

Український державний університет залізничного транспорту

Кафедра інженерії вагонів та якості продукції

на тему:

ВИБІР ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
КОМФОРТУ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ

Пояснювальна записка і розрахунки
до магістерської кваліфікаційної роботи

МРВ. 00200. 05.00 ПЗ

Виконав магістрант групи 213-ВВГ-Д24
спеціальності 273 "Залізничний транспорт"

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

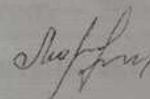
(роботу виконано самостійно відповідно до
принципів академічної доброчесності)



Олексій БУРДЯК

Керівник: д.т.н., професор

Ігор МАРТИНОВ



Рецензент: д.т.н., професор

Леонтій МУРАДЯН

Харків – 2026 р.

Український державний університет залізничного транспорту

Факультет механіко-енергетичний

Кафедра ІВ та ЯП

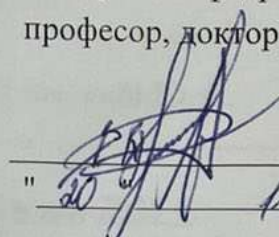
Освітньо-кваліфікаційний рівень – магістр

Спеціальність 273 "Залізничний транспорт"

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

професор, доктор технічних наук



Василь Равлюк

2025 р.

ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Бурдяку Олексію Романовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема: Вибір параметрів систем забезпечення комфорту
пасажирських вагонів

Керівник Мартинов Ігор Ернстович, д.т.н., професор

затверджені розпорядженням по механіко-енергетичному факультету
"24" лютого 2025 року № 13

2 Строк подання студентом проекту (роботи) "30" грудня 2025 р.

3 Вихідні дані Розрахункова швидкість вагону – 200 км/год

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно
розробити)

1. Аналіз основних технічних рішень щодо конструкції вагонів
швидкісного руху

2. Аналіз конструкцій кліматичних систем пасажирських вагонів

3. Аналіз шляхів вдосконалення систем кондиціонування повітря

4. Розробка математичної моделі теплового режиму пасажирського
вагона з системою кондиціонування повітря

5. Визначення економічного ефекту

5 Перелік ілюстративного матеріалу

1. Об'єкт, предмет, задачі дослідження, наукова новизна, мета роботи.
2. Основні конструкції вагонів для швидкісного руху.
3. Основні параметри конструкцій кліматичних систем вагонів.
4. Математична модель теплового режиму пасажирського вагона.
5. Результати розрахунку параметрів мікроклімату в купе вагона.
6. Основні результати економічних розрахунків.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Економічна частина	Д. Т. Н., професор Калабухін Ю. Є.		

7. Дата видачі завдання 04" вересня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Збір матеріалів переддипломної практики на базі	05.07.25-30.07.25	виконано
2	Аналіз основних технічних рішень щодо конструкції вагонів швидкісного руху	04.09.25-15.10.25	виконано
3	Аналіз основних конструкцій кліматичних систем пасажирських вагонів	25.10.25-31.10.25	виконано
4	Розробка математичної моделі теплового режиму пасажирського вагона	01.11.25-10.11.25	виконано
5	Розрахунок параметрів мікроклімату в купе вагона	11.11.25-25.11.25	виконано
6	Розрахунок економічного ефекту	26.11.25-10.12.25	виконано
7		11.12.25-25.12.25	виконано

Магістрант

(підпис)

Олексій БУРДЯК
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Ігор МАРТИНОВ
(прізвище та ініціали)

Вступ	6
1 Основні питання організації швидкісного руху	9
1.1 Стан пасажирського парку Укрзалізниці	9
1.2 Загальні питання розвитку швидкісного руху у світі	11
1.3 Розвиток нормативної бази	12
1.4 Оцінка соціально-економічної ефективності перевезення пасажирів на високошвидкісних залізничних лініях	13
2 Аналіз конструктивних особливостей швидкісних поїздів у світовій практиці	22
2.1 Історичні етапи розвитку високошвидкісного залізничного руху	22
2.2 Загальні відомості про високошвидкісні поїзди у світовій практиці	24
2.3 Огляд особливостей високошвидкісного поїзду типу TGV	25
2.4 Огляд особливостей високошвидкісного поїзду JR500 (Shinkansen)	26
2.5 Огляд особливостей високошвидкісного поїзду типу ETR 390	28
Pendolino	
3 Системи кондиціонування повітря пасажирських вагонів	30
3.1 Основні схеми систем кондиціонування повітря, які застосовуються в пасажирських вагонах	30
3.2 Вимоги до систем кондиціонування перспективних пасажирських вагонів локомотивної тяги	47
3.3 Шляхи вдосконалення систем кондиціонування повітря	50
4 Теплообмінні процеси в системі кондиціонування	67
4.1 Узагальнена математична модель теплового режиму пасажирського пасажирського вагона з системою кондиціонування повітря	67
4.2 Тепловий режим купе вагона центральною системою кондиціонування повітря	71

