

ВІДГУК ОПОНЕНТА
НА ДИСЕРТАЦІЮ ПАРХОМЕНКО ЛАРИСИ ОЛЕКСІЇВНИ
“РОЗВИТОК ТЕОРІЇ УПРАВЛІННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЮ РОБОТОЮ
ЗАЛІЗНИЧНОЇ СИСТЕМИ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТЕЙ І
РИЗИКІВ”, ПРЕДСТАВЛЕНОЇ НА ЗДОБУТТЯ НАУКОВОГО СТУПЕНЯ
ДОКТОРА ТЕХНІЧНИХ НАУК ЗА СПЕЦІАЛЬНІСТЮ 05.22.01 –
ТРАНСПОРТНІ СИСТЕМИ

1. Актуальність обраної теми дисертації

Розвиток теорії управління експлуатаційною роботою залізничної системи в умовах невизначеностей і ризиків набуває особливої важливості в контексті сучасних викликів, які постають перед транспортним сектором України та світу. Підвищення вимог до надійності, ефективності й конкурентоспроможності залізничних перевезень зумовлене як посиленою інтеграцією України у світовий логістичний простір, так і необхідністю дотримання міжнародних стандартів безпеки та сервісних послуг. Зміни в економічних та геополітичних умовах призводять до виникнення чинників невизначеності, що впливають на структуру транспортних потоків та стабільність функціонування залізничної галузі. Зокрема, нестача інвестицій, знос інфраструктури та рухомого складу, коливання обсягів перевезень і зміни тарифної політики створюють додаткові ризики для залізничної системи. В теорії експлуатації залізничних систем невирішеною є проблеми ідентифікації джерел невизначеності в управлінні експлуатаційною роботою, застосування технологій ризик-менеджменту при плануванні, розробку методів управління для різних видів залізничних перевезень (вантажних, пасажирських, контейнерних) в умовах функціонування інтегрованої залізничної системи та техніко-економічне обґрунтування запропонованих ризик-орієнтованих стратегій управління. З огляду на зазначене, тема дисертаційної роботи Лариси Пархоменко порушує актуальну наукову проблему щодо розробки нових наукових основ управління експлуатаційною роботою залізничної системи в умовах невизначеностей і ризиків.

Дисертаційна робота виконувалася відповідно до Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року, затвердженої розпорядженням Кабінету Міністрів України (КМУ) від 07.04.2021 р. № 321-р, де визначені пріоритетні напрямки розвитку залізничного транспорту України, такі як впровадження інноваційних технологій та підвищення безпеки. Виконання цих завдань потребує теоретико-практичних підходів, що дозволяють ефективно оперувати факторами невизначеності й ризику, забезпечуючи безперервність та якість залізничних перевезень. Дослідження спрямовані на побудову технологій перевезень, що покликані покращити інтеграцію української залізничної системи з європейськими транспортними коридорами відповідно до вимог положень Регламенту (ЄС) 913/2010 Європейського Парламенту та Ради від 22 вересня 2010 року є актуальними. Тема дисертаційної роботи відповідає напрямкам досліджень у науково-дослідних роботах, в яких

автор був виконавцем, за темами “Integrated rail freight optimisation in Ukraine: Railways sleepers, rolling stock and logistics” (ДР № 0123U102700), “Дослідження та розробка правил рівноправного доступу до інфраструктури залізничного транспорту загального користування” (ДР № 0117U005413), у яких авторка брала участь у якості виконавця.

2. Ступінь обґрунтованості наукових положень висновків і рекомендацій, їх достовірність

У дисертаційній роботі наведено розгорнуту методологічну базу, що ґрунтується на широкому спектрі сучасних математичних та інтелектуальних методів, які за своєю суттю адекватно відображають складний та багатофакторний характер управління експлуатаційною роботою залізничного транспорту в умовах невизначеностей і ризиків. Авторка комплексно застосувала положення теорії управління експлуатаційною роботою на залізничному транспорті, теорії систем і системного аналізу, а також цілу низку підходів і методів, серед яких теорія ймовірностей, теорія Демпстера-Шафера, теорія випадкових та точкових процесів, математична статистика, теорія ризиків, теорія надійності, теорія масового обслуговування, методи дослідження операцій і математичного моделювання, теорія прийняття рішень, математичне програмування, наукове прогнозування, методи нейронних мереж, апарат теорії графів, класичні методи оптимізації, методи дискретної, комбінаторної, векторної та робастної оптимізації, а також методи теорії нечітких множин і нечіткої логіки, м'яких та еволюційних обчислень. Широта використаних підходів дала можливість адекватно врахувати багатофакторний характер системи залізничного транспорту, а також невизначеності та ризики, пов'язані з її функціонуванням.

