

Український державний університет залізничного транспорту


Кафедра транспортних систем та логістики

**ДОСЛІДЖЕННЯ ШЛЯХІВ ОПТИМІЗАЦІЇ ПАСАЖИРСЬКИХ
ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ**

Пояснювальна записка та розрахунки
до кваліфікаційної роботи

ДШОПЗ.300.00.00.000 ПЗ

Розробила студентка групи 213-ОПУТ-323
спеціальності 275 / 275.02 (роботу
виконано самостійно, відповідно до
принципів академічної доброчесності)


Юлія ТКАЧУК
(підпис)

Керівник: доцент, к-т техн. наук
Ганна ПРИМАЧЕНКО

Рецензент: професор, д-р техн. наук
Олександр ОГАР

2025

АНОТАЦІЯ

Дана кваліфікаційна робота включає в себе 18 слайдів презентації, 69 аркушів пояснювальної записки формату А4, що включає 9 рисунків, 3 таблиці, 33 літературних джерел.

Ключові слова: ПАСАЖИРОПОТІК, ЛОГІСТИКА, ЗАЛІЗНИЧНИЙ ТРАНСПОРТ, ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА, ЗАЛІЗНИЧНА СТАНЦІЯ.

Об'єктом дослідження є процес переміщення пасажиропотоків при залізничних перевезеннях.

Метою дослідження є оптимізація діяльності залізничного транспорту у сфері пасажирських перевезень за рахунок оптимізації переміщення пасажиропотоків у поїздах та зменшення тривалості їх знаходження у русі за рахунок удосконалення технології обробки пасажирських поїздів на території пасажирських станцій.

У кваліфікаційній роботі запропоновано динамічну модель визначення оптимальних маршрутів руху пасажиропотоків у пасажирських поїздах, мета якої спрямована на оптимізацію процесу просування поїздів, що дозволяє отримати позитивний економічний ефект від використання залізничної інфраструктури.

Розроблена технологія покращення процесу роботи залізничних станцій, що сприятиме зменшенню часу поїздки пасажирів.

Отримана технологія пошуку можливих шляхів задля усунення вузьких місць та удосконалення роботи з пасажиропереvezень на основних напрямках руху.

Визначено адекватність виявлених методів оптимізації роботи станції, оцінено економічну доцільності впровадження удосконаленої технології роботи станції.

ABSTRACT

This qualification work includes 18 presentation slides, 69 sheets of explanatory notes in A4 format, including 9 figures, 3 tables, 33 literary sources.

Keywords: PASSENGER FLOW, LOGISTICS, RAILWAY TRANSPORT, ECONOMIC ASSESSMENT, RAILWAY STATION.

The object of the study is the process of moving passenger flows in railway transportation.

The purpose of the study is to optimize the activities of railway transport in the field of passenger transportation by optimizing the movement of passenger flows in trains and reducing the duration of their stay in motion by improving the technology of handling passenger trains on the territory of passenger stations.

The qualification work proposes a dynamic model for determining the optimal routes of passenger flows in passenger trains, the purpose of which is aimed at optimizing the process of moving trains, which allows obtaining a positive economic effect from the use of railway infrastructure.

A technology has been developed to improve the process of working at railway stations, which will help reduce passenger travel time.

A technology has been obtained to search for possible routes to eliminate bottlenecks and improve passenger transportation on the main routes.

The adequacy of the identified methods for optimizing the station's operation has been determined, and the economic feasibility of implementing improved station operation technology has been assessed.

Український державний університет залізничного транспорту

Факультет управління процесами перевезень

Кафедра транспортних систем та логістики

Освітній рівень: магістр

Спеціальність 275.02 «Транспортні технології (на залізничному транспорті)»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри,

професор, д-р техн. наук



Д. В. Ломотко

«___» _____ 2025 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

Ткачук Юлії Володимирівні

1 Тема роботи «Дослідження шляхів оптимізації пасажирських залізничних перевезень»

керівник Примаченко Ганна Олександрівна, канд. техн. наук, доцент
затверджена розпорядженням по факультету управління процесами перевезень
від №12/24 від 30.09.2024 р.



2 Строк подання студентом роботи 01 січня 2025 року.

3 Вихідні дані до роботи показники роботи залізничних станцій України щодо приймання та відправлення пасажирських поїздів, дослідження технології приймання та відправлення пасажирських поїздів на залізничних станціях України.

