

Український державний університет залізничного транспорту

Кафедра управління вантажною і комерційною роботою


**ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ ДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ВАНТАЖНИХ  
ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ**

Пояснювальна записка і розрахунки

до кваліфікаційної роботи

ІПЗБВ.300.00.00.000 ПЗ

Розробив студент групи 213-ОПУТ-Д23  
спеціальності 275 / 275.02 (роботу  
виконано самостійно, відповідно до  
принципів академічної доброчесності)

  
\_\_\_\_\_ Артем ВОВКОБОЙ  
(підпис)

Керівник: доцент, к-т. техн. наук

**Олексій КОСТЕННИКОВ**

Рецензент: доцент, к-т. техн. наук

**Ганна ШЕЛЕХАНЬ**

2025 р

## АНОТАЦІЯ

Дана кваліфікаційна робота включає в себе 12 слайдів презентації, 95 аркушів пояснювальної записки формату А4, що включає 12 рисунків, 9 таблиць, 33 літературних джерел.

Ключові слова: безпека на залізничному транспорті, залізничний переїзд, автоматизовані системи управління процесами перевезень

Об'єкт дослідження - процес забезпечення безпеки на залізничних переїздах.

Предмет дослідження – технологія оцінки безпеки на залізничному переїзді.

У кваліфікаційній роботі Сформульовано критерії оцінки безпеки залізничного переїзду, що відрізняються імовірнісним підходом до визначення впливу на аварійність різних факторів, а також можливістю розрахунку та нормування рівня безпеки переїзду з урахуванням її індивідуальних особливостей.

Розроблено методику розрахунку критеріїв безпеки залізничного переїзду, що дозволяє враховувати випадковий характер зміни простежити через переїзд транспортних потоків, випадкові величини швидкості підходу до переїзду і його проходження транспортними засобами, поведінкову діяльність водіїв автотранспорту, а також більшість властивих переїзду індивідуальних особливостей.

## ABSTRACT

This qualification work includes 12 presentation slides, 95 pages of explanatory notes in A4 format, containing 12 figures, 9 tables, and 33 literary sources.

Keywords: railway transport safety, railway crossing, automated transportation process control systems

Object of research - the process of ensuring safety at railway crossings.

Subject of research - safety assessment technology at railway crossings.

In this qualification work, railway crossing safety assessment criteria have been formulated, characterized by a probabilistic approach to determining the impact of various factors on accident rates, as well as the ability to calculate and standardize the crossing safety level considering its individual characteristics.

A methodology for calculating railway crossing safety criteria has been developed, which takes into account the random nature of changes in traffic flows through the crossing, random variables of approach speed and crossing passage by vehicles, behavioral activities of vehicle drivers, as well as most of the crossing's individual characteristics..

# Український державний університет залізничного транспорту

Факультет управління процесами перевезень

Кафедра управління вантажною і комерційною роботою

Освітній рівень: магістр

Спеціальність 275 Транспортні технології

275.02 Транспортні технології (на залізничному транспорті)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

доцент, к-т. техн. наук

 Антон КОВАЛЬОВ

«30» вересня 2024 р.

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Вовкобой Артему Олександровичу

1 Тема «Інноваційні підходи до забезпечення безпеки вантажних залізничних перевезень»

керівник Костенніков Олексій Михайлович, к. т. н., доцент

затверджені розпорядженням по факультету Управління процесами перевезень від 30 вересня 2024 року № 12/24

2 Строк подання студентом роботи 03 січня 2025 року

3 Вихідні дані. Показники аварійності на залізничних переїздах за 4 роки, Заходи, методи та технічні рішення які використовуються для забезпечення безпеки на залізничних переїздах.

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). Аналіз використаної літератури, згідно з дослідженням. Актуальність завдання забезпечення безпеки руху на залізничних переїздах. Аналіз та систематизація заходів і методів підвищення безпеки на залізничних переїздах. Аналіз впливу різних факторів на рівень безпеки залізничного переїзду. Розробка методів для оцінки рівня безпеки залізничного переїзду. Вибір критеріїв для оцінки безпеки руху та наслідків аварій на залізничних переїздах. Система підтримки прийняття рішень в задачах забезпечення безпеки руху на залізничних переїздах. Розрахунок економічного ефекту.

