

## ВІДГУК

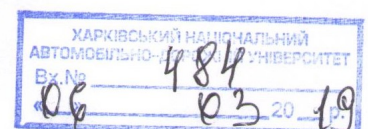
офіційного опонента

доктора технічних наук, професора Ауліна Віктора Васильовича, професора кафедри експлуатації та ремонту машин Центральноукраїнського національного технічного університету на дисертаційну роботу Чернишової Олени Сергіївни на тему "Формування мережі велосипедного транспорту в містах з низьким рівнем його використання", подану на здобуття наукового ступеню кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.01 – транспортні системи

**Актуальність теми.** Останні десятиріччя у багатьох країнах Європейського союзу динамічно розвивається велосипедний транспорт. Це стосується передусім тих країн, які багато уваги приділяють забезпеченню сталого розвитку міст, з урахуванням важливої ролі велосипедного транспорту. Велосипедний транспорт є одним із ефективних видів транспорту з точки зору використання міського простору та енергоресурсів. Він є "зеленим транспортом", оскільки не спричиняє прямого впливу на навколишнє середовище й позитивно впливає на фізичний і емоційний стан користувачів. Шляхи розвитку такого виду транспорту можуть бути різними, про що свідчать різні підходи до планування та створення велосипедної інфраструктури.

Сучасний стан планування велосипедної інфраструктури в Україні можна охарактеризувати комплексом містобудівної документації, яка орієнтована на створення велосипедних шляхів та враховує обмеження на середовище, але не забезпечує орієнтацію на сполученість мережі. Слід також відзначити, що принципи планування та розвитку велосипедної мережі, які розроблені та використовуються в різних містах і країнах, мають багато протиріч та здебільшого не супроводжуються відповідним механізмом формування системи велосипедного транспорту, що безумовно підтверджує актуальність теми і необхідність дисертаційного дослідження.

**Зв'язок теми з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота виконана згідно пріоритетного напрямку "Безперешкодна мобільність та міжрегіональна інтеграція" Транспортної стратегії України на період до



2030 року, затвердженій постановою Кабінету Міністрів України (КМУ) №430-р. від 30.05.2018 р., що відповідає умовам "Угоди про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським Співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони", що ратифіковано згідно із Законом України № 1678-VII від 16.09.2014, а також пункту "Забезпечення відкритості, безпеки, життєстійкості і екологічної стійкості міст і населених пунктів" Програми сталого розвитку ООН.

Запропоновані у роботі методики були використані при виконанні науково-дослідних робіт: № держреєстрації 0115U003268 "Інтервальна технологія проектування транспортних систем міст та регіонів"; № держреєстрації 0116U003918 "Визначення потреб населення міста Суми у пересуваннях громадським транспортом та розрахунок параметрів функціонування схеми руху маршрутів зі змінами" та № держреєстрації 0114U004631 "Провести дослідження та виконати прогнозування автотранспортних потоків на мережі автомобільних доріг загального користування державного значення".

**Наукова новизна результатів дисертації та їх значення для практики.** Проведене автором дисертаційне дослідження вирішує важливе науково-практичне завдання формалізації процесу формування мережі велосипедного транспорту, зокрема в містах з низьким рівнем його використання. Розроблена система принципів формування велосипедної мережі в містах та отримані закономірності розподілу дальності велосипедних поїздок в м. Харків.

Що стосується наукової новизни, то вперше отримано кількісну оцінку фізичної роботи при русі на велосипеді та встановлено її вплив на вибір шляху руху. Це дозволило врахувати її в моделі вибору велосипедистом шляху поїздки. Автором удосконалено методи визначення швидкості руху велосипедиста із врахуванням фізичного навантаження при русі на велосипеді. В роботі подальший розвиток дістали моделі формування попиту на пересування в місті, в яких враховано просторові закономірності використання велосипедного транспорту.

Високу практичну значимість мають розроблена методика визначення фізичної складності шляху при русі на велосипеді, а також сформований і реалізований автоматизований алгоритм визначення місткості транспортних

районів на основі просторових характеристик та геокодування шляхом руху велосипедистів за допомогою GPS-трекера. Результати досліджень використані при розробці Плану сталої міської мобільності м. Житомира, при розробці концепції розвитку велосипедного руху і розбудови велосипедної інфраструктури м. Харкова, при формування схеми мережі маршрутів велосипедного транспорту м. Полтави, а також у навчальному процесі Харківського національного автомобільного університету під час фахової підготовки студентів факультету транспортні технології. Отримані в роботі Чернишової О. С. результати досліджень мають високу практичну значимість, що підтверджується актами впровадження розроблених пропозицій виконавчими органами Харківської та Житомирської міських рад, громадської організації “CityLab” (м. Полтава).

**Ступінь обґрунтованості і достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у роботі.** Обґрунтованість результатів, отриманих в дисертаційній роботі, базується на системному підході. Теоретична модель попиту на пересування велосипедом використовує методи теорії ймовірностей та математичної статистики, гіпотетичний та індуктивний методи.

