

Український державний університет залізничного транспорту

Кафедра управління вантажною і комерційною роботою

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕВЕЗЕННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ  
ВАНТАЖІВ ЗА РАХУНОК МІНІМІЗАЦІЇ ВИНИКНЕННЯ АВАРІЙНИХ  
СИТУАЦІЙ

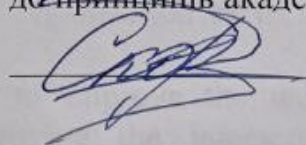
Пояснювальна записка і розрахунки

до кваліфікаційної роботи

УТПНВ.200.00.00.000 ПЗ

Розробив студент групи 213-ОПУТ-Д23  
спеціальності 275 / 275.02

(роботу виконано самостійно, відповідно  
до принципів академічної доброчесності)



Євген СКОРОХОД

Керівник: доцент, канд. техн. наук

Ярослав ЗАПАРА

Рецензент: доцент, канд. техн. наук

Галина ПРОХОРЧЕНКО

2025

## АНОТАЦІЯ

Дана кваліфікаційна робота включає в себе 15 слайдів презентації, 70 аркушів пояснювальної записки формату А4, що включає 19 рисунків, 3 таблиці, 25 літературних джерел.

Ключові слова: НЕБЕЗПЕЧНІ ВАНТАЖІ, АВАРІЙНІ СИТУАЦІЇ, БЕЗПЕКА РУХУ, ВИТІКАННЯ, САМОЗАЙМАННЯ.

Об'єктом дослідження є організація технології роботи з небезпечними вантажами.

Метою дослідження є удосконалення технології перевезення небезпечних вантажів на залізничному транспорті шляхом покращення взаємодії суб'єктів перевезення небезпечних вантажів на основі впровадження сучасних заходів для мінімізації виникнення аварійних ситуацій.

Запропонована математична модель прогнозування та ліквідації наслідків виникнення надзвичайних ситуацій з небезпечними вантажами на основі впровадження сучасних заходів. Модель може бути основою для формування системи оперативного управління перевезеннями небезпечних і дозволить розширити комплекс завдань інформаційно-керуючої системи планування та управління перевезеннями на регіональних філіях.

Досліджено організацію перевезень небезпечних вантажів як потенційного ризику для виникнення аварійних ситуацій.

## ABSTRACT

This qualification work includes 15 presentation slides, 70 pages of an explanatory note in A4 format, featuring 19 figures, 3 tables, and 25 literature references.

Keywords: DANGEROUS CARGO, EMERGENCIES, TRAFFIC SAFETY, LEAKS, SELF-FIRE.

The object of the study is the organization of technology for working with dangerous goods.

The purpose of the study is to improve the technology for transporting dangerous goods by rail by improving the interaction of dangerous goods transportation entities based on the implementation of modern measures to minimize the occurrence of emergency situations.

A mathematical model for predicting and eliminating the consequences of emergencies with dangerous goods based on the implementation of modern measures is proposed. The model can be the basis for the formation of a system for operational management of dangerous goods transportation and will allow expanding the set of tasks of the information management system for planning and managing transportation at regional branches.

The organization of dangerous goods transportation as a potential risk for the occurrence of emergency situations is studied.



**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, канд. техн. наук

Антон КОВАЛЬОВ

« 30 » 09 2024 р.

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

Скороходу Євгену Сергійовичу

1. Тема «Удосконалення технології перевезення небезпечних вантажів за рахунок мінімізації виникнення аварійних ситуацій»

керівник Запара Ярослав Вікторович, канд. техн. наук, доцент

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

2. Строк подання студентом роботи – 02 січня 2025 року

3. Вихідні дані: Законодавча нормативно-правова база з питань перевезення небезпечних вантажів;

Статистичні дані аварійних ситуацій з небезпечними вантажами;

Стан аварійності на залізничному транспорті за 2023 рік;

Збитки від транспортних подій на залізничному транспорті за 2023-2024 роки.

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

1 Аналіз стану безпеки та аварійності при перевезенні небезпечних вантажів на залізничному транспорті

2 Дослідження організації перевезень небезпечних вантажів як фактор ризику виникнення аварійних ситуацій.


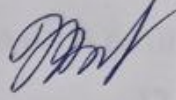
3 Розробка моделі прогнозування та ліквідації наслідків виникнення аварійних ситуацій з небезпечними вантажами

4 Оцінка економічної ефективності від впровадження запропонованих заходів

5. Перелік графічного матеріалу:

Аварії з небезпечними вантажами у II кварталі 2024 року. Випадки аварійних ситуацій при перевезенні наливних небезпечних вантажів за відповідальністю відправників регіональних філій та причини витікання небезпечних вантажів за 9 місяців 2024 році. Схема розвитку наслідків виникнення аварійної ситуації.

