

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

доктора технічних наук, професора Шраменко Наталі Юріївни на дисертацію Тарабана Сергія Миколайовича «Методи і моделі раціональної організації функціонування автотранспортних потоків на вулично-дорожній мережі міста», що подана до захисту на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.01 – транспортні системи

Актуальність теми дисертації.

Однією із найбільш гострих проблем міст України в сучасних умовах є відставання темпів розвитку вулично-дорожньої мережі (ВДМ) від реальних потреб міста. Зростання рівня автомобілізації у містах супроводжується збільшенням навантаження на ВДМ, резерви пропускної здатності якої на сьогодні вже практично вичерпані. Це призводить до негативних соціальних, екологічних і економічних наслідків при функціонуванні міської ВДМ.

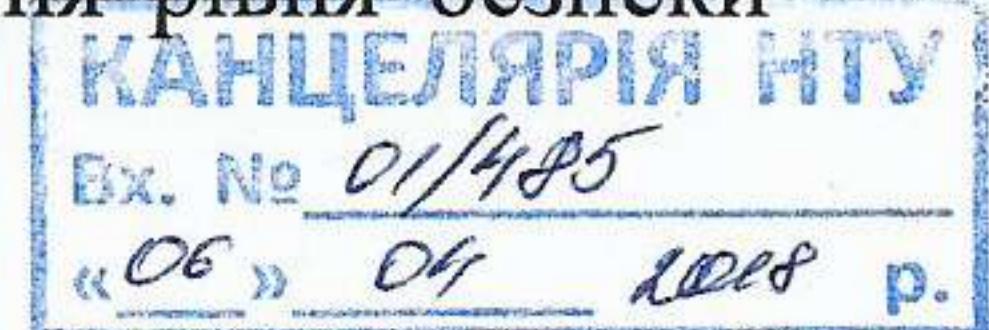
Суттєво знизити навантаження на ВДМ можна шляхом екстенсивного розвитку ВДМ, який, зокрема, передбачає збільшення у місті відповідної кількості сучасних швидкісних магістралей (шляхом будівництва нових та реконструкцією існуючих), що спроможні задовільнити реальні транспортні потреби міста.

Однак, поряд із екстенсивним способом поліпшення транспортної ситуації у містах, також завжди має місце необхідність в оптимізації дорожнього руху на існуючих елементах ВДМ. Головним чином це стосується центральних районів міста, для яких характерними є високі показники щільності забудови. Для цих районів перевести дороги до вищої категорії шляхом їх реконструкції надзвичайно складно, а в окремих випадках практично неможливо.

У таких умовах особлива увага повинна приділятися сучасним засобам і методам раціональної організації дорожнього руху, які передбачають, зокрема, застосування комплексу управлінських, планувальних, організаційних та інженерно-технічних заходів. При вирішенні таких задач незамінним є проведення імітаційного моделювання транспортних потоків на ВДМ, оскільки це дозволяє заздалегідь (ще на стадії планування) оцінити ефективність введення відповідних заходів щодо удосконалення організації дорожнього руху на ВДМ.

Тому, слід визнати, що дисертаційне дослідження Тарабана С.М., предметом якого обрано методи і моделі раціональної організації функціонування автотранспортних потоків на вулично-дорожній мережі міста, присвячене вирішенню безумовно важливої і актуальної наукової задачі.

Актуальність теми підтверджується також і тим, що дисертаційна робота виконувалася відповідно до Транспортної стратегії України на період до 2020 року (схваленої розпорядженням Кабінету Міністрів України від 20 жовтня 2010 р. № 2174-р), Державної цільової програми підвищення рівня безпеки



дорожнього руху в Україні на період до 2016 року (затвердженої постановою Кабінету Міністрів України від 25 березня 2013 р. № 294), плану заходів з імплементації розділу V «Економічне та галузеве співробітництво» Угоди про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони, на 2017-2019 роки (затвердженого розпорядженням Кабінету Міністрів України від 21 червня 2017 р. № 503-р), а також в рамках державної бюджетної теми науково-дослідної роботи кафедри електроніки та обчислювальної техніки Національного транспортного університету – «Розробка наукових основ застосування сучасних інформаційних технологій у створенні новітніх технологій навчання» (№ д/р: 0110U006953).

