

**Міністерство освіти і науки України  
Державний університет інфраструктури та технологій  
Київський інститут залізничного транспорту  
Факультет «Управління залізничним транспортом»  
Кафедра «Технологій транспорту та управління процесами перевезень»**



**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Декан факультету УЗТ

Олег СТРЕЛКО

«02» вересня 2024 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**Основи моделювання транспортних процесів**

**рівень вищої освіти перший (бакалаврський)**

**галузь знань**

**27 «Транспорт»**

(шифр і назва галузі знань)

**спеціальність**

**275.02 «Транспортні технології (на залізничному транспорті)»**

(шифр і назва спеціальності)

**освітньо-професійна програма «Транспортні технології на залізничному транспорті»**

2024 – 2025 навчальний рік

Робоча програма **Основи моделювання транспортних процесів** для студентів

Рівня вищої освіти «бакалавр»

за спеціальністю 275.02 «Транспортні технології (на залізничному транспорті)» Київ: ДУІТ, 2024.

Розробники: д.т.н., професор Лаврухін Олександр Валерійович



Робочу програму схвалено на засіданні кафедри «Технологій транспорту та управління процесами перевезень»

Протокол від «02» вересня 2024 року № 1

Завідувачка кафедри ТТУПП



Розалія ЩЕРБИНА

(підпис)

© ДУІТ, 2024 рік

© Лаврухін О.В., 2024 рік

## 1.1 Мета вивчення дисципліни

Дисципліну «Основи моделювання транспортних процесів» можна вважати однією з основних профільюючих дисциплін, яка дозволить майбутньому фахівцю транспортної галузі формувати моделі транспортних процесів будь-якої складності в сучасних умовах використовуючи автоматизовані засоби обробки інформації.

Згідно з кваліфікаційною характеристикою фахівець у галузі транспортних технологій повинен бути підготовленим до виробничо-технічної та проектної діяльності по формуванню і просуванню інформаційних, вантажних і пасажирських потоків в оптимальному режимі з використанням наукових методів і передового досвіду.

## 1.2 Задачі вивчення дисципліни

По закінченню курсу студент повинен:

1.2.1 **Знати** основні методи та підходи щодо формування моделей транспортних процесів будь-якої складності, технологію роботи лінійних підрозділів в термінах притаманних нечітко-визначеним процесам, технологію функціонування залізничних дільниць із застосуванням відповідних моделей для її покращення, систему сучасного диспетчерського управління процесом перевезень в умовах застосування семантичних правил.

1.2.2 **Уміти** розробляти моделі технологічних процесів роботи залізничних станцій усіх категорій, визначати необхідний та достатній перелік вхідних та вихідних параметрів моделей, які описують визначені процеси на диспетчерських дільницях; визначати систему тягового забезпечення залізничних перевезень і потрібну кількість локомотивних бригад в невизначених умовах; формувати автоматизовані моделі управління рухом поїздів із застосуванням передових математичних та комп'ютерних технологій.

1.2.3 **Мати** уявлення про сучасний стан інформаційного забезпечення залізничної мережі України та Європи.

### Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни
		денна форма навчання
Кількість кредитів – 4	<b>Галузь знань 27</b> Транспорт	Вибіркова
	<b>Спеціальність 275.02</b> Транспортні технології (на залізничному транспорті)	
Модулів – 2	Транспортні технології на залізничному транспорті	Рік підготовки
Змістових модулів – 15		3-й
Індивідуальне науково-дослідне завдання у вигляді реферату, тез конференції, статті		Семестр
Загальна кількість годин – 120 год.		6
		Лекції
Тижневих годин для денної форми навчання: II семестр аудиторних – 3 год. самостійної роботи студента – 5 год.	Рівень вищої освіти: <b>Перший (бакалавр)</b>	30 год.
		Практичні
		15 год.
		Самостійна робота
		75 год.
		Залік

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить (%):

для денної форми навчання – 58 %

## **Компетентності, якими повинен оволодіти здобувач**

**ЗК-5** – Навики використання інформаційних і комунікаційних технологій.

**ЗК-8** – Здатність розробляти та управляти проектами.

**ЗК-12** – Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

**ЗК-13** – Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

**СК-1** – Здатність аналізувати та прогнозувати параметри і показники функціонування транспортних систем та технологій з урахуванням впливу зовнішнього середовища.

