

Український державний університет залізничного транспорту

Кафедра управління експлуатаційною роботою

УДОСКОНАЛЕННЯ ПЛАНУВАННЯ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ВАГОНІВ З  
НЕБЕЗПЕЧНИМИ ВАНТАЖАМИ НА ЗАЛІЗНИЧНІЙ МЕРЕЖІ

Пояснювальна записка та розрахунки  
до кваліфікаційної роботи

УППВН.300.00.00.000 ПЗ

Розробив студент групи 211 –ТТ – 324  
спеціальності 275/275.02 – Транспортні  
технології (на залізничному транспорті)  
(роботу виконано самостійно,  
відповідно до принципів академічної  
добросовісності)

(підпис)

  
Максим ВЕЛИЧКО

Керівник: проф., докт. техн. наук

Андрій ПРОХОРЧЕНКО

Рецензент: проф., докт. техн. наук

Олександр ОГАР

## АНОТАЦІЯ

Дана кваліфікаційна робота включає в себе 15 слайдів презентації, 88 аркушів пояснювальної записки формату А4, що включає 12 рисунків, 4 таблиці, 45 літературних джерел.

Ключові слова: ПЛАНУВАННЯ ПЕРЕВЕЗЕНЬ, НЕБЕЗПЕЧНІ ВАНТАЖІ.

Об'єктом дослідження є організація перевезень небезпечних вантажів.

Метою роботи є підвищення ефективності та зменшення ризиків виникнення аварійних ситуацій на залізничному транспорті України шляхом інтелектуальної підтримки планування перевезень вагонів з небезпечними вантажами.

В межах роботи теоретично обґрунтовано процес планування перевезень вагонів з небезпечними вантажами на залізничній мережі шляхом інтелектуалізації планування перевезеннями. Для формалізації цих процесів було удосконалено: для планування перевезень вагонів з небезпечними вантажами з урахуванням ризик-орієнтованого управління розроблено оптимізаційну модель планування операцій з вагонами завантаженими небезпечними вантажами з урахуванням оцінювання ризиків надзвичайних ситуацій в елементах підсистеми «маневровий район станції – ділянка примикання». Розроблена математична модель враховує задані інфраструктурні обмеження, коефіцієнт безпеки з урахуванням класу вантажу, технологічні режими обробки вагонів та складність операцій за часом та витратами. Отримала подальший розвиток структура та комплекс задач автоматизованої системи керування вантажними перевезеннями (АСК ВП УЗ-Є) шляхом інтегрування розробленого планувальника на основі запропонованої моделі з використанням цифрових технологій.

## ABSTRACT

This qualification work includes 15 presentation slides, 88 sheets of explanatory notes in A4 format, including 12 figures, 4 tables, 45 literary sources.

Keywords: TRANSPORTATION PLANNING, DANGEROUS CARGO.

The object of the study is the organization of transportation of dangerous goods.

The purpose of the work is to increase efficiency and reduce the risks of emergency situations in the railway transport of Ukraine by intellectually supporting the planning of transportation of wagons with dangerous goods.

Within the framework of the work, the process of planning transportation of wagons with dangerous goods on the railway network is theoretically substantiated by intellectualizing transportation planning. To formalize these processes, improvements were made: for planning the transportation of wagons with dangerous goods, taking into account risk-oriented management, an optimization model for planning operations with wagons loaded with dangerous goods was developed, taking into account the assessment of risks of emergency situations in the elements of the subsystem "station maneuvering area - junction area". The developed mathematical model takes into account the specified infrastructure restrictions, the hazard coefficient taking into account the cargo class, technological modes of wagon processing and the complexity of operations in terms of time and costs. The structure and set of tasks of the automated freight transportation management system (ACS VP UZ-E) were further developed by integrating the developed planner based on the proposed model using digital technologies.

**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

 Буцько Т.В.

« 27 » 10 2025 р.