6. Консультанти окремих розділів

Розділ	Прізвище, ініціали, посада та науковий ступінь консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Економічне обґрунтування запропонованого проектного рішення	Наталія ГРИЦЕНКО, доцент, канд. екон. наук		

7 Дата видачі завдання 30 вересня 2024 р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1 Аналіз стану безпеки та аварійності при перевезенні небезпечних вантажів на залізничному транспорті	23.10.24 р.	Виконано
2 Дослідження організації перевезень небезпечних вантажів як фактор ризику виникнення аварійних ситуацій	13.11.24 р.	Виконано
3 Розробка моделі прогнозування та ліквідації наслідків виникнення аварійних ситуацій з небезпечними вантажами	04.12.24 р.	Виконано
4 Оцінка економічної ефективності від впровадження запропонованих заходів	25.12.24 р.	Виконано
5 Оформлення роботи, отримання рецензії	02.01.25 р.	Виконано

Студент  Євген Скороход

Керівник  Ярослав ЗАПАРА



## Зміст

Вступ	7
1 Аналіз стану безпеки та аварійності при перевезенні небезпечних вантажів на залізничному транспорті	9
1.1 Аналіз транспортних подій на залізничному транспорті при перевезенні небезпечних вантажів	9
1.2 Аналіз стану безпеки руху під час перевезенні небезпечних вантажів	11
1.3 Аналіз порушень при перевезенні небезпечних вантажів на регіональній філії «Південна залізниця»	17
2 Дослідження організації перевезень небезпечних вантажів як фактор ризику виникнення аварійних ситуацій	20
2.1 Дослідження правових основ перевезення небезпечних вантажів	20
2.2 Аналіз наукової думки щодо удосконалення технології роботи з небезпечними вантажами	22
2.3 Побудова методики визначення ймовірностей екологічних наслідків залізничних аварій	24
2.4 Сучасні заходи забезпечення безпечної технології роботи з небезпечними вантажами	29
3 Побудова моделі прогнозування та ліквідації наслідків виникнення надзвичайних ситуацій з небезпечними вантажами	34
3.1 Формалізація технології перевезень небезпечних вантажів на залізничному транспорті	34
3.2 Побудова моделі прогнозування наслідків виникнення надзвичайних ситуацій при перевезенні небезпечних вантажів	40

УТПНВ.200.00.00.000 ПЗ								
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Удосконалення технології перевезення небезпечних вантажів за рахунок мінімізації виникнення аварійних ситуацій	Літ.	Арк.	Аркуші
		Скороход		25.12				
		Запара		25.12			5	70
		Запара		26.12		УкрДУЗТ 5		
		Ковальов		03.01.21				

3.3 Розробка моделі ліквідації наслідків надзвичайної ситуації при перевезенні небезпечних вантажів	46
4 Оцінка економічної ефективності від впровадження запропонованих заходів	57
Висновки	65
Список використаних джерел	68



## Вступ

Кількість транспортних подій у другому кварталі 2024 року склала 303, зокрема збільшення аварій на 16 випадків порівняно з 2023 роком, що вказує на погіршення стану безпеки на залізничному транспорті. Найбільшими поширеними причинами виникнення транспортних подій стали аварії зі сторонніми особами та схід рухомого складу.

Актуальність теми. Під час перевезення небезпечних вантажів залізничним транспортом часто трапляються аварійні ситуації, які спричиняють значні збитки, порушують рух поїздів, забруднюють навколишнє середовище і призводять до екологічних катастроф. Основним завданням сьогодні є забезпечення безпеки таких перевезень. Для запобігання аваріям важливо чітко дотримуватися встановлених законодавством України та міжнародними нормами інструкцій і правил.

Тому тему кваліфікаційної роботи слід вважати актуальною.

Об'єкт дослідження – організація технології роботи з небезпечними вантажами.

Предмет дослідження – технологія роботи перевезень небезпечних вантажів на основі впровадження сучасних заходів.

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є удосконалення технології перевезення небезпечних вантажів на залізничному транспорті шляхом покращення взаємодії суб'єктів перевезення небезпечних вантажів на основі впровадження сучасних заходів для мінімізації виникнення аварійних ситуацій.

