrival and departure of passenger trains.

The proposed method of dynamic adjustment of schedule reserves provides a more accurate consideration of the peculiarities of planning passenger train passage on railway line sections. This method is recommended for use in situations where it is necessary to minimise delays on routes. The application of the method of dynamic control of schedule reserves allows to assess the efficiency of passenger train passage schemes in different traffic conditions.

Український державний університет залізничного транспорту

Освітній рівень: магістр

Спеціальність 275 Транспортні технології

275.02 Транспортні технології (на залізничному транспорті)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри,
професор, д-р техн. наук



Тетяна БУТЬКО

«27» грудня 2024 р.

ЗАВДАННЯ НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Світлицькій Аліні Вячеславівні

1. Тема проекту (роботи) «Удосконалення розкладів руху пасажирських поїздів на залізницях України»

Керівник Малахова Олена Анатоліївна, канд. техн. наук, доцент
затверджена розпорядженням по факультету управління процесами перевезень від 30 вересня 2024 року №12/24

2 Строк подання здобувачем роботи 30 грудня 2024 року

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Порядок розробки і складання графіку руху пасажирських поїздів, статистичні дані щодо показників роботи пасажирського господарства України та країн – членів ЄС, порядок визначення пропускнуої спроможності дільниць з інтенсивним пасажирським рухом, техніко – економічні показники роботи пасажирського господарства



4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. 1 Розроблення засад підходу до управління процесом дотримання графіку руху пасажирських поїздів 2 Аналіз динаміки пасажиропотоків 3 Удосконалення розроблення розкладів руху пасажирських поїздів 4 Регулювання резервів часу на дільницях при пропуску окремих категорій поїздів на основі моделювання конфігурацій графіка 5 Визначення економічної доцільності удосконалення технології розкладів руху пасажирських поїздів залізничної дільниці Висновки.

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

1 Мета та задачі дослідження 2 Аналіз звітних форми з дотримання виконання графіка руху пасажирських поїздів 3 Аналіз затримок пасажирських поїздів 4 Аналіз динаміки відправлення пасажирів 5 Поділ дільниць для пасажирського руху на категорії 6 Моделювання розкладу пасажирських поїздів 7 Аналіз впливу несинхронності відправлення на рух пасажирських поїздів

8 Визначення коефіцієнта знімання для поїздів різної швидкісної категорії
9 Розрахунок сукупного приросту економічного ефекту від зміни графіка руху
пасажирських поїздів
10 Висновки

6 Консультанти окремих розділів

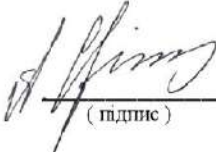
Розділ	Прізвище, ініціали, посада та науковий ступінь консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Економічне обґрунтування запропонованого проектного рішення	Євгеній БАЛАКА, доцент, канд. економ. наук		

7 Дата видачі завдання 30 вересня 2024р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів	Строк виконання етапів	Примітка
Вступ	10.10.2024	виконано
1 Розроблення засад підходу до управління процесом дотримання гдд пасажирських поїздів	17.10.2024	виконано
2 Аналіз динаміки пасажиропотоків	10.11.2024	виконано
3 Удосконалення розроблення розкладів руху пасажирських поїздів	18.11.2024	виконано
4 Регулювання резервів часу на дільницях при пропуску окремих категорій поїздів на основі моделювання конфігурацій графіка	25.11.2024	виконано
5 Визначення економічної доцільності удосконалення технології розкладів руху пасажирських поїздів залізничної дільниці	10.12.2024	виконано
Висновки	27.12.2024	виконано
Оформлення роботи	30.12.2024	виконано

Здобувач


(підпис)

Аліна СВИТЛИЦЬКА

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

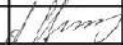
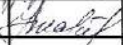



(підпис)

Олена МАЛАХОВА

(прізвище та ініціали)