МР. 00200. 00.00 ПЗ				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Розробив		Бурдяк	<i>Бурдяк</i>	
Перевірів		Мартинів	<i>Мартинів</i>	
Т. контр.				
Н. контр.		Шовкун	<i>Шовкун</i>	03.05.16
Затвер.		Равлюк	<i>Равлюк</i>	03.05.16
Вибір параметрів систем забезпечення комфорту пасажирських вагонів				
Лит.	Аркуш	Аркушів		
		4	90	
УкрДУЗТ				

Анотація

Кваліфікаційна робота включає в себе 17 слайдів презентації, 91 аркушів пояснювальної записки формату А4, що включає 31 рисунок, 5 таблиць, 28 літературних джерел.

Ключові слова: ЗАЛІЗНИЧНИЙ ТРАНСПОРТ, ШВИДКІСНІ ПОЇЗДИ, СИСТЕМА КОНДИЦІОНУВАННЯ, ТЕПЛОВИЙ РЕЖИМ, МІКРОКЛІМАТ.

Метою магістерської роботи є обґрунтування раціональних конструктивних і експлуатаційних параметрів кліматичних систем для пасажирських вагонів.

Об'єктом дослідження є процес вибору раціональних параметрів кліматичних систем пасажирських вагонів. У роботі досліджено альтернативні способи підтримання температурного режиму пасажирського вагона за різних режимів руху. Обґрунтовано доцільність застосування різних типів кліматичних систем для ефективного забезпечення комфортних умов перевезення пасажирів та запропоновано використання найбільш ефективної системи.

Основними результатами роботи є аналіз і класифікація існуючих систем індивідуального регулювання температури повітря в купе пасажирського вагона, а також розроблена математична модель теплового режиму об'єкта з системою кондиціювання повітря.

Abstract

The qualification work includes 17 presentation slides, 91 sheets of explanatory notes in A4 format, including 31 figures, 5 tables, 28 literary sources.

Keywords: RAILWAY TRANSPORT, HIGH-SPEED TRAINS, AIR CONDITIONING SYSTEM, HEAT MODE, MICROCLIMATE.

The purpose of the master's thesis is to substantiate rational design and operational parameters of climate systems for passenger cars.

The object of the study is the process of selecting rational parameters of climate systems for passenger cars. The work investigates alternative methods of maintaining the temperature regime of a passenger car under different driving modes. The feasibility of using different types of climate systems to effectively ensure comfortable conditions for passenger transportation is substantiated and the use of the most effective system is proposed.

The main results of the work are the analysis and classification of existing systems for individual air temperature control in a passenger car compartment, as well as the development of a mathematical model of the thermal regime of an object with an air conditioning system.

Вступ

Актуальність проблеми. Питання забезпечення ефективних кліматичних умов у рухомому складі залізничного транспорту набули особливої актуальності в середині 1990-х років, коли істотно зросли вимоги до рівня комфорту під час роботи та пересування пасажирів. Наприкінці 1990-х років у переважній більшості країн світу було сформовано та затверджено нормативно-технічні вимоги до систем кондиціонування повітря пасажирських вагонів, а згодом ухвалено рішення щодо обов'язкового оснащення такими системами нових і модернізованих пасажирських вагонів, а також кабін керування локомотивів. Саме з цього періоду почав активно формуватися ринок транспортних кліматичних систем.

Для задоволення зростаючого попиту наприкінці 1990-х років у світі було створено низку підприємств, діяльність яких була спрямована на проєктування та виготовлення систем кондиціонування для об'єктів залізничного транспорту. У подальшому сфера застосування транспортних кондиціонерів суттєво розширилася та охопила трамваї, рейкові автобуси, метрополітен, електропоїзди, кар'єрну техніку, підйомно-транспортні машини, мобільні пункти управління, а також наземні системи підготовки авіаційної техніки до польотів та інші рухомі об'єкти.

