



67-72-92/2
05.05.2021

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу *Бурої Романи Романівни* на тему «Вдосконалення методів мінімізації затримки транспортних потоків у містах зі щільною забудовою», подану на здобуття ступеня доктора філософії зі спеціальності 275 — транспортні технології (за видами)

На надання відгуку представлена дисертація загальним обсягом 218 сторінок, яка містить: анотації (українською та англійською мовами) зі списками публікацій здобувачки за темою дисертаційної роботи, зміст, перелік скорочень та умовних позначень, вступ, чотири розділи, загальний висновок, список використаних джерел зі 109 найменувань та сім додатків. Обсяг основного тексту дисертаційної роботи складає 117 сторінок, робота містить 26 таблиць та 43 рисунки.

Актуальність теми дослідження. Щороку чисельність світового автомобільного парку неупинно зростає, збільшуючи при цьому гостроту проблем, викликаних високим рівнем автомобілізації. До таких проблем, насамперед, слід віднести перевантаження вулиць і доріг рухом автомобільного транспорту, утворення транспортних заторів, зменшення швидкості сполучення, збільшення обсягів шкідливих викидів відпрацьованих газів автомобільних двигунів у атмосферу. Переважна частка автомобілів сконцентрована у містах, тож для останніх проблема подолання шкідливих наслідків автомобілізації населення є найбільш актуальною. Особливо це стосується великих міст із забудовою, що склалася історично, яка практично не дозволяє вирішення транспортних проблем містобудівними заходами. Одним шляхів зниження темпів зростання рівня автомобілізації і автомобілекористування є залучення мешканців міст до використання для пересування у межах міської території альтернативних приватному автомобілю способів, до яких, у першу чергу, слід віднести міський громадський транспорт. Очевидно, залучити існуючих та потенційних власників автомобілів до користування громадським транспортом можна лише за умови надання пасажиром транспортних послуг з високим рівнем якості. Якість послуг громадського транспорту, серед іншого, визначається здебільшого часом, який витрачає пасажир на поїздку. Тож наближення швидкості сполучення громадського транспорту до швидкості сполучення, яку забезпечує приватний легковий автомобіль є основною метою сучасних підходів, що розробляються фахівцями з містобудування та транспортного планування. Зменшення затримок у русі транспорту на вулично-дорожній мережі міста шляхом удосконалення методів організації руху транспортних потоків з наданням пріоритетних умов руху громадського транспорту дозволяє суттєво підвищити привабливість останнього для пасажирів та збільшити провізну спроможність транспортних магістралей міста. Виходячи з вищевикладеного, поставлене та вирішене здобувачкою у дисертаційному дослі-

дження завдання удосконалення методів мінімізації затримки транспортних потоків у містах є актуальним і нагальним на даний час.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана у відповідності до Транспортної стратегії України на період до 2020 р. (схваленої розпорядженням Кабінету Міністрів України від 20.10.2010 р. № 2174-р), Транспортної стратегії України на період до 2022 р. (схваленої розпорядженням Кабінету Міністрів України від 30.05.2018 р. № 430-р) та Державної програми підвищення рівня безпеки дорожнього руху в Україні на період до 2020 р. (схваленої Постановою Кабінету Міністрів України від 25.04.2018 р. № 435). Зміст роботи, її спрямування та наукові результати відповідають загальній тематиці і напрямкам наукових досліджень кафедри «Транспортні технології» Національного університету «Львівська політехніка» та реалізовані у межах кафедральних науково-дослідних робіт «Оптимізація параметрів вулично-дорожньої мережі і пішохідно-транспортних потоків та організації автомобільних перевезень» (номер державної реєстрації 0113U001348); «Оптимізація автомобільних транспортних систем та підвищення безпеки дорожнього руху» (номер державної реєстрації 0118U000348).

Наукова новизна одержаних результатів. Представлені здобувачкою положення наукової новизни дисертаційної роботи є коректними за формулюванням та належним чином обґрунтованими. Наукова новизна одержаних теоретичних та практичних результатів досліджень полягає у наступному:

- *вперше* розроблено та застосовано науковий підхід до визначення затримок у русі потоків транспортних засобів міського громадського транспорту, який базується на використанні геоінформаційних даних;
- *удосконалено* наукові підходи до оцінки основних характеристик руху транспортних потоків на ділянках вулично-дорожньої мережі міста на підставі їх класифікації за планувальними та організаційно-технологічними особливостями;
- *набули подальшого розвитку* науково-методологічні підходи до визначення затримок транспортних потоків громадського транспорту в умовах використання різних способів надання останнім переваг та пріоритетів у русі.

