

МЕТОДИ УДОСКОНАЛЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ДОРОЖНЬОГО РУХУ НА КІЛЬЦЕВИХ РОЗВ'ЯЗКАХ

Петрович В.В., кандидат технічних наук, Національного транспортного університету, Київ, Україна, petrovichvv60@ukr.net, orcid.org/0000-0003-0422-2535

Виговська І.А., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна, i.vyhovska2609@gmail.com, orcid.org/0000-0003-1426-9863

Ткаченко Д.А., Національний транспортний університет, Київ, Україна, avtomag111@gmail.com, orcid.org/0009-0001-0788-5927

METHODS FOR IMPROVING TRAFFIC MANAGEMENT AT ROUNDABOUTS

Petrovych V.V., Candidate of Technical Sciences, National Transport University, Kyiv, Ukraine, petrovichvv60@ukr.net, orcid.org/0000-0003-0422-2535

Vyhovska I.A., Candidate of Technical Sciences, National Transport University, Kyiv, Ukraine, i.vyhovska2609@gmail.com, orcid.org/0000-0003-1426-9863

Tkachenko D.A. National Transport University, Kyiv, Ukraine, avtomag111@gmail.com, orcid.org/0009-0001-0788-5927

Постановка проблеми. Зростання автомобілізації та інтенсивності руху в Україні зумовлює необхідність пошуку ефективних методів управління дорожнім рухом. Особливо гостро ця проблема постає у великих містах, де є перехрестя з вузькими місцями. Одним із ефективних рішень для підвищення пропускної здатності є кільцеві розв'язки, які, завдяки своїй геометрії, знижують швидкість транспортних потоків та зменшують кількість конфліктних точок.

Разом із тим, класичні кільцеві розв'язки не завжди здатні забезпечити необхідний рівень пропускної здатності мережі у випадках високої інтенсивності руху, зокрема при значному обсязі правоповоротних транспортних потоків. У таких умовах ефективним рішенням є віднесені правоповоротні з'їзди, які дозволяють частково винести транспортний потік за межі кільця. Це не лише зменшує навантаження на кільцеву розв'язку, а й підвищує швидкість та безперервність руху.

Застосування віднесених правоповоротних з'їздів активно використовується у світовій практиці дорожнього проектування, проте в Україні ця технологія перебуває на стадії поступового впровадження. Окремі приклади можна знайти у Львові та Києві, де такі рішення інтегруються у модернізацію транспортної інфраструктури. Враховуючи перспективи подальшого розвитку транспортної системи України, дослідження ефективності, переваг і недоліків віднесених з'їздів має важливе практичне значення.

Аналіз останніх досліджень

Дослідження [1] присвячене аналізу безпеки руху на розв'язках в одному рівні. Попри значний ріст автомобільного парку та високу кількість ДТП (дорожньо – транспортних пригод) на перехрестях, впровадження кільцевих розв'язок є ефективним інструментом для підвищення безпеки. У роботі використано метод статистичної обробки даних для аналізу причин виникнення ДТП. Зокрема, у вступній частині наведено дані, що порушення правил проїзду перехресть займає третє місце серед причин ДТП з постраждалими в Україні. Дослідження підтверджує загальновизнану в усьому світі ефективність кільцевих розв'язок як інструменту підвищення безпеки дорожнього руху.

Дослідження [2] присвячене аналізу безпеки дорожнього руху на перехрестях. Основна увага сфокусована на перехрестях в Нідерландах, де близько третини всіх смертей на дорогах трапляється саме на перехрестях. У межах міст ця цифра сягає половини всіх дорожньо-транспортних пригод. Особливо вразливими учасниками руху є велосипедисти та водії електросамокатів. Кільцеві розв'язки є найбезпечнішим типом перехресть.

Технічний звіт [3] наголошує на важливості застосування принципів проектування, що враховують особливості як односмугових, так і багатосмугових кільцевих розв'язок. У звіті проаналізовано переваги кільцевих розв'язок порівняно з традиційними перехрестями, регульованими світлофорами або знаками «STOP».

У роботі [4] розглянуто рекомендації щодо елементів поперечного профілю, геометричних параметрів, проектування перехресть, велосипедних та пішохідних об'єктів, а також шумозахисних споруд.