**СК-9** – Здатність оцінювати експлуатаційні, техніко-економічні, технологічні, правові, соціальні, та екологічні складові організації перевезень.

**СК-13** – Здатність оцінювати плани та пропозиції щодо організації та технології перевезень, складені іншими суб'єктами, та вносити необхідні зміни виходячи з техніко-експлуатаційних параметрів та принципів функціонування об'єктів та пристроїв транспортної інфраструктури, транспортних засобів (суден).

## **Програмні результати навчання**

**РН-5** – Застосовувати, використовувати сучасні інформаційні і комунікаційні технології для розв'язання практичних завдань з організації перевезень та проектування транспортних технологій.

**РН-6** – Досліджувати транспортні процеси, експериментувати, аналізувати та оцінювати параметри транспортних систем та технологій.

**РН-11** – Класифікувати та ідентифікувати транспортні процеси і системи. Оцінювати параметри транспортних систем. Виконувати системний аналіз та прогнозування роботи транспортних систем.

**РН-15** – Оцінювати параметри транспортних потоків. Проектувати схеми і мережі транспортних систем. Розробляти технології оперативного управління транспортними потоками.

**РН-18** – Досліджувати види і типи транспортних систем. Знаходити рішення оптимізації параметрів транспортних систем. Оцінювати ефективність інфраструктури та технології функціонування транспортних систем.

**РН-19** – Пояснювати експлуатаційну, техніко-економічну, технологічну, правову, соціальну та екологічну ефективність організації перевезень.

**РН-23** – Розпізнавати якісні і кількісні показники експлуатації транспортних засобів (суден). Оцінювати елементи конструкції транспортних засобів (суден). Установлювати зв'язок між елементами конструкції транспортних засобів (суден).

# Програма навчальної дисципліни

## МОДУЛЬ 1

### Змістовний модуль 1

#### «Основні принципи моделювання та їх застосування при побудові моделей»

**Тема 1.** Основні поняття та сфери застосування моделей в транспортній галузі. Об'єкт і його модель. Класифікація моделей за ознакою мети. Абстрактні і матеріальні моделі. Статистичні динамічні моделі. Властивості моделей. Адекватність моделей. Класифікація інформаційних систем. Основні ознаки класифікації. Класифікація інформаційних систем: за призначенням; за видом діяльності; за структурою апаратних засобів.

**Тема 2.** Сфери практичного застосування моделей транспортних процесів. Визначення основних напрямків реалізації та впровадження моделей на залізничному транспорті. Огляд автоматизованих систем управління (АСУ) на залізничному транспорті. Визначення недоліків діючих автоматизованих систем управління. Шляхи подолання недоліків діючих АСУ.

**Тема 3.** Аналітичні передумови створення нечітких моделей прогнозу. Досліджуються питання про доцільність прогнозування певної величини. Визначаються основні методи прогнозування. Пропонується альтернатива всім діючим методам метод нечіткої логіки.

**Тема 4.** Аналітичне визначення припустимих обмежень прогнозу. Визначається припустимі обмеження та глибина прогнозування визначеної величини. Перехід на глобальному рівні до термінів і методів нечіткої логіки.

**Тема 5.** Розробка моделі прогнозування потрібної кількості вагонів для виконання плану перевезень на основі нечіткої логіки. Визначення поняття - вагонопотоки в термінах нечіткої логіки. Визначення та групування категорій меж та глибини прогнозування. Формування методики розрахунку динамічного корегування місцеположення точки  $J$ .

**Тема 6.** Розробка математичної моделі корегування вагонопотоків на основі нечіткої логіки.

В суміжній дисципліні курсу підготовки бакалаврів – Управління експлуатаційною роботою розглядаються основні методи розробки плану формування поїздів та організації вагонопотоків. Одним з недоліків існуючих методик є відсутність можливості для оперативного корегування вагонопотоків та плану формування вантажних поїздів згідно з оперативною ситуацією, яке в свою чергу базується на оптимізації системи поїздоутворення.

**Тема 7.** Розробка математичної моделі виконання плану формування поїздів на основі теорії нечітких множин з урахуванням декадної нерівномірності.

Формування досвіду створення величини відправлення вагонів зі станції, яка може бути взята за основу побудови функцій приналежності. Це в основному залежить від нерівномірності відправлення вагонів зі станції протягом місяця, яка в свою чергу залежить від наближення до звітного періоду коли підприємства повинні “закрити” план перевезень вантажів.