5 Перелік графічного матеріалу. Мета, предмет, об'єкт роботи. Актуальність. Статистичні дані аварійності на залізничних переїздах. Класифікація зниження числа ДТП на залізничних переїздах. Гістограми розподілу

відносних частот. Методи. Економічний ефект від впровадження запропонованої технології. Висновки.

6 Консультанти окремих розділів

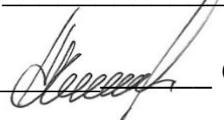
Розділ	Прізвище, ініціали, посада та науковий ступінь консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	Завдання прийняв
Техніко-економічне обґрунтування ефективності впровадження розробленої системи підтримки прийняття рішень	Наталія ГРИЦЕНКО, доцент, к-т. екон. наук		

7 Дата видачі завдання 30 вересня 2024 р.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**





Назва етапів	Строк виконання етапів	Примітка
1 Аналіз та систематизація заходів і методів підвищення безпеки на залізничних переїздах.	25.09.2024	виконано
2 Технічні заходи, методи і рішення, використовувані для підвищення безпеки руху на залізничних переїздах	25.10.2024	виконано
3 Математичний підхід до задачі безпеки руху на залізничному транспорті.	25.11.2024	виконано
4 Техніко-економічне обґрунтування ефективності впровадження розробленої системи підтримки прийняття рішень	25.12.2024	виконано
Оформлення роботи	03.01.2025	виконано

Студент  Артем ВОВКОБОЙ

Керівник  Олексій КОСТЕННІКОВ

## Зміст

Вступ	8
1 Аналіз та систематизація заходів і методів підвищення безпеки на залізничних переїздах	12
1.1 Аналіз використаної літератури, згідно з дослідженням	12
1.2 Актуальність завдання забезпечення безпеки руху на залізничних переїздах	16
2 Технічні заходи, методи і рішення, використовувані для підвищення безпеки руху на залізничних переїздах	22
2.1 Аналітичні методи та вирішення завдання підвищення безпеки руху на залізничних переїздах	22
2.2 Аналітичні методи та вирішення завдання підвищення безпеки руху на залізничних переїздах	27
2.3 Розробка методів для оцінки рівня безпеки залізничного переїзд	38
3 Математичний підхід до задачі безпеки руху на залізничному транспорті	46
3.1 Вибір критеріїв для оцінки безпеки руху та наслідків аварій на залізничних переїздах.	46
3.2 Система підтримки прийняття рішень в задачах забезпечення безпеки руху на залізничних переїздах	76

					ІІЗБВ.300.00.00.000 ІІЗ					
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Інноваційні підходи до забезпечення безпеки вантажних залізничних перевезень			Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Вовкобой						6	95	
Перевір.		Костенніков						УкрДУЗТ		
Реценз.										
Н. Контр.		Костенніков								
Затверд.		Ковальов								

3.3 Структура і алгоритм функціонування системи, адаптованої до вирішення задач по забезпеченню безпеки на залізничних переїздах.	77
4 Техніко-економічне обґрунтування ефективності впровадження розробленої системи підтримки прийняття рішень	82
Висновки	88
Список використаних джерел	89
Додаток А	91

					ІПЗБВ.300.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

## Вступ

Проблема забезпечення безпеки на залізничному транспорті актуальна для більшості держав, що мають розвинену мережу залізниць. Аналіз наявних статистичних даних і цілого ряду публікацій показує, що на залізницях всього світу щорічно здійснюються тисячі аварій, в результаті яких гинуть або отримують травми різного ступеня тяжкості декілька тисяч чоловік. Аварії також завдають значні матеріальні збитки залізниці, в результаті ушкодження залізничного полотна, контактної мережі, рухомого складу, простою потягів і зриву графіку руху, що спричинив несвоєчасну доставку на об'єкти вантажів і пасажирів.

Як відмічає у своїй книзі "Техніка управління безпекою" професор Колорадського університету (США) Д. Пітерсон, можна не лише прогнозувати можливість аварії, але і виявити обставини, сприяючі її появі. Отже, безпекою можна і необхідно управляти так само як і будь-якою іншою областю транспортної системи.

З метою підвищення безпеки на залізницях України і за кордоном розробляються і широко застосовуються різні організаційні, профілактичні і технічні заходи, реалізація яких вимагає величезних капіталовкладень і не завжди призводить до бажаних результатів. Чим нижче ризик виникнення аварії, тим більше доводиться платити за кожну одиницю його подальшого зменшення. Тому, у ряді випадків, подальше підвищення рівня безпеки зв'язане з дуже великими додатковими витратами.

