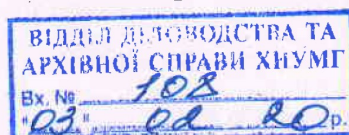


ВІДГУК
офіційного опонента
на дисертаційну роботу Кузькіна Олексія Феліксовича
«Теоретичні основи організації транспортних процесів в системах
міських масових пасажирських перевезень»,
яка представлена на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук
за спеціальністю 05.22.01 – транспортні системи

Для ознайомлення та надання відгуку надані: дисертаційна робота, її автореферат, копії публікацій здобувача за темою дисертації, автореферат захищеної здобувачем дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата наук. Дисертаційна робота складається з анотацій, вступу, п'яти розділів, висновків та додатків. Повний обсяг роботи складає 414 сторінок, надрукованих на двох боках 236 аркушів формату А4 (210x297 мм), в тому числі обсяг основного тексту 303 сторінки. Робота містить 60 рисунків та 56 таблиць. Сім додатків розміщено на 92 сторінках. Список використаних літературних джерел складається з 278 найменувань і розміщений на 35 сторінках.

Актуальність теми дослідження. Останніми роками увага науковців до систем міського громадського транспорту у сучасних містах розвинених країн світу суттєво підвищилась. Це зумовлено низкою причин, основними з яких є суттєве збільшення рівня автомобілізації населення, підвищення концентрації індивідуальних автомобільних транспортних засобів у містах та агломераціях і, як наслідок, виникнення проблеми утворення транспортних заторів і пов'язаних з ними негативних наслідків: суттєве збільшення використання міських площ для руху та постійного чи тимчасового зберігання транспортних засобів, забруднення повітряного басейну міст шкідливими компонентами викидів відпрацьованих газів автомобільних двигунів та пов'язане з цим зростання захворюваності мешканців великих міст. Розвиток міського громадського транспорту та стимулювання мешканців до користування ним у містах розглядаються наразі як один з можливих шляхів стримування зростання автомобілізації та подолання її негативних наслідків. При цьому, як справедливо зазначають науковці та фахівці з транспортного планування міст, залучення власників автомобілів до користування міським громадським транспортом є можливим тільки за умови забезпечення належного рівня організації та надання транспортних послуг пасажиром. Рівень організації транспортних процесів міських пасажирських перевезень та їх ефективність визначаються рівнем їх планування, управління та контролю. Для рішення задач з організації, планування та управління міським масовим пасажирським транспортом останніми десятиліттями широко застосовуються комп'ютерна техні-



ка та інформаційні технології, представлені наукоємними інтегрованими програмними продуктами. В їх основу покладено методологію комп'ютерного моделювання транспортних процесів та систем. Адекватність та точність таких моделей, серед іншого, суттєво визначаються їх методичним, математичним та алгоритмічним забезпеченням. З огляду на це, напрям дисертаційного дослідження здобувача, який спрямований на розробку методів, моделей, алгоритмів організації транспортних процесів в системах міських масових пасажирських перевезень та їх застосування у комп'ютерних системах автоматизованого планування і управління є актуальним.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана у відповідності до транспортної стратегії України на період до 2020 року, Програми розвитку автомобільного транспорту в Запорізькій області на 2013–2017 роки, Програми розвитку та вдосконалення міського пасажирського транспорту у місті Запоріжжя на 2017–2019 роки. Основні положення дисертації узгоджені з науково-дослідними роботами «Удосконалення процесів управління регіональними та міськими системами вантажних і пасажирських перевезень» (ДР № 0109U007820), «Розробка методів удосконалення міських та промислових транспортних систем» (ДР № 0112U005344), «Комплексне обстеження пасажиропотоків на маршрутах міського пасажирського транспорту загального користування в місті Запоріжжя» (ДР № 0117U004758), що виконувались у ході проведення теоретичних та прикладних розробок і досліджень на кафедрі транспортних технологій Національного університету «Запорізька політехніка» (до 2019 року – Запорізького національного технічного університету).