Практичне значення одержаних результатів дослідження. Отримані у дисертаційній роботі здобувачки наукові результати досліджень представлені доведеними до практичного використання рекомендаціями щодо надання переваги у русі громадському транспорту на існуючих ділянках вулично-дорожньої мережі міст. Отримані аналітичні закономірності щодо оцінки параметрів руху транспортних потоків (величин максимальної довжини черги, затримки одного транспортного засобу у транспортному потоці, швидкостей руху транспортного потоку за різних умов надання пріоритету громадському транспорту) дають можливість практичним працівникам з транспортного планування обґрунтовувати зміни у існуючих схема

організації дорожнього руху на ділянках вулично-дорожньої мережі, якими вже організовано або планується організація руху громадського транспорту. Практичне використання результатів наукових досліджень, виконаних у дисертаційній роботі здобувачки, підтверджено актами впровадження в умовах комунального підприємства «Інститут просторового розвитку» (м. Львів) та ПП «Інжинірингова компанія «ДорПроектСтандарт» (м. Львів). Теоретичні результати дисертаційної роботи використовуються у навчальному процесі підготовки бакалаврів та магістрів спеціальності 275.03 «Транспортні технології (на автомобільному транспорті)» на кафедрі «Транспортні технології» Національного університету «Львівська політехніка», що підтверджено відповідним актом впровадження.

Оцінка змісту дисертаційної роботи в цілому. Дисертаційна робота складається з анотацій (українською та англійською мовами), переліку скорочень та умовних позначень, вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел та семи додатків.

Анотації дисертації викладені українською та англійською мовами, містять інформацію про актуальність теми дослідження, мету, завдання, об'єкт, предмет та методи досліджень, зміст розділів дисертації, наукову новизну та практичне значення результатів досліджень, інформацію щодо особистого внеску здобувачки та апробацію отриманих у роботі результатів, структуру та обсяг дисертації, перелік ключових слів. У відповідності до встановлених вимог, наприкінці анотацій наведений повний список публікацій здобувачки за темою роботи.

У **першому** розділі авторкою виконано аналіз існуючих наукових підходів до методів управління містом як складною системою в цілому та його транспортною підсистемою зокрема. Окреслено та охарактеризовано основні напрямки зниження рівня завантаження міських вулиць та доріг рухом транспортних засобів, проаналізовано вплив планувальних чинників та геометричних параметрів на якісний стан транспортних потоків та режими регулювання дорожнього руху. Особливу увагу у розділі приділено методам створення пріоритетних умов руху міського громадського транспорту на перегонах вулично-дорожньої мережі, регульованих та нерегульованих перехрестях. Викладено підходи до визначення та оцінки затримок у транспортних потоках та проаналізовано їх застосування для умов перехресть вулиць і доріг та зупинок громадського транспорту.

Другий розділ дисертації присвячений розробці та обґрунтуванню теоретичної моделі та методів мінімізації затримок транспортних потоків на міській вулично-дорожній мережі з урахуванням руху нею громадського транспорту. На підставі аналізу моделей руху транспортних потоків та їх затримок на регульованих та нерегульованих перехрестях, запропоновано виділення десяти характерних ділянок магістральної вулично-дорожньої мережі міста за ознаками кількості смуг руху, якісного стану та основних параметрів транспортного потоку за характерними періодами доби, характеристик руху потоків громадського транспорту.

У *третьому* розділі дисертаційної роботи проведено експериментальні дослідження щодо оцінки величини затримок руху транспортних потоків на міській вулично-дорожній мережі для умов міста Львів. Для оцінки затримок у русі громадського транспорту на перегонах використані геоінформаційні дані про фактичний рух автобусів на шести міських маршрутах. Оцінка тривалості затримок громадського транспорту на зупинках та його середньої просторової швидкості за умови руху у складі основного транспортного потоку виконувалась шляхом натурних спостережень. Для отриманих результатів виконано статистичну обробку, встановлено їх основні описові статистики та побудовані однофакторні регресійні моделі залежності швидкості руху транспортного потоку в залежності від його інтенсивності для різних типів ділянок згідно використовуваної класифікації.