У статті [5] автори досліджують транспортну ситуацію у словацькому місті Глоговець. Використовуючи програму Aimsun, вони змоделювали роботу існуючого малого кільця, варіанта зі світлофорним регулюванням та турбокільця. Результати показали, що турбокільце має найкращі показники пропускної здатності, значно знижує затримки (на понад 68%), кількість зупинок (на понад 73%) і час у дорозі (понад 22%). Крім того, цей тип перехрестя сприяє зменшенню викидів шкідливих речовин та економії палива. Автори підкреслюють, що впровадження турбокільця є перспективним рішенням для інтенсивних транспортних потоків, поєднуючи безпеку, ефективність і позитивний вплив на довкілля.

Метою роботи є аналіз функціональних можливостей віднесених правоповоротних з'їздів, оцінка їх переваг і недоліків, а також формування рекомендацій щодо їх впровадження з урахуванням безпеки всіх учасників руху.

Виклад основного матеріалу дослідження. Кільцеві розв'язки є фундаментальним елементом сучасної дорожньої мережі, призначеним для ефективного та безпечного розподілу транспортних потоків з різних напрямків. Завдяки специфічній геометрії вони зменшують швидкість в'їзду на перехрестя, що суттєво підвищує безпеку руху. Крім того, кільцеві розв'язки часто вважаються ефективнішими за класичні світлофорні перехрестя, адже забезпечують безперервність руху та скорочують час затримок.

Однак, зі зростанням інтенсивності руху, їх ефективність знижується. На в'їздах починають утворюватися затори, а збільшення кількості конфліктних точок веде до зниження пропускної здатності.

Для вирішення цих проблем застосовують віднесені правоповоротні з'їзди. Це інноваційне рішення дозволяє вивести транспортний потік, що повертає праворуч, з основного кільця, тим самим зменшуючи навантаження на ключові в'їзди. Цей підхід є особливо актуальним на ділянках із великою інтенсивністю правоповоротного руху транспортних потоків.

Впровадження віднесених правоповоротних з'їздів має низку переваг та недоліків.

До переваг можна віднести:

1. Перенаправлення транспортного потоку, який повертає праворуч, зменшення кількості автомобілів на кільці, що дозволяє збільшити його пропускну здатність.
2. Рух автомобілів, що повертають праворуч, здійснюється поза основним кільцевим потоком, що запобігає утворенню заторів на в'їздах, особливо важливо в години пік.
3. Окремі смуги для правого повороту мінімізують кількість конфліктних точок, що значно знижує ризик виникнення дорожньо-транспортних пригод.
4. Водії можуть здійснити поворот без необхідності зупинки чи суттєвого зниження швидкості, що сприяє безперервному та зручному руху.

До недоліків можна віднести наступне:

1. Для будівництва віднесених з'їздів потрібна значна додаткова земельна ділянка, що може бути проблематичним в щільній міській зоні.
2. Необхідність врахування додаткових факторів (радіусів кривих, перехідно-швидкісні смуги, огороження).
3. Витрати на будівництво і подальше утримання.
4. Погіршення умов для пішоходів та велосипедистів через збільшення довжини переходів і підвищену швидкість руху автомобілів.
5. Додаткові витрати на утримання, ремонтування.

В Україні реалізація віднесених правоповоротних з'їздів поки, що перебуває на стадії окремих ініціатив та проєктів. Відомо, що такі з'їзди є частиною загального вдосконалення транспортної інфраструктури, спрямованої на зниження заторів і підвищення безпеки руху.

Впровадження таких технологій сприяють оновленню транспортних програм у великих містах України.

Наприклад у Львівській області на Кільцевій дорозі поблизу перетину з вулицею Городецькою передбачається використання додаткових смуг, які слугуватимуть окремими правоповоротними з'їздами. Це один із перспективних проєктів, спрямованих на зменшення навантаження на транспортний вузол. Один такий з'їзд збудували в м. Львів на перехресті вулиць Стрийська – Наукова у напрямку з Наукової до Стрийської [6].

У Києві відбуваються активні роботи з модернізації кільцевих розв'язок. Наприклад, облаштований кільце на перехрестях вулиць Вербової та Марка Вовчка та інших, де досліджується ефективність покращення пропускної здатності за рахунок окремих з'їздів [7].