Загальна характеристика роботи.

Обрана тема дисертаційного дослідження є такою, що повністю відповідає спеціальності 05.22.01 – транспортні системи. Структура дисертації визначена задачами дослідження і містить в собі: вступ, 4 розділи, висновки, список використаних джерел, який налічує 243 найменування, та додатки.

Обсяг тексту дисертації становить 140 сторінок основного тексту, 9 додатків на 73 сторінках, 22 таблиці, 46 рисунків. Загальний обсяг – 280 сторінок.

У вступі сформульовані та переконливо обґрунтовані здобувачем актуальність обраної теми дисертації, наукова новизна одержаних результатів, окреслено їх практичне значення. Зазначено особистий внесок здобувача та відомості щодо апробації основних положень і висновків дослідження. Коректно визначені мета, об'єкт, предмет та задачі дослідження. Викликає особливе враження те, що для досягнення поставленої мети та розв'язку зазначених в дисертації задач дослідження автором використовується велика низка сучасних методів, зокрема, методи системного аналізу, методи багатовимірного статистичного дослідження, математичні методи теорії штучних нейронних мереж тощо.

Послідовно дотримуючись системного підходу до матеріалу, у першому розділі дисертації «Теоретико-методологічні аспекти раціональної організації функціонування автотранспортних потоків на вулично-дорожній мережі міста» Тарабан С.М. висвітлив питання, пов'язані з устаткуванням і впорядкуванням міських шляхів сполучення (вулиць та доріг), на яких повинні бути створені безпечні та комфортні умови для учасників дорожнього руху. Тут також розглянуто методи, підходи та принципи моніторингу транспортних потоків. Представлено історичний нарис становлення та розвитку методів вибіркового моніторингу, систем автоматизованого управління та моніторингу транспортних потоків. Проведено огляд і аналіз математичних моделей динаміки транспортних потоків, у тому числі методів і моделей прогнозування потоків та сучасних підходів до оцінки (на основі моделювання) завантаженості ВДМ.

Актуальність окреслених проблем, наукове значення їх вирішення обумовили вибір здобувачем структури та змісту подальшого дослідження,

пов'язаного з розвитком методів, моделей та підходів до раціональної організації функціонування транспортних потоків на ВДМ міст. Результати відповідного дослідження викладені у наступних розділах дисертації.

У другому розділі «Раціональна мережа моніторингу автотранспортних потоків на вулично-дорожній мережі міста» наведено результати розробки автором методу формування раціональної мережі моніторингу транспортних потоків на ВДМ міста з використанням кластерного аналізу. Тут ділянки ВДМ, на яких рекомендується проводити спостереження за параметрами дорожнього руху транспортних потоків встановлюються шляхом покрокової процедури, яка, зокрема, передбачає: розбиття ВДМ на елементи (вулиці та дороги) за категоріями відповідно до діючої класифікації вулиць та доріг; розбиття елементів (вулиць та доріг) на елементарні ділянки з фіксованими структурними ознаками, що визначають характер та параметри розподілу транспортних потоків на ВДМ; формування однорідних груп елементарних ділянок вулиць та доріг з подібними груповими структурними ознаками; встановлення характеру та параметрів розподілу індивідуальної структурної ознаки в межах сформованих однорідних груп елементарних ділянок вулиць та доріг; знаходження репрезентативних елементарних ділянок вулиць та доріг за параметрами розподілу індивідуальної структурної ознаки в межах сформованих однорідних груп. Даний метод було апробовано на прикладі ВДМ Шевченківського району міста Києва, для якої знайдені репрезентативні ділянки, що зменшують розмірність досліджуваної множини елементів ВДМ приблизно у 15 разів. Сукупність репрезентативних елементарних ділянок ВДМ, визначених за допомогою запропонованого методу, є основою для формування раціональної мережі моніторингу транспортних потоків на вулично-дорожній мережі міста. Саме на таких ділянках пропонується проводити облаштування стаціонарних постів спостереження за параметрами дорожнього руху. Проведення моніторингу руху транспортних потоків в рамках такої раціональної мережі дозволяє значно знизити витрати на відповідний моніторинг стану ВДМ міста без суттєвих втрат корисної інформації про цей стан.

