

Український державний університет залізничного транспорту

Кафедра управління експлуатаційною роботою

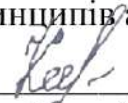
УДОСКОНАЛЕННЯ РОБОТИ ДИРЕКЦІЇ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НА
ОСНОВІ ПІДВИЩЕННЯ ВАГОВИХ НОРМ ПОЇЗДІВ

Пояснювальна записка та розрахунки

до випускної кваліфікаційної роботи

УРДЗП.300.00.00.000 ПЗ

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


_____ Маргарита КАБАК
(підпис)

Керівник: доцент, канд. техн. наук

Григорій СІКОНЕНКО

Рецензент: доцент, канд. техн. наук

Дмитро ЛЮЧКОВ

АНОТАЦІЯ

Дана кваліфікаційна робота включає в себе 12 слайдів презентації, 84 аркушів пояснювальної записки формату А4, що включає 18 рисунків, 15 таблиць, 19 літературних джерел.

Ключові слова: вагова норма поїзда, великовагові поїзди, кратна тяга, організація підштовхування, локомотивний парк.

Об'єктом дослідження є формування та пропуск вантажних поїздів на напрямку.

Метою дослідження є обґрунтування мас составів вантажних поїздів для пропуску по дільницям дирекції Д за системою «кратної тяги» або з підштовхуванням.

У кваліфікаційній роботі розроблена модель визначення оптимальної маси вантажного поїзда за різних умов організації тягового забезпечення: поодинокого прямування, рух за системою кратної тяги, підштовхування.

Детальні дослідження факторів, що впливають на масу поїзда, дозволили визначити оптимальні вагові норми для реальних дільниць дирекції Д а також встановити залежність та побудувати номограми, які дозволяють встановити раціональні значення для будь-якого полігону.

Оптимізація вагової норми на дирекції залізничних перевезень Д передбачає підвищення вагової норми поїзда на 37% при організації підштовхування, що дозволяє зменшити загальні витрати локомотиво-годин роботи поїзних локомотивів на 6,5 %.

Втілення запропонованої моделі у вигляді функціональної задачі автоматизованої системи управління АСК ВП УЗ-Є, забезпечить суттєве підвищення ефективності технологічних рішень під час розробки технічних норм експлуатаційної роботи залізничних підрозділів різних рівнів.

ANNOTATION.

This qualification work includes 12 presentation slides, 84 sheets of A4 explanatory note, including 18 figures, 15 tables, 19 references.

Key words: train weight standard, heavy trains, multiple traction, organization of pushing, locomotive fleet.

The object of the study is the formation and passage of freight trains on the direction.

The purpose of the study is to substantiate the weights of freight train trains for passage through the sections of the D Directorate using the multiple traction system or with pushing.

In the qualification work, a model was developed to determine the optimal weight of a freight train under various conditions of traction organization: single track, multiple traction, and pushing.

Detailed studies of the factors affecting the train weight made it possible to determine the optimal weight standards for real sections of the D Directorate, as well as to establish the dependence and build nomograms that allow to establish rational values for any polygon.

The optimization of the weight standard at Railway Transportation Directorate D involves increasing the weight standard of a train by 37% when organizing a push, which reduces the total cost of locomotive hours of train locomotives by 6.5%.

Implementation of the proposed model in the form of a functional task of the automated control system of the ACS of UZ-E will ensure a significant increase in the efficiency of technological solutions when developing technical standards for the operational work of railway units of different levels.

Український державний університет залізничного транспорту

Факультет управління процесами перевезень

Кафедра управління експлуатаційною роботою

Освітній рівень: магістр

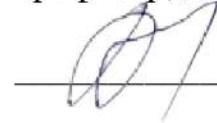
Спеціальність 275 Транспортні технології

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

Кабак Маргарити Олександрівни

1. Тема проекту (роботи) «Удосконалення роботи дирекції залізничних перевезень на основі підвищення вагових норм поїздів»

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) технічна характеристика дирекції залізничних перевезень, показники роботи дирекції у динаміці, економічні показники роботи, технологічні норми з обслуговування поїздів та локомотивів на станціях дирекції

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. 1 Аналіз досвіду підвищення ефективності роботи залізничного транспорту за рахунок підвищення маси поїздів. 2 Аналіз показників роботи АТ «Укрзалізниця» та дирекції залізничних перевезень Д. 3 Удосконалення роботи дирекції на основі підвищення вагової норми поїзда. 4 Визначення економічної доцільності удосконалення експлуатаційної роботи дирекції на основі підвищення вагової норми поїзда Висновки.