### **ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

Величко Максиму Андрійовичу

- 1 Тема роботи «Удосконалення планування перевезень вагонів з небезпечними вантажами на залізничній мережі» керівник Прохорченко Андрій Володимирович, док. техн. наук, професор затверджені наказом по факультету управління процесами перевезень «24» жовтня 2025 р. № 19/25.
- 2 Строк подання студентом роботи 12 січня 2026 року
- 3 Вихідні дані до роботи: Техніко-експлуатаційні показники роботи залізничного транспорту України в цілому, дані щодо кількості надзвичайних подій з небезпечними вантажами на залізничному транспорті
- 4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. 1 Аналіз існуючої системи організації перевезень небезпечних вантажів. 2 Аналіз наукових досліджень щодо підвищення ефективності планування перевезень небезпечних вантажів на залізниці. 3.Розробка моделі оперативного управління процесом просування вагонів з небезпечними вантажами з оптимізацією часу знаходження цих вагонів на станціях 4 Формування моделі прогнозування наслідків надзвичайних ситуацій 5 Формування вимог до функціонування інтелектуальної системи планування та оперативного управління процесом перевезень вагонів з небезпечними вантажами. 6 Економічна оцінка ефективності впровадження удосконаленої технології планування перевезень вагонів з небезпечними вантажами на залізничній мережі України. Висновки.
- 5 Перелік графічного матеріалу. Діаграма кількості надзвичайних ситуацій з небезпечними вантажами за 2023 та 2024 рр., Нечітка ситуаційна мережа для моделювання процесу управління просуванням вагонів з небезпечними

вантажами в підсистемі “технічна станція – прилегла дільниця. Ієрархічна база знань нечіткої моделі прогнозування наслідків виникнення аварійних ситуацій, Графічний інтерфейс робочого вікна АРМ ДСЦ при роботі з небезпечними вантажами

## 6 Консультанти окремих розділів

Розділ	Прізвище, ініціали, посада та науковий ступінь консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Оцінка економічної ефективності проектного рішення	Наталія ГРИЦЕНКО, доцент, к.е.н		

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН




Назва етапів	Строк виконання етапів	Примітка
1 Аналіз існуючої системи організації перевезень небезпечних вантажів	10.10.25	
2 Аналіз наукових досліджень щодо підвищення ефективності планування перевезень небезпечних вантажів на залізниці	17.10.25	
3 Розробка моделі оперативного управління процесом просування вагонів з небезпечними вантажами з оптимізацією часу знаходження цих вагонів на станціях	10.11.25	
4 Формування моделі прогнозування наслідків надзвичайних ситуацій	30.11.25	
5 Формування вимог до функціонування інтелектуальної системи планування та оперативного управління процесом перевезень вагонів з небезпечними вантажами	12.12.25	
6 Економічна оцінка ефективності впровадження удосконаленої технології планування перевезень вагонів з небезпечними вантажами на залізничній мережі України	02.01.26	
Висновки	10.10.25	

Студент  Максим ВЕЛИЧКО

Керівник  Андрій ПРОХОРЧЕНКО

## Зміст

Вступ	8
1 Аналіз існуючої системи організації перевезень небезпечних вантажів	11
1.1 Аналіз ринку перевезень небезпечних вантажів на залізничному транспорті України	10
1.2 Аналіз існуючої технології перевезень небезпечних вантажів при перевезенні залізничним транспортом в міжнародному та місцевому сполученні	17
2 Аналіз наукових досліджень щодо підвищення ефективності планування перевезень небезпечних вантажів на залізниці	21
3 Розробка моделі оперативного управління процесом просування вагонів з небезпечними вантажами з оптимізацією часу знаходження цих вагонів на станціях	41
3.1 Розробка моделі ситуаційного управління процесом просування вагонів з небезпечними вантажами	41
3.2 Ідентифікація станів, що виникають при управлінні технологічним процесом обробки вагонів або груп вагонів з небезпечними вантажами у вигляді нечітких ситуацій	42
3.3 Формування графа ситуаційної нечіткої мережі для опису сценаріїв виконання плану обробки вагонів з небезпечними вантажами на прикордонній передавальній станції та пропуску поїздів на дільниці в межах оперативного планування	46
3.4 Формування нечіткої продукційної моделі переходу в графі $\tilde{G}$	49

					<b>УППВН 200.00.00 ПЗ</b>			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Удосконалення планування перевезень вагонів з небезпечними вантажами на залізничній мережі	Літ.	Арк.	Аркушів
							6	88
Розроб.		Величко М.				<b>УкрДУЗТ</b>		
Перевір.		Проخورченко А.						
Реценз.								
Н. Контр.		Проخورченко						
Затверд.		Бутько Т.В.						