Отримані результати щодо формування раціональної мережі моніторингу на ВДМ міста щільно пов'язані із наступною задачею дисертаційного дослідження, вирішенню якої присвячено третій розділ «Моделювання динаміки інтенсивності руху на основі вибіркового моніторингу автотранспортних потоків». В цьому розділі наведено результати застосування уdosконаленого автором методу моделювання динаміки величини інтенсивності руху транспортних потоків. Відповідний метод реалізовано із використанням математичного апарату штучних нейронних мереж (НМ). Тут результати натурних спостережень за інтенсивністю руху транспортних засобів, що проводяться на репрезентативних ділянках ВДМ, виявлених за допомогою кластерного методу, використовуються як вхідний масив даних для навчання відповідних моделей НМ. Розроблені за допомогою методу вікна моделі НМ дозволяють будувати прогноз динаміки величини

інтенсивності руху, як в окремі моменти часу, так і протягом певного періоду доби. На підставі проведеного аналізу встановлено оптимальну тривалість періоду спостереження за інтенсивністю руху, яка становить одну годину, та оптимальний період прогнозування, для якого забезпечується достовірність прогнозу, що у більшості випадків, складає до 30 хвилин. Коректність отриманих результатів моделювання перевірялась шляхом порівняння модельних оцінок величини інтенсивності руху з даними експерименту, що не входили в навчальну вибірку НМ. Для всіх прогнозних значень коефіцієнт кореляції перебуває в області сильного зв'язку. При цьому, значення відносної похибки величини інтенсивності транспортних потоків у випадку вільного та частково зв'язаного руху становило менше 7 %, для зв'язаного та щільного руху - не перевищувало 20%. При проведенні імітаційних досліджень горизонту прогнозу інтенсивності руху транспортних потоків на ВДМ за допомогою НМ, на мій погляд, в роботі отримані нетривіальні результати, які заслуговують на особливу увагу. Слід зазначити, що на сьогоднішній день не існує адекватних теоретичних уявлень про природу динаміки транспортних потоків, особливо в області високих щільностей. Це не дозволяє у таких випадках здійснювати достовірні прогнозні оцінки на достатньо тривалі проміжки часу. Удосконалений у роботі метод, що базується на використанні НМ, хоча є априорним, проте являється достатньо універсальним і у перспективі може знайти широке застосування для моделювання та прогнозування процесів формування і руху транспортних потоків для різних дорожніх умов на ВДМ.

Четвертий розділ «Електричне аналогове моделювання вулично-дорожньої мережі та автотранспортних потоків» присвячено висвітленню результатів аналізу та оптимізації функціонування транспортних потоків на ВДМ в рамках удосконаленої дисертантом імітаційної електротехнічної аналогової моделі. Тут розглядаються два принципово різних способи щодо реалізації цієї моделі, зокрема в частині, що стосується інтерпретації структурної конфігурації ВДМ та руху транспортних потоків. Так, ВДМ може бути представлена у вигляді електричної схеми, в якій перехрестя доріг моделюються окремими вузлами, а ділянки між двома перехрестями – електричними опорами. При іншій інтерпретації ВДМ, кожну ділянку в електричній схемі моделюють послідовним з'єднанням діода та опора. Таке представлення ділянок вулиць і доріг дозволяє моделювати елементи ВДМ довільної конфігурації та враховувати особливості організації дорожнього руху на ВДМ. Звертає на себе увагу виявлена дисертантом відповідність не тільки між параметрами електричного кола та характеристиками ВДМ і транспортних потоків, але й між функціональними залежностями, що описують перебіг електричних та транспортних процесів. Це, зокрема, стосується диференціального закону Ома для електричного струму та основного транспортного рівняння, процесів зарядки і розрядки конденсатора та процесів завантаження і розвантаження транспортними потоками ВДМ,

тощо. Таке комплексне представлення аналогової моделі дозволяє достатньо коректно описувати процеси функціонування транспортних потоків на ВДМ.