Зміст

Вступ	8
1 Розроблення засад підходу до управління процесом дотримання графіку руху пасажирських поїздів	10
1.1 Процесний підхід до управління якістю пасажирських перевезень	10
1.2 Особливості формування цільових показників дотримання ГРПП	19
1.3 Постановка завдання дослідження	24
2 Аналіз динаміки пасажиропотоків	28
2.1 Аналіз чинників, що визначають попит на пасажирські перевезення	28
2.2 Аналіз існуючої структури пасажиропотоків і поїздопотоків на мережі залізниць	33
2.3 Вплив затримок на роботу системи залізничного транспорту	31
2.4 Передумови виникнення нестандартних ситуацій (затримок) у роботі залізничної мережі	33
2.5 Аналіз ринку залізничного транспорту в країнах-членах ЄС	35
3 Удосконалення розроблення розкладів руху пасажирських поїздів	39
3.1 Типізація ділянок ліній за наявністю потенційних резервів ГРПП	39
3.2 Методи управління перевізними, технічними та економічними резервами ГР на дільницях ліній	44
3.3 Постановка завдання формування графіку руху пасажирських поїздів	48

					УРРПП.300.00.00.000 ПЗ				
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Удосконалення розкладів руху пасажирських поїздів на залізницях України	Літ.	Арк.	Акрушів	
Розроб.		Світлицька		27.12		i		6	95
Перевір.		Малахова		27.12					
Н. Контр.		Малахова		27.12		УкрДУЗТ			
Затв.		Буцько		27.12					

3.4 Математичне моделювання розкладу залізничного пасажирського транспорту далекого прямування	51
3.5 Реалізація та чисельні результати	60
3.6 Формування початкового транспортного розкладу	62
3.7 Оптимізація початкового транспортного розкладу	65
3.8 Аналіз умов ритмічної та надійної роботи з пропуску пасажирських поїздів на змішаних лініях	67
4 Регулювання резервів часу на дільницях при пропуску окремих категорій поїздів на основі моделювання конфігурацій графіка	71
4.1 Визначення способів регулювання	71
4.2 Вплив несинхронності відправлення поїздів на конфігурацію графіка руху і коефіцієнт знімання	75
5 Визначення економічної доцільності удосконалення технології розкладів руху пасажирських поїздів залізничної дільниці	83
Висновки	90
Список використаних джерел	92

					УРРПШ.300.00.00.000 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вступ

Досвід показує, що домогтися стабільно високого відсотка дотримання графіка руху пасажирських поїздів (ГРПП) і, отже, високого рівня пасажирської роботи можна тільки за умови консолідації всіх господарств полігону залізниці навколо встановлених графіком технологічних норм.

Незважаючи на значущість пунктуальності руху пасажирських поїздів, через об'єктивне запізнювання виявляється мало ефективним, а самі збої спричиняють тривалий негативний вплив на діяльність з обслуговування пасажирів, пов'язаний із порушенням закладених в елементах графіка нормативів роботи господарських ланок.

Спроби уникнути збоїв і стабілізувати дотримання ГРПП у рамках розкладів шляхом проектування цільових завдань, формування системи цільових показників, прогнозів відхилень показників і заходів із виявлення можливостей для виключення ризику відхилень наптовхуються на необхідність глибокої цифровізації процесів управління пасажирськими перевезеннями та за їхньої потенційної ефективності потребують розвитку способів не лише гнучкого регулювання значень цільових показників, а й резервів ГРПП як перевізних, пов'язаних із пропускнуою спроможністю дільниць, а також резервів ГРПП поїздів, які можуть бути використані для забезпечення стійкості.

Це визначає наукову задачу, яка полягає в необхідності розвитку способів підвищення стійкості ГРПП в умовах нових можливостей, які надає цифровізація залізниць.