В цілому у 2021-2022 рр. Україна на державному рівні реалізовувала Державну програму підвищення рівня безпеки дорожнього руху, в тому числі будівництво кільцевих розв'язок, але з війною дана програма призупинена. Хоча конкретні дані про віднесені правоповоротні з'їзди не завжди деталізовані, такі проекти можуть бути інтегровані для вирішення локальних транспортних проблем.

Існує два основних концептуальних підходи до проектування віднесених правоповоротних з'їздів, які є ключовим елементом управління транспортними потоками на кільцевих розв'язках [10].

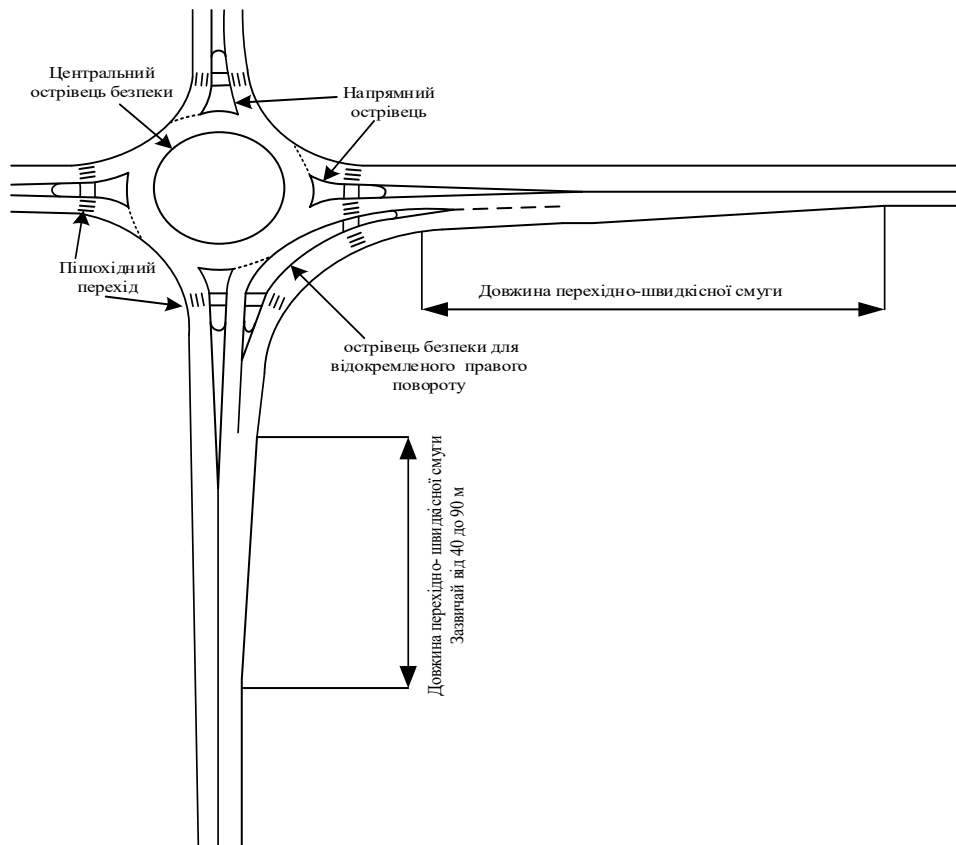


Рисунок 1 – Приклад розташування відокремленого правоповоротного з'їзду з перехідно-швидкісними смугами

Figure 1 – Example of the layout of a separated right-turn exit with acceleration-deceleration lanes

Перший варіант полягає в облаштуванні відокремленої смуги, що проходить паралельно основній дорозі на достатній відстані (рис.1). Ця смуга призначена для автомобілів, що повертають праворуч, дозволяючи їм відокремитися від основного потоку, знизити швидкість та безпечно здійснити маневр. Транспортні засоби, що мають намір повернути праворуч, переміщуються на цю окрему смугу заздалегідь. Це запобігає їхньому заїзду на кільце, що значно розвантажує основний потік. Потім вони виконують поворот, міняючи зону конфлікту на кільцевій розв'язці. Такий підхід реалізується за допомогою перехідно-швидкісних смуг, які забезпечують плавне гальмування для виїзду та розгін для з'єднання з наступним потоком. Це дозволяє водіям безпечно змінити швидкісний режим, мінімізуючи ризик зіткнень. Цей варіант особливо ефективний у місцях із високою інтенсивністю руху та значним обсягом правоповоротного трафіку. Він забезпечує безперервність руху і значно підвищує пропускну здатність всієї розв'язки.