## **МОДУЛЬ 2**

### **Змістовний модуль 2**

#### **«Застосування моделей для оптимізації транспортних процесів»**

**Тема 8.** Визначення основних параметрів математичної моделі раціонального поїздоутворення в умовах нечіткої вихідної інформації.

Визначено, що головними проблемами, при створенні систем прийняття рішення з нечіткою логікою, є зіставлення описів станів об’єкту прийняття рішень з еталонним за умовами істинності продукцій, а також визначення послідовності перегляду й аналізу продукції при виведенні рішень. В залежності від того, як вирішуються ці задачі, ситуаційні системи прийняття рішень з нечіткою логікою поділяються на два класи: “ситуація – дія” (С-Д) і “ситуація - стратегія управління - дія”. Задача зіставлення описів вирішується однаково в системах обох класів: на основі набору еталонних описів об’єкту управління у вигляді нечітких ситуацій – нечітких множин другого рівня на множині ознак.

**Тема 9.** Формування математичної моделі раціонального поїздоутворення в умовах нечіткої вихідної інформації.

Формування математичної моделі раціонального поїздоутворення в умовах нечіткої вихідної інформації визначимо поріг  $t_{inc}$ , якій використовується для нечіткого включення ситуацій, він в даному випадку, є обмеженням на потрібну ступень вірогідності для визначення нечіткого включення ситуацій. Визначено чим вище поріг  $t_{inc}$ , тим вище ступень вірогідності рішень про нечітке включення або невключення ситуацій одна в одну.

**Тема 10.** Рекомендації щодо удосконалення локально-обчислювальних мереж в умовах використання моделей нечіткої логіки на полігоні Дирекції залізничних перевезень.

Аналіз результатів поширення масштабів використання ПЕОМ, які істотно впливають на архітектуру інформаційно-обчислювальних систем. ПЕОМ дозволяє реалізувати ефективні процеси обробки великого масиву даних в інтересах кінцевого користувача. Об’єднання ПЕОМ у локально-обчислювальні мережі (ІКМ) дозволяє реалізувати колективне використання даних та інтегроване їх ведення, що відбивається на ефективності роботи структури в цілому.

**Тема 11.** Реалізація моделей прогнозування та поїздоутворення на основі нечіткої логіки та ситуаційної системи прийняття рішень.

Доведено, що поширення масштабів використання ПЕОМ істотно впливає на архітектуру інформаційно-обчислювальних систем. Визначено, що ПЕОМ дозволяє реалізувати ефективні процеси обробки великого масиву даних в інтересах кінцевого

користувача. Доведено, що об'єднання ПЕОМ у локально-обчислювальні мережі (ІКМ) дозволяє реалізувати колективне використання даних та інтегроване їх ведення, що відбивається на ефективності роботи структури в цілому.

**Тема 12.** Формування ризик-орієнтованої технології формування вантажних поїздів з небезпечними вантажами.

**Тема 13.** Визначення ризикової складової моделі.

Визначається, що однією з головних проблем при формуванні составів поїздів з вагонами, що завантажені НВ, є відсутність наукового обґрунтування залежності величини наслідків аварійних ситуацій від комбінації вагонів з НВ в таких поїздах. Значається важливим завданням розробок комплексного критерію оцінювання наслідків аварійних ситуацій з небезпечними вантажами з урахуванням сумісного розташування вагонів з НВ різних класів при формуванні «безпечного» поїзда.

**Тема 14.** Формування автоматизованої технології активного моніторингу за перевезеннями небезпечних вантажів по залізниці.

Доводиться доказ, що в сучасних умовах доволі гостро постають питання підвищення прибутковості від перевезень залізничним транспортом. Показана можливість як за рахунок отримання прямих грошових надходжень так і за рахунок збереження існуючого устаткування яке може базуватися на підсиленні технологічної основи організації перевізного процесу.

**Тема 15.** Моделювання активного моніторингу перевезень небезпечних вантажів по залізниці та отримання результатів..

Зазначено, що оперативні обставини на лінійних залізничних підрозділах та полігонах постійно змінюються і можуть суттєво відрізнитися від планів, що були складені на зміну чи добу і тим більше на рік. Визначається оперативний працівник, в даному випадку поїзний диспетчер повинен прогнозувати наперед такі зміни, а в окремих випадках миттєво приймати обґрунтовані рішення оперативного корегування НГРП.

