

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу Орди Олександра Миколайовича
на тему «Підвищення якості транспортного обслуговування населення міст за
рахунок впровадження інтегрованих технологій на міському пасажирському
транспорті», подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії в
галузі знань 27 Транспорт за спеціальністю 275 Транспортні технології
(на автомобільному транспорті)

Актуальність теми дисертаційної роботи

Забезпечення належного рівня якості транспортного обслуговування населення є вирішальним чинником функціонування транспортних систем сучасних міст в умовах зростання вимог до сталої міської мобільності. У цьому контексті актуальною залишається проблема узгодженої взаємодії різних видів міського пасажирського транспорту (МПТ), оскільки в українських містах високий рівень дублювання маршрутів, паралельне функціонування комунальних і приватних перевізників та відсутність єдиної диспетчерської координації спричиняють скупчення рухомого складу в пересадочних вузлах, особливо у пікові періоди, нерівномірність інтервалів руху та зростання часу очікування пасажирів під час пересадки. Одним із ефективних шляхів вирішення подібних проблем є розробка та впровадження інтегрованих технологій, зокрема інтегрованої координації роботи різних видів МПТ на основі мережевої синхронізації, оскільки це сприяє вирівнюванню моментів прибуття транспортних засобів у пересадочні вузли.

Дисертаційна робота Орди О.М. присвячена розробці практичного та методологічного підходу до вирішення задачі координації роботи різних видів МПТ у пересадочних вузлах, який має обґрунтований математичний апарат, адаптивність до різних станів узгодження функціонування транспортної системи та дозволяє отримувати практично застосовні рішення. Це зумовлює актуальність обраного здобувачем напряму досліджень.

Метою дисертаційної роботи є підвищення якості транспортного обслуговування населення міст шляхом розробки моделей координації роботи різних видів МПТ у пересадочних вузлах на засадах концепції сталої міської мобільності.

Для досягнення поставленої мети у роботі вирішені такі **задачі**:

- проаналізовано теоретичні засади забезпечення якості транспортного обслуговування населення міст за рахунок впровадження інтегрованих технологій на МПТ у контексті сталої міської мобільності;
- формалізовано модель координації роботи різних видів МПТ у пересадочних вузлах на основі моделі Курамото та спектрального аналізу графа пересадочних зв'язків маршрутів;
- розроблено методику розрахунку суми компенсації перевізникам за виконану транспортну роботу у рамках договірних зобов'язань перевізників за умови участі їх у системі координації;

– розроблено інтегровану адаптивну систему координації (IACK) на основі імітаційної моделі;

– проведено експериментальні дослідження впливу чинників на показники якості координації роботи різних видів транспорту у пересадочних вузлах за сценарним підходом, розроблено практичні рекомендації щодо впровадження розробленої IACK.

Об'єкт дослідження – процес координації різних видів міського пасажирського транспорту у пересадочних вузлах.

Предмет дослідження – залежність показників якості транспортного обслуговування населення від рівня динамічної координації інтервалів прибуття різних видів міського пасажирського транспорту у пересадочних вузлах.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, результатів та висновків.

Обґрунтованість наукових положень, висновків та рекомендацій, викладених у дисертаційній роботі, забезпечується коректним застосуванням системного аналізу, теорії графів, теорії ймовірностей та математичної статистики. Для формалізації задачі координації різних видів МПТ у пересадочних вузлах застосовано адаптовану модель Курамото.

Логіка побудови дослідження базується на послідовному переході від аналізу теоретичних підходів до формалізації мережево-динамічної моделі, розроблення організаційно-економічного механізму та подальшої експериментальної перевірки на прикладі реального пересадочного вузла. Результати апробації підтверджують ефективність запропонованого підходу до вирішення задачі координації, що визначається значеннями модифікованого параметра порядку Курамото (R_{mod}) та статистичною перевіркою адекватності моделі.

Методологічну основу дослідження становить застосування системного аналізу, що дало змогу здійснити декомпозицію процесу транспортного обслуговування МПТ як складної соціально-технічної системи. Методи теорії графів та спектрального аналізу матриці Лапласа застосовано для оцінки алгебраїчної зв'язності графа пересадочних зв'язків маршрутів; метод Парето застосовано для відбору маршрутів когерентного ядра мережево-динамічної моделі. Для формалізації координації та ідентифікації фазових станів узгодженості системи застосовано методи нелінійної динаміки й теорії синхронізації. Збір емпіричних даних здійснювався методом натурних спостережень і автоматизованого збору GPS-даних сервісу EasyWay засобами розробленого програмного модуля мовою Python. Для статистичної обробки отриманих даних використано методи теорії ймовірностей і математичної статистики (ентропія Шеннона, критерій Стюдента, критерій Пірсона, дисперсійний аналіз повнофакторного експерименту). Для актуалізації матриці маршрутних пересадок використано транспортну модель м. Хмельницький у програмному комплексі PTV Visum, розроблену на кафедрі транспортних систем та логістики ХНАДУ. Для удосконалення

методики розрахунку суми компенсації перевізникам відповідно до Регламенту ЄС № 1370/2007 застосовано методи економічного аналізу.