Реалізація цієї мети потребує постановки та вирішення таких основних задач:

- проведення аналізу стану безпеки та аварійності при перевезенні небезпечних вантажів на залізничному транспорті;
- проведення дослідження організації перевезень небезпечних вантажів як фактор ризику виникнення аварійних ситуацій;

– побудова моделі прогнозування та ліквідації наслідків виникнення надзвичайних ситуацій з небезпечними вантажами;

– оцінка економічної ефективності від впровадження запропонованих заходів.

**Методи дослідження.** У роботі використані методи статистичного аналізу спостережень, теорія ймовірностей, теорія графів, лінійного і нелінійного програмування, теорія систем масового обслуговування, системного аналізу, маркетингових досліджень і транспортної логістики.

**Елементи наукової новизни.** У роботі вирішено науково-прикладну задачу удосконалення технології перевезень небезпечних вантажів залізничним транспортом. Це досягнуто завдяки вдосконаленню взаємодії між учасниками процесу перевезень через впровадження сучасних заходів. Розроблена модель прогнозування наслідків надзвичайних ситуацій може стати основою для створення системи оперативного управління перевезеннями небезпечних вантажів, що дозволить розширити функції інформаційно-керуючої системи планування та управління на регіональних філіях.

Практичне значення розроблених технологічних і економіко-математичних рішень пропонується застосовувати при організації перевезення небезпечних вантажів, а також для запобігання виникнення аварійних ситуацій.

**Публікації.** За темою даної кваліфікаційної роботи опубліковані теза доповідей на XII міжнародній науково-практичній конференції «ЛЮДИНА, СУСПІЛЬСТВО, КОМУНІКАТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ» (Харків 25-26 жовтня 2024 р.) «Шляхи вибору технології перевезень вантажів» [1].

**Структура роботи.** Кваліфікаційна робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел. Повний обсяг магістерської роботи складає 70 сторінок. Список використаних джерел включає 25 найменувань.



## Висновки

1. Проведено аналіз стану безпеки та аварійності при перевезенні небезпечних вантажів на залізничному транспорті.

Кількість транспортних подій у другому кварталі 2024 року склала 303, зокрема збільшення аварій на 16 випадків порівняно з 2023 роком, що вказує на погіршення стану безпеки на залізничному транспорті. Найбільшими поширеними причинами виникнення транспортних подій стали аварії зі сторонніми особами та схід рухомого складу.

Протягом 9 місяців 2024 року допущено 20 аварійних ситуацій під час перевезення небезпечних вантажів, проти 67 у 2023 році. Випадки аварійних ситуацій розподіляються: аварія – 1, витікання - 18, випаровування - 1.

Найбільша кількість аварійних ситуацій припадає саме на регіональну філію «Південна залізниця» - 36 із 74 по АТ «Укрзалізниця», далі Одеська – 16, Львівська – 9 та Південно-Західна – 7. Відповідно, господарства філії повинні посилити контроль за додержанням виконання правил щодо перевезення небезпечних вантажів.

2. Дослідження організації перевезень небезпечних вантажів як потенційного ризику для виникнення аварійних ситуацій дозволило зробити такі ключові висновки:

1) На регіональних філіях спостерігається негативна тенденція щодо погіршення безпеки руху, що обумовлено, передусім, технічним зносом рухомого складу та інфраструктури. Це, в свою чергу, призводить до зростання числа транспортних пригод та збитків, що з ними пов'язані.

2) Була здійснена формалізація процесів розвитку небезпечних явищ під час аварій, використовуючи математичні методи теорії масового обслуговування для моделювання умов та кількісної оцінки впливу факторів, які є типовими для аварій за участю небезпечних вантажів на залізничному транспорті.

3) Для вдосконалення організації перевезень небезпечних вантажів на регіональних філіях необхідно формалізувати процеси перевезення вагонів з небезпечними вантажами на тактичному рівні, що передбачає вибір оптимального маршруту з урахуванням мінімізації ризиків та експлуатаційних витрат. Така формалізація повинна включати розробку маршрутів з урахуванням можливих небезпечних ситуацій на шляху руху вагонів, з забезпеченням надійності та безпеки технічної інфраструктури.

3. Побудована моделі прогнозування та ліквідації наслідків виникнення надзвичайних ситуацій з НВ на основі впровадження сучасних заходів.

В межах структури функціонування нечіткої ситуаційної мережі запропоновано використати для прогнозування наслідків виникнення надзвичайних ситуацій математичну модель на основі логіко-лінгвістичних висловлювань, що описує складний процес розвитку аварійної ситуації у вигляді експертних правил за допомогою нечіткої логіки. Розроблений за таким підходом ієрархічний нечіткий логістичний висновок подається у вигляді дерева, яке складається з п'яти взаємопов'язаних баз знань, це дозволяє оцінити можливість виникнення вибуху, пожежі, викиду, витоків або розвалу та основні параметри, що характеризують наслідки надзвичайної ситуації. Запропонована модель може бути основою для формування системи оперативного управління перевезеннями НВ і дозволить розширити комплекс завдань інформаційно-керуючої системи планування та управління перевезеннями НВ на регіональних філіях.