## 4. Структура навчальної дисципліни

### 3 курс II семестр

5

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	усього	денна форма				
		у тому числі				
		л	п	лаб.	інд.	с. р.
1	2	3	4	5	6	7
<b>МОДУЛЬ 1 «Основні принципи моделювання та їх застосування при побудові моделей»</b>						
<b>ЗМ 1 «Основні принципи моделювання та їх застосування при побудові моделей»</b>						
Тема 1 Основні поняття та сфери застосування моделей в транспортній галузі	9	2	2			5
Тема 2 Сфери практичного застосування моделей транспортних процесів	7	2				5
Тема 3 Аналітичні передумови створення нечітких моделей прогнозу	9	2	2			5
Тема 4 Аналітичне визначення припустимих обмежень прогнозу	7	2				5
Тема 5 Розробка моделі прогнозування потрібної кількості вагонів для виконання плану перевезень на основі нечіткої логіки	9	2	2			5
Тема 6 Розробка математичної моделі корегування вагонопотоків на основі нечіткої логіки	7	2				5
Тема 7 Розробка математичної моделі виконання плану формування поїздів на основі теорії нечітких множин з урахуванням декадної нерівномірності	9	2	2			5
<b>Усього годин за модулем 1</b>	<b>57</b>	<b>14</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>35</b>
<b>МОДУЛЬ 2 «Застосування моделей для оптимізації транспортних процесів»</b>						
<b>ЗМ 2 «Застосування моделей для оптимізації транспортних процесів»</b>						
Тема 8 Визначення основних параметрів математичної моделі раціонального поїздоутворення в умовах нечіткої вихідної інформації		2				5
Тема 9 Формування математичної моделі раціонального поїздоутворення в умовах нечіткої вихідної інформації		2	2			5
Тема 10 Рекомендації щодо удосконалення локально-обчислювальних мереж в умовах використання моделей нечіткої логіки на полігоні Дирекції залізничних перевезень		2				5
Тема 11 Реалізація моделей прогнозування та поїздоутворення на основі нечіткої логіки та ситуаційної системи прийняття рішень		2	2			5
Тема 12 Формування ризик-орієнтованої технології формування вантажних поїздів з небезпечними вантажами		2				5
Тема 13 Визначення ризикової складової моделі		2	1			5
Тема 14 Формування автоматизованої технології активного моніторингу за перевезеннями небезпечних вантажів по залізниці		2				5
Тема 15 Моделювання активного моніторингу перевезень небезпечних вантажів по залізниці та отримання результатів.		2				5
<b>Усього годин за модулем 2</b>		<b>16</b>	<b>7</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>40</b>
<b>Усього годин</b>		<b>30</b>	<b>15</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>75</b>

### 5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
	Не передбачені	

### 6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1.	Довільно обрати автоматизовану систему управління транспортним процесом. Надати їй повну характеристику з візуалізацією інтерфейсу	2
2.	Розробити модель довільного транспортного процесу у загальному вигляді з повним описом всіх вхідних параметрів	2
3.	Розробити модель прогнозування транспортного процесу в термінах нечіткої логіки та теорії нечітких множин	2
4.	Визначити основні вхідні параметри моделі виконання планових обсягів транспортного процесу в невизначених умовах	2
5.	Запропонувати модель раціональної організації вагоно- та поїздопотоків на обраному залізничному полігоні в умовах нестабільності.	2
6.	Розробити алгоритм реалізації будь-якої моделі з попередніх завдань з метою її реалізації на автоматизованому робочому місці (АРМ) відповідного працівника	2
7.	Створити тесовий інтерфейс для відповідного АРМ при реалізації розробленої моделі.	3
<b>Всього:</b>		<b>15</b>

### 7. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
		денна
1.	<b>Тема 1</b> Основні поняття та сфери застосування моделей в транспортній галузі	5
2.	<b>Тема 2</b> Сфери практичного застосування моделей транспортних процесів	5
3.	<b>Тема 3</b> Аналітичні передумови створення нечітких моделей прогнозу	5
4.	<b>Тема 4</b> Аналітичне визначення припустимих обмежень прогнозу	5
5.	<b>Тема 5</b> Розробка моделі прогнозування потрібної кількості вагонів для виконання плану перевезень на основі нечіткої логіки	5
6.	<b>Тема 6</b> Розробка математичної моделі корегування вагонопотоків на основі нечіткої логіки	5
7.	<b>Тема 7</b> Розробка математичної моделі виконання плану формування поїздів на основі теорії нечітких множин з урахуванням декадної нерівномірності	5
8.	<b>Тема 8</b> Визначення основних параметрів математичної моделі раціонального поїздоутворення в умовах нечіткої вихідної інформації	5
9.	<b>Тема 9</b> Формування математичної моделі раціонального	5