Четвертий розділ дисертаційної роботи присвячений моделюванню затримок руху у транспортних потоках за різних способів надання пріоритету руху громадському транспорту у містах. Для моделювання використано спеціалізоване програмне забезпечення моделювання PTV VISSIM. Для ділянок вулично-дорожньої мережі з різною довжиною та дорожніми умовами в залежності від способу надання пріоритету руху громадському транспорту та інтенсивності руху на підставі моделювання отримані величини для оцінки максимальної довжини черги у транспортному потоці та затримки одного транспортного засобу в залежності від інтенсивності руху загального транспортного потоку. Результати моделювання представлені у графічному аналітичному (у вигляді регресійних моделей) вигляді. По результатах моделювання розроблено та обґрунтовано рекомендації щодо надання пріоритету громадському транспорту в залежності довжини ділянки вулично-дорожньої мережі та умов руху на ній.

Загальні **висновки** по результатах дисертаційної роботи розкривають її наукове та прикладне значення, формулюють особистий внесок здобувачки у вирішення поставлених завдань дослідження. Висновки є належно обґрунтованими, коректно сформульованими та свідчать про можливість використання результатів дисертаційного дослідження для вирішення практичних задач організації перевезень пасажирів та дорожнього руху у містах.

У **додатках** розміщено інформацію про характеристики типових ділянок вулично-дорожньої мережі міста Львів; дані про швидкість сполучення та її змінювання протягом ділянок вулично-дорожньої мережі на міських маршрутах громадського транспорту, отримані по результатах обробки геоінформаційних даних; результати натурних замірів середньої просторової швидкості руху на ділянках транспортної мережі міста між перехрестями та графічні представлення залежностей швидкостей руху транспортних засобів між стоп-лініями перехресть від інтенсивності руху загального транспортного потоку; акти впровадження результатів досліджень; список публікацій здобувачки за темою дисертаційної роботи.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертації. Ступінь обґрунтованості і достовірності наукових положень, висновків та рекомендацій, використаних і сформульованих за результатами дисертаційної роботи здобувачки, забезпечуються коректністю обраної методології та методик дослідження, які ґрунтуються на використанні та положеннях загальної теорії систем і системного аналізу, методах натурних спостережень, математичного та імітаційного моделювання, кореляційно-регресійного аналізу. Отримані у дисертаційній роботі результати та сформульовані на їх підставі висновки є достатньо чіткими, обґрунтованими та достовірними. Це впливає з коректності постановки та математичної формалізації задач дослідження, застосування належного математичного апарату та інструментарію обробки даних, застосовності підходів експериментальних досліджень з використанням сучасного спеціалізованого програмного забезпечення. Сформульовані за результатами представленої дисертаційної роботи висновки містять нові, науково обґрунтовані підходи, практично значимі результати, які мають належне теоретичне підґрунтя та відбивають результат вирішення завдань, поставлених здобувачкою у дисертаційному дослідженні.

Повнота викладення результатів дисертації в опублікованих працях. Основні результати дисертаційної роботи здобувачки оприлюднені у 25 наукових працях, з яких: 4 статті у фахових виданнях, що входять до переліку, затвердженому Департаментом атестації кадрів МОН України; одна стаття у періодичному науковому виданні іншої держави (Республіка Польща); 2 статті у інших періодичних наукових виданнях; 18 праць апробаційного характеру. Матеріали, оприлюднені та представлені здобувачкою у наукових публікаціях, відповідають темі та змісту дисертаційної роботи та достатньо повно відбивають отримані у ній результати наукових досліджень. Зміст особистого внеску здобувачки у друкованих працях, опублікованих у співавторстві, не має повторювань, дублювання та конфліктів з іншими співавторами. Робота має належний рівень апробації на наукових та науково-практичних конференціях різного рівня.

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. Наприкінці першого розділу дисертаційної роботи або у висновках до нього доцільним бачиться формулювання основних завдань дослідження на підставі проведеного аналізу стану питання щодо управління транспортними потоками у містах, відсутнє у роботі.
2. Класифікація типових ділянок вулично-дорожньої мережі міста, прийнята у дослідженні (розділ 2, табл. 2.1 на с. 67 дисертації), потребує більш обґрунтованої формалізації, оскільки ознаки, прийняті для класифікації, мають нечіткі границі визначення, змінюються протягом часу та мають певний вплив одна на одну. Це,

зокрема, стосується значень коефіцієнтів завантаження, насичення та швидкості руху для різних рівнів зручності руху, часових границь пікових та міжпікових періодів доби та пари параметрів інтенсивність руху – швидкість руху.