Наукова новизна одержаних результатів. Сформульовані та представлені здобувачем положення наукової новизни роботи є коректними та обґрунтованими. Наукова новизна полягає у розробці методів, моделей та алгоритмів організації транспортних процесів у транспортних пасажирських системах міст, реалізація яких у рамках комп'ютерної інформаційно-аналітичної системи дозволила вирішити актуальну наукову проблему підвищення ефективності транспортних процесів в системах міських масових пасажирських перевезень. Наукові положення, що запропоновані здобувачем в ході виконання дисертаційної роботи і визначають її наукову новизну, полягають у наступному:

вперше:

– розроблено науковий підхід до формування маршрутних мереж міського масового громадського транспорту на основі використання методів і положень теорії графів, який відрізняється від існуючих врахуванням конфігураційних особливостей проходження трас маршрутів через зупинки та дозволяє реалізувати принципи математичної оптимізації при їх проектуванні, чим забезпечує скорочення можливих втрат при організації транспортного процесу;

– розроблена методологія оцінювання тривалості очікування пасажирів посадки у транспортні засоби міського масового громадського транспорту на зупинках при високій частоті руху, яка враховує можливість прибуття пасажирських транспортних засобів групами та забезпечує врахування нестационарного та стохастичного характеру формування потоків пасажирів на зупинкових пунктах та нерегулярність руху маршрутного пасажирського транспорту, що є характерним для схем з надмірним накладенням маршрутів;

– сформована концепція організації транспортних процесів на міському масовому громадському транспорті, яка ґрунтується на представленні оцінювання їх ефективності через сукупність техніко-економічних параметрів, які визначаються плановою тривалістю рейсу, що, на відміну від існуючих, дозволило в межах наявної маршрутної мережі забезпечити скорочення потреби у рухомому складі та одночасно підвищити рівень транспортного обслуговування пасажирів;

удосконалені та набули подальшого розвитку:

– теоретичні основи оцінки рівня розвитку маршрутних мереж громадського транспорту, які передбачають їх варіантну формалізацію у вигляді графів та їх аналіз з позицій теорії складних мереж і, на відміну від існуючих, встановлюють ступінь і характер впливу топологічних характеристик моделей маршрутних мереж на величини транспортної рухливості населення та результативні показники пасажирських перевезень у транспортній пасажирській системі міста;

– метод гравітаційного моделювання елементів матриці міжрайонних пасажирських кореспонденцій у містах, який, на відміну від існуючих, передбачає використання трикутного розподілу Сімпсона в якості функції тяжіння між транспортними районами з визначенням його параметрів на підставі характеристик транспортної мережі та показників пасажирських перевезень;

– моделі оцінки витрат часу пасажирів на піший підхід до зупинки громадського транспорту, що, на відміну від існуючих, враховують геометричну конфігурацію зони пішої доступності зупинки, яка формується з урахуванням вибору її пасажиром;

– методи та алгоритми пошуку найкоротших за тривалістю шляхів пересування пасажирів у маршрутних мережах з урахуванням пересадок, що базуються на методах комбінаторної оптимізації та, на відміну від існуючих, дозволяють суттєво скоротити простір пошуку рішення та врахувати можливі додаткові умови, що висуваються до шуканих шляхів.

Практичне значення дисертації. Отримані у дисертації наукові результати досліджень здобувача, представлені розробленими методами, моделями та алгоритмами організації транспортних процесів міських масових пасажирських перевезень та реалізовані у вигляді комп'ютерної інформаційно-аналітичної системи можуть бути використані організаторами та операторами

регулярних міських пасажирських перевезень з метою підвищення ефективності функціонування транспортних пасажирських систем міст. Отримані наукові та практичні результати дисертаційного дослідження мають цінність при впровадженні у навчальний процес підготовки фахівців спеціальностей транспортного та містобудівного спрямування у навчальних дисциплінах з вивчення транспортного планування міст, міських транспортних систем та організації міських пасажирських перевезень.

