

Український державний університет залізничного транспорту

Кафедра управління експлуатаційною роботою

**ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕРЕБІЙНОЇ РОБОТИ ТЕХНІЧНОЇ СТАНЦІЇ У
СТИСЛИХ УМОВАХ**

**Пояснювальна записка та розрахунки
до кваліфікаційної роботи**

ЗБРТС.300.00.00.000 ПЗ

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

_____ Олександр НЕБОЯН
(підпис)

Керівник: доцент, канд. техн. наук

Віктор ПРОХОРОВ

Рецензент: професор, д-р техн. наук

Олександр ОГАР

АНОТАЦІЯ

Дана кваліфікаційна робота включає в себе 13 слайдів презентації, 93 аркуша пояснювальної записки формату А4, що включає 17 рисунків, 3 таблиці, 17 літературних джерела.

Ключові слова: ВАНТАЖНІ ЗАЛІЗНИЧНІ ПЕРЕВЕЗЕННЯ, ТЕХНОЛОГІЧНІ ВІКНА, ОПЕРАТИВНЕ ПЛАНУВАННЯ РОБОТИ СТАНЦІЇ.

Об'єктом дослідження є процес організації вантажних залізничних перевезень.

Метою дослідження є підвищення ефективності функціонування системи вантажних залізничних перевезень шляхом автоматизації процесу оперативного планування роботи сортувальних станцій в умовах дії обмежуючих факторів.

Робота присвячена удосконаленню системи організації вагонопотоків на українській залізниці в умовах обмежених ресурсів, таких як нестача переробної спроможності сортувальних станцій, що спричинена зміною параметрів інфраструктури або браком інших технічних потужностей. У роботі проаналізовано умови здійснення вантажних перевезень в Україні, моделі організації процесу формування поїздів на технічних станціях у закордонних країнах, а також існуючі системи організації вагонопотоків на вітчизняній залізниці.

Розроблено математичну модель побудови оперативного плану роботи сортувальної станції, яка враховує можливість закриття окремих колій сортувального парку а також нестачу маневрових локомотивів. Визначено заходи для забезпечення стабільної роботи станції в таких умовах та сформовано передумови для автоматизації процесів оперативного планування.

Особливу увагу приділено формуванню вимог до автоматизованої системи оперативного планування, включаючи розробку інтерфейсів АРМ клієнтського рівня та структури інформаційно-керуючої системи. Також проведено оцінку економічної ефективності впровадження запропонованих рішень.

ABSTRACT

This qualification work includes 13 presentation slides, 93 A4 pages of an explanatory note, which contains 17 figures, 3 tables, and 17 literary sources.

Keywords: FREIGHT RAIL TRANSPORTATION, TECHNOLOGICAL WINDOWS, OPERATIONAL STATION PLANNING

The object of the study is the process of organizing freight rail transportation.

The aim of the research is to improve the efficiency of the freight rail transportation system by automating the process of operational planning at sorting stations under restrictive factors.

The work is dedicated to improving the system of wagon flow organization on the Ukrainian railway under limited resources, such as reduced processing capacity of sorting stations caused by changes in infrastructure parameters or the lack of other technical capacities. The study analyzes the conditions of freight transportation in Ukraine, models of train formation processes at technical stations in foreign countries, and the existing systems of wagon flow organization on the domestic railway network.

A mathematical model was developed for building an operational plan for sorting station operations, which takes into account the possibility of closing certain tracks in the sorting yard and the shortage of shunting locomotives. Measures were identified to ensure stable station operations under such conditions, and prerequisites were established for automating operational planning processes.

Special attention was paid to the formulation of requirements for an automated operational planning system, including the development of client-level workstation interfaces and the structure of the information management system. An economic efficiency assessment of the proposed solutions was also conducted.