	поїздоутворення в умовах нечіткої вихідної інформації	
10.	<b>Тема 10</b> Рекомендації щодо удосконалення локально-обчислювальних мереж в умовах використання моделей нечіткої логіки на полігоні Дирекції залізничних перевезень	5
11.	<b>Тема 11</b> Реалізація моделей прогнозування та поїздоутворення на основі нечіткої логіки та ситуаційної системи прийняття рішень	5
12.	<b>Тема 12</b> Формування ризик-орієнтованої технології формування вантажних поїздів з небезпечними вантажами	5
13.	<b>Тема 13</b> Визначення ризикової складової моделі	5
14.	<b>Тема 14</b> Формування автоматизованої технології активного моніторингу за перевезеннями небезпечних вантажів по залізниці	5
15.	<b>Тема 15</b> Моделювання активного моніторингу перевезень небезпечних вантажів по залізниці та отримання результатів.	5
	<b>Разом:</b>	<b>75</b>

В рамках виконання самостійної роботи студенти денної форми навчання опрацьовують матеріал усіх тем, виданих викладачем після лекції та практичного заняття. Періодично перевіряється стан і відсоток виконання практичних робіт з підведенням проміжних підсумків з виставлянням попередніх балів за відповідний змістовний модуль.

### **8 Методи навчання**

Лекції, практичні заняття, проведення комп'ютерного тестування при оцінюванні лекційного матеріалу, усне фронтальне опитування.

### **9. Методи контролю**

Тести, виконані практичні роботи у письмовому або електронному вигляді (відповідно змістового модуля), фронтальне усне опитування, підсумковий контроль (залік).

### **10. Розподіл балів, які отримують студенти**

Практичні роботи, які здаються із порушенням термінів без поважних причин, оцінюються на нижчу оцінку (70% від можливої максимальної кількості балів за вид діяльності).

Перескладання (дострокове складання) курсу відбувається з дозволу деканату за наявності поважних причин (наприклад, лікарняний).

Списування під час контрольних робіт та заліків заборонені (в т.ч. із використанням мобільних девайсів). Реферати повинні мати коректні текстові посилання на використану літературу.

Відвідування занять є обов'язковим. За об'єктивних причин навчання може відбуватись індивідуально (в он-лайн формі за погодженням із деканом факультету)

Консультації з навчальної дисципліни відбуваються згідно графіку консультацій як в класичній формі, так і в онлайн форматі (наприклад через Google Meet).

### ПОТОЧНЕ ОЦІНЮВАННЯ

Поточне оцінювання здійснюється за кожним завданням в межах модулів. Оцінюються і завдання, виконувані в аудиторії, і завдання, виконувані під час самостійної роботи. Протягом вивчення дисципліни здійснюється самоконтроль.

### ПІДСУМКОВЕ ОЦІНЮВАННЯ

Формою підсумкового контролю, що полягає в оцінці засвоєння здобувачем навчального матеріалу виключно на підставі результатів виконання певних видів робіт на практичних та лекційних заняттях дисципліни є залік. Залік за кредитно-трансферною системою виставляють здобувачам, які виконали всі види робіт і набрали не менше 60 % від 100 балів за результатами модульного контролю.