Запропоновані у дисертації наукові підходи, методи, моделі, алгоритми та розроблене програмне забезпечення були використані: Управлінням з питань транспортного забезпечення та зв'язку Запорізької міської ради при розробці нормативів якості транспортного обслуговування населення на регулярних маршрутах загального користування у місті Запоріжжя, при розробці заходів з удосконалення маршрутної мережі автомобільного та міського електричного транспорту міста Запоріжжя; комунальним підприємством міського електричного транспорту ЗКПМЕТ «Запоріжелектротранс» для планування обсягів пасажирських перевезень і транспортної роботи, при розробці розкладів руху на міських автобусних, тролейбусних і трамвайних маршрутах; у навчальному процесі підготовки бакалаврів та магістрів зі спеціальності 275.03 «Транспортні технології (на автомобільному транспорті)» у курсах навчальних дисциплін «Пасажирські перевезення» та «Міські транспортні системи» на кафедрі транспортних технологій Національного університету «Запорізька політехніка». Впровадження результатів дисертаційного дослідження підтверджено відповідними актами, що наведені у додатку дисертації.

Оцінка змісту дисертації в цілому. Дисертаційна робота складається з анотацій, вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку використаних джерел та семи додатків.

Анотації дисертації викладені державною та англійською мовами, містять стислу інформацію про актуальність теми роботи, зміст її розділів, наукову новизну та практичне значення результатів дослідження, перелік ключових слів. У відповідності до встановлених вимог наприкінці анотацій наведений список публікацій здобувача за темою дисертації.

У *вступі* обґрунтовано актуальність теми дисертаційного дослідження, визначено об'єкт та предмет дослідження, сформульовано його мету та основні завдання, зазначені використані методи дослідження, наукова новизна, теоретичне і практичне значення отриманих результатів, викладені відомості щодо їх апробації, дані про публікації результатів роботи та її обсяг і структуру. Наведена у вступі інформація повністю відповідає змісту роботи.

У *першому* розділі проведено аналіз загальносвітових тенденцій сьогодення у галузі міських пасажирських перевезень, наявних наукових підходів до вирішення практичних завдань різних рівнів з організації транспортних процесів у транспортних пасажирських системах сучасних міст, вимог дію-

чих законодавчих та нормативних документів щодо організації транспортних процесів у містах в аспекті якості надання транспортних послуг з перевезень пасажирів. На підставі проведеного аналізу зроблено висновки щодо необхідності використання науково обґрунтованих підходів, методів математичного та економіко-математичного моделювання, інформаційних систем та технологій для автоматизованого планування та управління транспортними процесами масових пасажирських перевезень у міських транспортних системах з метою підвищення ефективності їх організації. У висновках до розділу зазначені сформульовані за результатами виконаного аналізу завдання дослідження.

У *другому* розділі розроблені теоретичні основи організації транспортних процесів на міському масовому пасажирському транспорті у вигляді наукових підходів, методів, моделей та алгоритмів. Викладені наукові підходи щодо формалізації маршрутних мереж міського громадського транспорту методами теорії графів та аналізу їх розвитку з позицій теорії складних мереж. Розроблені моделі складників витрат часу пасажирів на пересування у транспортній пасажирській системі міста з використанням аналітичних (для визначення пішохідного складника), імовірно-статистичних методів, методів статистичного моделювання (для визначення складника очікування) та комбінаторної оптимізації (для визначення транспортного складника). Розвинуто науковий підхід методу гравітаційної аналогії для моделювання елементів матриці міжрайонних пасажирських кореспонденцій у містах з використанням статистичного трикутного розподілу Сімпсона в якості функції тяжіння між транспортними районами. Запропоновано використання оптимізаційного підходу до планування тривалості рейсу та оборотного рейсу на міському маршруті громадського транспорту, який враховує інтереси як транспортного оператора, так і пасажирів.