Отримані положення, висновки, результати досліджень за дисертацією в цілому є достовірними та обґрунтованими, що обумовлено коректністю постановки й розв'язання поставлених завдань. Математичні моделі, запропоновані у роботі, перевірено на адекватність, зокрема проведені розрахунки підтвердили, що розроблений підхід дає змогу отримати рішення, які одночасно забезпечують і робастність, і гнучкість до різноманітних варіантів розвитку подій. Це дозволяє знизити загальні ризики, пов'язані з невизначеністю, та підвищити якість управлінських рішень порівняно з використанням окремих методів стохастичної чи робастної оптимізації. Зокрема, проведені розрахунки величини ризику із застосуванням концепції щільності ризику дали змогу адекватно врахувати невизначеність, пов'язану з терміном затримки, а також нелінійні наслідки, що від цього терміну залежать. Таким чином, запропонований метод ефективно моделює й оцінює ризики, пов'язані із затримками вантажних вагонів. Додатковим свідченням адекватності створених моделей стала впевнена збіжність генетичного алгоритму (ГА) під час розв'язання поставлених задач. Для оцінки розподілу інтервалів часу між прибуттями контейнерів було визначено, що вони відповідають експоненційному закону, а критерій Хі-квадрат Пірсона підтвердив високу відповідність емпіричних даних теоретичній кривій

розподілу. Для перевірки нульової гіпотези тесту Грейнджера, використано критерій Фішера.

Загалом, глибока опора на різнобічні наукові концепції, застосування низки сучасних математичних методів аналізу та моделювання, а також успішне тестування результатів на базі реальних даних і сценаріїв експлуатаційної роботи залізничної системи забезпечують високий ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертаційному дослідженні.

Основні результати теоретичних досліджень дисертаційної роботи підтверджені експериментальними даними, а основні висновки та рекомендації одержали схвалення на наукових конференціях.

Крім того, достовірність отриманих висновків підтверджується позитивними результатами впровадження запропонованих підходів у діяльність регіональної філії “Південна залізниця” АТ “Укрзалізниця”, що підтверджено актом провадження.

3. Наукова новизна результатів дисертаційної роботи

В дисертаційній роботі теоретично обґрунтовано наукові підходи щодо розвитку наукових основ управління експлуатаційною роботою залізничної системи. Це дозволить забезпечити необхідний рівень надійності і ефективності її функціонування в умовах зростаючого рівня складності і чисельності викликів, пов’язаних з негативним впливом факторів невизначеності та ризику.

У дисертаційній роботі:

- уперше розроблена технологія управління ризиками, яка спрямована на забезпечення дотримання термінів доставки вантажів в умовах невизначеностей та ризиків; запропонована технологія включає нові підходи до оптимізації роботи технічних станцій та впровадження сучасних методів управління, що дозволяють покращити ефективність технологічного процесу;

- уперше розроблена технологія управління ризиками, яка спрямована на забезпечення дотримання термінів доставки вантажів в умовах невизначеностей та ризиків; запропонована технологія включає нові підходи до оптимізації роботи технічних станцій та впровадження сучасних методів управління, що дозволяють покращити ефективність технологічного процесу;

- уперше з урахуванням технологічного фактору ризику (збільшення строків проведення сукупності транспортно-логістичних технологічних операцій) запропоновано і обґрунтовано метод управління процесом формування і просування контейнерних поїздів маршрутів в межах транспортно-логістичного ланцюга в тому числі при кроскордонних перевезеннях у вигляді оптимізаційної моделі стохастичного програмування; у якості критерія оптимізації виступає сума питомих експлуатаційних витрат по кожному елементу транспортно-логістичного ланцюга, а система обмежень враховує технічні і технологічні можливості залізничної інфраструктури і тягового рухомого складу;