Метою роботи є удосконалення графіку руху пасажирських поїздів за рахунок підвищення якості управління сервісами пасажирських перевезень на основі досягнення гарантованого дотримання частоти курсування і часу прибуття/відправлення пасажирських поїздів.

Для досягнення поставленої мети потрібно було вирішити такі основні *завдання*:

– визначити основи підходу до управління процесом дотримання ГРПП пасажирських поїздів на виділеному полігоні залізниці;

– побудувати модель формування норм рівня дотримання ГРПП, засновану на виявленні закономірностей зміни характеристик порушень ГРПП на полігоні залізниці;

– розробити методика дотримання ГРПП пасажирських поїздів в умовах дії закономірностей зміни характеристик порушень;

– обґрунтувати економічну ефективність запропонованого методу підвищення стабільності дотримання ГРПП.

Об'єктом дослідження є процес організації руху пасажирських поїздів.

Предметом дослідження є механізм управління стабільністю дотримання графіка руху пасажирських поїздів.

Елементами наукової новизни роботи є розробка способу оцінки показника дотримання ГРПП, визначення підходу до аналізу його стійкості на основі врахування змін закономірностей порушення ГРПП, встановлення способу управління стабільністю показника дотримання ГРПП шляхом динамічного регулювання резервів ГРПП.

Практична значущість роботи полягає у визначенні змісту і методів роботи створюваних на дорожньому рівні комісій, робочих груп, проектних офісів з управління нормами рівня дотримання графіку руху пасажирських поїздів.

Публікації. За матеріалами кваліфікаційної роботи опубліковано тези доповіді на 84 студентській науково – технічній конференції [1].

Висновки

На основі проведеного дослідження зроблено такі основні висновки

1 Однією з проблем сталого виконання графіку руху пасажирських поїздів на дільницях ліній є відсутність спеціального апарату формування та досягнення норм рівня дотримання ГР пасажирських поїздів, що враховує вплив закономірностей зміни порушень графіка.

2 Можливим розв'язанням проблеми є розроблення процедур виявлення закономірностей порушення графіка, інтегрованих у модель формування норм рівня дотримання ГР пасажирських поїздів, і процедур корекції впливу закономірностей порушень, що ґрунтуються на регулюванні резервів ГР на дільницях ліній пасажирського руху.

3 Запропонований спосіб опису рівня дотримання графіка руху пасажирських поїздів дає змогу вивчати особливості дотримання графіка за різних умов організації руху.

4 Запропонована математична модель формування норм рівня дотримання графіка руху пасажирських поїздів дає змогу складати багатоваріантні розрахунки з використанням різних характеристик порушень графіка, вивчати їхній вплив на стійкість частоти курсування та прибуття/відправлення пасажирських поїздів.

5 Запропонований спосіб динамічного регулювання резервів графіка руху більш точно враховує особливості процесів планування пропуску пасажирських поїздів по дільницях ліній і рекомендується для використання за необхідності запобігання затримкам на дільницях.

6 Проведені наукові дослідження надають теоретичний матеріал з проблеми підвищення стабільності дотримання графіка руху пасажирських поїздів. Розроблена математична модель може використовуватися для розрахунків з організації пасажирського руху. Розроблений спосіб динамічного

регулювання резервів графіка руху дає змогу досліджувати раціональність схем пропуску пасажирських поїздів у різних умовах організації руху.

7 Розрахований економічний ефект від удосконалення роботи поїзних диспетчерів при вирішенні конфліктних ситуацій із пропускання поїздів по дільницях зі змішаним рухом при виділенні конфігурацій пасажирських поїздів протягом добового після впровадження даної задачі в АСК ІІІ УЗ. Розрахунок показав наявність економічного ефекту на п'ятий рік експлуатації у розмірі 10271,152 тис. грн., що доводить доцільність інвестування такого проекту.