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) аналіз літературних джерел, наукових досліджень в області дослідження технології організації руху пасажирських поїздів, технології формування маршрутів приймання та відправлення пасажирських поїздів, розробка моделі удосконалення технології приймання та відправлення поїздів на залізничних станціях, економічне обґрунтування впровадження.

5 Перелік графічного матеріалу. за необхідністю оговорюється з керівником.

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали, посада, науковий ступінь консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання одержав
Техніко-економічне обґрунтування запропонованих заходів	Балака Є. І. доцент, к. е. н.	22.05.24 	27.12.24 

7. Дата видачі завдання «22» травня 2024 року.

Календарний план

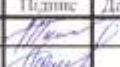



№ з/п	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз роботи залізничних станцій України при прийманні та відправленні пасажирських поїздів	21.08.2024	
2	Дослідження перспектив підвищення пропускної спроможності залізничних станцій	18.09.2024	
3	Побудова універсальної моделі пасажирської залізничної станції	18.10.2024	
4	Економічне обґрунтування впровадженнь	27.12.2024	

Студент  Юлія ТКАЧУК

Керівник  Ганна ПРИМАЧЕНКО

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	8
ВСТУП.....	9
1 АНАЛІЗ ОРГАНІЗАЦІЇ РОБОТИ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ У СФЕРІ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В УКРАЇНІ.....	13
1.1 Аналіз організації пасажирських перевезень в Україні.....	13
1.2 Аналіз основних показників роботи залізничного транспорту України у сфері пасажирських перевезень.....	16
1.3 Аналіз досліджень питання удосконалення технології виконання поїзної роботи на пасажирських залізничних станціях України.....	20
1.4 Висновки з першого розділу.....	22
2 ФОРМУВАННЯ МОДЕЛІ ОРГАНІЗАЦІЇ ПОЇЗДНОЇ РОБОТИ ПАСАЖИРСЬКИХ ЗАЛІЗНИЧНИХ СТАНЦІЙ УКРАЇНИ.....	23
2.1 Аналіз методів теоретичного дослідження процесу приймання та відправлення поїздів з залізничних станцій.....	23
2.2 Формалізація процесу роботи пасажирських залізничних станцій України при прийманні та відправленні поїздів.....	27
2.3 Побудова моделей технології роботи пасажирських залізничних станцій при прийманні та відправленні поїздів.....	29
2.4 Висновки до другого розділу.....	32
3 МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ОПТИМІЗАЦІЇ ДІЯЛЬНОСТІ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ У СФЕРІ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ.....	34
3.1 Вхідна та вихідна інформація математичної моделі оптимізації діяльності залізничного транспорту у сфері пасажирських перевезень.....	34

					ДШОПЗ.300.00.00 ПЗ				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Ткачук Ю. В.			Дослідження шляхів оптимізації пасажирських залізничних перевезень	Літ.	Арк.	Акрюшки	
Перевір.		Примаченко Г. О.					4	69	
Н. Контр.		Личков Д. С.				УкрДУЗТ			
Затверд.		Лозотьяко Д. В.				6			

3.2	Опис структури моделі ліквідації ворожих маршрутів пасажирських поїздів у горловинах станцій.....	37
3.3	Висновки з третього розділу.....	46
4	ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНОГО ЕФЕКТУ ВІД ОПТИМІЗАЦІЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПАСАЖИРСЬКИХ ЗАЛІЗНИЧНИХ СТАНЦІЙ УКРАЇНИ ПРИ ПРИЙМАННІ ТА ВІДПРАВЛЕННІ ПОЇЗДІВ.....	47
4.1	Аналіз результатів удосконалення технології роботи пасажирських залізничних станцій України при прийманні та відправленні поїздів.....	47
4.2	Визначення економічної ефективності від удосконалення технології роботи пасажирських залізничних станцій України при прийманні та відправленні поїздів.....	48
4.3	Висновки з четвертого розділу.....	55
	ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	57
	ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	59
	Додаток А Аналіз кількісних та якісних показників пасажирських залізничних перевезень України.....	63
	Додаток Б Моделювання технології роботи пасажирського комплексу.....	66
	Додаток В Програмний продукт ліквідації ворожих маршрутів у горловинах станцій.....	68
	Додаток Г Розклад руху поїзду 63/64 сполученням Харків – Київ «Оберіг».....	69

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АРМ – автоматизоване робоче місце;

АСК ПП УЗ – автоматизована система керування пасажирськими перевезеннями Укрзалізниці;

ГРПП – графік руху пасажирських поїздів;

ЕОМ – електронна обчислювальна машина;

КМУ – Кабінет Міністрів України;

АТ «Українська залізниця» – Акціонерне товариство «Українська залізниця»;

ПК – пасажирський комплекс;

ПП – програмний продукт;

ПС – пасажирська станція;

ПТО – пункт технічного огляду;

ПТС – пасажирська технічна станція;

ПФПП – план формування пасажирських поїздів;

СППР – система підтримки прийняття рішень;

ТО – технічний огляд.