Важливими як з теоретичної, так і з практичної точки зору, являються отримані результати щодо оптимізації процесів функціонування транспортних потоків на ВДМ з використанням електричної аналогової моделі. Тут класична оптимізаційна задача пошуку максимальної пропускної здатності мережі вирішується шляхом знаходження оптимального перерозподілу транспортних потоків на ділянках ВДМ. Це дозволяє підвищувати швидкості руху на розвантажених ділянках і в цілому на мережі, знижувати собівартість перевезень і аварійність на вулицях та дорогах міста.

На основі проведених досліджень розроблено модель раціональної організації функціонування транспортних потоків у містах, яка базується на електротехнічній аналоговій моделі та методах формування раціональної мережі моніторингу автотранспортних потоків і моделювання динаміки величини інтенсивності руху автотранспортних потоків на ВДМ. Як позитивний результат досліджень можна визнати те, що аналіз стану ВДМ в рамках цієї моделі дозволяє знаходити ефективні рішення щодо забезпечення раціональної організації функціонування транспортних потоків на ВДМ в залежності від поточного стаціонарного стану ВДМ (виникнення ДТП, проведення ремонтних робіт, перекриття руху тощо) та результатів прогнозних оцінок щодо наповнення мережі транспортними потоками.

Оцінюючи представлений матеріал дисертації в цілому, слід зазначити, що отримані результати імітаційних досліджень добре узгоджуються з відповідними результатами проведеного експерименту. Це свідчить про адекватність використання запропонованих методів та моделей щодо раціональної організації функціонування транспортних потоків на вулично-дорожній мережі міста і, відповідно, можливість їх застосування в практичній діяльності підприємств дорожньо-транспортної галузі.

Матеріал дисертації викладений логічно, послідовно, обґрунтовано, чіткою мовою. Зміст дисертації та її виклад свідчить про завершене наукове дослідження. Наукові завдання вирішено у повному обсязі, в результаті чого реалізовано поставлену мету. Висновки дисертаційного дослідження змістовно та цілком адекватно підсумовують досягнуті результати роботи. Роботу оформлено якісно, відповідно до встановлених вимог щодо кандидатських дисертацій.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, їх достовірність та новизна. Узагальнюючи результати аналізу змісту дисертації, можна зазначити, що обґрунтованість та достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій, які захищаються, забезпечується використанням великої низки сучасних апробованих загальнонаукових та спеціальних методів дослідження. Виконане дослідження свідчить про широку і глибоку обізнаність дисертанта з науковими працями вітчизняних і закордонних вчених. Усі отримані здобувачем результати,

узгоджуються з відповідними статистичними та експериментальними даними, не суперечать результатам попередніх дослідників, і є їх логічним розвитком.

Основні наукові результати, що відрізняються певним ступенем новизни та надають підстави для присудження здобувачеві наукового ступеня кандидата технічних наук, детально висвітлені у відгуку при проведенні загальної характеристики дисертаційної роботи. До найбільш важомих тут слід віднести наступні.

Вперше розроблено метод формування раціональної мережі моніторингу автотранспортних потоків, який, на відміну від існуючих аналогів, дозволяє статистично обґрунтувати зменшення обсягу спостережень за потоками шляхом знаходження методом кластерного аналізу репрезентативних елементарних ділянок ВДМ для проведення вибікового моніторингу на цих ділянках динамічних параметрів дорожнього руху.

Автором удосконалено імітаційну електротехнічну аналогову модель аналізу і оптимізації функціонування автотранспортних потоків на ВДМ міста, яка, на відміну від існуючих, найбільш повно розкриває аналогії в закономірностях функціонування транспортних потоків на ВДМ та перебігу процесів в електричних колах. Це дозволяє здійснювати оптимізацію функціонування транспортних потоків на ВДМ за рахунок перерозподілу рівнів завантаженості її ділянок, що, врешті решт, може суттєво підвищувати ефективність функціонування ВДМ в цілому.

