

## ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу Сотнікової Анни Олександрівни на тему «Особливості формування транспортних потоків в умовах війни», подану на здобуття ступеня доктора філософії зі спеціальності 275 — транспортні технології

На надання відгуку представлена дисертація загальним обсягом 194 сторінки, яка містить: анотації (українською та англійською мовами) зі списками публікацій здобувачки за темою дисертаційної роботи, зміст, перелік скорочень та умовних позначень, вступ, чотири розділи, висновки, список використаних джерел зі 131 найменування та сім додатків. Обсяг основного тексту дисертаційної роботи складає 128 сторінок, робота містить 12 таблиць та 57 рисунків.

Актуальність теми дослідження. Дії воєнного характеру як такі, так і їх можливі наслідки для суспільства важко піддаються прогнозуванню не лише у короткостроковому горизонті часу, але й у довгостроковій перспективі. Відчуття загрози життю та здоров'ю людей, їх рідних та близьких, спричиняє вимушену міграцію населення не лише на територіях, на яких відбуваються бойові дії різної ступені активності, але й на територіях, значно віддалених від них. У будь-якому випадку, стрімкі та масові переміщення населення протягом відносно короткого проміжку часу призводять до різкого стрибкоподібного збільшення навантаження на транспортну інфраструктуру регіону, що бере безпосередню участь чи наближений до району бойових дій. Це, у свою чергу, збільшує витрати часу на транспортні переміщення населення окремими ланками транспортної мережі. Тож, при проведенні евакуаційних заходів у стислі терміни і задля належного життєзабезпечення територій гуманітарних конфліктів державним органам необхідно вживати обґрунтованих заходів щодо можливих напрямків евакуації та достовірно оцінювати рівні завантаження ділянок транспортної мережі. Врахування особливостей формування транспортних потоків у транспортних мережах, що функціонують на територіях прямого чи опосередкованого впливу воєнних дій та загроз, дає можливість організувати та координувати у часі процеси евакуації населення, організацію постачання продовольства та гуманітарної допомоги, логістичне забезпечення військових підрозділів держави. Зважаючи на вищезазначене можна стверджувати, що тема дисертаційної роботи здобувачки з дослідження особливостей формування транспортних потоків у містах в умовах війни є актуальною. Актуальність теми дослідження підвищується, оскільки на території України на даний час продовжуються активні бойові дії та пов'язані з ними процеси вимушеної міграції населення міських та сільських населених пунктів, що ставить перед обласними та місцевими адміністраціями необхідність оперативного вирішення задач належної евакуації населення.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Наукові дослідження здобувачки виконані за напрямком загальної наукової тематики кафедри «Транспортні технології» Національного університету «Львівська політехніка», зокрема у межах виконання держбюджетних науково-дослідних робіт:

- «Оптимізація автомобільних транспортних систем та підвищення безпеки дорожнього руху» (номер державної реєстрації 0118U000348, термін виконання 2018–2022 роки);
- «Оптимізація параметрів транспортних систем та підвищення ефективності перевізних процесів» (номер державної реєстрації 0123U100402, термін виконання 2023–2027 роки).

Тематичний напрямок дисертаційної роботи здобувачки відповідає напрямкам Національної транспортної стратегії України до 2030 року (схваленої розпорядженням Кабінету Міністрів України від 30.05.2018 р. № 430-р) у частині удосконалення збору, аналізу та використання статистичних даних, використання супутникової навігації, інтелектуальних транспортних систем, інформаційних технологій.

Наукова новизна одержаних результатів. Сформульовані та представлені здобувачкою положення наукової новизни дисертаційної роботи є коректними, належним чином обґрунтованими та доведеними під час проведення досліджень. Наукова новизна одержаних теоретичних та практичних результатів наукових досліджень дисертаційної роботи полягає у такому:

- досліджено зміни у транспортних потоках у зв'язку із конкретними воєнними подіями під час масштабного гуманітарного конфлікту в Україні;
- розроблено класифікацію воєнних подій з метою їх використання під час аналізу транспортних процесів в рамках проведених досліджень;
- знайшла застосування та набула подальшого розвитку методологія оцінки попиту на пересування транспортною мережею для моделювання та аналізу його впливу на пересування в умовах воєнних дій в Україні.