В роботі активно використано сучасні методи інформаційних технологій, математико-статистичні методи обробки бази даних та комп’ютерне моделювання. При зборі і обробці характеристик транспортних районів та параметрів вулично-дорожньої мережі використовувалися методи просторового аналізу, що реалізовані за допомогою геоінформаційних технологій. Для визначення функції корисності оптимальної траси маршруту руху велосипедиста використовувались моделі дискретного вибору. Для апробації результатів та визначення найбільш придатної моделі розподілу велосипедних потоків по мережі використано сучасний програмний продукт з транспортного моделювання PTV Vision® VISUM.

Наукові положення, висновки і рекомендації, опрацьовані та викладені автором в дисертаційній роботі виходять з її змісту, коректної постановки завдань та їх розв’язання і в повній мірі відображають отримані дисертантом нові наукові результати.

**Наукова цінність отриманих результатів.** В дисертації Чернишової О.С. отримані результати, які представляють наукову цінність, оскільки вони розширюють інструментарій транспортного моделювання систем велосипедного транспорту. В першу чергу це здійснюється за рахунок особливостей руху на велосипеді і реалізації переходу до їх кількісної оцінки в транспортних моделях. Отримані аналітичні залежності дозволяють оцінити фізичну складність маршруту, а також врахувати її в функції корисності маршруту руху. Запропонована методика створення мережі велосипедного транспорту дозволяє сформулювати схему маршрутної мережі та визначити пріоритетність її впровадження.

**Рекомендації щодо використання результатів дисертації.** Розроблені в роботі методики і підходи можуть бути використані при розробці міських концепцій та цільових програм визначення місць розташування бажаної велосипедної інфраструктури, її пріоритетності та при складанні кошторису на проектування ділянок мережі.

**Повнота викладення результатів дисертації в опублікованих працях та на науково-практичних конференціях.** За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано 13 наукових праць: 6 статей у наукових фахових виданнях України, 1 стаття у закордонному виданні, 5 тез доповідей і отримано 1 авторське свідоцтво. В дисертації та авторефераті чітко визначено особистий внесок здобувача в роботах зі співавторами. Матеріали та результати дисертаційної роботи достатньо апробовані, доповідались, обговорювались та були схвалені на міжнародних науково-практичних конференціях. Назва дисертації повністю відображає її зміст. Оформлення дисертації і автореферату в повному обсязі відповідають вимогам МОН України. Автореферат відповідає змісту дисертації і достатньо повно розкриває сутність дисертаційної роботи. За своїм змістом дисертація відповідає спеціальності 05.22.01 – транспортні системи.

**Загальна оцінка дисертації та автореферату.** Дисертаційна робота складається з анотації, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Обсяг основного тексту дисертаційної роботи становить 143 сторінки. Дисертація містить 34 рисунки, 27 таблиць та 6 додатків, представлених



на 31 сторінці. Список використаних джерел включає 127 найменувань, розміщених на 17 сторінках. Оформлення дисертації, її складових частин, та їх обсяг відповідає вимогам і рекомендаціям МОН України.

### **Оцінка змісту дисертації та автореферату.**

*Вступ* містить основні дані щодо актуальності роботи, її наукової цінності і практичного значення. Визначено мету і завдання дисертаційної роботи, об'єкт та предмет дослідження, наведено особистий внесок здобувача при виконанні роботи.

*У першому розділі* відображено існуючі підходи до планування велосипедної інфраструктури в різних країнах, принципи її розвитку, наведено основні вимоги та наведено інструментарій формування велосипедної мережі у вигляді графоаналітичного методу, розглянуто використання індексів доступності та придатності, заснованих на гравітаційній моделі, та відповідність між індексом придатності велоруку і рівнем обслуговування. Зазначено, що при використанні імітації транспортних потоків велосипедного транспорту найпростішим методом визначення оптимального шляху руху велосипедиста є метод найкоротших відстаней. Проаналізовано також такі методи моделювання як: дискретного вибору, бінарна логіт-модель, мультиномінальна модель та ін. При аналізі математичних методів моделювання велосипедного транспорту виявлено, що їх можна поділити на директивні та об'єктивні. Найбільш цікавим з точки зору визначення шляхів прокладання велосипедної мережі є об'єктивні моделі вибору шляху руху, побудовані на основі виявлених вподобань. Зазначено, що час і топографія є одними з важливих факторів, особливо при поїздках на роботу.