- уперше з урахуванням фактору невизначеності вихідної інформації (варіативність тривалості транспортних і вантажних операцій, "вікон"

доступності вантажних фронтів) розроблено теоретичні основи технології швидкого залізничного сполучення між портами та підприємствами-вантажотримувачами і вантажовідправниками в ході здійснення контейнерних перевезень на основі впровадження інноваційних технічних засобів, таких як модульні контейнерні поїзди типу CargoSprinter та автоматичні вантажні системи MetroCargo, а також розробленої робастної моделі оперативного планування роботи поїздів;

– уперше в ході формування зазначеної вище технології був запропонований універсальний підхід для вирішення задач робастної оптимізації, на основі якого розроблений оригінальний метод оптимізації робастних моделей на базі використання сучасного математичного апарату ГА. Даний метод на новому якісному рівні надає можливість постановки і вирішення широкого класу задач управління експлуатаційною роботою залізничного транспорту завдяки надання можливості оперування даними, які характеризуються невизначеністю не лише стохастичного та статистичного, але й епістемічного типу;

Дістали подальшого розвитку:

– математичні моделі, які інтегрують сучасні методи обробки даних, такі як нечітка логіка, м'які обчислення та нейронні мережі, для покращення точності прогнозування та прийняття рішень в умовах невизначеності.

– комплексний підхід до управління залізничними системами, що дозволяє інтегрувати математичні моделі, оптимізаційні процедури та сучасні технології управління, забезпечуючи системний підхід до вирішення проблем невизначеності та ризиків в експлуатаційній діяльності;

– методи прогнозування часових рядів за рахунок запропонованого методу прогнозування пасажиропотоків із застосуванням нейронних мереж на основі архітектури генеративно-змагального типу.

Удосконалено:

– підходи до інтеграції сучасних технологій в управління залізничними перевезеннями, що дозволяють ефективно впроваджувати новітні технології, такі як CargoSprinter і MetroCargo, у традиційні системи управління залізничним транспортом.

Проведений аналіз наукової новизни і висновків дисертації не викликає сумніву і підтверджує їх повну достовірність.

4. Практичне значення дисертаційної роботи

Результати дисертаційного дослідження присвячені розробці і впровадженню практичних рішень для підвищення ефективності управління експлуатаційною роботою залізничного транспорту в умовах невизначеності та ризику. Запропоновані підходи, методи й математичні моделі дозволяють за нестачі або суперечливості даних, а також за ймовірності виникнення небажаних подій, оптимально використовувати ресурси залізничної системи, забезпечуючи

високу якість транспортних послуг і належний рівень ефективності перевізного процесу.

Отримані результати дають змогу комплексно підвищити показники функціонування залізничної системи навіть за тривалої дії негативних факторів. Зокрема, пропонується раціоналізація використання інфраструктури й технічних засобів (технічних станцій, локомотивів, вагонів, контейнерів) завдяки вдосконаленню процесів накопичення контейнерних партій, формування та переформування поїздів, їх просування залізничною мережею, а також оптимізація місцевої роботи та взаємодії з іншими видами транспорту. Це, своєю чергою, підвищує привабливість і конкурентоспроможність пасажирських перевезень, одночасно зменшуючи витрати на організацію перевезень і покращуючи надійність транспортного процесу. Практичне впровадження результатів підтверджено відповідними актами в АТ “Українська залізниця” (регіональна філія “Південна залізниця”).

Окремі положення та результати дисертаційного дослідження також використовуються в навчальному процесі на кафедрі управління експлуатаційною роботою Українського державного університету залізничного транспорту для підготовки бакалаврів і магістрів за спеціальністю 275 – Транспортні технології (на залізничному транспорті), що сприяє покращенню якості освітнього процесу та формуванню фахових компетентностей у здобувачів вищої освіти.

Крім того, практичне значення представляють розроблені вимоги до побудови систем підтримки прийняття рішень (СППР) з подальшою їх інтеграцією до складу системи АСК ВП УЗ Є у вигляді типових задач управління в умовах впливу факторів невизначеності і ризику, які є невід’ємними складовими перевізного процесу.