Важливим науковим результатом є удосконалення методу моделювання динаміки транспортних потоків на ВДМ, що реалізується із використанням нейронних мереж. Прогнозні оцінки динаміки величини інтенсивності транспортних потоків на ділянках ВДМ, проведені в рамках такого методу, добре узгоджуються з експериментом, що вказує на перспективність його практичного застосування.

Вперше розроблено комплексну модель раціональної організації функціонування транспортних потоків у містах, яка базується на електротехнічній аналоговій моделі та методах формування раціональної мережі моніторингу автотранспортних потоків і моделювання динаміки величини інтенсивності руху транспортних потоків на ВДМ. Ця модель може стати важливою складовою аналізу та моделювання процесів функціонування транспортних потоків на ВДМ, результати яких, зокрема, забезпечуватимуть підвищення ефективності регулювання та управління станом міських транспортних систем.

Наукова і практична значущість роботи полягає в розробці, удосконаленні, науковому обґрунтуванні і апробації результатів експериментів, низки методів та моделей, що розвивають уявлення про динаміку транспортних потоків і забезпечують вирішення питань із раціональної організації функціонування транспортних потоків на вулично-дорожній мережі міста.

Про високу практичну цінність результатів дослідження свідчить отримання дисертантом у співавторстві двох свідоцтв про реєстрацію авторського права на твір та п'яти патентів на корисну модель.

Результати проведеного дослідження можуть бути використані транспортними підприємствами і організаціями для вирішення різних практичних задач, пов'язаних із управлінням та організацією дорожнього руху в містах, про що свідчать представлені в роботі акти впровадження результатів у ДП «ДержавтотрансНДІпроект», ДП «ДерждорНДІ», ТОВ «Інститут комплексного проектування об'єктів будівництва». Результати дослідження також впроваджені у навчальний процес Національного транспортного університету і використовуються при викладанні дисциплін «Дослідження операцій в транспортних системах» і «Алгоритмічне та програмне забезпечення оптимізації вантажопотоків в транспортних системах» для студентів спеціальності 275 «Транспортні технології (на автомобільному транспорті)» та спеціальності 122 «Комп'ютерні науки».

Повнота викладення результатів в опублікованих працях, ідентичність автореферату і основних положень дисертації.

Основні результати дисертаційної роботи відображені у 9 статтях, з них 8 статей у фахових виданнях України та одна в іноземному виданні, а також в 13 тезах доповідей наукових конференцій. За результатами дисертаційного дослідження отримано 5 патентів на корисну модель та 2 свідоцтва про реєстрацію авторських прав на твір.

Основні положення дисертаційного дослідження доповідались та обговорювались на науково-технічних конференціях, у тому числі міжнародного рівня, протягом 2011-2017 років.

Автореферат ідентичний за змістом основним положенням дисертаційної роботи і достатньо повно відображає основні її наукові та практичні результати, що одержані пошукувачем.

Дискусійні положення і зауваження до поданої дисертаційної роботи

Позитивно оцінюючи здобутки дисертанта, вважаю за необхідне зазначити такі дискусійні положення та зауваження до поданої дисертаційної роботи.

1. У другому розділі дисертаційної роботи, на рисунку 2.3 (стор. 71) показано порівняння показників щільності населення та ВДМ міста Києва поряд із відповідними показниками інших міст розвинутих країн Європи. На мою думку, подібне порівняння доцільно було б також виконати та висвітлити у роботі для інших великих міст України.

2. Основні результати, які отримано у другому розділі дисертаційної роботи, зокрема щодо запропонованих методів опису структури ВДМ та формування раціональної мережі моніторингу ґрунтуються на застосуванні класичних статистичних методів кластерного аналізу. Тому, вважаю, що було б доречним у цьому розділі окремим пунктом надати теоретичні аспекти

кластерного аналізу. Також у дисертації не зазначено за допомогою якого програмного забезпечення проводився кластерний аналіз. Рисунок 2.7 (стор. 77), на якому показані результати кластерного аналізу методом k-середніх, доцільно було б надати у більшому масштабі, оскільки на ньому складно розпізнати відокремлені кластери.