Запропонована логіко-математична концептуальна модель ліквідації наслідків виникнення надзвичайних ситуацій з НВ, яка є достатньо загальною, простою і у той же час адекватною реальним процесом ліквідації наслідків надзвичайної ситуації за участю НВ, що перевозяться регіональними філіями, та може бути застосована на інших видах транспорту.

У зв'язку з тим, що організаційно-технологічна оцінка ефективності організації робіт і використання сил та засобів при ліквідації НС не завжди є достатньою, виникає необхідність комплексної – не тільки технологічної, але й економічної та екологічної оцінки ефективності організації робіт з ліквідації НС,



## Список використаних джерел

- 1 Запара Я.В., Панченко В.К., Камінський Б.В., Скороход Є.С. Шляхи вибору технології перевезень вантажів. *Тези XII міжнародній науково-практичній конференції «ЛЮДИНА, СУСПІЛЬСТВО, КОМУНІКАТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ»* (Харків 25-26 жовтня 2024 р.). Харків: Український державний університет залізничного транспорту, 2024. С. 166-168.
- 2 Панченко С.В., Запара В.М., Ковальов А.О., Мкртичян Д.І., Запара Я.В. Організація перевезення небезпечних вантажів: *навчальний посібник*. Харків: УкрДУЗТ, 2019. Ч.2. 215 с.
- 3 Про перевезення небезпечних вантажів: Закон України від 6 червня 2000 р. № 1644-III / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1644-14#Text> (дата звернення 11.11.2024).
- 4 Мартинюк І.В. Вибір критеріїв порівняння оцінок ризику різними маршрутами перевезення небезпечних вантажів. *Актуальні проблеми розвитку залізничного транспорту. Зб. наук. праць молодих вчених, аспірантів і докторантів*. 2005. – С. 64-66.
- 5 Бутько Т.В., Прохорченко А.В., Музикіна С.І. Формування моделі оперативного управління процесом просування вагонів з небезпечними вантажами в підсистемі “технічна станція – прилегла дільниця” на базі нечіткої ситуаційної мережі. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. Науково-технічний журнал*. 2012. Вип. 3. С. 3-8.
- 6 Бутько Т.В., Прохорченко А.В., Музикіна С.І. Формування математичної моделі планування маршрутів слідування вагонів з небезпечними вантажами в умовах ризику. *Вісник Східно-українського національного університету ім. Володимира Даля*. 2012. №3(174). С.18 – 23.
- 7 Кацман М.Д. Математична модель визначення ймовірностей можливих екологічних наслідків залізничних аварій. *Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил*. 2013. Вип. 1(34). С.182–185.

8 Музикіна С.І. Формування моделі прогнозування наслідків виникнення надзвичайних ситуацій на залізничному транспорті при перевезенні небезпечних вантажів. *Збірник наукових праці УкрДУЗТ*. 2015. Вип.156. С.109-116.

9 Кульова Д.О. Формування автоматизованої технології перевезення небезпечних вантажів на основі ризик-орієнтованих підходів: дис. ... д-ра філософії: 275 – транспортні технології; УкрДУЗТ, Харків, 2020. 192 с.

10 Запара В.М., Котенко А.М., Запара Я.В., Шилаєв П.С. Проведення досліджень та надання пропозицій щодо розроблення Концепції Загальнодержавної цільової програми забезпечення безпеки перевезення небезпечних вантажів на 2011-2020 роки. Звіт про НДР. (Заключний) Держ. реєстр. №. 0110U005909. Харків: УкрДАЗТ, 2010. 84 с.

11 Кацман М.Д., Кононов Г.Б., Діденко І.В., Огороднійчук Н.В. Ліквідація пожеж на залізничному транспорті: *посібник* / за ред. Д.В. Зеркалова. Київ: Основа, 2006. 216 с.

12 Кацман М.Д., Адаменко М.І. Аналіз впливу на екологічний стан довкілля основних властивостей небезпечних вантажів, що перевозяться залізничним транспортом. *Системи обробки інформації*, 2012. Вип. 5(103). Харків: ХУПС, С.158-164.