5. Завершеність роботи, стиль викладу, публікації

Структура дисертаційної роботи є логічною з коректним застосуванням науково-технічної термінології.

Основні результати роботи викладено у 19 основних працях, в тому числі 5 наукових статей у виданнях, що індексуються наукометричними базами даних SCOPUS та/або WoS (з них 5 – третього квартилю (Q3)) і двох статей у виданнях інших держав (SCOPUS Q4). Публікацій, що додатково додатково відображають наукові результати досліджень – 22, 2 патенти України на корисну модель.

Результати досліджень доповідалися та були схвалені на 14 конференціях, зокрема: Міжнародна науково-практична конференція “Інновації інфраструктури транспортно-логістичних систем. Проблеми, досвід, перспективи”, 2016 р. (Україна, м. Трускавець); 31-а міжнародна науково-практична конференція “Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті”. 2018, (Україна, м. Харків); Міжнародна науково-практична Internet-конференція “Моделювання та інформаційні технології в науці, техніці та освіті”, 2018, (Україна, м. Харків); International Conference “Transport Means”, 2019, (Литва, м. Каунас); 1-а Міжнародна науково-технічна конференція «Інтелектуальні транспортні

технології», 2020, (Україна, м. Трускавець – м. Харків); The 4th International scientific and practical conference “Innovations and prospects of world science”, 2021, (Канада, м. Ванкувер); 2-а міжнародна науково-технічна конференція "Інтелектуальні транспортні технології" (ІТТ). 2021, (Україна, м. Харків); 3-я міжнародна науково-технічна конференція "Інтелектуальні транспортні технології" (ІТТ). 2022, (Україна, м. Харків); 4-а міжнародна науково-технічна конференція "Інтелектуальні транспортні технології" (ІТТ). 2023, (Україна, м. Харків); 20-а науково-практична міжнародна конференція "Міжнародна транспортна інфраструктура, індустриальні центри та корпоративна логістика" (НТІ). 2024, (Україна, м. Харків); 37-а міжнародна науково-практична конференція "Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті". 2024, (Україна, м. Харків).

Структура і зміст автореферату ідентичні до основних положень і висновків дисертації.

Сукупність наукових результатів та практичного значення дозволяє зробити висновок про завершеність роботи та особистий внесок здобувача в науку.

6. Аналіз змісту дисертації

Повний обсяг тексту дисертації складає 426 сторінок, обсяг основного тексту складає 331 сторінки друкованого тексту, 79 рисунків, 24 таблиць, список використаних джерел включає 228 найменування і 7 додатків.

Розділ 1. У першому розділі докладно розглянуто онтологічні основи понять невизначеності й ризику, здійснено їх класифікацію та аналіз застосувань в технічній сфері та при керуванні експлуатаційною роботою залізничного транспорту. Обґрунтовано підходи до кількісної оцінки ризиків і методи агрегації різномірної інформації, включно з випадками суперечливих даних. Особливий акцент зроблено на виявленні чинників невизначеності, що суттєво впливають на процеси ухвалення рішень у залізничній галузі. Результати дослідження засвідчили вирішальну роль системного аналізу у формуванні як теоретичних, так і прикладних аспектів управління експлуатаційною діяльністю, зокрема для інтеграції підходів та методів оперування невизначеністю і ризиками у відповідні управлінські процедури.

У розділі 2. Здійснено всебічний аналіз наукових джерел, що висвітлюють сучасні тенденції та виклики в управлінні експлуатаційною роботою залізничного транспорту в контексті невизначеностей і ризиків. Розглянуто широкий спектр тематичних напрямів: від проблем організації перевезень на магістральних лініях і технічних станціях, до питань ефективної взаємодії в інтермодальних перевезеннях, організації пасажирських маршрутів і перевезень небезпечних вантажів. Особливу увагу приділено методам кількісної оцінки та агрегації суперечливої інформації, а також сучасним підходам до моделювання і оптимізації, спрямованих на зменшення впливу негативних чинників невизначеності й ризику.