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



1 Мета та задачі дослідження. 2 Схема дирекції залізничних перевезень Д

3 Аналіз показників використання локомотивного та вагонного парку.

4 Дослідження залежності профілю колії на витрати електроенергії на рух поїзда. 5 Математична модель визначення оптимальної вагової норми поїзда

6 Результати моделювання по дільницях дирекції.

6 Консультанти окремих розділів

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

7 Дата видачі завдання 30 вересня 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів	Строк виконання етапів	Примітка
Вступ	02.10.2024	виконано
1 Аналіз досвіду підвищення ефективності роботи залізничного транспорту за рахунок підвищення маси поїздів	18.10.2024	виконано
2 Аналіз показників роботи АТ «Укрзалізниця» та дирекції залізничних перевезень Д.	06.11.2024	виконано
3 Удосконалення роботи дирекції на основі підвищення вагової норми поїзда.	02.12.2024	виконано
4 Визначення економічної доцільності удосконалення експлуатаційної роботи дирекції на основі підвищення вагової норми поїзда.	24.12.2024	виконано
Висновки	28.12.2024	виконано
Оформлення роботи	30.12.2024	виконано

Студент



Маргарита КАБАК

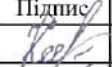

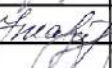
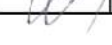
Керівник



Григорій СІКОНЕНКО

Зміст

Вступ	8
1 Аналіз досвіду підвищення ефективності роботи залізничного транспорту за рахунок підвищення маси поїздів	11
1.1 Основні положення	11
1.2 Закордонний досвід організації руху великовагових поїздів	12
1.3 Перспективи розвитку великовагових поїздів в Україні	17
2 Аналіз показників роботи АТ «Укрзалізниця» та дирекції залізничних перевезень Д	24
2.1 Показники роботи АТ «Укрзалізниця»	24
2.2 Аналіз використання тягового рухомого складу на дирекції залізничних перевезень Д	29
3 Удосконалення роботи дирекції на основі підвищення вагової норми поїзда	35
3.1 Підвищення безпеки руху великовагових поїздів та поїздів підвищеної ваги	35
3.2 Моделювання руху поїздів по дільниці з визначенням питомих витрат	45
3.3 Обґрунтування мас составів вантажних поїздів за системою «кратної тяги» або підштовхування	49
3.4 Оцінка впливу відстані переміщення та добової потужності на масу состава	54

					УРДЗП.300.00.00.000 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Удосконалення роботи дирекції залізничних перевезень на основі підвищення вагових норм поїздів	Літ.	Арк.	Акрупів
Розроб.		Кабак		27.12		i		
Перевір.		Сіконенко		27.12			6	84
Н. Контр.		Малахова		27.12		УкрДУЗТ		
Затв.		Бутько		27.12				

3.5	Визначення потрібного колійного розвитку на проміжних станціях дільниці при пропуску довгосоставних поїздів	57
4	Визначення економічної доцільності удосконалення експлуатаційної роботи дирекції на основі підвищення вагової норми поїзда	65
4.1	Вихідні дані для визначення економічного ефекту	65
4.2	Визначення експлуатаційних витрат запропонованих заходів	66
4.3	Визначення економічного ефекту від раціоналізації маси вантажних поїздів з використанням штовхача	69
	Висновки	72
	Список використаних джерел	75
	Додаток А Схема дирекції залізничних перевезень Д та диспетчерських дільниць	77
	Додаток Б Норми часу знаходження локомотивів на коліях станції Д1	79

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

Вступ

Як відомо, в сумарних витратах, пов'язаних з організацією та пропуском вантажних поїздів, значну частку становлять витрати на переміщення поїзда. У витратній ставці на 1 поїздо-км, що використовують при їх розрахунках, витрати на електроенергію складають приблизно 50% і підлягають більш точному визначенню.