3. У дисертаційній роботі швидкість сполучення на маршрутах громадського транспорту визначалась за наявними історичними даними трекерів GPS-навігації на підставі фіксації фактичного часу прибуття транспортних засобів на зупинки. Оскільки моменти часу у системі геолокації вимірюються з точністю до 1 хв (розділ 3, табл. 3.2 на с. 79 дисертації), тривалість руху громадського транспорту між суміжними зупинками може мати граничну похибку вимірювання ± 2 хв. У випадку перегонів відносно невеликої довжини, характерних для міського громадського транспорту, це у підсумку може дати суттєву похибку при розрахунках швидкості сполучення. Тож, у дисертаційній роботі бажано було б оцінити величину цієї похибки, визначивши довірчі інтервали розрахункових усереднених швидкостей сполучення на досліджуваних маршрутах громадського транспорту.

4. У роботі не зазначено, яким чином визначався обсяг статистичної вибірки при проведенні натурних обстежень для визначення та дослідження швидкості руху між стоп-лініями у загальному транспортному потоці на ділянках транспортної мережі (розділ 3, п. 3.2.4 на с. 97 дисертації). Зокрема, не зазначено спосіб розрахунку обсягу вибірки та прийнятий при цьому рівень похибки вимірювань.

5. Розрахунки за низкою розроблених отриманих регресійних залежностей (рівнянь апроксимації), наведених у табл. 3.10, 3.11, 4.1-4.6, 4.8, можуть мати суттєву втрату точності, оскільки коефіцієнти при аргументах з найвищою степінню, що входять до рівнянь, мають лише одну значущу цифру. Тож, бажано було б оцінити значимість коефіцієнтів отриманих регресійних рівнянь методами математичної статистики.

6. візуалізовані дані полів кореляції (додаток Д дисертації) дають підстави стверджувати, що для деяких рівнянь (графіки яких наведені, зокрема, на рис. Д.6, Д.7, Д.14, Д.16, Д.19) не виконується умова нормальності розподілу незалежного фактору. У такому випадку оцінювання якості побудованого рівняння регресії за значенням коефіцієнта детермінації не є спроможним.

7. Бачиться доцільним у четвертому розділі дисертації більш докладно описати та (чи) проілюструвати принципи побудови модельованих ділянок міської магістральної вулично-дорожньої мережі в середовищі PTV VISSIM, використані підходи до планування експериментів на розроблених моделях та їх реалізацію з обробкою результатів моделювання включно.

8. У дисертаційній роботі наявні помилки з оформлення та викладення текстової частини, які суттєво не впливають на сприйняття та розуміння викладених у дисертації положень.

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 представленої дисертаційної роботи, наукової новизни її положень, практичної значимості результатів досліджень, ступеня достовірності та обґрунтованості положень та результатів дослідження можна дійти висновку, що дисертація Бурої Романи Романівни на тему «Вдосконалення методів мінімізації затримки транспортних потоків у містах зі щільною забудовою» є завершеною науковою працею, в якій отримані наукові результати, що вирішують актуальну науково-прикладну проблему зменшення затримок у русі транспортних потоків в умовах надання пріоритету руху громадському транспорту у містах. Дисертаційна робота повністю відповідає спеціальності 275 «Транспортні технології (за видами)» в частині напрямків наукових досліджень. За обсягом проведених теоретичних та експериментальних досліджень, їх рівнем та науковою новизною, практичною значимістю отриманих результатів дисертаційна робота у повній мірі відповідає вимогам постанови Кабінету Міністрів України від 06.03.2019 р. № 167 «Про проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії», а її авторка, Бура Романа Романівна, заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 275 «Транспортні технології (за видами)».

Офіційний опонент:
декан транспортного факультету
Національного університету
«Запорізька політехніка»
доктор технічних наук, доцент



О. Ф. Кузькін

Підпис доц. Кузькіна О. Ф.
З А С В І Д Ч У Ю
Учений секретар Вченої ради
Національного університету
«Запорізька політехніка»
канд. соціол. наук, доцент



В. В. Кузьмін