Український державний університет залізничного транспорту

Факультет управління процесами перевезень

Кафедра управління експлуатаційною роботою

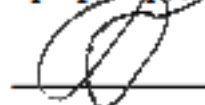
Освітній рівень: магістр

Спеціальність 275 Транспортні технології

275.02 Транспортні технології (на залізничному транспорті)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри,
професор, д-р техн. наук



Тетяна БУТЬКО

« 30 » грудня 2024 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Небоюну Олександрову Володимировичу

1 Тема роботи Забезпечення безперебійної роботи технічної станції в стислих умовах

керівник Прохоров Віктор Миколайович, канд. техн. наук, доцент

затверджена розпорядженням по факультету управління процесами перевезень від 30 вересня 2024 року № 12/24

2 Строк подання роботи (проекту) 30 грудня 2024 року



3 Вихідні дані до роботи статистичні дані про динаміку основних кількісних і якісних показників роботи АТ «Укрзалізниця» та його філій у галузі вантажних перевезень. Абстрактні дані для моделювання роботи технічної станції. Техніко-економічні показники роботи АТ «Укрзалізниця».

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) вступ; аналіз умов здійснення вантажних залізничних перевезень; аналіз існуючих систем організації вагонопотоків; формування математичної моделі побудови оперативного плану роботи технічної станції в умовах дії технологічних вікон; формування вимог до впровадження запропонованої автоматизованої системи та її інтеграції до системи АСК ВП УЗ Є; оцінка економічної ефективності від впровадження запропонованої автоматизованої системи.

5 Перелік графічного матеріалу: тема магістерської кваліфікаційної роботи; мета і задачі дослідження, об'єкт дослідження, предмет дослідження; наукова новизна отриманих результатів; аналіз динаміки основних кількісних і якісних показників роботи АТ «Укрзалізниця»; модель побудови оперативного плану роботи технічної

станції; оперативний план роботи сортувальної станції; структура інформаційно-керуючої системи; економічні розрахунки.

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, професор, к.е.н.		

7. Дата видачі завдання 30 вересня 2024 р.




КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів	Срок виконання етапів роботи	Примітка
1. Аналіз умов здійснення вантажних залізничних перевезень.	10.10.2024	
2. Аналіз систем організації вагонопотоків	25.10.2024	
3. Формування математичної моделі побудови оперативного плану роботи технічної в умовах технологічних вікон	20.11.2024	
4. Формування вимог до впровадження автоматизованої системи до АСК ВП УЗ Є	15.12.2024	
5. Оцінка економічної ефективності впровадження	20.12.2024	
Оформлення роботи	30.12.2024	

Студент  Олександр НЕБОЯН
Керівник  Віктор ПРОХОРОВ

Зміст

Вступ	7
1 Умови здійснення вантажних залізничних перевезень в Україні	12
2 Аналіз існуючих систем організації вагонопотоків та перспектив удосконалення системи організації вагонопотоків на українській залізниці	23
2.1 Аналіз моделей організації процесу формування поїздів на технічних станціях залізничних систем закордонних країн	23
2.3 Аналіз системи організації вагонопотоків на українській залізниці	48
3 Розробка моделі побудови оперативного плану роботи сортувальної станції з урахуванням аналізу термінів доставлення вантажів	51
3.1 Визначення заходів для забезпечення стабільної роботи сортувальної станції в умовах закриття колій сортувального парку	51
3.2 Передумови автоматизації процесів оперативного планування роботи сортувальних станцій	53
3.3 Розробка математичної моделі побудови оперативного плану роботи сортувальної станції	63
4 Розроблення вимог до створення автоматизованої системи оперативного планування роботи сортувальної станції	76
4.1 Визначення вимог до інтерфейсів АРМ клієнтського рівня інформаційно-керуючої системи	76
4.2 Визначення структури та режиму функціонування інформаційно-керуючої системи	79
5 Визначення економічної ефективності від впровадження автоматизованої системи оперативного планування роботи сортувальної станції	83
Висновки	90
Список використаних джерел	92

ЗБРТС 300.00.00 ПЗ									
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Забезпечення безперебійної роботи технічної станції у стислих умовах	Літ.	Арк.	Аркуші	
Розроб.		Неболя						6	93
Перевір.		Прохоров						УкрДУЗТ	
Н. контр. Затв.		Прохоров Буцько							6

Вступ

В умовах зростаючої конкуренції на ринку транспортних послуг одним із ключових чинників забезпечення конкурентоспроможності є надійність і стабільність функціонування транспортної системи. Залізнична транспортна система, як важливий елемент національної логістичної інфраструктури, має відповідати високим стандартам якості, продуктивності та адаптивності. Проте, в останні роки спостерігаються значні виклики у підтриманні ефективності її функціонування, що негативно впливає на задоволення потреб клієнтів у своєчасності й надійності перевезень. Основними причинами таких проблем є недосконалість систем оперативного планування та управління перевізним процесом.