Дослідженнями з питань розрахунку витрат електроенергії на тягу поїздів займалися вчені: П.Т. Гребенюк, Л.А. Мугінштейн, С.І. Осипов, Н.Н. Сидорова, В.Ю. Погосов, А.В. Лохач та інші. В своїх працях при розрахунку витрат на переміщення вони використовують питомі витрати електроенергії, що залежать від ряду параметрів і, зокрема, маси і швидкості поїзда. Однак, для підвищення точності виконання практичних розрахунків при визначенні питомих витрат електроенергії на тягу поїздів необхідно враховувати ще ряд параметрів, таких як профіль дільниці і рекуперація електроенергії.

Актуальність дослідження. На сьогодні стан локомотивного парку та експлуатований парк локомотивів є незадовільним для виконання обсягів перевезень. Одним із шляхів збільшення середньої маси вантажних поїздів, а відповідно і зменшення їх кількості, є формування поїздів прямують з двома локомотивам або з підштовхуванням, об'єднаними в голові поїзда по системі «кратної тяги».

В даний час на деяких дільницях Дніпровської дирекції застосовується технологія роботи об'єднаним локомотивним парком, в найближчій перспективі все поїзди, що прямують в навантаженому напрямку на цьому полігоні, повинні формуватися і відправлятися тільки з локомотивами, об'єднаними по системі «кратної тяги». У цих умовах стає актуальною задача встановлення меж мас складів вантажних поїздів для «кратної тяги», що дозволить мінімізувати витрати, пов'язані з їх організацією і просуванням.

Проблемою пропуску по дільницях поїздів підвищеної ваги або довжини займалися такі вчені: В.М. Акулінічев, Т.В. Бутько, М.І.Данько, В.А. Кудрявцев, Ю.В. Дьяков, Н.Д. Іловайский, Д.В. Ломотько, В.І. Некрашевич, Б.Е. Пейсахзон, А.В. Прохорченко, К.К. Тіхонов, А.К. Угрюмов, В.А. Шаров, А.И. Щелоков, тощо. Виконаний аналіз літератури показав, що особлива увага авторами приділялася питанням підвищення маси та довжини вантажних поїздів, що прямують одним локомотивом або питанням збільшення провізної спроможності дільниць при існуючій пропускній.

Мета дослідження. Обґрунтування мас составів вантажних поїздів для пропуску по дільницям дирекції Д за системою «кратної тяги» або з підштовхуванням.

- аналіз існуючої системи руху поїздів по дільницях дирекції Д;
- аналіз основних показників експлуатаційної роботи та встановлення розподілу мас составів при відправленні поїздів;
- розробка залежностей для визначення питомих витрат електроенергії на тягу поїздів з урахуванням профілю дільниці і рекуперації електроенергії, що дозволяють підвищити точність у визначенні витрат на переміщення поїздів;
- розробка методики обґрунтування мас складів вантажних поїздів для «кратної тяги» або підштовхування;
- оцінка енергетичних та часових витрати по затримках поїздів в залежності від місткості колійного розвитку проміжних станцій;
- оцінка економії доцільності відправлення вантажних поїздів з «кратною тягою» або підштовхуванням з обґрунтованою масою.

Для досягнення мети поставлені такі завдання:

Об'єкт дослідження - формування та пропуск вантажних поїздів на напрямку.

Предмет дослідження - маса составів вантажних поїздів для системи «кратної тяги» або підштовхування.

Наукова новизна роботи:

– удосконалені аналітичні залежності витрат електроенергії для господарства перевезень на тягу поїздів, зручні для практичного застосування при розрахунку питомих витрат, які на відміну від використовуваних методик враховують профіль дільниці і рекуперацію електроенергії;

– адаптована методика обґрунтування мас составів вантажних поїздів для системи «кратної тяги» або підштовхування. Дана методика враховує особливості структури поїздопотоків Дніпровської шляхом використання даних про поїзні погонні навантаження;

Практична значимість роботи.

Розроблені аналітичні залежності по визначенню питомих витрат електроенергії на тягу поїздів, можуть бути використані при порівнянні варіантів підвищення маси поїздів.

Розроблена методика обґрунтування мас составів вантажних поїздів для системи «кратної тяги» дозволяє встановити на практиці для кожного сформованого призначення масу складу в залежності від ряду параметрів, при якій виходить найбільша економія витрат у порівнянні з існуючою системою просування вагонопотоків.