ВСТУП

Сьогодні спад активності базових галузей економіки призводить до зменшення інтенсивності перевезень, збитковості українських залізниць в цілому і пасажирських перевезень зокрема.

Залізничний транспорт – одна з найважливіших галузей України, вид транспорту, що виконує понад 37% пасажирообігу. Залізничний транспорт відіграє важливу роль у функціонуванні та розвитку транспортного ринку країни і задоволенні потреби населення в пересуванні. Основна роль залізниць визначається значними відстанями перевезень від головних центрів країни до її зовнішніх кордонів.

Невідповідність матеріально-технічної бази потребам залізничного транспорту, значний знос основних виробничих фондів, недосконала політика ціноутворення, загострення конкуренції з боку автомобільного транспорту, низька якість транспортних послуг – все це призводить до необхідності перехресного субсидування пасажирських перевезень за рахунок вантажних. Крім того, виявлені проблеми обумовлюють падіння конкурентоспроможності пасажирських залізничних перевезень.

Порівняно з іншими видами пасажирського транспорту залізниці мають низку переваг, з яких найбільш важливими є регулярність перевезень незалежно від пори року, часу доби та погодних умов; невисока вартість перевезень порівняно з вартістю перевезень іншими видами транспорту; можливість користування спальними місцями при переміщенні; розташування залізничних вокзалів у центрах міст чи близько них.

У сучасних умовах до залізничного пасажирського транспорту України ставляться високі вимоги щодо якості, регулярності й надійності надання транспортних послуг. В умовах ринкової економіки одним із визначальних факторів, що сприяє встановленню та закріпленню позиції лідера на транспортному ринку, є конкурентоспроможність залізничного транспорту. До того ж, стан транспортної інфраструктури має відповідати вимогам

європейських країн. При існуючому стані технічного оснащення, яке потребує оновлення майже на 80%, постає задача оптимізації технологічної роботи пасажирських комплексів (ПК) для ефективної організації процесу перевезень. Це необхідно для отримання економічного ефекту, результати якого стануть поступово використовуватися для оновлення рухомого складу.

Також однією з головних задач залізниці стає залучення платоспроможних пасажирів, бо, як свідчить звітність, з кожним роком частина пільгового контингенту серед споживачів послуг пасажирського залізничного транспорту постійно зростає, що при майже відсутності дотацій призводить до ще більшої збитковості пасажирських перевезень, тому підвищення доходності пасажирських перевезень має стати одним з пріоритетних завдань.

Актуальність теми дослідження. Метою діяльності залізничного транспорту України у сфері пасажирських перевезень є задоволення потреб населення у перевезеннях з забезпеченням відповідного рівня якості обслуговування. Робота спрямована на вирішення актуальної науково-прикладної задачі інтеграції системи сучасної організації пасажирського руху у транспортний комплекс України. На відміну від існуючих підходів у роботі враховано обґрунтування раціональних техніко-економічних параметрів, що забезпечує ефективніший розподіл між системами пасажиропотоку та ресурсів залізничних станцій при існуючих і перспективних обсягах роботи. Крім того, одним з пріоритетних напрямків розвитку галузі є підвищення фінансового стану залізничного транспорту. В умовах збитковості пасажирських перевезень, нестачі рухомого складу, невідповідної до вимог більшої частини пасажирів інфраструктури та підвищеного рівня конкуренції (особливо з автотранспортом), вище наведена задача є дуже складною.

Враховуючи необхідність удосконалення технології роботи пасажирських залізничних станцій України в сучасних умовах, а також недостатній рівень дослідження проблеми підвищення пропускнуєї спроможності пасажирських станцій (ПС), і виявлення тривалості непродуктивних простоїв пасажирських поїздів, тему випускної кваліфікаційної роботи можна кваліфікувати як

актуальну та спрямовану на вирішення важливого науково-практичного завдання.