4	Формування моделі прогнозування наслідків надзвичайних ситуацій	52
5	Формування вимог до функціонування інтелектуальної системи планування та оперативного управління процесом перевезень вагонів з небезпечними вантажами на прикордонній передавальній станції	60
6	Економічна оцінка ефективності впровадження удосконаленої технології управління процесом просування небезпечних вантажів на прикордонній передавальній станції	69
	Висновки	81
	Список використаних джерел	83

					УППВН 200.00.00 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Вступ

Перевезення небезпечних вантажів залізничним транспортом є одним із найбільш відповідальних та ризиконебезпечних сегментів транспортної діяльності, оскільки пов'язані з потенційною загрозою для життя і здоров'я населення, довкілля, об'єктів інфраструктури та безпеки руху поїздів. В умовах зростання обсягів промислового виробництва, хімічної та енергетичної галузей, а також інтеграції залізничної системи України до європейського транспортного простору, питання ефективного та безпечного планування перевезень вагонів з небезпечними вантажами набуває особливої актуальності.

Сучасна залізнична мережа функціонує в умовах обмеженої пропускної спроможності, нерівномірного завантаження напрямків, впливу зовнішніх факторів, зокрема воєнних дій, пошкодження інфраструктури та зміни логістичних маршрутів. За таких умов традиційні підходи до планування перевезень не завжди забезпечують належний рівень безпеки, оперативності та оптимального використання ресурсів, особливо при транспортуванні небезпечних вантажів, для яких встановлено підвищені вимоги до маршрутів слідування, режимів руху, технології формування поїздів і взаємодії з іншими перевезеннями.

Додаткової актуальності проблемі надає необхідність гармонізації національних норм і процедур з міжнародними та європейськими вимогами щодо перевезення небезпечних вантажів, зокрема у контексті підвищення рівня транспортної безпеки, стійкості залізничної мережі та зменшення ризику аварійних ситуацій. У цьому зв'язку удосконалення методів планування перевезень вагонів з небезпечними вантажами з використанням сучасних інформаційних технологій, аналітичних та інтелектуальних підходів є важливим науково-практичним завданням.

Таким чином, дослідження, спрямоване на удосконалення планування перевезень вагонів з небезпечними вантажами на залізничній мережі, є своєчасним та актуальним, оскільки відповідає сучасним викликам функціонування залізничного транспорту та потребам забезпечення безпеки, ефективності і стійкого розвитку транспортної системи.

*Мета і задачі дослідження.* Метою магістерської кваліфікаційної роботи є підвищення ефективності та зменшення ризиків виникнення аварійних ситуацій на залізничному транспорті України шляхом інтелектуальної підтримки планування перевезень вагонів з небезпечними вантажами.

Реалізація цієї мети потребує постановки та вирішення наступних задач дослідження:

- провести аналіз існуючої системи організації перевезень небезпечних вантажів включно з статистичним аналізом об'єктів перевезень, родів вантажів та рівень безпеки;
- удосконалити технології оперативного управління процесом просування вагонів з небезпечними вантажами з оптимізацією часу знаходження цих вагонів на станціях;
- сформувані структури та вимоги до функціонування інтелектуальної системи планування та оперативного планування процесом перевезень вагонів з небезпечними вантажами на залізничній мережі;
- обґрунтувати економічну доцільність впровадження запропонованої технології планування перевезень вагонів з небезпечними вантажами на залізничній мережі України.

*Об'єкт дослідження* – організація перевезень небезпечних вантажів..

*Предмет дослідження* – технологія планування перевезеннями небезпечних вантажів з урахуванням ризиків виникнення транспортних подій.