З огляду на це, одним із пріоритетів, визначених у Національній транспортній стратегії України на період до 2030 року (затверджено розпорядженням Кабінету Міністрів України №430-р від 30 травня 2018 року), є впровадження інноваційних підходів до організації вантажних перевезень. Особлива увага приділяється розробці систем оперативного планування діяльності сортувальних станцій, які відіграють центральну роль у структурі залізничних вантажних перевезень. Така система має на меті мінімізувати затримки, оптимізувати потоки вагонів і підвищити загальну ефективність перевізного процесу.

Актуальність цієї проблематики зумовлена нестабільністю обсягів вантажопотоків в умовах економічної невизначеності, яка загострилася через глобальні економічні виклики та внутрішні кризові явища. Починаючи з 2021 року, фінансування ремонтів залізничної інфраструктури скоротилося в шість разів порівняно з 2012 роком, що призвело до критичних наслідків для експлуатації мережі. Зокрема, було закрито 0,4 тис. кілометрів основних колій, 1,8 тис. кілометрів станційних колій і демонтовано 2,5 тис. стрілочних переводів. У результаті наразі на українській залізничній мережі діє 31,8 тис. обмежень

швидкості, зокрема, на 272 кілометрах головних колій максимальна швидкість руху знижена до 25 км/год або навіть до 15 км/год, що відповідає аварійному режиму експлуатації.

Ці обмеження не лише ускладнюють перевізний процес, але й знижують ефективність планування, підвищуючи витрати часу й ресурсів на обслуговування вантажопотоків. Таким чином, вирішення задачі вдосконалення управління вантажними перевезеннями, особливо на рівні сортувальних станцій, є критично важливим для відновлення та модернізації залізничної транспортної системи України.

У сучасних умовах конкурентної боротьби на ринку транспортних послуг зростає необхідність у проведенні масштабних капітальних ремонтів залізничної інфраструктури. Загальна вартість таких заходів оцінюється у 52,0 мільярди гривень, що обумовлено високою інтенсивністю деградації основних об'єктів, яка значно перевищує темпи виконання планових ремонтів. Наслідком такого дисбалансу є часті аварійні закриття станційних колій, що ускладнює функціонування мережі, а також зростаючий дефіцит тягового рухомого складу.

Додатково ситуацію ускладнює тенденція до закриття сортувальних станцій в Україні, що призводить до збільшення навантаження на діючі станції та створює значні перешкоди для ефективного управління процесами формування та розформування поїздів. У таких умовах стає очевидною необхідність розробки автоматизованої системи оперативного планування роботи сортувальних станцій, яка дозволить оптимізувати управління вагонопотоками та покращити загальну ефективність перевезень.

Запропонована система оперативного планування відповідає пріоритетам Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року, де особливу увагу приділено цифровізації транспортного процесу та впровадженню сучасних методів управління рухом на залізниці. Використання таких рішень спрямоване на зниження втрат часу, пов'язаних із технологічними вікнами, нестачею сортувальних колій, а також на забезпечення раціонального використання рухомого складу та технічних ресурсів.

Мета дослідження полягає в підвищенні ефективності функціонування системи вантажних залізничних перевезень шляхом автоматизації процесу оперативного планування роботи сортувальних станцій за умов обмежуючих факторів. До таких факторів належать, зокрема, технологічні вікна на станційних коліях, нестача сортувальних колій при зростанні вагонопотоків, а також інші проблеми, що виникають у процесі експлуатації.

Об'єкт дослідження: процес організації вантажних залізничних перевезень.

Предмет дослідження: технологія оперативного планування роботи технічних станцій.