Розроблення установок кондиціонування повітря для зазначених транспортних засобів є складним інженерним завданням, яке включає не лише створення самого кондиціонера як пристрою для обробки та подачі повітря, але й формування стабільних і комфортних мікрокліматичних умов у приміщеннях. Стан повітряного середовища безпосередньо впливає як на працездатність персоналу й функціонування технічного обладнання, так і на загальний рівень безпеки руху транспортних засобів.

В умовах поетапної інтеграції України до міжнародної транспортної системи питання забезпечення високого рівня комфорту пасажирських перевезень набуває особливого значення. Переваги залізничного транспорту в

цьому контексті визначаються такими чинниками, як значна провізна спроможність, висока швидкість доставки пасажирів, можливість забезпечення широкого спектра сервісних послуг і підвищений рівень комфорту, а також раціональне використання енергетичних ресурсів.

Вирішення проблеми створення комфортних умов перевезення пасажирів потребує комплексного підходу, який передбачає аналіз міжнародного досвіду, дослідження передумов розвитку високошвидкісного руху в Україні, питання інтеграції вітчизняної залізничної мережі з європейською, проектування швидкісних магістралей, а також розроблення надійного рухомого складу з сучасним внутрішнім обладнанням.

З метою забезпечення належних санітарно-гігієнічних умов незалежно від температури навколишнього середовища пасажирські вагони мають оснащуватися сучасними кліматичними системами, які забезпечують необхідний повітрообмін, очищення, охолодження або підігрів повітря. Пошук і впровадження нових технічних рішень у сфері кліматичного обладнання є одним із напрямів відновлення та розвитку пасажирських перевезень. У зв'язку з цим магістерська робота, спрямована на підвищення ефективності функціонування кліматичних систем пасажирських вагонів, є актуальною та своєчасною для залізничного транспорту України.

Мета та завдання дослідження. Метою магістерської роботи є обґрунтування раціональних конструктивних і експлуатаційних параметрів кліматичних систем для пасажирських вагонів.

Для досягнення вказаної мети в роботі поставлені задачі:

- виконати дослідження факторів, що впливають на обсяги пасажирських перевезень;
- провести аналіз конструктивних особливостей вагонів швидкісних поїздів;
- здійснити аналіз можливостей розвитку високошвидкісного залізничного руху в Україні з урахуванням європейського досвіду;
- виконати аналіз особливостей сучасних кліматичних систем з метою

забезпечення комфортних умов перебування пасажирів;

- розробити математичну модель для оцінювання температурних перепадів повітря та дослідження особливостей роботи кліматичної системи у швидкісному поїзді;
- виконанати техніко-економічні розрахунки.

Наукова новизна досліджень. У роботі досліджено альтернативні способи підтримання температурного режиму пасажирського вагона за різних режимів руху.

Практична цінність досліджень. Обґрунтовано доцільність застосування різних типів кліматичних систем для ефективного забезпечення комфортних умов перевезення пасажирів та запропоновано використання найбільш ефективної системи.

Об'єкт та предмет дослідження. Об'єктом дослідження є процес вибору раціональних параметрів кліматичних систем пасажирських вагонів.

Методи дослідження. Під час виконання магістерської роботи використано математичні методи аналізу, сучасні методи визначення теплотехнічних параметрів пасажирських вагонів.

У процесі підготовки роботи використано інформаційні джерела, зокрема наукові публікації, методики проведення досліджень, розрахункові дані та аналітичні матеріали, наведені у списку використаних джерел. Також застосовано результати консультацій з науковим керівником і фахівцями, що містять неопубліковані авторські напрацювання. Основними результатами роботи є аналіз і класифікація існуючих систем індивідуального регулювання температури повітря в купе пасажирського вагона, а також розроблена математична модель теплового режиму об'єкта з системою кондиціонування повітря.