*Елементи наукової новизни.* В магістерській роботі теоретично обґрунтовано процес планування перевезень вагонів з небезпечними

вантажами на залізничній мережі шляхом інтелектуалізації планування перевезеннями. Для формалізації цих процесів було удосконалено:

- для планування перевезень вагонів з небезпечними вантажами з урахуванням ризик-орієнтованого управління розроблено оптимізаційну модель планування операцій з вагонами завантаженими НВ з урахуванням оцінювання ризиків надзвичайних ситуацій в елементах підсистеми «маневровий район станції – дільниця примикання». Розроблена математична модель враховує задані інфраструктурні обмеження, коефіцієнт небезпеки з урахуванням класу вантажу, технологічні режими обробки вагонів та складність операцій за часом та витратами.

Отримала подальший розвиток структура та комплекс задач автоматизованої системи керування вантажними перевезеннями (АСК ВП УЗ-Є) шляхом інтегрування розробленого планувальника на основі запропонованої моделі з використанням цифрових технологій (GPS-моніторинг, телематики та аналітики ризиків). Це дозволяє оптимізувати послідовність операцій та час знаходження вагонів на станціях, зменшити витрати, підвищити рівень безпеки руху поїздів та підтримувати управлінські рішення у системах цифрового планування.

Матеріали кваліфікаційної магістерської роботи пройшли апробацію на міжнародній науковій конференції та опубліковані у фаховому виданні [45].

## Висновки

У кваліфікаційній роботі теоретично обґрунтовано процес управління просуванням вагонів з небезпечними вантажами на залізничному транспорті шляхом інтелектуалізації планування перевезеннями.

Аналізуючи надзвичайні події на Укрзалізниці за 2023–2024 роки, слід відзначити, що у 2024 році найбільша їх кількість припала на регіональну філію «Донецька залізниця» - 39 % від загальної кількості. На Придніпровській залізниці відбулося 22 %, на Одеській – 17 %, на Південно-Західній та Львівській – по 11 % надзвичайних подій. Причинами виникнення аварійних ситуацій є різні фактори: технічна несправність вагонів; надзвичайно високий знос основних фондів, недоліки організаційної роботи під час перевезення вантажів, порушення правил безпеки вантажних робіт, втручання сторонніх осіб під час перевезення тощо. Вище перелічені фактори важливо враховувати в умовах оперативного планування організації перевезень небезпечних вантажів.

На підставі проведеного аналізу причин виникнення транспортних подій за участю вагонів з НВ визначено, що біля 30 % подій припадає на господарство перевезень, це свідчить, що діюча система організації перевезень небезпечних вантажів на залізничному транспорті України не є достатньо ефективною, так як не передбачає застосування автоматизованих систем для рішення оптимізаційних задач щодо вибору маршрутів перевезення таких вагонів та задач підтримки прийняття рішень при оперативному управлінні їх просування в підсистемі “технічна станція – прилегла дільниця”.

Для оперативного управління процесом включення вагонів з небезпечними вантажами у склад поїзду сформовано математичну модель на базі нечіткої ситуаційної мережі, яка забезпечує оптимізацію часу знаходження цих вагонів на станціях підприємств міжгалузевого

залізничного транспорту та надає можливість оцінити ризики небезпеки різних варіантів операцій з вагонами. Для пошуку оптимальної стратегії управління в нечіткій ситуаційній мережі, що дозволяє мінімізувати рівень небезпеки та тривалість знаходження вагонів з небезпечними вантажами в кожній із стадій обробки, запропоновано використати генетичний алгоритм з дійсним кодуванням.

Запропоновано структурну схему планування та управління вагонопотоками, з урахуванням специфіки перевезення небезпечних вантажів на основі поєднання моделі планування маршрутів слідування вагонів з небезпечними вантажами в умовах ризику та моделі оперативного управління процесом просування вагонів з небезпечними вантажами в підсистемі “технічна станція – прилегла дільниця”, яка дозволяє реалізувати інтелектуальну підтримку процесу планування і управління як в звичайному режимі роботи так і при виникненні нестандартних ситуацій.