3. Розділ 3, пп 3.1.2. Не зрозуміло чому для навчання НМ обрано саме алгоритм зворотного поширення помилки та метод спряжених градієнтів (С. 108). Які алгоритми, крім зазначених, бралися до уваги?

4. С. 110. Зазначено, що при виборі архітектури моделей НМ кількість вхідного, вихідного та прихованого шарів НМ змінювалась динамічно, однак не зрозуміло в яких межах ця кількість змінювалась. Також не акцентовано увагу чи змінювалась кількість нейронів в кожному шарі.

5. Зазначено, що оптимальними моделями НМ є моделі типу багатошаровий персепtron, однак не надано характеристику цих моделей за архітектурою: кількість прихованих шарів, кількість нейронів в кожному шарі (С 110).

6. Із тексту третього розділу дисертації випливає (сторінка 110 – 111), що похибка між даними експерименту та результатами моделювання величини інтенсивності руху за допомогою нейронних мереж, не перевищувала 20%. Виникає питання, чи є точність такого прогнозування динаміки транспортних потоків достатньою.

7. На сторінці 146, четвертого розділу дисертаційної роботи автор ввів два терміна: «нормативний опір» та «фактичний опір», тлумачення яких, на мій погляд, у дисертації є недостатньо розкритими.

8. На рисунку 4.7 (стор. 151) наводиться фрагмент ВДМ Шевченківського району міста Києва, який було взято в якості реального об'єкту дослідження функціонування автотранспортних потоків на ВДМ для їх послідуочої оптимізації. Нижче, на рисунках 4.8 та 4.9 (стор. 152 та 153 відповідно) представлено електричні схеми даного фрагменту мережі. На цих схемах показано, зокрема нумерацію входів та виходів ВДМ. Однак відсутність такої ж нумерації на рисунку 4.7 дещо ускладнює розуміння електричної інтерпретації фрагменту ВДМ.

9. У загальних висновках роботи слід було б відобразити отримані результати щодо підвищення пропускної здатності аналізуємого фрагменту ВДМ (в роботі це представлено на с. 165), оскільки це свідчить про досягнення поставленої мети дослідження.

10. Формули 3.2, 4.6, 4.7, 4.12, 4.14, 4.29, 4.30, формули в табл. 4.2 – не наведено одиниці виміру показників.

11. С. 43, 44, 47, 53, 54, 60, 74, 103, 107, 110, 163, 164, 165, 171, 178 – наявність друкарських помилок та неточностей у відмінках слів.

Загальна оцінка дисертації.

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею, побудованою за класичною схемою, містить корисні результати, які мають наукову новизну та знайшли практичне впровадження.

Розділи роботи є логічно пов'язаними між собою, надають цілісне уявлення щодо методів дослідження та отриманих результатів.

Наведені зауваження по роботі в основному носять рекомендаційний характер і не ставлять під сумнів вихідні наукові положення та результати дослідження, які апробовані та впроваджені.

Висновки:

1. Дисертаційна робота Тарабана Сергія Миколайовича на тему: «Методи і моделі раціональної організації функціонування автотранспортних потоків на вулично-дорожній мережі міста», є завершеною науковою працею, в якій отримані нові науково обґрунтовані результати, що у сукупності є суттєвими для вирішення задач підвищення ефективності функціонування міських транспортних систем.

2. Дисертаційна робота відповідає паспорту спеціальності 05.22.01 – транспортні системи та вимогам Міністерства освіти і науки України, які висуваються до дисертацій на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук і містяться у пунктах 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», затвердженого постановою КМУ №567 від 24.07.2013 р., а її автор, – Тарабан Сергій Миколайович, заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата технічних наук.

Офіційний опонент, професор кафедри
транспортних технологій і логістики
Харківського національного технічного
університету сільського господарства
ім. Петра Василенка,
доктор технічних наук, професор



Н.Ю. Шраменко

Шраменко Н.Ю.
ВАСВІДЧУЮ
відділу діловодства ХНУСГ
Красич