Другий варіант полягає в забезпеченні регульованого в'їзду на суміжну смугу (рис.2). Його ключова особливість полягає у створенні спільної смуги руху, яка функціонує як перед кільцевою розв'язкою, так і після неї. Цей варіант може бути ефективним у випадках, коли немає достатнього простору для створення повноцінних перехідно-швидкісних смуг. Замість повного відокремлення правоповоротного руху транспортних потоків, цей підхід передбачає, що автомобілі, які повертають праворуч, використовують одну й ту саму смугу, що й автомобілі, які виїжджають з кільця. В'їзд на цю смугу, як і виїзд з неї, може бути регульованим з використанням засобів організації дорожнього

руху (дорожня розмітка, дорожні знаки, світлофорні об'єкти) для забезпечення безпечного злиття потоків.

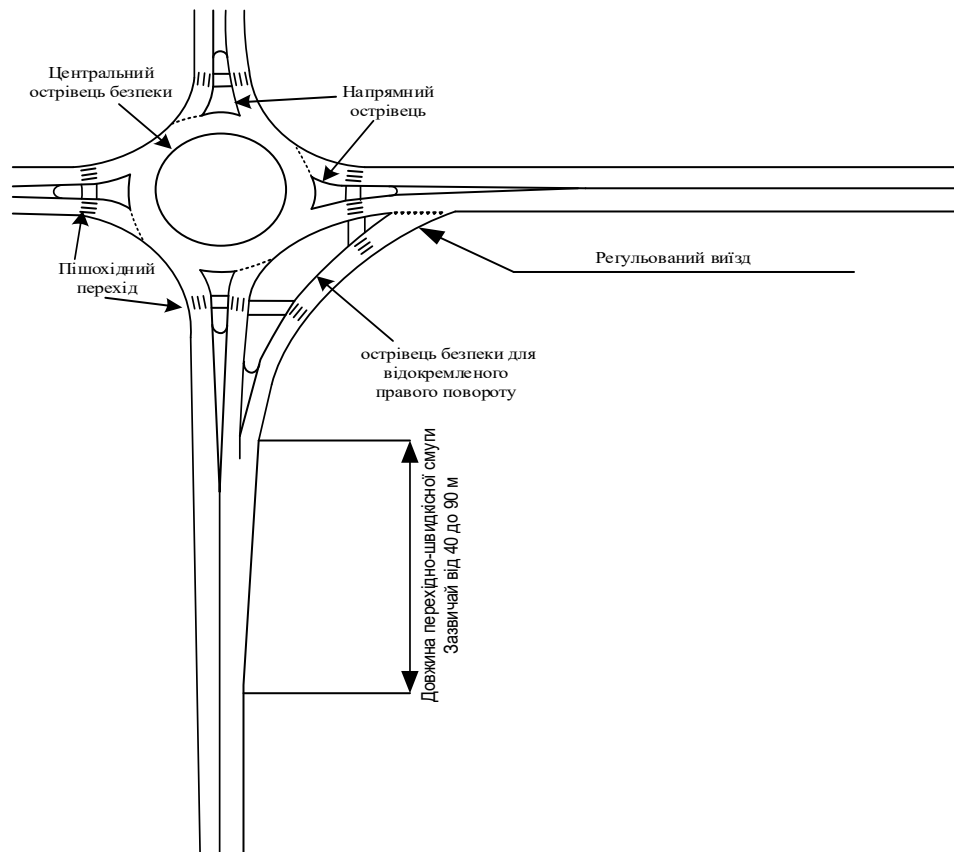


Рисунок 2 – Приклад розташування відокремленого правоповоротного з'їзду з регульованим виїздом
Figure 2 – Example of the layout of a separated right-turn exit with a signal-controlled entry.

Кожен з розглянутих варіантів проектування віднесених правоповоротних з'їздів має свої переваги та недоліки, що визначають їх доцільність залежно від конкретних умов.