13 Ковальов А.О. Організація перевезення небезпечних вантажів з використанням ризик-орієнтованих підходів / А.О. Ковальов, Д.О. Кульова // *Міжнародна транспортна інфраструктура, індустріальні центри та корпоративна логістика: матеріали 18-ї науково-практичної міжнародної конференції (2-3 червня 2022 р.)*. – Харків : УкрДУЗТ, 2022. – С. 231-232.

14 Пам'ятка-Україна: Надзвичайна ситуація. Що робити? Деякі поради населенню щодо дій в екстремальних умовах. Київ: Українська технологічна група. 2000. 57 с.

15 Морозов Г.Л., Разгонов А.П., Бондаренко Б.М. Віброшумова діагностика електромагнітного реле. *Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна*. 2010. Вип. 32. С. 206–211.



- 16 Бондаренко Б.М., Разгонов С.А., Лагута В.В. Акустическая диагностика электромагнитной аппаратуры. *Вісник Академії митної служби України. Серія: «Технічні науки»*. 2012. № 1. С. 137–144.
- 17 Derailment of Chicago Transit Authority Train Number 220 between Clark/Lake and Grand/Milwaukee Stations Chicago, Illinois, July 11, 2006 / United States. National Transportation Safety Board. Washington: National Transportation Safety Board, 2007. 64 p.
- 18 Yen, J.Y. Finding the K shortest loopless paths in a network. *Management Science*. 1971. №17. P. 712 – 716.
- 19 Кормен Т., Лейзерсон Ч., Ривест Р., Штайн К. Алгоритмы: построение и анализ=Introduction to Algorithms. М.: Вильямс, 2006. 1296 с.
- 20 Енглезі І.П. Щодо визначення найбезпечнішого маршруту руху при перевезенні небезпечних вантажів. *Вісник Донецької академії автомобільного транспорту*. 2012. Вип. 1. С. 14-19.
- 21 Ротштейн О.П., Штовба С.Д. Проектування нечітких баз знань. Лабораторний практикум та курсове проектування: *навчальний посібник*. Вінниця: ВДТУ, 1999. 65 с.
- 22 Fuzzy Logic Toolbox. User's Guide. Versions. The MathWorks, Inc, 1999. 235 p.
- 23 Желібо Є.П. Заверуха Н.М., Зацарний В.В. Безпека життєдіяльності: навч. посібник для студентів вищих закладів освіти України I-IV рівнів акредитації. Київ: «Каравела», 2003. 236 с.
- 24 Балака Є.І., Зоріна О.І., Колесникова Н.М., Писаревський І.М. Оцінка економічної доцільності інвестицій в інноваційні проекти на транспорті: *навчальний посібник*. Харків: УкрДАЗТ. 2005. 210 с.
- 25 Методичний посібник з додержання вимог нормоконтролю у студентській навчальній звітності. Харків: УкрДАЗТ. 2014. 55 с.

що потребує додаткового аналізу на основі відповідних економіко-математичних моделей.

4. Проведена оцінка економічної ефективності від впровадження запропонованих заходів. З розрахунків видно, що економічний ефект від впровадження нової системи спостереження за життєвий цикл проекту очікується в розмірі 4770,06 тис. грн.

Оскільки економічний ефект позитивний на третій рік впровадження, то це означає, що строк окупності одноразових витрат настає через два роки експлуатації. Отже, цей проект по впровадженню нової системи спостереження є економічно вигідним.

3. Про перевезення небезпечних вантажів: Закон України від 6 червня 2009 р. № 1644-III. Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1644-136/Text> (дата звернення 11.11.2024).

4. Мартинюк Л.В. Вибір критеріїв порівняння різних рівнів аварійності перевезення небезпечних вантажів. *Актуальні проблеми розвитку інформаційної інфраструктури. 26 наука, освіта, культура, економіка, екологія, історія, право, філософія*. 2005. – С. 64-66.

5. Бутко Т.В., Прохорченко А.В., Музичка С.І. Формування моделі адаптивного управління процесом пропускання вантажів з небезпечними вантажами в підсистемі "технічна станція – транспортний засіб" на базі технічної ситуаційної мережі. *Інформаційно-керувальні системи на залізничному транспорті. Інформаційно-керувальні системи*. 2012. Вип. 3. С. 3-8.

6. Бутко Т.В., Прохорченко А.В., Музичка С.І. Формування математичної моделі адаптивного керування залізничним вантажем з небезпечними вантажами в умовах ризику. *Вісник Одеського національного економічного університету ім. Валентина Липи*. 2012. №3(174). С.18-23.

7. Касьян М.Д. Математична модель визначення безпечності перевезення небезпечних вантажів залізничним транспортом. *Збірник наукових праць Одеського національного економічного університету ім. Валентина Липи*. 2013. Вип. 10(84). С.182-185.