Список використаних джерел

- 1 Світлицька А.В. Удосконалення розкладів руху пасажирських поїздів на залізницях України. *Тези 84-ї студ. наук.-практ. конф. (м. Харків, 12-14.12.2023 р.)*. Харків. 2024. С.341-342.
- 2 Binner, H, F. *General-Management-Strategie: Ausweg aus der Krise*. Berlin: *Springer-Verlag*. 1993.
- 3 Kundenorientierte Führungsstrategie bei flexibler Betriebsorganisation: Faktor Mensch // *Organisation und Management*. Masehinenraarkt, Würzburg 100. (1994) 9. 1994. P. 55 – 57.
- 4 *Balanced Scorecard umsetzen / Horváth & Partner*. Schäffer-Poeschel; 2. Overcoloured. Aufl. edition. 2001. 464 p.
- 5 Kaplan R.S., Norton D.P. *Balanced scorecard : from strategy to action. strategy to action*. Harvard Business Review Press; 1st edition. 1996. 336 p.
- 6 Інструкція з розрахунку наявної пропускнуої спроможності залізниць України, затв. Наказом Укрзалізниці від 14.03.01 р. № 143/Ц (ЦД-0036). К.: Транспорт України, 2001. С. 159.
- 7 Удосконалення системи диспетчерського керування рухом на залізницях України / В. С. Алейник, О. П. Бочаров, Д. В. Ломотько, С. І. Приходько. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2014. № 1. С. 3-8.
- 8 Концепція Державної програми реформування залізничного транспорту від 27 грудня 2006 р. від 30 травня 2018 р. № 430-р Київ. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/430-2018-%D1%80#Text>. (дата звернення 10.09.2024).
- 9 Офіційний сайт Держкомстата України. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/>. (Дата звернення 15.09.2024).
- 10 Центр транспортних стратегій. URL: https://cfts.org.ua/infographics/skolko_stoit_1_km_dorogi. - (Дата звернення 15.09.2024).

- 11 Bulíček Jo., Drdla P., Matuška Ja. Operational Reliability of a Periodic Railway Line // *Horizons of Railway Transport 2020. Transportation Research Procedia 00 (2019) 000–000*. URL: <https://dk.upce.cz/server/api/core/bitstreams/56198d90-1938-4721-9892-4b16b717bf8f/content>.
- 12 Macchi M, Garetti M., Centrone D., Fumagalli L. Pavirani Maintenance management of railway infrastructures based on reliability analysis // *Reliability Engineering & System Safety*. Volume 104. August 2012. Pages 71-83. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0951832012000518>.
- 13 Panchenko S. Improvement of the accuracy of determining movement parameters of cuts on classification humps by methods of video analysis / S. Panchenko, I. Siroklin, A. Lapko, A. Kameniev, S. Zmii. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2016. Vol. 4(3). P. 25-30.
- 14 Bussieck M/R., Winter U.T. Discrete optimization in public rail transport. *Mathematical Programming*. 1997. Vol. 79. No. 1-3. P. 415-444.
- 15 Guihaire V., Hao J. Transit network design and scheduling: A global review. *Transportation Research A*. 2008. Vol. 42. P. 1251-1273.
- 16 Cordeau, J.-F., Toth P., Vigo D. A survey of optimization models for train routing and scheduling. *Transportation Science*. 1998. Vol. 32. No. 4. P. 380-404.
- 17 Huisman D., Kroon L.G, Lentink R.M. Operations research in passenger railway transportation. *Statistica Neerlandica*. 2005. Vol. 59. No. 7. P. 467-497.
- 18 Theory of schedules. Control tasks of transport systems / A. A. Lazarev, E. G. Musatova, E. R. Gafarov, A. G. Kvaratskhelia. M/: Faculty of Physics. 2012. - 159 c.
- 19 Caprara A. Passenger railway optimization / A. Caprara, LG Kroon, M. Monaci, M. Peeters et al. *Handbooks in Operations Research and Management Science / C. Barnhart and G. Laporte (eds.)*. Elsevier. 2007. Vol. 14. Chap. 3. - P. 129-187.
- 20 Peeters L. Cyclic Railway Timetable Optimization: *ERIM Ph. D. series Research in Management. Erasmus Research Inst. of Management (ERIM)*. 2002.
- 21 Caprara A., Fischetti M., Toth P. Modeling and solving the train timetabling problem. *Operations Research*. 2002. Vol. 50. No. 5. P. 851-861.