Із сказаного вище слідує, що з економічної точки зору планування і проведення заходів по зниженню аварійності на залізничному транспорті необхідно здійснювати з урахуванням ефективності цих заходів. Ефективність будь-якого заходу визначається співвідношенням функціональної корисності цього заходу і його вартості. Будь-які заходи по підвищенню безпеки, здійснювані без проведення подібного аналізу,

економічно не доцільні. Якщо розрахунок вартості запланованого, до проведення заходу не викликає особливих ускладнень, то для визначення функціональної корисності кожного заходу необхідно достовірно оцінити очікуване після його проведення та підвищення показників якості виконаного технологічного процесу і зниження числа аварій.

Завдання пошуку обґрунтованих рішень по забезпеченню безпеки при управлінні технологічними процесами на залізничному транспорті відноситься до класу багатокритеріальних, дуже складних, слабо структурованих завдань. Тому, забезпечує безпеку технологічного процесу управлінське рішення, в завданнях цього класу може бути знайдене тільки при поєднанні досвіду, знань і інтуїції людини, що приймає рішення, з можливостями математичних методів і імітаційного моделювання. Отже, реалізація пропонованого підходу до задачі забезпечення безпеки можлива тільки з використанням побудованої на основі сучасних комп'ютерних технологій спеціальної системи підтримки ухвалення рішень (СППР).

Рівень розвитку обчислювальної техніки і досвід моделювання технологічних процесів, що мається, на залізничному транспорті дозволяє створювати СППР, ефективно об'єднуючі можливості математичного моделювання і сучасних комп'ютерних технологій з накопиченим досвідом, знаннями і вмінням людини в рішенні слабо структурованих або непіддатливих структуризації завдань. Істотною відмінною особливістю СППР є безпосереднє використання системи на всіх стадіях процесу ухвалення рішень, що полягає у вивченні задачі; відборі необхідної для ухвалення рішення інформації; формуванні і оцінці альтернативних рішень; виборі найбільш обґрунтованого рішення і контролі за виконанням прийнятого рішення. Тому, завдання СППР полягає не тільки у виборі, систематизації і відборі необхідної для формування дії інформації, що управляє, але і в наданні конкретних безпосередньо використовуваних при ухваленні рішення рекомендацій.



До теперішнього часу найбільше поширення на залізничному транспорті отримали СППР, використовувані при побудові графіку руху потягів, організації управління рухом, функціонуванні різних АРМів і так далі.

Рішення будь-якої задачі по управлінню технологічними процесами, проектуванню транспортних об'єктів, розробці технічних засобів автоматизації руху потягів, нерозривно пов'язано з проблемою забезпечення безпеки. Тому, проблема створення СППР в завданнях забезпечення безпеки на залізничному транспорті є дуже актуальною і має важливе народногосподарське і соціальне значення.

**Актуальність** і державна значущість цієї задачі обумовлена: збільшенням розмірів руху, швидкостей і ваги складів; широким впровадженням нових технологій і автоматизованих систем управління процесами перевезень; підвищенням вимог до обґрунтованості кожного рішення, що приймається, і відповідальності за його реалізацію; значними людськими жертвами і матеріальними втратами від аварій, що відбуваються, і величезними витратами держави на реалізацію заходів по зниженню аварійності.

**Метою** роботи є удосконалення методів і принципів побудови систем підтримки прийняття рішень в завданнях забезпечення безпеки управління рухом на залізничному переїзді.

Реалізація цієї мети передбачає рішення наступних завдань. Основними поставленими і вирішеними в роботі завданнями є розробка та побудова, архітектури і алгоритму функціонування системи підтримки управлінських рішень в завданнях забезпечення безпеки на залізничних переїздах. Адаптувати розроблену систему і модулі, що входять в неї, до вирішення завдань по раціональному вибору заходів по забезпеченню безпеки руху на залізничних переїздах. Побудувати алгоритм функціонування на основі нечіткої логіки імітаційної моделі та регуляторів,

що використовуються СППР при вирішенні слабо формалізованих або невіддатливих структуризації завдань по забезпеченню безпеки.