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

Висновки

Проведені дослідження дозволили отримати наступні основні висновки:

1 Розрахунками підтверджено, що обертання на дільницях поїздів за системою «кратної тяги» або підштовхування в певних умовах економічно вигідно. Вигідність застосування даної системи визначається наступними чинниками: економія часу роботи локомотивних бригад, економія електроенергії за рахунок рекуперації.

Для кожного поїзного призначення умова вигідності використання системи «кратної тяги» або підштовхування визначається мінімальною межею маси составів поїздів.

2 Дослідження, виконані на моделі руху поїзда по ділянці, показали, що величина рекуперованої електроенергії може бути значною і для дільниці холмисто-гірського типу профілю при русі поїздів системою «кратної тяги» або підштовхування складає в середньому 6 кВт-год/п.км, або 16% від загальних питомих витрат електроенергії. Встановлено також, що різниця між питомими витратами електроенергії на дільницях з рівнинним і горбисто-гірським профілем може досягати до 12 кВт-год/п.км, що становить в середньому 37% від питомих витрат на дільниці з рівнинним типом профілю. Тому для підвищення точності розрахунків, при оцінці заходів спрямованих на підвищення середньої маси вантажного поїзда необхідно враховувати профіль дільниці і рекуперацію електроенергії.

3 Розроблено залежності, що зручні для практичного застосування і дозволяють підвищити точність розрахунку питомих витрат електроенергії на тягу поїздів при дотриманні з одним локомотивом і системою «кратної тяги» або підштовхування. Використання запропонованих залежностей дозволить підвищити точність розрахунку питомих витрат електроенергії в середньому на 7%, а витрат на переміщення на 6%.

4 Розроблені рекомендації з обґрунтування мас составів вантажних поїздів за системою «кратної тяги» або підштовхування, особливістю яких, є облік поїздів різних категорій: за довжиною і масою, що не перевищують графікову; з масою, що не перевищують графікову, але довжиною до 71 ум. ваг.; з масою до 7000 т і довжиною до 71 умовних вагонів при водінні поїздів за системою «кратної тяги» або підштовхування.

5 Дослідженнями встановлено, що зі збільшенням відстані переміщення вантажного поїзда до 400 км, нижня межа маси поїзда, при якій доцільно застосовувати «кратну тягу» зменшується в середньому на 130 т, в той же час середня маса поїзда збільшується на 18 тонн на кожні 200 км. Аналогічно, нижня межа маси поїзда, при якій доцільно застосовувати систему «кратної тяги» або підштовхування зменшується на 170 т, і середня маса поїзда збільшується на 25 тонн зі збільшенням добової потужності вагонопотоків на кожні 100 вагонів. При переміщенні вантажного поїзда на відстань понад 400 км нижня межа маси поїзда, при якій доцільно застосовувати систему «кратної тяги» або підштовхування, а також середня маса поїзда залишаються практично незмінними. Те ж саме відбувається при збільшенні добової потужності вагонопотоків понад 400 вагонів.

6 Розроблено залежність від ряду параметрів (довжини ділянки переміщення, потужності вагонопотоків, норми маси поїзда), для визначення маси составу, починаючи з якої і вище стає економічно доцільно застосовувати систему «кратної тяги» або підштовхування (нижня межа маси поїзда з «кратною тягою»), а також залежність пропонованої межі маси составу за системою «кратної тяги» або підштовхування. Залежність можна використовувати на практиці при розробці організаційно-технічних заходів, спрямованих на зниження експлуатаційних витрат, пов'язаних з організацією та переміщенням вантажних поїздів на напрямку.

7 Дослідження показали, що економія витрат від відправлений поїздів за системою «кратної тяги» або підштовхування з масами, що знаходяться в межах оптимальної зони застосування «кратної тяги» помітно зростає зі збільшенням відстані переміщення і добової потужності призначення. Тому дуже важливо на

практиці дотримуватися принципу оптимізації маси составу при формуванні та відправленні поїздів потужних призначень на великі відстані.

8 Економічними розрахунками доведено, що збільшення вагової норми на полігоні дирекції Д з 3512 т до 4813 т дає економічний ефект на 5 рік експлуатації 34,5 млн. грн. що доводить доцільність реалізації запропонованих заходів.