На основі порівняльного аналізу цих публікацій виявлено, що наукова спільнота активно розвиває підходи до інтеграції новітніх інформаційних

технологій, математичних моделей і методів штучного інтелекту з класичними технологіями управління. Водночас зафіксовано недоліки, як-от неоднорідність методик оцінки невизначеності та ризику, обмеженість реальних експериментів і недостатня увага до динамічних змін ринкових умов. Узагальнені висновки свідчать про подальшу необхідність удосконалення системного підходу до управління залізничними перевезеннями, розроблення більш гнучких та адаптивних моделей, здатних ефективно протидіяти факторам невизначеності та ризику.

У розділі 3. Виконано статистичний аналіз експлуатаційної діяльності залізничного транспорту України, що дав змогу визначити наявні негативні тенденції (зменшення обсягів перевезень, зниження кількості маневрових локомотивів, зростання порожнього пробігу вагонів тощо) та підтвердити актуальність розроблення нових підходів до управління. Особливу увагу приділено оцінюванню невизначеностей у роботі сортувальних станцій, де досліджувалося надходження вагонопотоків, а також проаналізовано динаміку добового вагонопотоку й інтервалів між прибуттям поїздів у вигляді часових рядів.

Результати вказують на суттєву варіативність і волатильність досліджуваних параметрів, а також доводять недостатню ефективність традиційних лінійних моделей для їх прогнозування. Зокрема, тестування часових рядів за допомогою вейвлет-аналізу, R/S-аналізу, крос-кореляційних тестів, тесту Грейнджера та показників Ляпунова продемонструвало високий рівень невизначеності й хаотичності процесів. Це підтверджує потребу у впровадженні адаптивних методів і ризик-орієнтованих технологій для більш точного управління експлуатаційною роботою залізничної системи.

У розділі 4. На прикладі двох класичних задач з управління експлуатаційною роботою залізничного транспорту (план формування вантажних поїздів (ПФП) та організація роботи збірних поїздів для місцевої роботи) показано шляхи уточнення та удосконалення наявних моделей з метою нівелювання впливу факторів невизначеності. Уточнено математичну модель ПФП, увівши залежність витрат вагоно-годин від ступеня завантаженості технічних станцій, що дало змогу точніше оцінювати витрати на переробку вагонопотоків у перевантажених режимах. Вперше, задачу управління місцевою роботою на прикладі збірних поїздів сформульовано як стохастично-робастну оптимізаційну модель, що враховує коливання у кількості навантажених/вивантажених вагонів і дає змогу отримувати стійкі та гнучкі рішення навіть за несприятливих сценаріїв розвитку подій. Комплексні результати підтвердили, що запропонований підхід суттєво підвищує ефективність управлінських рішень у складному та мінливому середовищі залізничних перевезень.

У розділі 5. Розглянуто проблему недотримання строків доставлення вантажів залізничним транспортом та обґрунтовано технологію ризик-менеджменту, спрямовану на її розв'язання в межах оперативного управління технічними станціями (ТС). Проаналізовано фактори та негативні наслідки порушень строків доставлення, а також визначено, що брак системи ризик-

менеджменту є однією з ключових причин постійних затримок і значних штрафних виплат.

Далі запропоновано модель оцінювання ризику, яка заснована на понятті щільності ризику: добуток мас-функції впевненості в затримці конкретного вагона на штрафну функцію, що відображає фінансові втрати від запізнення. Для врахування суперечливої та нечіткої інформації використовуються підходи теорії Демпстера-Шафера, які дають змогу інтегрувати дані з різних джерел (у тому числі з нейромережових моделей і системи АСК ВП УЗ Є). На цій основі сформовано багатокритеріальну оптимізаційну модель оперативного планування роботи ТС, де перший критерій відображає загальні експлуатаційні витрати, а другий – сукупний ризик затримки доставлення. Розв’язання задачі за допомогою еволюційного алгоритму SPEA-2.

У розділі 6. Формалізовано процес планування інтермодальних пасажирських перевезень в умовах туристичного попиту на великі відстані, де залізничний транспорт виконує роль допоміжного. Запропоновано нечітку модель для оцінювання корисності подорожі з урахуванням швидкості, відстані та вартості квитка, а також побудовано прогнозну модель пасажиропотоку на основі генеративно-змагальних мереж (GAN), що забезпечує високу точність у багатовимірному часовому ряду. Розроблена оптимізаційна модель (зі змішаним програмуванням), що враховує схему пропуску зупинок (skip-stop) на швидкісній лінії, а її розв’язання за допомогою генетичних алгоритмів показало можливість зберегти до 90% туристичного пасажиропотоку та водночас обробити близько 50% загального трафіку проміжних станцій.