**Об'єкт дослідження** - процес забезпечення безпеки на залізничних переїздах.

**Предмет дослідження** – технологія оцінки безпеки на залізничному переїзді.

Задачі:

-аналіз та систематизація заходів і методів підвищення безпеки на залізничних переїздах;

-технічні заходи, методи і рішення, використовувані для підвищення безпеки руху на залізничних переїздах;

-математичний підхід до задачі безпеки руху на залізничному транспорті;

-техніко-економічне обґрунтування ефективності впровадження розробленої системи підтримки прийняття рішень;

**Апробація результатів роботи.** Основні положення роботи доповідались, обговорювались та схвалені на 84-й Студентській науково-технічній конференції, що проводилась в Українському державному університеті залізничного транспорту, 2024 р. (м. Харків).

## Висновки

1 Проведено аналіз та систематизацію використаних для зниження аварійності на залізничних переїздах заходів, методів і технічних рішень, що дозволяють узагальнити накопичений досвід і обґрунтовано підійти до вирішення завдання щодо забезпечення безпеки.

2 З використанням великого обсягу статистичних даних отримані закони і параметри розподілу ряду випадкових величин, що характеризують вплив на безпеку залізничного переїзду різних факторів.

3 Проведено порівняльний аналіз використовуваних в Україні і за кордоном математичних методів і критеріїв оцінки безпеки залізничного переїзду.

4 Сформульовано критерії оцінки безпеки залізничного переїзду, що відрізняються імовірнісним підходом до визначення впливу на аварійність різних факторів, а також можливістю розрахунку та нормування рівня безпеки переїзду з урахуванням її індивідуальних особливостей.

5 Розроблено методику розрахунку критеріїв безпеки залізничного переїзду, що дозволяє враховувати випадковий характер зміни простежити через переїзд транспортних потоків, випадкові величини швидкості підходу до переїзду і його проходження транспортними засобами, поведінкову діяльність водіїв автотранспорту, а також більшість властивих переїзду індивідуальних особливостей.

6 З приведених розрахунків, бачимо, що витрати на ліквідацію аварій зменшаться до впровадження 1042092 після 966016 грн. Економічний ефект з наростаючим підсумком складає 255615,36 грн. Єдиним мінусом є стартові великі капіталовкладення.

## Список використаних джерел

- 1 *Євросоюз розробив стратегію переходу України на євроколію: карта.*  
*URL: <https://biz.liga.net/ua/all/transport/novosti/evrosoyuz-razrabotal-strategiyu-perehoda-ukrainyna-evroputi-karta> (дата звернення 02.10.2024).*
- 2 Жуков В.І. «Охорона праці на залізничному транспорті». Обеспечение безопасности на железнодорожных переездах. - 1999. - С.44.
- 3 Бойник А.Б. Безопасность железнодорожных переездов: Моногр. - Х. : ХФИ "Трансп. Украины", 2003. - 183 С. - (Б-ка по соврем. автоматике; Вып. 11). - Библиогр.: С. 177-181.
- 4 Пржиялковский В.В. Сложный анализ данных большого объёма: новые перспективы компьютеризации. СУБД. - 1996. - № 4. - С. 71-83.
- 5 Синюк В.Г. А.П. Котельников СППР: основные понятия и вопросы применения. - Белгород, 1998. - 79 с.
- 6 Матвеев Л.А. Информационные системы: Поддержка принятия решений. - СПб. 1996. - 242 с.
- 7 Мелихов А.Н. Л.С. Бернштейн, С.Я. Коровин Ситуационные советующие системы с нечёткой логикой. - М.: Наука, 1990. - 272 с.
- 8 Архипова Н.И. В.В. Кульба Управление в чрезвычайных ситуациях. - М.:РГГУ, 1998. -316с.
- 9 Parsaye, K. A. Characterization of Data Mining Technologies and Processes. The Journal of Data Warehousing. -1998. - №1. - р. С.12-24.
- 10 Быков В.П. Компьютерная система поддержки принятия решений (СППР) в задачах автоматизированного построения графиков в системах управления движением поездов. Отчёт о НИР по фундаментальным исследованиям.
- 11 Вентцель Е.С. Исследование операций: задачи, принципы, методология. - М.: Наука, 1980. - 207 с.
- 12 Банди Б. Методы оптимизации. - М.: Ралио и связь, 1988. - 127 с.