У *третьому* розділі дисертації виконані експериментальні дослідження розроблених методів, моделей і алгоритмів у системах міських масових пасажирських перевезень та оцінка їх застосовності. З використанням розроблених наукових підходів до моделювання та оцінки розвитку маршрутних мереж міського громадського транспорту виконано їх порівняльний аналіз для п'яти великих міст України. Встановлено регресійні залежності транспортної рухливості населення на міському пасажирському транспорті та результативних показників пасажирських перевезень у розглянутих містах від показників розвитку їх маршрутних мереж. Виконано розрахунки елементів матриці міжрайонних пасажирських кореспонденцій для умов міста Запоріжжя з використанням розвинутого наукового підходу гравітаційного моделювання на підставі встановлених за результатами транспортних обстежень параметрів трикутного статистичного розподілу. Виконано статистико-експериментальні дослідження моделей і методів оцінки складників пересування пасажирів у

транспортній пасажирській системі великого міста. Наведено приклад практичного застосування розроблених у дисертації наукових підходів до планування тривалості рейсу та оборотного рейсу на міському маршруті.

Виконана оцінка точності, адекватності та умов застосовності розроблених у дисертаційній роботі методів, моделей та алгоритмів. Можливість їх практичного застосування забезпечується розробленими здобувачем аналітичними, графічними залежностями та програмним забезпеченням для комп'ютера, реалізованим у вигляді окремих програмних модулів та додатків.

Четвертий розділ дисертації присвячений розробці комп'ютерної інформаційно-аналітичної системи аналізу транспортних пасажирських систем міст, яка агрегує в собі розроблені у дисертаційній роботі методи, моделі і алгоритми організації транспортних процесів міських масових пасажирських перевезень. Викладено призначення та функції розробленої інформаційно-аналітичної системи, склад і структуру її бази даних, реалізованої за реляційною моделлю даних. Описано розроблені підсистеми інформаційно-аналітичної системи та елементи її інтерфейсу користувача.

У *п'ятому* розділі дисертаційної роботи наведено результати практичної реалізації наукових досліджень в умовах транспортної пасажирської системи великого міста (міста Запоріжжя). З використанням розроблених теоретичних положень та практичних додатків дисертаційної роботи виконано змістовний аналіз та оцінку розвитку мережі міського громадського транспорту міста. На підставі результатів комплексного обстеження пасажирських потоків у місті виконано моделювання пасажирських кореспонденцій на мережі міського громадського транспорту та розроблено заходи щодо її удосконалення з метою підвищення ефективності функціонування.

Висновки до дисертаційної роботи містять її значення та особистий внесок здобувача у вирішення поставлених задач дослідження повністю відповідають їм. Висновки є достатньо обґрунтованими, мають коректні формулювання та свідчать про можливість використання результатів дисертаційного дослідження для підвищення ефективності організації транспортних процесів пасажирських перевезень у міських транспортних системах.

У *додатках* до дисертації містяться тексти комп'ютерних програмних модулів, що реалізують розроблені у роботі методи, моделі та алгоритми, структуру таблиць бази даних розробленої комп'ютерної інформаційно-аналітичної системи, результати розрахунків елементів матриці міжрайонних пасажирських кореспонденцій у місті Запоріжжя, список публікацій здобувача та акти впровадження результатів досліджень.

Теоретичні, експериментальні та практичні дослідження виконані у роботі на належному рівні. Текстова та графічна частини роботи оформлені у відповідності до встановлених вимог.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації. Ступінь обґрунтованості і достовірності наукових положень, висновків та рекомендацій, використаних і сформульованих по результатах дисертаційної роботи здобувача, забезпечуються коректністю обраної методології та методик дослідження, що ґрунтуються на використанні та положеннях теорії міських пасажирських перевезень, розширеної теорії графів, теорії складних мереж, теорії імовірностей і математичної статистики, методах кореляційно-регресійного аналізу, комбінаторної та стохастичної оптимізації, імітаційного комп'ютерного моделювання.

Одержані у роботі результати та сформульовані на їх підставі висновки є чіткими, достатньо обґрунтованими та достовірними. Підтвердженням цього є коректність формулювання та постановки задач дослідження, застосування належного математичного апарату, методик експериментальних досліджень та оцінки адекватності отриманих результатів, впровадженням отриманих результатів дослідження у практичну діяльність організатора та оператора регулярних міських масових пасажирських перевезень у великому місті. Зміст сформульованих висновків по результатах роботи містить нові наукові підходи, практично значущі результати та в цілому має чітке обґрунтування і відбиває рішення завдань, поставлених здобувачем у дисертаційному дослідженні.