Практичне значення одержаних результатів дослідження. Результати дослідження можуть бути використані фахівцями органів державної влади та військового управління для належного вирішення задач соціально-гуманітарного та військового характеру, що постають перед ними у різні фази розвитку воєнного конфлікту на підпорядкованих ним територіях. До таких задач відноситься планування евакуації населення та оцінка часу її проведення, розробка заходів з організації руху транспортних потоків на ділянках транспортної мережі та у її вузлах, суміщення у часі і просторі транспортних, людських та вантажних потоків, включаючи транспорт та забезпечення військової логістики у зонах, що знаходяться під безпосереднім впливом бойових дій. Запропонована методологія та наукові підходи до дослідження особливостей форму-

вання транспортних потоків у містах під час війни знайшли відображення у навчальному процесі підготовки фахівців зі спеціальності 275.03 «Транспортні технології (на автомобільному транспорті)» (освітні програми «Організація перевезень і управління на транспорті» та «Організація і регулювання дорожнього руху») на кафедрі «Транспортні технології» Національного університету «Львівська політехніка».

Як свідчать додані до дисертаційної роботи акти впровадження, окремі результати наукових досліджень здобувачки знайшли практичне застосування в умовах виробничої діяльності Департаменту міської мобільності та вуличної інфраструктури Львівської міської ради та ПП «Інжинірінгова компанія «ДорПроектСтандарт» (м. Львів).

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

Анотації дисертації містять обґрунтування вибору теми наукових досліджень здобувачки та її актуальність, сформульовану мету роботи, наукову новизну та практичне значення одержаних результатів дослідження, перелік публікацій здобувачки за темою дисертаційної роботи. Англійська та українська версії анотації є тотожними за змістом.

У вступі дисертації зазначена інформація про актуальність теми дослідження, наведено зв'язок роботи з науковими програмами, планами темами, сформульовано мету та завдання дослідження, визначено об'єкт та предмет дослідження, описано методи досліджень, наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, зазначено особистий внесок здобувачки у наукові публікації за темою роботи, виконані у співавторстві, подано інформацію про апробацію матеріалів дисертації. Наприкінці вступу розміщено інформацію про кількість публікацій за темою роботи, її структуру та обсяг.

У першому розділі дисертації авторкою проаналізовано існуючі теоретичні підходи до формалізованого опису руху транспортних потоків та оцінки їх якісних станів. Наведено важливість сучасного транспортного планування міст та територій на підставі принципів сталої мобільності. Подано аналіз виокремлюваних у науковій літературі транспортних схем міст, індикаторів їх оцінки та впливу конфігурації транспортної мережі на рух транспортних потоків. Зазначено доцільність використання транспортного зонування для розв'язання практичних задач планування міського транспорту та мобільності, подано рекомендації щодо його практичної реалізації. Виконано аналіз літературних джерел, присвячених дослідженню формування транспортних потоків в умовах природних (землетрус, повінь) катастроф, пандемічних загроз (Covid-19) та подій криміногенного характеру (терористичні акти). Результатом аналізу, виконаного у першому розділі роботи, став вибір базових показників транспортних потоків

для опису їх формування, показників транспортної мережі, що мають вплив на транспортні потоки, обґрунтування агрегованого зонального підходу до проведення подальших досліджень та відсутність у науковій літературі досліджень стосовно поставлених у дисертації мети та задач дослідження, що у сукупності створило підґрунтя дисертаційного дослідження.

Другий розділ дисертаційної роботи присвячений змістовному аналізу наукових підходів до транспортного моделювання та обґрунтуванню вибору інструментарію для проведення дослідження. Подано загальний опис підходів до використання транспортних моделей різного рівня деталізації, наведено їх особливості, зміст та характеристику окремих етапів, проаналізовано методики та критерії пошуку рішень на транспортних моделях різних типів. Відзначено, що у сучасних умовах побудова транспортних моделей можлива лише з використанням засобів обчислювальної техніки, подано аналіз переваг та недоліків комп'ютерного програмного забезпечення, яке використовується у транспортному плануванні. В результаті аналізу для проведення досліджень обрано пакет програмного забезпечення Rapidex, описано його математичну реалізацію, подано приклади його застосування при побудові транспортних моделей міст світу. Вихідні дані для моделювання при цьому формуються за допомогою відкритого картографічного сервісу OpenStreetMap та краудсорсингових статистичних даних систем супутникової навігації Google та TomTom.