Для досягнення зазначеної мети необхідно виконати наступні завдання:

- проведення аналізу умов здійснення вантажних залізничних перевезень на основі статистичних досліджень основних показників експлуатаційної роботи підрозділів АТ «Укрзалізниця»;

- проведення аналізу досвіду організації вагонопотоків та методів планування роботи технічних станцій на залізницях країн світу та України;

- проведення аналізу вітчизняного досвіду оперативного управління технічними станціями, виявлення основних чинників, що призводять до збільшення простоїв вагонів та експлуатаційних витрат на технічних станціях в умовах дії технологічних вікон;

- формалізація процесу оперативного планування роботи технічної станції в умовах дії технологічних вікон та інших обмежуючих обставин у вигляді оптимізаційної моделі;

- вибір відповідного математичного апарату, розробка процедури оптимізації сформованої моделі і проведення моделювання;

- формування на основі розробленої моделі елементів автоматизованої системи та визначення вимог і способу її інтеграції у вигляді системи підтримки прийняття рішень до АРМ оперативних керівників та автоматизованої системи керування вантажними перевезеннями АСК ВП УЗ Є;

- проведення оцінки економічної ефективності впровадження запропонованих рішень.

Елементи наукової новизни отриманих результатів.

Удосконалено

- модель управління роботою технічних станцій ;
- процедуру оперативного планування роботи технічних станцій в умовах дії технологічних вікон;
- комплекс задач системи АСК ВП УЗ Є шляхом інтеграції до її складу системи підтримки прийняття рішень для АРМ оперативних керівників технічної станції.

Публікації: за результатами магістерської роботи опубліковано 1 тезу доповіді [1].

Висновки

Технічні станції є ключовими елементами підсистеми вантажних перевезень залізничної транспортної системи України. Будь яке удосконалення технології вантажних залізничних перевезень впершу чергу повинно починатись із удосконалення і оптимізації технології роботи технічних станцій.

Проведено статистичні дослідження основних техніко-експлуатаційних показників роботи підсистеми вантажних залізничних перевезень. Виявлені негативні тенденції до зростання часу обігу вантажного вагона, зниження таких показників як середньодобовий пробіг вантажного локомотива та середньодобового навантаження вагонів.

Для пошуку раціональних шляхів виходу із даного становища і підвищення ефективності і конкурентоспроможності галузі вантажних залізничних перевезень в Україні проведений аналіз технологій управління вантажними перевезеннями на залізницях країн Європи та США. Проведений аналіз вітчизняного досвіду з організації вагонопотоків та технології управління роботою сортувальних станцій.

Виявлено тенденції до підвищення часу простоїв вагонів на технічних станціях, збільшення величини обігу вантажного вагона на фоні критичного рівня зносу виробничих фондів залізниці і значних коливань обсягів вагонопотоків. Крім того було виявлено, що таке погіршення кількісних і якісних показників використання рухомого складу загрожує значним збільшенням кількості випадків недотримання термінів доставки вантажів, що у свою чергу може призвести АТ «Укрзалізниця» до значних збитків.

З метою вирішення цього завдання було формалізовано процес планування оперативної роботи сортувальної станції із застосуванням теорії розкладу. Сформовано математичну модель і вирішено оптимізаційну задачу побудови оперативного плану роботи сортувальної станції в умовах дії технологічних вікон.

На основі запропонованої математичної моделі створене програмне забезпечення та проведене моделювання. У результаті моделювання було

встановлено, що впровадження автоматизованої системи планування оперативної роботи технічних станцій на основі сформованої оптимізаційної моделі надасть можливість для скорочення простою вантажних вагонів під накопиченням і в міжопераційному очікуванні а також скорочення простоїв місцевих вагонів загалом щонайменше на 1 %. У наслідок скорочення простоїв на технічних станціях а також запобіганню збільшенню простоїв в наслідок закриття колій та проведення ремонтних робіт у парках технічних і впершу чергу сортувальних станцій обіг вантажного вагона також зменшиться щонайменше на $\Delta = 0,5\%$.

Визначено вимоги до інтеграції даної задачі у вигляді автоматизованої системи оперативного планування роботи сортувальної станції до складу задач, які вирішуються у системі АСК ВП УЗ Є. Розроблено інтерфейси, які нададуть можливість для інтеграції сформованої автоматизованої системи оперативного планування до АРМів оперативних керівників технічних станцій у вигляді СППР для своєчасно доведення в зручній формі результатів корегування оперативного плану.