7. Основні недоліки і зауваження

В дисертаційній роботі можна визначити наступні зауваження:

1. У розділі 3 наведено детальний статистичний аналіз експлуатаційних показників залізничної системи, але для ширшого аналізу корисно було б провести порівняльний аналіз з експлуатаційними показниками інших залізничних систем.

2. У розділі 4 на сторінці 150 автор зазначає “...у деяких підручниках з УЕР, можна зустріти діаграму режимів роботи ТС” однак не надає джерело і автора такого підручника чи наукової публікації. Це дозволило б підвищити рівень відтворюваності думки у підрозділі.

3. У таблиці 4.1 на сторінці 166 зазначені прийняті параметри технологічного процесу на технічних станціях мережі для розрахунку ПФП, однак не вказується, звідки їх походження і чому саме такі величини були прийняті (С ~9.0-9.9).

4. У розділі 5 підрозділі 5.1 описуються діючі автоматизовані системи прийняття замовлень на вантажні перевезення в АТ “Укрзалізниця”, але відсутня згадка про впровадження єдиного цифрового вікна для роботи з клієнтами «е.Портал УЗ-Карго» з вантажних перевезень.

5. Підрозділ 5.9 присвячений моделювання процесу оперативного планування роботи технічної станції в умовах невизначеності, але не приділена

увага механізму періодичного перегляду чи корекції плану в умовах оперативних змін

6. У розділі 6 наголошено на важливості залізничного транспорту для туристичних подорожей, проте схема взаємодії з іншими видами (авіа, автобусні перевезення, міський транспорт) окреслена лише на загальному рівні. Для повноцінної інтермодальності необхідно розробити детальніші підходи до стиккування розкладів, тарифних рішень і єдиного квитка, що значно підвищить ефективність залізничного сегмента у складі туристичних маршрутів.

8. Висновки

Зазначені зауваження не впливають на загалом високий рівень і позитивну оцінку цієї дисертаційної роботи. Дисертація Лариси Пархоменко є завершеним науковим дослідженням, у якому здобувачем особисто сформульовано та теоретично обґрунтовано нові положення щодо розвитку теорії управління експлуатаційною роботою залізничної системи в умовах невизначеності і ризиків. Окремі здобуті результати вже впроваджено у виробництво і використовуються в навчальному процесі.

Зміст дисертації та автореферату в повній мірі відповідають паспорту спеціальності 05.22.01 – транспортні системи (пункту – розроблення теорії, наукових основ організації транспортних процесів і систем; пункту – розв'язання комплексних проблем логістичного управління, пов'язаних із транспортуванням, складуванням, переробкою вантажів, розміщенням замовлень та запасами; пункту – закономірності формування пасажиропотоків, побудова транспортних пасажирських систем міст, сільських районів і регіонів; пункту – обґрунтування технологічних процесів пасажирських і вантажних перевезень, їх організації й управління в інтегрованих системах та системах окремих видів транспорту: авіаційного, автомобільного, водного, залізничного; пункту – закономірності формування транспортних потоків і розроблення систем організації руху та технології управління ними.

Враховуючи актуальність роботи, її вагомість в теоретичному і практичному плані, достатній ступінь матеріалів, що опубліковані у фахових виданнях і апробації роботи на конференціях вважаю, що дисертаційна робота відповідає вимогам п. 7, 8 та 9 “Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук”, затвердженого Постановою КМУ № 1197 від 17 листопада 2021 року (із змінами), а її автор Пархоменко Лариса Олексіївна заслуговує на присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.22.01 – транспортні системи.

Офіційний опонент:

Завідувач кафедри електронних
обчислювальних машин
Український державний університет
науки і технологій,
доктор технічних наук, професор

Григорій Засвірюк
Заступник начальника
кафедри
Олег Олександрович



*Візию надано
до списку кандидатів
06.05.2023р.
Удесей Гриняк
спіч. бє. Лєвє*

Л.П. Пархоменко
І.В. Жуковицький