Наукова новизна дисертаційної роботи полягає у вирішенні важливого науково-прикладного завдання з підвищення якості транспортного обслуговування населення міст шляхом формування підходу до координації роботи різних видів МПТ у пересадочних вузлах із застосуванням мережево-динамічної моделі.

Вперше запропоновано підхід до координації різних видів міського пасажирського транспорту у пересадочних вузлах на принципах сталої міської мобільності, який на відміну від існуючих, забезпечує узгодження параметрів роботи транспорту на основі розробленої мережево-динамічної моделі.

Набула подальшого розвитку технологія оперативної координації роботи різних видів міського пасажирського транспорту у пересадочних вузлах, яка, на відміну від існуючих, враховує фазовий стан транспортної системи під час вибору керуючих впливів для різних типів міжвидової взаємодії транспорту, що забезпечує вирівнювання інтервалів прибуття транспортних засобів у пересадочний вузол.

Практичне значення результатів дослідження полягає у розробленні програмного інструментарію для органів управління транспортом і диспетчерських служб, що забезпечує впровадження інтегрованої адаптивної системи координації різних видів МПТ у пересадочних вузлах. Ключовими прикладними результатами є методика оперативної оцінки та алгоритм підтримки прийняття рішень диспетчером щодо вибору керуючих впливів під час оперативної координації, які дозволяють виявляти порушення узгодженості часу прибуття транспортних засобів, запобігати їх скупченню та коригувати параметри роботи МПТ.

Важливим напрямком розширення практичного значення результатів дослідження є програмний модуль, розроблений мовою Python, для автоматизованого збору GPS-даних сервісу EasyWay та імітаційна модель координації, які можуть бути інтегровані до контуру автоматизованої системи диспетчерського управління (АСДУ) через API-інтерфейс.

Результати дисертаційної роботи рекомендовано до впровадження в практичну діяльність диспетчерської служби Управління наземної інфраструктури КП «Харківський метрополітен» м. Харків, а також використовуються у навчальному процесі Харківського національного автомобільно-дорожнього університету під час викладання дисципліни «Пасажирські перевезення», що підтверджується відповідними актами впровадження.

Оприлюднення та апробація результатів дослідження.

Основні результати дослідження отримано автором особисто та у співавторстві й опубліковано у п'яти наукових працях, включених у перелік

наукових фахових видань України, а також у виданнях, індексованих наукометричною базою Scopus (видавництва Springer):

1. Потаман Н. В., Орда О. О., Орда О. М. Аналіз аспектів планування сталої міської мобільності в контексті євроінтеграційних реформ в Україні. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки*. 2024. 10(41), Ч II. С. 189–195. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10\(41\).2.188-195](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10(41).2.188-195)

2. Орда О. О., Орда О. М. Методика формування раціональної технології перевезень пасажирів міським пасажирським транспортом. *Комунальне господарство міст*. 2025, том 3, випуск 191. С.650-656 DOI: 10.33042/2522-1809-2025-3-191-650-656

3. Potaman N., Hamed A., Orda O. Adaptation of European experience in compensation mechanisms for public transport operators in urban public transport in Ukraine. *Central Ukrainian Scientific Bulletin. Technical Sciences*. 2026, 13(44), 451–461, DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2026.13\(44\).451-461](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2026.13(44).451-461)

4. Yashchuk, Y., Orda, O., Orda, O., Butko, T. Adaptive Management of Urban Intermodal Hubs Under Risk: A Crowdsourced Demand Forecasting Approach. // In: Sierpiński, G., Naumann, S., Macioszek, E. (eds) *Transport Systems Development – Methods and Solutions. TSTP 2025. Lecture Notes in Networks and Systems*, 2026, 1789. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-032-14826-1_7

5. Orda O.M., Pavlenko O.V. The formalization of the process of coordinating the operation of different modes of urban passenger transport based on a network-dynamic model. *Automobile Transport*. 2026. 58. 94–103. <https://doi.org/10.30977/AT.2219-8342.2026.58.0.11>

Результати роботи доповідалися та отримали схвалення на 13 міжнародних та всеукраїнських науково-практичних конференціях, зокрема в Харкові, Києві та Варні (Болгарія), у період з 2022 по 2025 роки.