Список використаних джерел

- 1 Кабак М.О. Удосконалення роботи дирекції залізничних перевезень на основі підвищення вагових норм поїздів. *Збірник матеріалів доп. 84 студентській наук.-техн. конф. УкрДУЗТ. (11–12 грудня 2024 р.)*. Харків : УкрДУЗТ, 2024. С. 111.
- 2 Технологічний процес роботи Дніпропетровської дирекції залізничних перевезень Регіональної філії «Придніпровська залізниця». Дніпропетровск, 2014р. 225 с.
- 3 ТО-2АР. Звіт про наявність, роботу, деповський ремонт локомотивів. Дніпро, 2019р. 5 с.
- 4 Правила технічної експлуатації залізниць України : Наказ Міністерства транспорту України від 20 грудня 1996 року N 411 із змінами і доповненнями, внесеними наказами Міністерства транспорту України від 8 червня 1998 року N 226, від 23 липня 1999 року N 386 від 19 березня 2002 року N 179. К.: Мінтранс, 2002. 97 с.
- 5 Chou M., Xia X., Kayser C. Modelling and model validation of heavy-haul trains equipped with electronically controlled pneumatic brake systems. *Control Engineering Practice*. 2007. Vol. 15, P. 501-509.
- 6 Wang C, Ma D. Intelligent maneuvering simulation of heavy haul train. *J China Rail Soc*. 2009. Vol.1, P.17–20.
- 7 Huang Y., Bai S., Wang M. Research on the driving strategy of heavy-haul train based on improved genetic algorithm. *Sage Journals*. 2006. Vol.6, <https://doi.org/10.1177/1687814018791016>
- 8 Li J. Study on the development of railway heavy haul transportation in China. *Rail Transp Econ*. 2011. Vol. 33, P. 42–46.
- 9 Qin Y., Peng J., Zhang X. A robust fault estimation scheme for heavy haul trains equipped with ECP brake systems. *In: 26th Chinese control and decision conference (CCDC). May–2 June, China: Changsha. 2014. Vol.31, P. 2831–2836.*

- 10 Zhang X., Zuh X. Optimal operation of heavy-haul trains equipped with electronically controlled pneumatic brake systems using model predictive control methodology. *IEEE Trans. Control Syst. Technol.* 2014. Vol. 22, P.13-22.
- 11 Zhuan X., Xia X. Speed regulation with measured output feedback in the control of heavy haul trains. *Automatica*. 2008. Vol. 44, P. 242-247.
- 12 Baouya A., Mohamed O., Bennouar D., Ouchani S. [Safety analysis of train control system based on model-driven design methodology](#). *Computers in Industry*. 2018. Vol.105, P. 1-16.
- 13 Wang Y., Tang T., Ning B., Meng L. [Integrated optimization of regular train schedule and train circulation plan for urban rail transit lines](#). *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*. 2017. Vol. 105, P. 83-104.
- 14 Управління експлуатаційною роботою і якістю перевезень на залізничному транспорті: навч. посіб. / за ред. М.І. Данька. Х.: УкрДАЗТ. 2008, 174 с.
- 15 Рекомендації з техніко-економічних розрахунків окремих показників експлуатаційної роботи залізниць України. К.: Транспорт України. 2002, 37с.
- 16 Матвієнко, С. Вибір режимів керування рухом поїзда при виконанні тягово – енергетичних розрахунків. *Збірник наукових праць ДЕТУТ. Серія «Транспортні системи і технології»*. К:ДЕТУТ. 2011. Вип. 19, С.62-69.
- 17 Черняк Ю.В., Матвиенко С.А. Оптимизация режимных карт вождения поездов на основании выполнения графика движения. *Зб. наук. пр. Укр. держ. акад. залізнич. трансп.* Х.: УкрДАЗТ. 2008. Вип. 96, С. 40–44.
- 18 Бутько Т.В., Григоренко Д.О. Формування методики визначення кількості великовагових поїздів на залізничному напрямку. *Збірник наук. праць УкрДАЗТ*. Х.: УкрДАЗТ. 2013. Вип. 140, С.48-55.
- 19 Балака Є.І., Зоріна О.І., Писаревський І.М. Оцінка економічної доцільності інвестицій в інноваційні проекти на транспорті: навчальний посібник. Харків: УкрДАЗТ, 2005. 210 с.