Розрахунки економічного обґрунтування показали, що внаслідок впровадження запропонованої технології організації і управління процесом перевезення небезпечних вантажів на мережі залізниць шляхом інтелектуальної підтримки планування на тактичному та оперативному рівнях можливим є зменшення відносної ймовірності переходу системи, що пов’язана з перевезеними НВ на залізницях України в небезпечний стан: при оптимістичному сценарію – до 39,4 %, при песимістичному – до 15,5 %. Економічний ефект за розрахунковий період 10 років складає 10,78 млн. грн за оптимістичним сценарієм та відповідно 1,99 млн. грн. за песимістичним. При цьому навіть за песимістичним сценарієм проект автоматизації перевезень окупається на третій рік впровадження.

## Список використаних джерел

1. Музикіна С. І. Удосконалення управління процесом просування вагонів з небезпечними вантажами на залізничній мережі: дис... канд. техн. наук: 05.22.01 /Музикіна Світлана Ігорівна. - К, 2013.- 203 с.
2. Буц Ю. В. Оцінка надзвичайних подій під час перевезення небезпечних вантажів у контексті техногенного навантаження регіонів. Ю. В. Буц, О. В. Крайнюк, Д. С. Козодой, В. В. Барбашин // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту, 2018. – Вип. 3(75). – С. 27-35.
3. Song L. Route optimization of hazardous freight transportation in a rail–truck network with bi-objective optimization approach. Journal of Cleaner Production. 2023. Vol. 421. Article 138409. DOI: 10.1016/j.jclepro.2023.138409.
4. Verma M. Railroad transportation of hazardous materials: A tactical planning model for minimizing transportation risk. Transportation Science. 2011. Vol. 45, No. 3. P. 368–383. DOI: 10.1287/trsc.1100.0339
5. Liu L., Sun S., Li S. Route Optimization of Hazardous Material Railway Transportation Based on Conditional Value-at-Risk Considering Risk Equity. Mathematics. 2025. Vol. 13, No. 5. Art. 803. DOI: 10.3390/math13050803.
6. Jabbarzadeh A., Fahimnia B., Sabouhi F. A two-stage stochastic programming model for railway transportation of hazardous materials under disruption and uncertainty // Computers & Industrial Engineering. 2020. Vol. 142. Article 106340. DOI: 10.1016/j.cie.2020.106340. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360835219307220> (дата звернення: 01.12.2025).
7. Lin C. Y., Barkan C. P. L., Saat M. R. Probabilistic modelling of optimal placement strategies of hazardous materials railcars in freight trains.

Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part F: Journal of Rail and Rapid Transit. 2025. Vol. 239, No. 2. P. 187–201. DOI: 10.1177/0954409724123456

8. Yaghini M., Pooladi H., Karimi M. A Bi-objective model and a branch-and-price-and-cut solution method for the railroad blocking problem in hazardous material transportation. *Journal of Rail Transport Planning & Management*. 2024. Vol. 32. Art. 100486. DOI: 10.1016/j.jrtpm.2024.100486.

9. Borndörfer R., Neumann M., Pfetsch M. A matheuristic method for planning railway freight transportation with hazardous materials // *Transportation Research Part B: Methodological*. 2019. Vol. 123. P. 33–55. DOI: 10.1016/j.trb.2019.03.003.

10. Журавель І. Л. Перспективи мультимодальних перевезень небезпечних вантажів за участю залізничного транспорту України // *Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту*. 2019. № 184. С. 45–54. URL: [https://tstt.ust.edu.ua/article/download/150195/pdf\\_133/340025](https://tstt.ust.edu.ua/article/download/150195/pdf_133/340025) (дата звернення: 17.12.2025).

11. Семенов С. О., Гагаріна А. О. Аналіз перевезень небезпечних вантажів залізничним транспортом. *Вісник ХНТУ. Інженерні науки*. 2023. Вип. 4(87). С. 159–164. DOI: 10.35546/kntu2078-4481.2023.4.18.