ШКАЛА ОЦІНЮВАННЯ: НАЦІОНАЛЬНА ТА ECTS			
Оцінка в балах	Оцінка за національною шкалою	Оцінка за шкалою ECTS	
		Оцінка	Пояснення
90-100	Відмінно («зараховано»)	A	«Відмінно» - теоретичний зміст курсу освоєний цілком, необхідні практичні навички роботи з освоєним матеріалом сформовані, всі навчальні завдання, які передбачені програмою навчання виконанні в повному обсязі, відмінна робота без помилок або з однією незначною помилкою.
82-89	Добре («зараховано»)	B	«Дуже добре» - теоретичний зміст курсу освоєний цілком, необхідні практичні навички роботи з освоєним матеріалом в основному сформовані, всі навчальні завдання, які передбачені програмою навчання виконанні, якість виконання більшості з них оцінено числом балів, близьким до максимального, робота з двома – трьома незначними помилками.
75-81		C	«Добре» - теоретичний зміст курсу освоєний цілком, практичні навички роботи з освоєним матеріалом в основному сформовані, всі навчальні завдання, які передбачені програмою навчання виконанні, якість виконання жодного з них не оцінено мінімальним числом балів, деякі види завдань виконані з помилками, робота з декількома незначними помилками, або з однією – двома значними помилками.
65-74	Задовільно («зараховано»)	D	«Задовільно» - теоретичний зміст курсу освоєний не повністю, але прогалини не несуть істотного характеру, необхідні практичні навички роботи з освоєним матеріалом в основному сформовані, більшість передбачених програмою навчання навчальних завдань виконано, деякі з виконаних завдань, містять помилки, робота з трьома значними помилками.
60-64		E	«Достатньо» - теоретичний зміст курсу освоєний частково, деякі практичні навички роботи не сформовані, частина передбачених програмою навчання навчальних завдань не виконані, або якість виконання деяких з них оцінено числом балів, близьким до мінімального, робота, що задовольняє мінімум критеріїв оцінки.
21-59	Незадовільно («не зараховано»)	FX	«Умовно незадовільно» теоретичний зміст курсу освоєний частково, необхідні практичні навички роботи не сформовані, більшість передбачених програм навчання, навчальних завдань не виконано, або якість їхнього виконання оцінено числом балів, близьким до мінімального; при додатковій самостійній роботі над матеріалом курсу можливе підвищення якості виконання навчальних завдань (з можливістю повторного складання), робота що потребує доробки
1-20		F	«Безумовно незадовільно» теоретичний зміст курсу не освоєно, необхідні практичні навички роботи не сформовані, всі виконані навчальні завдання містять грубі помилки, додаткова самостійна робота над матеріалом курсу не приведе до значимого

## 11. Методичне забезпечення

Методичне забезпечення дисципліни складає:

1. Опорний конспект лекцій;
2. Інтерактивний комплекс навчально-методичного забезпечення, яке складається з:
  - програми навчальної дисципліни;
  - текстів лекцій;
  - відомостей про самостійні роботи
  - модулів перевірки знань
  - питань заліку;
  - питання комп'ютерного тестового контролю;
  - рекомендованої літератури.

## 12. Рекомендована література

1. Lavrukhin, O., Kovalov, A., Kulova, D., Panchenko, A. (2019). Formation of a model for the rational placement of cars with dangerous goods in a freight train. *Procedia Computer Science*, 149. 28–35.
2. Lavrukhin, O., Kovalov, A., Schevcenko, V., Kyman, A., Kulova, D. (2019). Construction of an integrated criterion for estimating the consequences of emergencies involving dangerous goods. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2, 3 (98), 25-31.
3. Бутько, Т. В., Прохорченко, А. В., Киман, А. М. (2015) Формалізація технології організації групових поїздів оперативного призначення. *Східно-Європейський журнал передових технологій*, 4, 3 (76), 38–42. DOI: 10.15587/1729-4061.2015.47886
4. Lin, B., Zhao, Y. (2019). The systematic optimization of train formation in loading stations. *Symmetry*. 11, 11-18. doi:10.3390/sym11101238
5. Лаврухін, О. В., Киман, А. М. (2014). Аналіз діючої технологій формування та просування поїздопотоків в умовах існування групових поїздів оперативного призначення. *Збірник наукових праць ДонІЗТ*, 37, 14-20.
6. Папахов, О. Ю., Логвинова, Н. О. (2016). Математична модель розрахунку плану формування односторонніх наскрізних поїздів с використанням теорії множин. *Електрифікація транспорту*, 11, 93-99.
7. Божко, М. П., Мазуренко, О. О. (2011). Аналіз впливу оперативного формування двогрупних поїздів на окремі показники плану формування технічних станцій. *Транспортні системи і технології перевезень. Збірник наукових праць Дніпровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна*, 2, 22-30.
8. «Правила перевезення небезпечних вантажів», затверджені наказом Міністерства транспорту та зв'язку України від 25.11.2008 за № 1430 та зареєстровані в Міністерстві юстиції України від 26.02.2009 за № 180/16196.
9. Лаврухін О.В., Немировський Б.М. Удосконалення технології роботи контейнерних терміналів на основі впровадження інтелектуальних передових

технологій. Збірник наукових праць ДНУЗТ «Транспортні системи та технології перевезень». 2017. Вип. 13 С. 46-51.