Повнота викладу результатів дисертації в опублікованих працях. Основні результати дисертаційної роботи опубліковані у 63 друкованих працях, у тому числі: одна колективна монографія; 25 статей у наукових фахових періодичних виданнях України (з них 5 у виданнях, що включені до міжнародних наукометричних баз даних, у тому числі 2 статті у виданнях, що індексуються у наукометричній базі даних Scopus); одна стаття у інших виданнях; 31 теза у збірниках доповідей наукових конференцій; отримано 2 свідоцтва авторського права; три звіти з науково-дослідних робіт, у яких здобувач був керівником або виконавцем, що мають державну реєстрацію. Зміст особистого внеску здобувача у роботах, що опубліковані у співавторстві, не має повторів та дублювання.

Відповідність автореферату основним положенням та змісту дисертації. Автореферат у повній мірі розкриває зміст дисертаційної роботи та повністю відбиває отримані здобувачем наукові та практичні результати дослідження. Оформлення дисертації та автореферату відповідають вимогам діючих нормативних документів. У представленій дисертаційній роботі на здобуття наукового ступеня доктора наук здобувачем не використовувались матеріали раніше захищеної дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата наук.

Дискусійні питання та зауваження до дисертаційної роботи. Детальний аналіз змісту дисертаційної роботи дає підстави відзначити деякі дискусійні питання та певні недоліки роботи, а саме:

1. У переліку нормативних документів, якими визначається розташування та обладнання зупинок наземного міського пасажирського транспорту (с. 116 другого розділу дисертації) присутні застарілі документи, зокрема: державні будівельні норми ДБН Б.2.2.12–2018 «Планування та забудова територій» та СНіП 2.05.09 «Трамвайні та тролейбусні лінії».

2. У дисертаційній роботі не надано рекомендацій щодо використання запропонованого підходу до агрегування окремих зупиночних пунктів у вершини графа маршрутної мережі (п. 2.1.1 другого розділу дисертації) для випадку розміщення на перегоні або безпосередній близькості між перехрестями зупинок рейкового та безрейкового наземного міського транспорту.

3. Заміна дискретного процесу підходу та відправлення пасажирів з зупинки міського громадського транспорту його неперервними наближеннями у запропонованій моделі (2.53) на с. 150 другого розділу дисертації висуває вимоги щодо встановлення початкового стану зупинки (кількості пасажирів, що очікують прибуття транспорту на зупинці у початковий момент часу) та часових меж періоду перевантаженого режиму зупинки як системи обслуговування.

4. Розроблена модель визначення планової тривалості рейсу та оборотного рейсу на міському маршруті (формула 2.117 на с. 193 дисертації) не враховує технологічних обмежень на мінімальне і максимальне значення параметра оптимізації. Крім того, величина міжрейсового відстоювання маршрутних транспортних засобів на кінцевих зупинках маршруту встановлюється з урахуванням вимог щодо режимів праці та відпочинку водіїв транспортних засобів.

5. Закони розподілу степенів вершин розглядуваних маршрутних мереж громадського транспорту великих міст встановлені за неформальними ознаками (візуально), для чого використані наведені відповідні графіки розподілу (рис. 3.2 на с. 209 третього розділу дисертації). Враховуючи, що при цьому у розпорядженні здобувача була наявна уся генеральна сукупність спостережень, бачиться доцільним та можливим перевірка гіпотез про закони розподілу досліджуваних випадкових величин за формальними (загальними або спеціальними) критеріями згоди.

6. Оскільки розроблені регресійні моделі залежності результативних показників пасажирських перевезень на міському електричному транспорті великих міст України від показників розвитку цих мереж є лінійними (табл. 3.14 на с. 228 третього розділу дисертації), у роботі бажано було б навести їх у графічному вигляді спільно з полем кореляції. Аналогічно, для регресійного аналізу залежностей середнього квадратичного відхилення та коефіцієнта ва-

ріації маршрутного інтервалу руху від його математичного очікування (рис. 3.19, 3.20 та табл. 3.25 на с. 261-262 дисертації) наведено лише поле кореляції без графіків розрахованих рівнянь регресії.