Мета роботи. Метою даної роботи є оптимізація діяльності залізничного транспорту у сфері пасажирських перевезень за рахунок оптимізації переміщення пасажиропотоків у поїздах та зменшення тривалості їх знаходження у русі за рахунок удосконалення технології обробки пасажирських поїздів на території пасажирських станцій.

Задачі дослідження. Основними задачами при дослідженні питання оптимізації діяльності залізничного транспорту у сфері пасажирських перевезень в Україні стають наступні: провести оцінку сучасної технології організації роботи з пасажиропотоками на залізничних станціях України; формалізувати технологію формування маршрутів прибуття та відправлення пасажирських поїздів на станції; розробити модель формування оптимальних маршрутів руху пасажирських поїздів; перевірити отриману модель на адекватність; провести оцінку економічної доцільності запропонованої оптимізації діяльності залізничного транспорту у сфері пасажирських перевезень в Україні.

Об'єкт дослідження – процес переміщення пасажиропотоків при залізничних перевезеннях.

Предмет дослідження – організація діяльності залізничного транспорту у сфері пасажирських перевезень на основі логістичних підходів.

Методи дослідження. У роботі використовуються методи математичної статистики при аналізі основних показників функціонування пасажирських залізничних станцій. При моделюванні процесу організації роботи пасажирських залізничних станцій було застосовано динамічне моделювання для процесу обслуговування пасажирських поїздів та вагонів, і визначення міжопераційних простоїв пасажирських вагонів на ПС. Використано метод найменших квадратів при дослідженні теоретичних даних на адекватність.

Елементи наукової новизни. Запропоновано динамічну модель визначення оптимальних маршрутів руху пасажиропотоків у пасажирських поїздах, мета якої спрямована на оптимізацію процесу просування поїздів, що

дозволяє отримати позитивний економічний ефект від використання залізничної інфраструктури.

Публікації за темою роботи. За темою роботи опубліковано тези доповіді на III Міжнародній науково-практичній конференції здобувачів вищої освіти, викладачів та науковців: «СУЧАСНІ ДОЛІДЖЕННЯ: ТРАНСПОРТНА ІНФРАСТРУКТУРА ТА ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ» 2024 (28-29 листопада 2024 р., м. Київ). – К.: ДУІТ, 2024, на тему «Дослідження тривалості доставки вантажів залізничним транспортом».

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. У роботі було доведено, що залізнична станція є складним, багатофункціональним об'єктом залізничного транспорту. Також встановлено, що кожна станція в залежності від свого призначення виконує певні функції та має свої технічно-розпорядчі акти, що регулюються безпосередньо її керівництвом виходячи зі стратегічних планів роботи. Доведено, що існує безліч напрямків удосконалення технології як залізничного транспорту в цілому, так і зокрема пасажирського транспорту як окремої його складової, що найбільш потребує удосконалення у зв'язку зі збитковістю.

Доведено, що для дослідження питання удосконалення технології роботи пасажирських залізничних станцій України в сучасних умовах необхідно дослідити технологію виконання поїздної роботи на пасажирських залізничних станціях України. Поставлені задачі розробити методику проведення перевірки оптимальності маршрутів руху пасажирських поїздів з урахуванням найменших сумарних тимчасових затримок поїздів по прибуттю і по відправленню.

2. У якості основних методів теоретичного дослідження процесу організації роботи пасажирських залізничних станцій України при прийманні та відправленні поїздів було обрано динамічне моделювання для побудови моделі формування оптимальних маршрутів руху пасажирських поїздів. Вибір обґрунтовано тим, що зменшення простоїв пасажирських поїздів та, як наслідок, середньої тривалості здійснення перевезень пасажирів призведе до ефективного використання рухомого складу залізничного транспорту, а саме пасажирських вагонів. Використання даної моделі на базі автоматизованих робочих місць оперативного персоналу залізничного транспорту допоможе скоротити непродуктивні простої поїздів на підходах до станцій.

3. Розроблено динамічну модель формування оптимальних маршрутів руху пасажирських поїздів, доведено, що вона може бути застосована як для пасажирських поїздів, так і для вантажних, крім того, можливе використання

даної моделі в оперативному управлінні рухом поїздів. Вибір оптимальних маршрутів у моделі спрямований на мінімальні сумарні тимчасові затримки поїздів по прибуттю і відправленню.