- 13 Геминтерн В.И. Методы оптирисьного проектирования.- М.: Энергия, 1980. - 160 с.
- 14 Матвеев Л.А. Системы поддержки принятия решений. - СПб. 1993 .- 80 с.
- 15 Bauer P. S. Nouak R. Winkler A brief course in Fuzzy Logic and Fuzzy Control.- FLLL, 1996. -24 p.
- 16 В. П. Быков, Т. М. Быкова, М. С. Лукьянов Система поддержки принятия решений на участке железной дороги: Метод, указания. - Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2000. - 14 с.
- 17 Меркулов, А.В. Применение компьютерных технологий при создании сложных информационно-управляющих систем на железнодорожном транспорте. - Хабаровск: ДВГУПС, 2003. - 382 с.
- 18 Козаченко Д. М., Папахов О. Ю., Логвінова Н. О. Пропускна та провізна спроможність залізниць: навч. посіб. для студ. ВНЗ. Дніпро: Дніпропетр. нац. ун-т залізнич. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2017. 108 с.
- 19 Козаченко Д. М., Малашкін В. В., Березовий О. Л., Іскра О. Л. Дослідження пропускнуої та провізної спроможності залізничної інфраструктури гірничо-збагачувального комбінату в умовах збільшення обсягів перевезення сировини. Транспортні системи та технології перевезень. 2020. Вип. 20. С. 86-93.
- 20 Сапожников В. Н. Талалаев Д. В. Гавзов Д. С. Марков. О соотношении понятий надежности и безопасности. Автоматика, связь и информатика. - 1992. - № 7. -С. 18 - 20.
- 21 Козлов П.А. Управляющие системы на железнодорожном транспорте. Автоматика, связь и информатика. - 2003. - № 1. - С. 4 - 6.
- 22 Поздняков В.А. Переезд - зона повышенной опасности. Путь и путевое хозяйство. -1998. - №12. - С. 30,31.
- 23 Алексеев В.А. В зоне особой бдительности: О наездах на переездах. Локомотив. -1997. - №4. - С. 11,12.

24 Березовий М. І., Шепета, А. М., Малашкін, В. В. Теоретичні основи визначення пропускної здатності одноколійних ділянок. Транспортні системи та технології перевезень. 2015. № (8). С. 13–19. URL: <https://doi.org/10.15802/tstt2014/38078>.

25 Курган М. Б., Хмелевська Н. П., Байдак С. Ю. Дослідження ефективності електрифікації одноколійних залізниць для підвищення пропускної спроможності. Електрифікація транспорту. 2015. № 9. С. 44-49. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/eltr\\_2015\\_9\\_8](http://nbuv.gov.ua/UJRN/eltr_2015_9_8).

26 Курган М. Б., Курган Д. М. Науково-технічне забезпечення залізничного сполучення Україна – Євросоюз : монографія. Дніпро: Дніпропетр. нац. ун-т залізнич. трансп. ім. акад. В. Лазаряна; Вид-во ПФ «Стандарт-Сервіс», 2018. 268 с.

27 ДБН В.2.3-019:2018. Державні будівельні норми України. Споруди транспорту. Залізничні колії 1520 мм. Норми проектування. Київ: Мінрегіонбуд, 2008. 126 с

28 Miller, L.S. Funding needs escalate. Railway Age. - 1998. - №11.-р. 33-36.

29 Ikeda, T. Human Science Approaches to Crossing Safety at JR . Quarterly Report of RTRI. - 1989. - №1. - р. 2-8.

30 Ford, R. Inspecting officers debate accident in quires. Modern Railways. - 1996. - Vol. 47. - № 500. - р. 229-230.

31 Позняков, В.П. Безопасность движения на переездах. Железные дороги мира. - 2000. - № 3. - С. 60-62.

32 Безопасность движения на переездах в Германии. Железные дороги мира. - 2002. - №2. - С. 64,69.

33 Системы безопасности на железнодорожных переездах. Железные дороги мира - 2003. - №2. - С. 58-59.

36 Организации безопасности движения на переездах - комплексную системную основу / В.Б. Каменский, Ю.А. Тюпкин, В.А. Поздняков //Железнодорожный транспорт. -1999. - №1. - С. 46-50.

37 Боровцев, В.Б. Безопасность движения на переездах / В.Б. Боровцев  
// Локомотив. - 1992. - №2. - С. 43-45.