7. Статистичні дані, які використані для статистичного аналізу впливу показників розвитку маршрутних мереж електричного транспорту крупних міст України у третьому розділі дисертації (підрозділи 3.1.2, 3.1.3) є дещо застарілими (2013 рік). Зважаючи на це, бажано було б дослідити та підтвердити у дисертації правильність виконаних розрахунків та зроблених на їх підставі висновків для більш пізніх даних (на офіційному веб-сайті корпорації «Укрелектротранс» https://korpmet.org.ua/?page_id=3227 станом на 01.01.2020 р. наявні основні показники роботи підприємств міського електротранспорту України за 2013-2018 роки).

8. У той час, як верхні границі змінювання параметрів моделі оптимізації планової тривалості рейсу на міському маршруті на характеристичному графіку чутливості моделі до її параметрів для розглянутого прикладу тролейбусного маршруту обґрунтовані фактичними даними натурних спостережень (графік на рис. 3.24 на с. 274 дисертації), нижні межі можливих значень змінювання цих параметрів, що дорівнюють нулю, потребують обґрунтування.

9. У анотації, вступі та загальних висновках дисертаційної роботи зазначено, що розроблені у роботі методи, моделі та алгоритми реалізовані у вигляді програмних модулів мовами програмування C++ та Python, втім, у тексті дисертації зазначено, що програмне забезпечення для розрахунку та балансування матриці міжрайонних пасажирських кореспонденцій (с. 238 третього розділу дисертації) та комп'ютерна імітаційна модель зупинкового пункту (с. 249) реалізоване у інтегрованому середовищі розробки Turbo Delphi Explorer мовою програмування Delphi, що підтверджує лістинг програми, наведений у додатку Б (с. 383) дисертації.

10. Статистичні дані про динаміку змінювання показників пасажирських перевезень у місті Запоріжжя по результатах попередніх комплексних обстежень пасажиропотоків та наявну чисельність його мешканців подані без посилання на джерело інформації .

11. У тексті дисертації зустрічаються певні термінологічні та параметричні недоліки: одночасно використовуються терміни «стандартне відхилення» (с. 220, 265, 271) та «середньоквадратичне відхилення» (с. 6, 76, 93, 135 та ін.); у роботі присутні посилання на статистичний закон гамма-розподілу, формула щільності імовірності якого у тексті дисертації наводиться тричі (формули 2.59 на с. 152, 2.70 на с. 157 та 3.32 на с. 256), причому з різними позначеннями параметрів.

Висловлені зауваження та зазначені недоліки не зменшують наукової та практичної цінності представленої дисертаційної роботи та не впливають на її загальну позитивну оцінку.

ВИСНОВОК

Виходячи з аналізу змісту дисертаційної роботи, її наукової новизни, практичної значущості, ступеня достовірності та обґрунтованості положень та результатів можна дійти висновку, що дисертація Кузькіна Олексія Феліксовича на тему «Теоретичні основи організації транспортних процесів в системах міських масових пасажирських перевезень» є завершеною науковою працею, в якій отримані наукові результати, що вирішують актуальну проблему підвищення ефективності транспортних процесів в системах міських масових пасажирських перевезень. Дисертаційна робота повністю відповідає паспорту спеціальності 05.22.01 – транспортні системи в частині формули спеціальності та напрямків досліджень. За обсягом проведених теоретичних та експериментальних досліджень, їх рівнем та науковою новизною, практичною значимістю отриманих результатів дисертаційна робота у повній мірі відповідає вимогам пунктів 9, 10, 12–14 Порядку присудження наукових ступенів (затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 року № 567, зі змінами), а її автор, Кузькін Олексій Феліксович, заслуговує на присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.22.01 – транспортні системи.

Офіційний опонент:

завідувач кафедри транспортних технологій
Кременчуцького національного університету
імені Михайла Остроградського
доктор технічних наук, професор



М. М., Мороз