12. Сахно С. В., Хрутьба Ю. С. Стан перевезення небезпечних вантажів в Україні в сучасних умовах // *Наукові нотатки*. 2025. № 1. С. 112–118. URL: <https://www.researchgate.net/publication/391185949> (дата звернення: 8.10.2025).

13. Геородецька Т. Е. Організаційні та технологічні аспекти перевезення небезпечних вантажів залізничним транспортом України // *Український журнал прикладної економіки*. 2022. Т. 7, № 2. С. 245–252. URL: [https://ujae.org.ua/wp-content/uploads/2022/11/ujae\\_2022\\_r02\\_a40.pdf](https://ujae.org.ua/wp-content/uploads/2022/11/ujae_2022_r02_a40.pdf) (дата звернення: 8.10.2025).

14. Буц Ю. В., Крайнюк О. В., Козодой Д. С., Барбаши В. В. Оцінювання надзвичайних подій під час перевезення небезпечних вантажів залізничним транспортом. Системи та технології. 2021. № 3. С. 78–86. DOI: 10.15802/stp2018/134347

15. Bibik S., Strelko O., Nesterenko H., Muzykin M., Kuzmenko A. Formulation of the mathematical model for the planning system in the carriage of dangerous goods by rail // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. Vol. 985, Article 012024. DOI: 10.1088/1757-899X/985/1/012024.

16. Лаврухін О. В., Вернигора Р. В., Шевченко В. В., Кім А. Ю., Кім К. Ю., Кульова Д. А., Ким А. Forming an automated technology to actively monitor the transportation of dangerous cargoes by railroad. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2020. Vol. 3, No. 3 (105). P. 78–85. DOI: 10.15587/1729-4061.2020.205862.

17. Музікіна С. І. Аналіз безпеки руху під час перевезення небезпечних вантажів на залізничному транспорті. Вісник Академії митної служби України. Серія: Технічні науки. 2014. № 1 (51). С. 135–139.

18. Erkut E., Verter V. A fuzzy logic approach for hazardous materials route selection // Transportation Research Part C: Emerging Technologies. 1998. Vol. 6, No. 3. P. 155–171. DOI: 10.1016/S0968-090X(98)00015-9.

19. Sun Y., Lang M., Wang J. A fuzzy chance-constrained programming model for road–rail multimodal hazardous materials transportation under demand uncertainty // Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review. 2017. Vol. 101. P. 59–78. DOI: 10.1016/j.tre.2017.02.006.

20. Zhang Y., Zhao L., Huang H., Li J. Multi-objective hazardous materials routing problem with interval type-2 fuzzy uncertainty // Expert Systems with Applications. 2021. Vol. 168. Article 114373. DOI: 10.1016/j.eswa.2020.114373.

21. Sun Y., Lang M., Wang J., Xu X. A fuzzy credibilistic chance-constrained programming model for road–rail multimodal transportation of

hazardous materials // *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*. 2018. Vol. 110. P. 157–178. DOI: 10.1016/j.tre.2017.12.006.

22. Буц Ю. В., Крайнюк О. В., Козодой Д. С., Барбаши В. В. Модель оцінювання ризиків надзвичайних подій під час технологічних операцій з вагонами небезпечних вантажів на сортувальній станції. Системи та технології. 2021. № 3. С. 78–86. DOI: 10.15802/stp2018/134347.

23. Чехунов Д. М. Формування моделі оцінки ризиків на сортувальній станції при оперуванні вагонами з небезпечними вантажами із використанням математичних апаратів нечіткої логіки та байєсових мереж // *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2018. № 1. С. 52–59. DOI: 10.18664/ikszt.v0i1.126274.

24. Samsonkin V. N. Development of an approach for operative control over railway transport technological safety based on the identification of risks in the indicators of its operation. *Вісник економіки транспорту і промисловості*. 2019. № 66. С. 12–20.

25. Бутько Т. В., Прохоров В. М., Чехунов Д. М. Intelligent control of marshalling yards at transportation of dangerous goods based on multiobjective optimization. *Science and Transport Progress. Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport*. 2018. № 5. С. 41–52. DOI: 10.15802/stp2018/145470.