Варіант 1 (рис. 1) з перехідно-швидкісними смугами забезпечує кращі експлуатаційні характеристики для автомобільного транспорту. Він дозволяє водіям здійснювати маневр без значного зниження швидкості, що підвищує загальну пропускну здатність та ефективність руху. Однак, цей підхід вимагає значної земельної ділянки для будівництва та смуги відведення. Крім того, наявність смуг розгону може бути проблематичною для велосипедистів, оскільки вони змушені рухатися поруч з автомобілями, що набирають швидкість.

Варіант 2 (рис. 2) з регульованим в'їздом є більш компактним і вимагає менше місця, що робить його привабливим для щільної міської забудови. Цей варіант загалом безпечніший для пішоходів та велосипедистів. Оскільки контроль пропускну здатності на кінці смуги сповільнює автомобілі, це створює більш комфортні умови для руху вразливих учасників дорожнього руху. Тому цей варіант є рекомендованим для міських районів, де переважають пішоходи та велосипедисти.

Порівняльна характеристика варіантів віднесених правоповоротних з'їздів наведена в табл. 1.

Таблиця 1 – Порівняльна характеристика варіантів віднесених правоповоротних з'їздів
Table 1 – Comparative characteristics of separated right-turn exit options.

Характеристика	Варіант 1 (перехідно-швидкісні смуги)	Варіант 2 (регульований виїзд)
Експлуатаційна ефективність	Вища (для автомобілів)	Нижня (для автомобілів)
Вимоги до площі	Значні	Менші
Безпека для пішоходів/велосипедистів	Нижча (через високу швидкість)	Вища (через зниження швидкості)
Доцільність	За межами міст, на ділянках з високою інтенсивністю руху	У міських районах з високою інтенсивністю руху пішоходів та велосипедистів

Крім того, треба обов'язково врахувати що в першому, що в другому варіанті відокремлення окремого правоповоротного з'їзду від основного потоку на або з кільця здійснюється двома варіантами, а саме: розділення за допомогою дорожньої розмітки або острівців безпеки (рис 3).

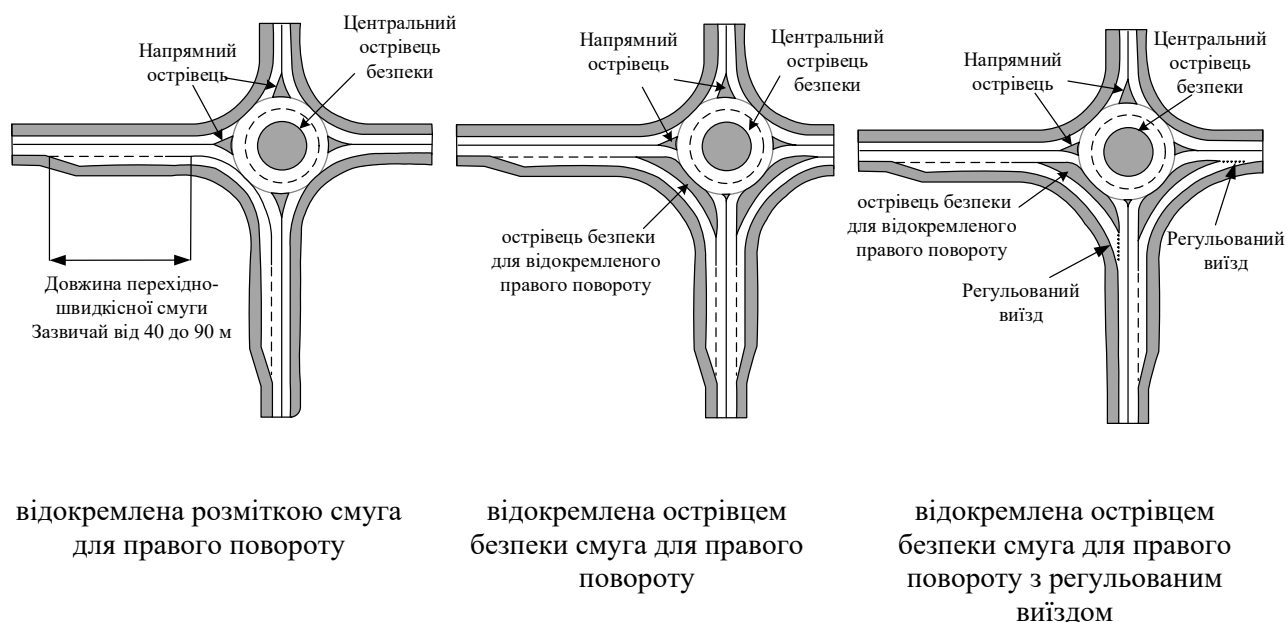


Рисунок 3 – Кільцеві розв'язки з відокремленим віднесеним правим поворотом
Figure 3 – Roundabouts with separated channelized right-turns.