У третьому розділі дисертації проведено дослідження транспортної поведінки та тривалості пересування населення України в умовах початку воєнних дій у лютому-травні 2022 року. Для аналізу авторкою обрано шість українських міст (Київ, Харків, Одеса, Львів, Дніпро, Маріуполь), проаналізовано і класифіковано структуру їх вулично-дорожніх мереж. Для аналізу причин та мотивів евакуаційного руху населення України на початку війни проведено його анкетування (обсяг статистичної вибірки склав 644 спостереження, що забезпечило похибку репрезентативності у межах 2 %). Подано змістовний аналіз результатів анкетування (причин, напрямків, тривалості та відстані евакуації). Для встановлення причин та часових рамок евакуаційних процесів проведено аналіз хронології подій воєнного характеру у досліджуваних містах у перші місяці бойових дій в Україні, при цьому останні пропонується класифікувати на точкові (нормативні та окупаційні) та просторові (обстріли та руйнування транспортної інфраструктури). Для кожної такої події автором встановлено рівень загрози за трибальною шкалою. З використанням статистичних даних системи TomTom отримано дані щодо тривалості переміщення відрізками транспортної мережі у досліджуваних містах у період, що відноситься до періоду дослідження, виконано аналіз надійності отриманих даних, розраховано тривалості руху, коефіцієнти їх варіації, коефіцієнти завантаження відрізків та транспортної мережі рухом, візуалізовано результати розрахунків у вигляді теплових карт, описано та проаналізовано подібності та відмінності отриманих результатів для кожного з досліджуваних міст.

Четвертий розділ роботи містить результати дослідження закономірностей змінювання показників транспортних потоків в умовах гуманітарного конфлікту. Автором виконано статистичний аналіз та оцінка матриць кореспонденцій, отриманих для досліджуваних міст за допомогою програмного забезпечення Rapidex. Для Києва, Харкова та Маріуполя визначено оцінки змінювання середньої довжини поїздки, тривалості пересування відрізками транспортної мережі та загального попиту на пересування у різні дні початку воєнних дій у порівнянні з довоєнним періодом часу. Подано змістовний аналіз отриманих результатів, які візуалізовано площинними тепловими картами на планах досліджуваних міст. Методами кореляційно-регресійного аналізу розроблено багатофакторні поліноміальні регресійні моделі другого порядку залежності площі транспортних зон з аномаліями (відхиленнями) від індексу завантаження та кількості часу, що минув з початку певної фази міграції населення України. Побудовані регресійні моделі характеризуються високим значенням коефіцієнтів детермінації ( $R^2 = 0,77$  та вище), що свідчить про їх належну якість та можливість застосування у практичних розрахунках.

Висновки по результатах дисертаційного дослідження здобувачки містять результати вирішення поставлених у роботі задач та відповідають ним. Висновки є належно обґрунтованими, коректно сформульованими та свідчать про можливість використання результатів роботи для вирішення практичних задач.

У додатках розміщено зміст анкети, яка використовувалась при опитуванні населення України з метою отримання вихідних даних для аналізу евакуаційних процесів в Україні на початку війни, узагальнений та деталізований хронологічні переліки воєнних подій у обраних для дослідження містах України, скан-копії актів впровадження результатів 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 теорії транспортних потоків, теорії імовірностей і математичної статистики, кореляційно-регресійного аналізу. Отримані у дисертаційній роботі наукові та прикладні результати та сформульовані на їх підставі висновки та рекомендації є достатньо чіткими, достовірними та обґрунтованими в результаті проведеного змістовного аналізу. Такий висновок впливає з коректності постановки задач, застосування належних достовірних джерел вихідної картографічної та статистичної інформації, застосування належного математичного апарату та використання спеціалізованого програмного забезпечення, доцільність та достовірність застосування якого підтверджено низкою наукових результатів, отриманих іншими дослідниками при розв'язуванні аналогічних класів складних задач та опублікованих у фахових наукових виданнях. Сформульовані

за результатами наукових досліджень здобувачки висновки та рекомендації містять нові науково обґрунтовані положення та практично значимі результати у відповідності до поставлених у дисертаційній роботі мети та завдань дослідження.

Повнота викладення результатів дисертації у опублікованих працях. Основні результати наукових досліджень здобувачки у рамках виконаної дисертаційної роботи оприлюднені у 8 публікаціях, яких: одна публікація (у співавторстві) у закордонному фаховому виданні (індексованому у наукометричній базі Scopus), дві публікації (одна з яких одноосібна) у фахових періодичних виданнях України, 5 публікацій апробаційного характеру (тези доповідей на наукових та науково-практичних конференціях в Україні та за кордоном). Зміст наукових публікацій та доповідей здобувачки відповідає темі та змісту дисертаційної роботи, достатньо повно відбиває сформульовані в дисертаційній роботі наукові положення та отримані результати наукових досліджень. Зміст особистого внеску здобувачки у друкованих працях, опублікованих у співавторстві, не має повторювань та дублювання. Кількість та якість публікацій відповідає вимогам п. 8 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 12.01.2022 р. № 44 (зі змінами). Основні положення дисертаційної роботи пройшли належний рівень апробації на університетських та міжнародних наукових конференціях в Україні та за її межами.