10. Lavrukhin O., Zapara V., Baulina H., Zapara Y., Kyman A. Rationalization of Use of Alternative Rolling Stock for Transportation of Vegetable Cargo with Insufficient Number of Grain Hoppers. *International Journal of Engineering & Technologies*. 2018. №7(4.3). P. 251–256

11. Butko T., Prokhorchenko A., Golovko T., Prokhorchenko G. Development of the method for modeling the propagation of delays in non-cyclic train scheduling on the railroads with mixed traffic. *Eastern–European Journal of Enterprise Technologies*. 2018. Vol. 1, Issue 3 (91). P. 30–39. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.123141>

12. Бутько Т.В., Прохорченко А.В., Киман А.М. Формалізація технології організації групових поїздів оперативного призначення. *Східно-Європейський журнал передових технологій*. 2015. Вип.4/3 (76). С. 38-43.

13. Панченко С. В., Бутько Т. В., Прохоров В. М., Пархоменко Л. О. Удосконалення технології організації вагонопотоків шляхом формування автоматизованої системи розрахунку і забезпечення виконання плануформування поїздів. *Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля*. 2017. Вип. № 3. С. 136–142

14. Butko T., Prokhorov V., Kalashnikova T., Riabushka Y. Organization of railway freight short-haul transportation on the basis of logistic approaches. *Procedia Computer Science*. 2019. Vol. 149. P. 102–109.

15. Kozachenko, D. M., Zhuravel I. L., Zhuravel V. V. Especially the Functioning of Railway Stations in the Conditions of the Organization of Transport Dangerous Goods. *Транспортні системи та технології перевезень : зб. наук. пр. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. Лазаряна*. 2016. Вип. 12. С. 38–44. DOI: 10.15802/tstt2016/8595.

16. Matsiuk V., Myronenko V., Horoshko V. Improvement of efficiency in the organization of transfer trains at developed railway nodes by implementing a "flexible model". *Eastern–European Journal of Enterprise Technologies: Control processes*. 2019. Vol. 2, No. 3 (98) P. 32 – 39

17. Буц Ю. В., Крайнюк О. В., Козодой Д. С. Оцінка надзвичайних подій під

час перевезення небезпечних вантажів у контексті техногенного навантаження регіонів. Наука та прогрес транспорту Вісник ДНУЗТ ім. акад. В. Лазаряна. 2018. 3(75). С. 27-35.

18. Козодой Д. С., Пилипенко О. В., Матюшенко С. Ю., Кравченко Р. О., Романюк Я. О. Основні нормативні положення та вимоги при перевезенні залізничним транспортом радіоактивних матеріалів. Будівництво, матеріалознавство, машинобудування. 2018. Вип. 105. С. 124-130.

19. Kozachenko D., Vernigora R., Balanov V., Berezovy N., Yelnikova L., Germanyuk Yu. Evaluation of the transition to the organization of freight trains traffic by the schedule. Transport problems. 2016. Vol. 11, Issue 1. P. 41—48. doi: 10.20858/tp.2016.11.1.4.

20. Мироненко В. К., Кацман М. Д., Горбаха М. М., Мацюк В. І. Математична модель станів та надійності залізничної транспортної системи при перевезеннях небезпечних вантажів. Системи обробки інформації: збірник

наукових праць Харківського університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба. 2015. Вип. 9 (134). С. 161 – 167.

21. 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. Вип. 1. С. 35-41.

22. 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. 2012. Вип. 5. С. 13-16.

23. Solc M., Hovanec M. The Importance of Dangerous Goods Transport by Rail. *Nase more*. 2015. Vol. 62(3). P. 181-186.

24. Batarliene N., Jarasuniene A. Analysis of accident and incidents occurring during the transportation of dangerous goods by railway transport. *Transport*. 2014. Vol. 29(4). P. 395-400. doi:10.3846/16484142.2014.983967

25. Drzewieniecka B., Nowak M. Safety aspect in carriage of dangerous goods by railway transport. *New trends in production engineering*. 2018. Vol. 1. Issue 1. P. 35-41.