4. Оцінка економічної ефективності від удосконалення технології роботи на залізничних станціях була проведена на прикладі організації руху поїзду №63/64 сполученням Харків – Київ. Розрахунки показали наявність економічного ефекту від удосконалення технології роботи залізничних станцій за рахунок використання системи підтримки прийняття рішень оперативним персоналом станцій з метою удосконалення технології приймання та відправлення пасажирських поїздів, який визначається згідно з умовами користування послугами за розрахунковий період 5 років. Економічний ефект складає 11,02 млн грн вже у першому році впровадження.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Міжнародні рейси. URL: <https://uz-vezemo.com/>
2. 24 лютого Укрзалізниця евакуювала чотири мільйони осіб та перевезла 314 тисяч тонн гуманітарки. *Укрінформ*. 2023. 01 січ. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-society/3644532-z-24-lutogo-ukrzaliznic...>
3. Неефективна «Укрзалізниця» перетворилася на машину з порятунку мільйонів українців. Як компанію переставили на воєнні рейки. *Forbes*. 2022. 04 квіт. URL: <http://surl.li/brori>
4. Евакуаційні поїзди – де дивитись розклад та як купити квиток. *Факти*. 05 трав. URL: <https://fakty.com.ua/ua/ukraine/suspilstvo/20220505-evakuacijni-potyag...>
5. Наріжняк Л. Пояснювальна записка до дипломної магістерської роботи: «Удосконалення безпеки руху при організації залізничних пасажирських перевезень у транскордонному сполученні Україна- Європа» URL: <https://crust.ust.edu.ua/server/api/core/bitstreams/45a1544d-c976-4f81-ad50-9d2cb141f071/content>
6. Укрстат [Електронний ресурс]. – Режим доступу: ukrstat.gov.ua.
7. In brief: China [Text] // *International Railway Journal*. – 2011. – №11. – Р. 5-7.
8. Гузенко, Н. Железнодорожающая. Украинцы скоро могут забыть о дешевых билетах на поезд [Текст] / Н. Гузенко // Журнал «Фокус». – 2011. – №46. – С. 20-22.
9. Дергоусова, А.О. Формування стратегії розвитку залізничного туризму [Текст] / А.О. Дергоусова / дис. к.е.н.: спец. 08.00.04. – економіка та управління підприємствами (за видами економічної діяльності). – Х.: УкрДАЗТ, 2012. – 216 с.
10. Альошинський, Є.С. Впровадження швидкісного руху пасажирських поїздів на ділянці Гребінка – Полтава – Красноград – Харків – Лозова. Станція стикування постійного 3,3кВ та змінного 27,5кВ видів тягового струму по ст.

Лозова. Розробка технології обслуговування під'їзних і тракційних колій залізничних та промислових підприємств Лозовського вузла [Текст] / Є.С. Альошинський, О.М. Огар, М.Ю. Куценко, Г.О. Сіваконева, О.С. Губачова, С.О. Світлична // Звіт про НДР ДР 0112U000423. – Х.: УкрДАЗТ, 2012. – 362 с.

11. Щегловитов, В.Н. Теория графика движения поездов [Текст] / В.Н. Щегловитов // Часть 1-я. Основные свойства коммерческого графика. – Варшава, 1909. – 402 с.

12. Лаврухін, О. В. Побудова моделі оптимізації пропуску поїздів на підходах до сортувальної станції [Текст] / О. В. Лаврухін, П. В. Долгополов, Ю. В. Доценко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – Х., 2013. – Т. 4. – №3(64). – С. 45-52.

13. Крячко, К. В. Визначення впливу конструктивних параметрів пасажирських станцій на їх пропускну спроможність [Текст] / К. В. Крячко, О. Є. Саленко, В. А. Єршов // Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту. – Х.: УкрДАЗТ, 2014. – №145. – С. 40-49.

14. Кулешов, В. В. Проблеми оцінки інвестицій у визначення експлуатаційних параметрів горловин станцій [Текст] / В. В. Кулешов, О. Р. Дощечкін, Ю. М. Бурмагіна // Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту. – Х.: УкрДАЗТ, 2014. – №143. – С. 9-16.

15. Shi, Jun Study of route schemes for reconstruction of Guizhou-Guangxi Railway from Jinchengjiang to Duyun [Text] / Jun Shi, Bo Huang // Remote Sensing, Environment and Transportation Engineering (RSETE). – USA, 2011. – P. 3504-3507.

16. Rasmussen, T. K. Timetable-based simulation method for choice set generation in large-scale public transport networks [Text] / T. K. Rasmussen, M. K. Anderson, O. A. Nielsen, C. G. Prato // European Journal of Transport and Infrastructure Research. EJTIR is sponsored by TU Delft Transport Institute. – USA, 2016. – Volume 16. – Issue 3. – P. 467-489.