Ось основні рекомендації з проєктування правоповоротних з'їздів на кільцевих розв'язках рис. 4.

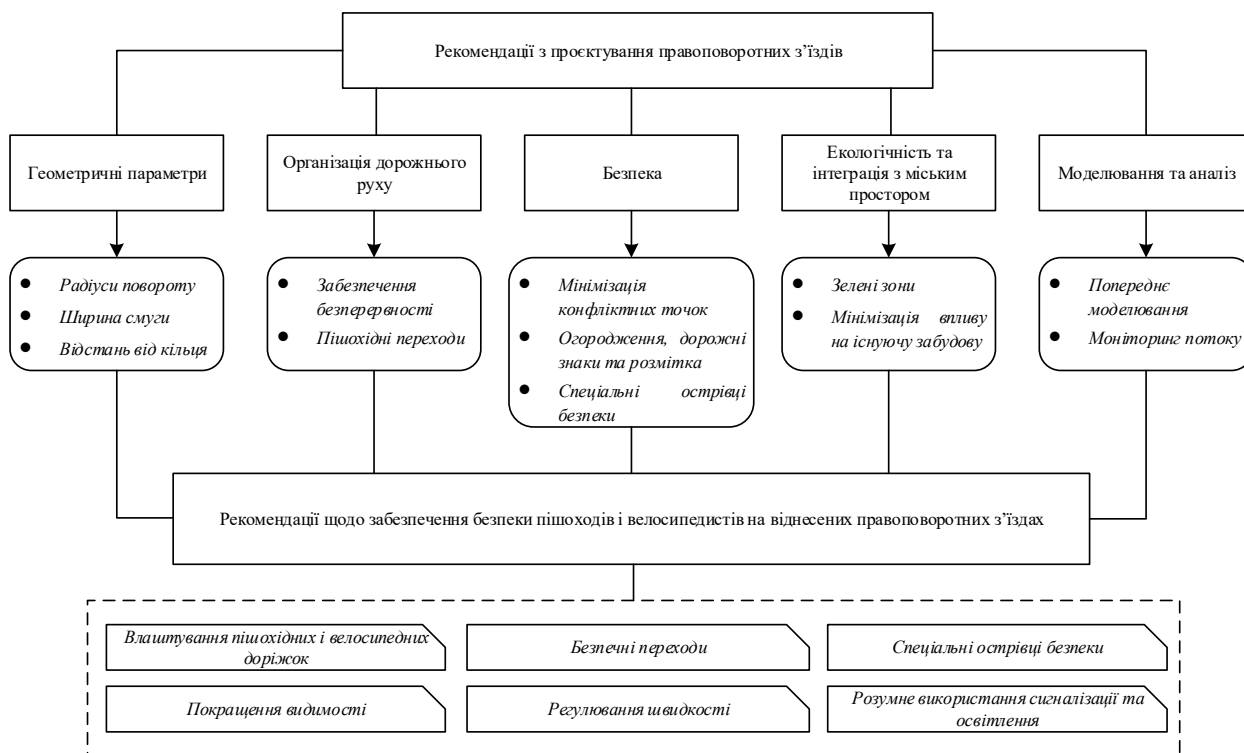


Рисунок 4 – Рекомендації з проєктування правоповоротних з'їздів на кільцевих розв'язках
Figure 4 – Recommendations for the design of right-turn exits at roundabouts.

Ось основні рекомендації з проєктування правоповоротних з'їздів на кільцевих розв'язках, сформовані на основі переваг, функціонального аналізу та міжнародного досвіду [11-14]:

1. Геометричні параметри.