*Другий розділ* присвячено формуванню теоретичної моделі планування велосипедної інфраструктури в містах та принципам планування мережі велосипедного транспорту. Зазначено, що велосипедний транспорт є одним з найбільш енергоефективних видів транспорту, а в умовах міста з високою щільністю забудови і транспортних мереж має найменший час на пересування. Виявлено, що на фізичне навантаження велосипедиста під час руху впливають дорожні умови, особливо ухил дорожньої мережі. Показано, що для максимізації вибору велосипедного транспорту мережа має бути доступною для

велосипедистів, прив'язана до місць призначення користувачів та відповідати меті поїздки. Складено граф комплексної транспортної мережі, який використовується при плануванні велосипедної інфраструктури. Визначено, що показником ефекту від впровадження велосипедної мережі є кількість велосипедистів, показником ефективності інфраструктурних рішень – кількість населення, що має доступ до користування велосипедною мережею, а показником ефективності використання коштів – відношення витрат до кількості потенційних користувачів. Дано теоретичні основи формування моделі попиту на велосипедні поїздки, числовим виразом якої є матриця кореспонденцій. Показано, що оскільки основною особливістю велосипедного транспорту є використання фізичної енергії велосипедиста для руху, то гравітаційна модель є найбільш придатною для моделювання кореспонденцій. З'ясовано вимоги при визначенні транспортних районів та з'ясовані такі методи мікрорайонування як агрегування і деагрегування. Запропоновано алгоритм формування транспортних районів. Теоретично обґрунтовано визначення оптимальної траси маршруту руху з використанням функції корисності та врахування сумарної фізичної роботи велосипедиста. Дано обґрунтування методики дослідження фактичного вибору маршруту велосипедистами з використанням детермінованих методів пошуку найкоротшого шляху.

*У третьому розділі* наведені результати експериментальних досліджень системи велосипедного транспорту в м. Харків. Дано характеристику об'єкту досліджень, обсяг вибірки. Результати дослідження попиту на велосипедний транспорт викладено із зазначених транспортних районів, використанням демографічної піраміди і процедури геокодування даних про населення транспортних районів, отримано розподіл велосипедних транспортних кореспонденцій за результатами опитування. Досліджено маршрути руху велосипедистів по вулично-дорожній мережі м. Харкова. Побудовано блок-схему процесу моделювання вибору шляху руху велосипедистами. За допомогою геоінформаційної системи задано атрибути кожного параметру мережі. Визначено математичний вид функції привабливості шляху проходження і ймовірності його вибору.

У четвертому розділі наведена практична реалізація формування мережі велосипедного транспорту на основі аналізу велосипедних потоків і організація мережі велосипедних маршрутів. Визначено пріоритетності розвитку велосипедної мережі у міському середовищі. Зазначено типи велосипедної інфраструктури в залежності від інтенсивності руху велосипедного і моторизованого транспорту, ефективність велотранспортних коридорів. Розроблені практичні рекомендації для формування мережі велосипедного транспорту в містах з низьким рівнем його використання, а також розроблено алгоритм впровадження.

### **Зауваження до дисертаційної роботи та автореферату:**

1. В темі дисертаційної роботи йде мова про низький рівень використання велосипедного транспорту, як це оцінити чи існує для цього критерій.
2. Мета і завдання дослідження повинні впливати із аналізу, проведеного у розділі 1, а обґрунтування п. 1.3, є зайвим, оскільки вже було наявне в попередніх пунктах.
3. Інструментарій формування велосипедної мережі слід було узагальнити і представити у вигляді блок-схеми.
4. На представлених рисунках 2.1-2.5 графі подані як схеми, оскільки не визначені їх елементи.
5. Не зрозуміло, як отримані формули (2.18) і (2.19), і яка їх роль в подальшому дослідженні.
6. Чи всі фактори враховані при визначенні потужності, формула (2.20), необхідної для руху на велосипеді і які вони, усереднені, чи миттєві?
7. Бажано було б дати алгоритм внесення додаткових параметрів і їх коефіцієнтів до мультиномінальної моделі дискретного вибору велосипедистом шляху руху за особливостями міської транспортної мережі.
8. При проведенні експериментальних досліджень розподілу щільності населення по транспортним районам слід було застосувати підхід, за яким враховується соціально-віковий склад населення.
9. Функції корисності (2.18) і (3.7) мають однаковий математичний вигляд, у чому їх різниця і чи мають вони обмеження.

Слід відзначити, що сформульовані зауваження за дисертаційною роботою не знижують її загальної позитивної оцінки.

### **Підсумковий висновок по дисертації.**

Дисертаційна робота Чернишової Олени Сергіївни на тему "Формування мережі велосипедного транспорту в містах з низьким рівнем його використання" є закінченою науково-дослідною роботою, яка вирішує важливе науково-технічне завдання формування інфраструктури велосипедного транспорту в містах України. Отримані нові науково-обґрунтовані результати дозволяють підвищити ефективність прийняття рішень при формуванні інфраструктури велосипедного транспорту.

Дисертаційна робота повністю відповідає паспорту спеціальності 05.22.01 – транспортні системи і вимогам, які висуваються до дисертацій на здобуття наукового ступеня кандидата наук, а також пп. 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, Чернишова Олена Сергіївна, заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.01 – транспортні системи.

Офіційний опонент:

доктор технічних наук, професор,  
професор кафедри експлуатації та  
ремонту машин Центральноукраїнського  
національного технічного університету,  
м. Кропивницький

В.В. Аулін

Підпис офіційного опонента, проф. Ауліна В.В. засвідчую

проректор з наукової роботи



О.М. Левченко