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

1. У роботі не надано чітких рекомендацій щодо вибору площі зони при зонуванні вулично-дорожньої мережі, вказано лише що розміри зон повинні бути якнаймога меншими (с. 36). При цьому зазначено (с. 63), що використовуване програмне забезпечення Rapidex дозволяє задати в якості вихідних даних максимальний та мінімальний розмір зони. Тож, вибір цих параметрів є дискусійним та потребує обґрунтування у конкретних умовах проведення транспортного моделювання в залежності від мети дослідження, необхідної точності отримання результатів, обчислювальної складності тощо.
2. У аналізі формування мобільності під час надзвичайних ситуацій розглянуті такі ситуації, як землетрус, паводок, розповсюдження вірусної інфекції та терористичні акти. Однак, цей перелік не є вичерпним і не охоплює низку надзвичайних ситуацій природного та соціального характеру, такі як, наприклад, масові заворушення чи масштабні природні чи техногенні пожежі.

3. У розділі 3 дисертації для дослідження евакуаційної поведінки населення України було проведено соціологічне дослідження (анкетування) мешканців країни. Втім, питання анкети не дають відповіді на питання щодо вибору респондентами виду транспорту для евакуації (приватний автомобіль, автобус, залізничний транспорт тощо), що дещо знижує цінність отриманих результатів для рішення задач дослідження завантаження відрізків вулично-дорожніх мереж міст та магістральних автомобільних шляхів України.
4. Розроблена і наведена авторкою схема класифікації подій гуманітарних конфліктів (рис. 3.13, с. 94) не є однозначною з точки зору причинно-наслідкових зв'язків між класифікованими подіями. Так, наближення ворожих військ зазвичай підвищує загрозу обстрілів населених пунктів, а наслідками обстрілів далекобійною зброєю можуть стати руйнування об'єктів транспортної інфраструктури.
5. При аналізі викидів показників сумарного пробігу транспортних засобів та індексів завантаження обрано граничне відхилення спостережуваних величин у два стандартних відхилення ( $2\sigma$ ), що потребує відповідного обґрунтування (с. 119 четвертого розділу дисертації).
6. При проведенні регресійного аналізу з метою встановлення залежності між показниками індексу завантаження, тривалістю фази і площею зон з відхиленнями в умовах війни отримані регресійні моделі з високим значенням коефіцієнта детермінації  $R^2$ , проте не проведено аналіз їх достовірності та значимості (встановлення значимості рівняння регресії та його окремих коефіцієнтів, аналізу залишків моделі, похибки отримуваних за моделлю результатів та довірчих інтервалів результуючого показника моделі).
7. Отримані у четвертому розділі дисертаційної роботи регресійні залежності мають практичну цінність для прийняття рішень в умовах досліджуваних в роботі міст та їх вулично-дорожніх мереж, проте авторка дисертації не надає рекомендацій щодо використання подібних моделей у відмінних від досліджуваних умов.
8. У деяких математичних виразах, що присутні у роботі (наприклад, у формулах 4.2–4.7, таблиці 3.2), для позначення дробової частини числа використовується десятинна крапка, що протирічить вітчизняним математичним традиціям (необхідне використання десятинної коми).

Висловлені зауваження та зазначені недоліки не зменшують наукової цінності отриманих у дисертаційній роботі результатів та суттєво 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 Сотнікової Анни Олександрівни на тему «Особливості формування транспортних потоків в умовах війни» є завершеним науковим дослідженням, в якому отримані нові наукові результати, які у сукупності дають можливість розв'язання задач планування та організації оперативної міграції населення міст та територій, що знаходяться під безпосереднім впливом бойових дій, прогнозування та організації руху транспортних потоків у транспортних мережах в умовах гуманітарних конфліктів. Дисертаційна робота відповідає спеціальності 275 «Транспортні технології (за видами)» в частині предмету та 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 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 12.01.2022 р. № 44, а її авторка, Сотнікова Анна Олександрівна, з а с л у г о в у є на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 275 «Транспортні технології (за видами)».

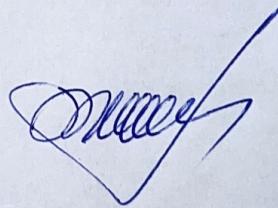
Офіційний опонент:

декан транспортного факультету

Національного університету

«Запорізька політехніка»

доктор технічних наук, професор



Олексій КУЗЬКІН

Підпис проф. Кузькіна О. Ф.

З А С В І Д Ч У Ю

Учений секретар Вченої ради

Національного університету

«Запорізька політехніка»

канд. соціол. наук, доцент



Віктор КУЗЬМІН