26. Бутько Т. В., Гой Т. А. Організація перевезень небезпечних вантажів на тактичному рівні. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2015. № 2. С. 12–18.

27. Бутько Т. В., Музыкiна С. I. Формування моделі оперативного управління процесом просування вагонів з небезпечними вантажами у підсистемі «технічна станція — прилегла дільниця» на базі нечіткої ситуаційної мережі. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2016. № 4. С. 19–27.

28. Batarlienė N., Jarašūnienė A. Analysis of the accidents and incidents occurring during the transportation of dangerous goods by railway transport. Transport. 2014. Vol. 29, No. 4. P. 395–400. DOI: 10.3846/16484142.2014.983967

29. Поспелов, Д.А. Ситуационное управление: теория и практика : учебн. / Поспелов Д.А. – М.: Наука, 2008. – 228 с.

30. Мелихов, А. Н. Ситуационные советующие системы с нечеткой логикой: учебн. / А. Н.Мелихов , Л. С.Берштейн , С. Я.Коровин . – М.: Наука, 1990. – 272 с.

31. Островский А.М. Актуальные проблемы перевозок опасных грузов и возможные пути их решения / А.М. Островский, В.И. Медведев// Наука и транспорт. - 2006. - С. 14-17.

32. Поспелов, Д.А. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта : учебн.пос. / Д.А.Поспелов. – М.: Наука, 1986. – 312 с.

33. Заде, Л. А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений : учебн.пос./ Л. А.Заде. – М.: Мир, 1976. – 168 с.

34. Zadeh, L. A. Fuzzy Sets / L. A.Zadeh // Information and Control, 1965. – vol. 8. – P. 338-353.

35. Thole, U. On the suitability of minimums and products operators for intersection of fuzzy sets / U.Thole, H.J.Zimmermann, P.Zysno// Fuzzy Sets and Systems, 1979. –v.2. – p.167-180.

36. Музикіна, Г.І. Вибір технології обслуговування составів в приймально- відправних парках залізничних станцій /Г.І. Музикіна, С.І. Музикіна // Тези 69-ї студентської конференції «Науково-технічний прогрес на залізничному транспорті», Дніпропетровськ, 2009 р. – С. 92-93.

37. Штовба, С.Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB : учебн. / С.Д. Штовба. – М: Горячая линия–Телеком, 2007. – 288 с.

38. Буреш, О.В. Нечеткая альтернативная сетевая модель анализа и планирования проекта в условиях неопределенности / О.В. Буреш, М.А. Беляева // Вестник ОГУ. – 2010. – №13(119). – С. 254-258.
39. Yen, G.G. Constructing a fuzzy rule-based system using the ILFN network and genetic algorithm:/ G.G. Yen, P. Meesad // Int. J. Neural Syst., 2001. –Vol. 11, No. 5. – P. 427-443.
40. Островский А.М. Актуальные проблемы перевозок опасных грузов и возможные пути их решения / А.М. Островский, В.И. Медведев// Наука и транспорт. - 2006. - С. 14-17.
41. Ротштейн, О.П. Проектування нечітких баз знань. Лабораторний практикум та курсове проектування: навч. посіб. / Ротштейн О.П., Штовба С.Д. - Вінниця: ВДТУ.- 1999.- 65с.
42. Fuzzy Logic Toolbox. : User's Guide. Versions. The MathWorks, Inc, 1999.- 235p.
43. Обеспечение безопасности перевозок опасных грузов железнодорожным транспортом: / 2-е изд. Под ред. А.В. Кириченко. – Транспорт, 2004. 160 с.
44. Желібо Є.П., Заверуха Н.М., Зацарний В.В. : Безпека життєдіяльності: Навчальний посібник для студентів вищих закладів освіти України I-IV рівнів акредитації. – К.: «Каравела», 2003.
45. . Кузьменко А.І, Величко М.А., Новіков О.В. Удосконалення планування перевезень вагонів з небезпечними вантажами на залізничній мережі.