Зауваження та дискусійні положення.

Позитивно оцінюючи дисертаційну роботу, вважаю за доцільне висловити такі дискусійні положення, які дозволять удосконалити представлення проведеного дослідження.

1. Як опорний елемент мережево-динамічної моделі з фіксованою фазою обрано тролейбусний маршрут № 15, що обґрунтовано експлуатаційними обмеженнями маневреності рухомого складу електротранспорту (розділ 2.3.1, с. 84). Потребує додаткового обґрунтування вибір саме тролейбусного, а не трамвайного транспорту, рухомий склад якого має жорсткішу прив'язку траєкторії руху до колії й, відповідно, потенційно ще більш обмежену маневреність.

2. У системі обмежень моделі (вираз 2.12, с. 87) враховано параметр допустимого сумарного навантаження на контактну мережу, що запобігає одночасному пришвидшенню кількох тролейбусних маршрутів у межах однієї зони живлення. Це технологічне обмеження формалізовано лише для електротранспорту, тоді як аналогічні за функцією обмеження провізної спроможності для автобусних маршрутів і маршрутних таксі у моделі не

введено, що створює певну асиметрію глибини формалізації обмежень для різних видів МПТ.

3. Емпіричне обстеження пасажиропотоків та моментів прибуття транспортних засобів на ЗП «Філармонія» проведено протягом п'яти робочих днів у період ранкової години пік. Припущення про те, що обраний період спостереження достатньо репрезентує характер роботи вузла протягом усього дня та різних періодів навчального року, потребує додаткових аргументів на користь його застосування.

4. У розділі 4.1 застосовано дисперсійний аналіз результатів повнофакторного експерименту за критерієм Фішера (таблиця 4.2), однак для побудованих моделей не наведено коефіцієнт детермінації η^2 в узагальненому вигляді для всієї регресійної моделі відгуку (наведено лише частку впливу окремих факторів). Додавання цього показника дозволило б отримати ширше уявлення про те, наскільки повно побудована модель описує варіацію параметра R_{mod} .

5. У практичних рекомендаціях (розділ 4.2, с. 140) як першочерговий захід запропоновано вирівнювання інтервалів руху маршрутів когерентного ядра до раціонального для досліджуваного вузла діапазону. У роботі не наведено, яким саме є цей раціональний діапазон і на основі яких критеріїв він визначається для маршрутів із настільки різними вихідними інтервалами руху; розкриття цього питання підвищило б практичну застосовність рекомендації для диспетчерських служб.

Висловлені зауваження мають дискусійний характер, спрямовані на подальше поглиблення окремих положень роботи і не знижують загальної позитивної оцінки дисертаційного дослідження.

Дотримання принципів академічної доброчесності

За результатами вивчення тексту дисертації, наукових праць здобувача та довідки про перевірку на плагіат встановлено, що дисертація виконана самостійно, не містить плагіату та відповідає вимогам академічної доброчесності. Перевірка наявності текстових запозичень виконана у системі StrikePlagiarism. Усі літературні джерела і запозичення, на які є посилання у тексті дисертації, належним чином ідентифіковані.

Загальний висновок

Дисертаційна робота Орди Олександра Миколайовича на тему «Підвищення якості транспортного обслуговування населення міст за рахунок впровадження інтегрованих технологій на міському пасажирському транспорті» є завершеним самостійним науковим дослідженням, присвяченим вирішенню важливої науково-прикладної задачі з галузі транспортних систем і технологій.

Робота відповідає вимогам п.п. 6-9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12

січня 2022 року № 44. Дисертація оформлена згідно з вимогами освітньо-наукової програми «Транспортні системи» Харківського національного автомобільно-дорожнього університету і не суперечить вимогам наказу Міністерства освіти і науки України від 12 січня 2017 року № 40 «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації». Здобувач Орда Олександр Миколайович заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 27 «Транспорт» за спеціальністю 275 - Транспортні технології (на автомобільному транспорті).

Рецензент, завідувач кафедри транспортних систем та логістики

Харківського національного автомобільно-дорожнього університету,
кандидат технічних наук, доцент



Євген ЛЮБИЙ

Підпис	Є. Любий
Підлярією	Ген
08	07
2016 р.	