17. Кветний, Р.Н. Комп'ютерне моделювання систем та процесів. Методи обчислень. Частина 1. [Електронний ресурс] / Р.Н. Кветний, І.В. Богач, О.Р. Бойко, О.Ю. Софіна, О.М. Шушура. – Режим доступу: posibnyku.vntu.edu.ua/k_m/t1/11.htm.

18. Лістровий, С.В. Теорія графів у задачах розподілу ресурсів, у 2 кн. Кн. 2. Диференціально-ігровий підхід до моделювання систем: Підручник [Текст] / С.В. Лістровий, М.І. Луханін, О.П. Мартинова, Р.В. Семчук. – Х.: ПП Видавництво «Нове слово», 2007. – 144 с.

19. Дрю, Д. Теория транспортных потоков и управление ими [Текст] / Д. Дрю // Перевод с англ. Е.Г. Коваленко, Г.Д. Шерман. – М.: Транспорт, 1972. – 424 с.

20. Демченко, Ф.О. Теорія графів у задачах розподілу ресурсів. Книга 1. Алгоритми та методи обчислень: Підручник [Текст] / Ф.О. Демченко, С.В. Лістровий, М.І. Луханін, Р.В. Семчук. – Х.: ПП Видавництво «Нове слово», 2008. – 120 с.

21. Акулиничев, В.М. Организация вагонопотоков [Текст] / В.М. Акулиничев. – М.: Транспорт, 1979. – 223 с.

22. Левит, Б.Ю. Нелинейные сетевые транспортные задачи [Текст] / Б.Ю. Левит, В.Н. Лившиц. – М.: Транспорт, 1972. – 103 с.

23. Акулиничев, В.М. Математические методы в эксплуатации железных дорог: учеб. пособие для вузов ж.-д. трансп. [Текст] / В.М. Акулиничев, В.А. Кудрявцев, А.Н. Корешков. – М.: Транспорт, 1981. – 223 с.

24. Методы принятия организационно-управленческих решений при выбросах АХОВ с использованием сетей Петри [Электронный ресурс] / Учебное пособие. Глава 6. – Режим доступа: <http://www.jer-tempus.ru/resources/07052009>.

25. Котов, В.Е. Сети Петри [Текст] / В.Е. Котов. – М.: Наука «Главная редакция физико-математической литературы», 1984. – 160 с.
26. Питерсон, Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем [Текст] / Дж. Питерсон // Пер. с англ. – М.: Мир, 1984. – 264 с.
27. Пегат, А. Нечеткое моделирование и управление [Текст] / А. Пегат // Пер. с англ. – М.: Бином. лаборатория знаний, 2009. – 798 с.
28. Рутковская, Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы [Текст] / Д. Рутковская, М. Пилинский, Л. Рутковский // Пер. с польск. И.Д. Рудинского. – М.: Горячая линия – Телеком, 2004. – 452 с.
29. Дилигенский, Н.В. Нечеткое моделирование и многокритериальная оптимизация производственных систем в условиях неопределенности: технология, экономика, экология [Текст] / Н.В. Дилигенский. Л.Г. Дымова, П.В. Севастьянов. – М.: Издательство «Машиностроение – 1», 2004. – 397 с.
30. Akgun, V. On finding dissimilar paths [Text] / V. Akgun, E. Erkut, R. Batta // European Journal of Operational Research. – USA, 2000. – №121. – P. 232-246.
31. Anderson, M. K. Multimodal route choice models of public transport passengers in the Greater Copenhagen Area [Text] / M. K. Anderson, O. A. Nielsen, C. G. Prato // DTU Transport working paper submitted for publication in the EURO Journal on Transportation and Logistics. – USA, 2014. – Т. 13. – P. 23-46.
32. Anderson, M. K. Matching observed public route choice data to a GIS network [Text] / M. K. Anderson, T. K. Rasmussen // Selected proceedings of the Annual Transport Conference in Aalborg. – Aalborg University, 2010. – P. 234-239.
33. Балака, Є.І. Оцінка економічної доцільності інвестицій в інноваційні проекти на транспорті: Навчальний посібник [Текст] / Є.І. Балака, О.І. Зоріна, Н.М. Колесникова, І.М. Писаревський. – Х: УкрДАЗТ, 2005. – 210 с.