Список використаних джерел

1. Петренко О. О. Пасажирські залізничні перевезення в Україні: сучасний стан і перспективи розвитку. Причорноморські економічні студії. 2016. Вип. 10. С. 47-52.
2. Божок Н. О., Булгакова Ю. В., Пуларія А. Л. Дослідження сучасного стану парку пасажирських вагонів. Збірник наукових праць Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна "Проблеми економіки транспорту". 2014. Вип. 8. С. 78-87.
3. Лобойко Л. М., Бараш Ю. С. Стан вагонного парку та вагоноремонтної бази в Україні. Збірник наукових праць Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна "Проблеми економіки транспорту". 2007. Вип. 19. С. 176-182.
4. Мартинов І. Е., Труфанова А. В., Павленко Ю. С., Сергієнко М. О. Аналіз технічного стану кузовів пасажирських вагонів. Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Збірник наукових праць. Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. Транспортне машинобудування. Х.: НТУ "ХПІ". 2018. № 45 (1321). С. 41-46.
5. Шикунів О. А., Рейдемейстер О. Г., Анофрієв В. Г. Дослідження граничного стану пасажирських вагонів. Вагонный парк. 2012. № 12. С. 4-6.
6. Проблемы и перспективы пассажирского вагоностроения в Украине / Л. М. Лобойко // Залізничний транспорт України. 2006. № 3. С. 3-9.
7. High Speed Lines in the World -UIC High Speed Department Updated 1st July 2012.
8. Hughes M. Rail 300: The world high speed train race. – London:David@Charles, 1988.- 192 p.
9. Allen G. F. The world's fastest trains from age of steam to the TGV. - 2-nd ed. - Sparkford: Partren Sterns Limited, 1992. 192. p.
10. Commission Decision 2008/217EC of 20 December 2007 concerning a technical specification interoperability to the infastrure sub-system of the trans-

European high-speed rail system [Official Journal L 77 of 19.03.2008].

11. Устенко А. В. Развитие высокоскоростного железнодорожного транспорта / Збірник наукових праць УкрДАЗТ, 2013, вип. 136. С. 49-66.

12. Arduin J.-P., High Speed Rail Economy. UIC Workshop. "Operating high-speed lines: in search of efficient solutions", Paris, n.d.

13. Degutis I., Rail Baltica: The Future of European Flagship Infrastructure. Project Financing, "Rail Baltica Forum, 3–4 April 2019, Vilnius", 2019
Положительное решение по заявке №2003113922/11 от 16.03.2004 г.

14. EU, Commission Regulation (EU) No 1299/2014 of 18 November 2014 on the technical specifications for interoperability relating to the "infrastructure" subsystem of the rail system in the European Union Text with EEA relevance, 2014.

15. EU, Regulation (EU) No 1315/2013 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2013 establishing the Connecting Europe Facility, amending Regulation (EU) No 913/2010 and repealing Regulations (EC) No 680/2007 and (EC) No 67/2010, Bruxelles n.d.

16. Regulation (EU) No 1316/2013 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2013 establishing the Connecting Europe Facility, amending Regulation (EU) No 913/2010 and repealing Regulations (EC) No 680/2007 and (EC) No 67/2010, OJ EU L 348 20.12.2013 2013

17. History: Evolution of experimental high-speed in Japan // режим доступу <https://ru.scribd.com/document/851227899/shinkansen-evolution>

18. Могила В. І., Ковтанець М. В., Плотніков В. Д., Тарасов Д. В. Технічні параметри високошвидкісного рухомого складу залізниць / Збірник наукових праць IV-ї міжнародної науково-практичної конференції, Київ – Одеса, 22 травня 2025 р. – м. Київ: СНУ ім. В. Даля, 2025. – с. 223-229.

19. Особенности развития конструкций установок кондиционирования воздуха пассажирских вагонов [Текст] / В. И. Приходько, О. А. Шкабров, В. И. Коляденко [и др.] // Вісник ДНУЗТ. – 2005. – № 7. – С. 61-66.

20. Мокроусов С. Д. Модернизация пассажирского подвижного состава в Великобритании (обзор зарубежной печати) / С. Д. Мокроусов, Б. Г. Цыган,

А. Б. Цыган // Вагонный парк. – 2013. – № 11(80). – С. 52- 60.

21. Труфанова А. В. Технічне діагностування системи кондиціонування повітря в пасажирських вагонах / А. В. Труфанова, В. В. Шабий, Я. И. Гавенда // Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. – 2016. – № 164. – С. 118-126.

22. DC Powered Heating, Venting, Cooling - Air Conditioners and Free cooling units: [Електронний ресурс] / Режим доступа: <http://www.dcairco.com/product/railway-airconditioning/dc-11000-24v-74v-110v-230v-400v-split-air-conditioner>.

23. Холодильное оборудование вагонів. Навчальний посібник з грифом Мінісвіти // Мартинов І. Е. , Іщенко В. М., Труфанова А. В. Харків, УкрДУЗТ. 2013 р. 178 с.