Було проведено розрахунки економічного ефекту від впровадження запропонованої системи, який досягається за рахунок зменшення обігу вантажного вагона. Очікуваний сумарний економічний ефект за розрахунковий період з урахуванням приведення економічного результату і витрат до першого року розрахункового періоду склав більше ніж 115,93 млн. грн, що підтверджує раціональність запропонованих рішень.

Список використаних джерел

1. Сергєєв В.С., Небоян О.В., Прохоров В.М. Вироблення підходів до удосконалення технології управління роботою залізничних технічних станцій у стислих умовах. Тези доповідей 5-ої міжнародної міжнародної науково-технічної конференції "Інтелектуальні транспортні технології", ІТТ. 2024. (Харків, 25–27 листопада 2024 р), Харків, 2024. С. 98–99.
2. Музикіна Г. І., Болвановська Т. В., Жорова Є. М. Вплив параметрів накопичення вагонів на їх простій на сортувальній станції. *Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна*. 2008. Вип. 20. С. 198–201.
3. Прокопов А. О., Прохоров В. М., Калашнікова Т. Ю. Розроблення моделі своєчасного забезпечення станцій місцевої роботи порожніми вагонами на основі концепції Precision Scheduled Railroading. Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. 2022. № 3. С. 22-34.
4. Музикіна Г. І., Болвановська Т. В. Скорочення простою вагонів на сортувальних станціях за рахунок підвищення ефективності їх роботи. *Збірник наукових праць Державного економіко-технологічного університету транспорту. Сер. : Транспортні системи і технології*. 2007. Вип. 12. С. 131–136.
5. Бутько Т.В., Лаврухін О.В., Доценко Ю.В. Удосконалення управління процесом просування поїздопотоків на основі стабілізації обігу вантажного вагону. *Зб. наук. праць. ДонІЗТ*. 2010. Вип. 22. С.18–26.
6. Марценюк Л. В. Факторний аналіз обігу вантажних вагонів. Проблеми підвищення ефективності інфраструктури. *Зб. наук. праць НАУ. Київ: НАУ*. 2012. Вип. 33. С. 141–147.
7. Вернигора Р. В., Ельнікова Л. О. Аналіз простоев поездов в ожидании поездных локомотивовна сортировочных станциях. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. 2012. No5/3(59). С. 16–19.

8. Бутько Т. В., Прохоров В. М., Чехунов Д. М. Технологія інтелектуального управління сортувальною станцією на основі багатоцільової оптимізації з використанням генетичних алгоритмів. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2018. №4. с. 45–55.
9. Інструкція з оперативного планування поїзної і вантажної роботи на залізницях України ЦД-0052. Київ: Укрзалізниця, 2004.
10. Shafia M. A. Sadjadi S. J. , Jamili A. Robust train formation planning. *Journal of rail and rapid transit*. 2010. №2(224). P.75–90.
11. Kraft E. R. Priority-based classification for improving connection reliability in railroad yards, part I: Integration with car scheduling. *Journal of the transportation research forum*. 2002. №1(56). P.93–105.
12. Косолапов А. А. Системні характеристики АСК сортувальних станцій. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2014. №4. С.47–48.
13. Методичні вказівки з визначення норм часу на маневрові роботи, які виконуються на залізничному транспорті / Київ: Транспорт України. 2003. 96с.
14. Прохоров В. М., Рябушка Ю. А. Передумови розробки автоматизованої системи управління вагонопотоками на залізницях України. Збірник наукових праць УкрДУЗТ. 2016. № 165. С. 18–25.
15. Lif M. Olsson E., Gulliksen J., Sandblad B. Workspaces enhance efficiency – theories, concepts and a case study. *Information technology and people*. 2001. №3(14). С.261–272.
16. Sandblad B., Gulliksen J., Åborg C., Boivie I., Persson J., Göransson B. Work environment and computer systems development. *Behaviour and information technology*. 2003. №6(22). С.375–387.
17. Балака Є. І., Зоріна О. І., Колесникова Н. М., Писаревський І. М. Оцінка економічної доцільності інвестицій в інноваційні проекти на транспорті : навч. посібник. Харків: УкрДАЗТ, 2005. 210 с.