26. Medvedev V., Oshchepkov Z., Bogomolova E., Bogomolov V. Dangerous zone during transportation of dangerous goods. *E3S Web of Conferences*. 2019. Vol. 138. P. 1-9. doi: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201913802019>

27. Macciotta R., Robitaille S., Hendryc M., Derek Martin C. Hazard ranking for railway transport of dangerous goods in Canada. *Case studies on transport policy*. 2018. Vol. 6. Issue 6. P. 43-50.

28. Bagheri M., Saccomanno F. F., Fu L. Effective placement of dangerous goods cars in rail yard marshaling operation. *Canadian Journal of Civil Engineering*. 2010. Vol. 37, Issue 5. P. 753–762. doi: <https://doi.org/10.1139/110-015>

29. Bagheri M., Saccomanno F., Chenouri S., Fu L. Reducing the threat of in-transit derailments involving dangerous goods through effective placement along the

train consist. *Accident Analysis & Prevention*. 2011. Vol. 43, Issue 3. P. 613–620. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aap.2010.09.008>

30. Giacone M., Brattaa F., Gandinib P., Studerb L. Dangerous goods transportation by road: a risk analysis model and a Global Integrated Information System to monitor hazardous materials land transportation in order to protect territory. *Chemical Engineering Transaction*. 2012. Vol. 26. P. 579–584. doi: <http://doi.org/10.3303/CET1226097>

31. Majlingova A., Pantya P. Management of risks associated with dangerous goods transportation. *Vedelem Tudomany*. 2019. Vol. 2. P. 220-246.

32. Zhao H., Zhang N., Guan Y. (2018). Safety Assessment Model for Dangerous Goods Transport by Air Carrier. *Sustainability*. 2018. Vol. 10. Issue 5. P. 2-16. doi: <https://doi.org/10.3390/su10051306>

33. Ellis J. Undeclared dangerous goods – Risk implications for maritime transport. *WMU Journal of Maritime Affairs*. 2010. Vol. 9. P. 5-27. doi: <https://doi.org/10.1007/BF03195163>

34. Лаврухін О.В., Кульова Д.О. Перспективи розвитку передових технологій небезпечних вантажів в умовах використання передових технологій. Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті: тези 29-ї Міжнар. наук.-практ. конф. Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. (Черноморськ, 27-29 вер. 2016р.). Черноморськ: УкрДУЗТ, 2016. С. 2.

35. Лаврухін О.В., Кульова Д.О. Обґрунтування доцільності формування інтелектуальної технології оперативного супроводження процесу перевезення небезпечних вантажів. Актуальні проблеми сучасного управління соціально-економічних, технічних та гуманітарних системах: тези наук.-практ. конф. (Сєверодонецьк, 24-26 лист. 2016р.). Сєверодонецьк: Східноукраїнський національний університет імені В. Даля, 2016. С. 68-71.

36. Лаврухін О.В., Кульова Д.О. Перспективи створення інтелектуальної автоматизованої технології формування поїздопотоків з небезпечними вантажами різних категорій та класів безпеки. Сучасні інформаційні та комунікаційні технології на транспорті, в промисловості та освіті: тези X

Міжнар. наук.-практ. конф. (Дніпро, 14-15 груд. 2016 р.). Дніпро: ДНУЗТ, 2016. С. 30-31.

37. Лаврухін О.В., Кульова Д.О. Визначення підходів щодо розробки інтелектуальної технології формування та просування поїздопотоків з небезпечними вантажами різних груп сумісності. Проблеми розвитку транспорту і логістики: тези VII Міжнар. наук.-практ. конф. (Сєверодонецьк- Одеса, 26-28 квіт. 2017 р.). Сєверодонецьк-Одеса: Східноукраїнський національний університет імені В. Даля, 2017. С. 96-97.

38. Лаврухін О.В., Киман А.М., Кульова Д.О. Формування математичної моделі раціональної композиції рухомого складу із вагонами з небезпечними вантажами. Розвиток наукової та інноваційної діяльності на транспорті: тези 80-ї Міжнар. наук.-техн. конф. (Харків, 24-26 квіт. 2018 р.). Харків: УкрДУЗТ, 2018. С. 133-134.

39. Лаврухін О.В., Кульова Д.О. Формування математичної моделі пошуку раціональних варіантів формування і просування поїздів з небезпечними вантажами різних класів. Технології та інфраструктура транспорту: тези Міжнар. наук.-техн. конф. (Харків, 14-16 трав. 2018 р.). Харків: УкрДУЗТ, 2018. С. 191-192.