- 22 Serafini, P. A, Ukovich W. Mathematical for periodic scheduling problems. *SIAM J. Discret. Math.*, 1989. Vol. 2. No. 4. P. 550-581.
- 23 Brannlund U. Railway timetabling using lagrangian relaxation / U. Brannlund, PO Lindberg, Nou A., JE Nilsson. *Transportation Science.* 1998. Vol. 32. No. 4. P. 358-369.
- 24 Nachtigall K. A, Voget S. Genetic algorithm approach to periodic railway synchronization. *Computers & Operations Research.* 1996. Vol. 23. No. 5. P. 453-463.
- 25 Nachtigall K. Periodic network optimization with different arc frequencies. *Discrete Applied Mathematics*, 1996. Vol. 69. P. 1-17.
- 26 Caimi G., Fuchsberger M., Laumanns M., Schupbach K. Periodic railway timetabling with event flexibility / G. Caimi, M. Fuchsberger, M. Laumanns, K. Schupbach. *Networks.* 2007. Vol. 57. No. 1. P. 3-18.
- 27 Kroon LG. Flexible connections in pesp models for cyclic passenger railway timetabling / LG Kroon, LWP Peeters, JC Wagenaar, RA Zuidwijk. *Transportation Science.* 2014. Vol. 48. No. 1. P. 136-154.
- 28 Oliveira E. A, Smith B.M. Job-shop scheduling model for the single-track railway scheduling problem: Technical Report. *University of Leeds.* 2000.
- 29 Burdett R. A, Kozan E. Sequencing approach for creating new train timetables. *OR Spectrum.* 2010. Vol. 32. No. 1. P. 163-193.
- 30 Lazarev A. A., Gafarov E. R. Theory of schedules. Tasks and algorithms. K.: Faculty of Physics, 2011. 222 c.
- 31 Hansen I.A., Pachl J. Railway Timetabling & Operations. Analysis - Modelling - Optimisation - Simulation - Performance Evaluation. 2 nd edition. *Eurailpress.* 2014. 332 p.
- 32 Зак Ю. А. Прикладні задачі теорії розкладів и маршрутизація перевезень. К.: ЛІБРОКОМ, 2012. 394 с.
- 33 Klevanskyi N. N., Krasnikov A. A., Antipov M. A. Cognitive visualisation in scheduling tasks. *Modern Science-Intensive Technologies.* 2016. № 3-2. P. 246-251.

- 34 Priluts'kyi M. H., Vlasov B. C. Construction of optically - minimal in speed schedules in canonical systems "conveyor - network". *Information Technologies*. 2011. № 3. P. 26-31.
- 35 Erol B. Models for the Train Timetabling Problem: Master Thesis. - Berlin: TU 2009.
- 36 Meng LY, Goverde RMP. A method for constructing train delay propagation process by mining train record data. *J B Jiaotong Univ Chinese*. 2012. 36(6). P.15–20.
- 37 Larsen R. Susceptibility of optimal train schedules to stochastic disturbances of process times. / R. Larsen, M. Pranzo, A. D'Ariano, F. Corman, D.Pacciarelli. *Flex Serv Manuf J*. 2014. 26(4). P.466–89.
- 38 Wang P. Rescheduling trains using Petri nets and heuristic search. / Wang P, Ma L, Goverde RMP, Wang QY. *IEEE Trans Intell Transport Syst*. 2015. 17(3). P.1–10.
- 39 Балака Є.І. Оцінка економічної доцільності 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.