Радіуси повороту. Розрахунок радіусів повороту є критично важливим для забезпечення безпечного та комфортного руху. Вони залежать від розрахункової швидкості, типу транспортних засобів та доступної площі. Основна мета – забезпечити плавні криві, що дозволяють забезпечити комфортний рух автомобілям підтримувати швидкість 50 км/год для міських зон та 80 км/год для позаміських зон.

Радіус правоповоротних з'їздів не повинен бути значно більшим за радіус найшвидшого в'їзду, передбаченого на кільцевому перехресті. Це забезпечить швидкість транспортних засобів на відокремленій смузі, подібну до швидкості на кільцевому перехресті, що призведе до безпечного злиття транспортних потоків.

Існують готові рекомендації щодо допусків радіусів правоповоротних з'їздів залежно від швидкості руху на основному кільці. Ці значення допомагають проєктувальникам забезпечити забезпечення радіусу для забезпечення безпечного і комфортного руху. Основні параметри залежать від швидкості руху і радіусів основного кільця.

Оптимальні значення мінімальних радіусів

Для міського середовища :

Швидкість: 20–40 км/год → Радіус: 15–30 м.

Для автомобільних доріг загального користування:

Швидкість: 50–80 км/год → Радіус: 50–120 м.

Для вантажного транспорту :

Радіус має бути більшим на 20–30% через більші габарити й обмеження маневреності.

Рекомендації щодо мінімізації площі: застосування еліптичних або спіральних кривих, замість класичного кола конструкції криві з поступовим зменшенням або збільшенням радіуса для плавності руху.

Ширина смуги. Розрахунок ширини смуги віднесеного з'їзду має забезпечити безпечний та комфортний рух, особливо для великогабаритного транспорту. Ця ширина залежить від типу транспортних засобів, швидкості руху та наявності (фартух наїзду).

Оптимальне значення ширини смуги з урахуванням додаткового розширення на кривих складає 6,0 м та укріплення узбіччя(відстань між крайовою лінією та бортовим каменем) 0,5 м з кожної сторони.

Відстань від кільця. З'їзд має бути достатньо віддаленим від основного кільця, щоб уникнути перетину транспортних потоків. Мінімальна відстань між кільцевим перехрестям і виїздом на з'їзд залежить від кількох факторів, таких як швидкість руху на кільці, тип дороги, об'єм руху та тип транспортних засобів. Відстань повинна бути такою, щоб водії було достатньо часу для маневру.

Зазвичай мінімальна відстань між кільцем і початком виїзду становить 50–150 м залежно від швидкості руху та інтенсивності руху. Точне значення розраховується індивідуально для кожної розв'язки.

Інтеграція правильних геометричних параметрів, а також використання островців безпеки та дорожньої розмітки, забезпечує не лише плавний і безпечний рух, а й сприяє контролю швидкості та траєкторії руху. Ці елементи відіграють ключову роль у значному підвищенні безпеки дорожнього руху та зниженні аварійності.

2. Організація дорожнього руху.

Забезпечення безперервності. З'їзди повинні проєктуватися таким чином, щоб дозволяти правоповоротному транспортному потоку рухатися без зупинок, що підвищує пропускну здатність мережі і комфорт для водіїв.

Пішохідні переходи. Врахування потреб пішоходів є обов'язковим. Для їхньої безпеки слід передбачати окремі регульовані наземні переходи або багаторівневі (підземні чи надземні) переходи на маршрутах віднесених з'їздів. Це мінімізує конфліктні точки між автомобілями та пішоходами.

3. Безпека.

Мінімізація конфліктних точок: з'їзди повинні проєктуватися таким чином, щоб уникати перетину транспортних потоків. Якщо це неминуче, необхідно чітко встановити пріоритет проїзду, використовуючи відповідні дорожні знаки або розмітку.

Огородження, дорожні знаки та розмітка: щоб забезпечити чітку та інтуїтивно зрозумілу навігацію, всі з'їзди мають бути добре позначені. Дорожня розмітка допомагає водіям слідувати правильній траєкторії, а плавність злиття потоків запобігає ризику виникнення дорожньо-транспортних пригод. Огородження (бар'єри) та дорожні знаки відіграють важливу роль у зниженні швидкості та запобіганні виїзду за межі проїжджої частини.

Спеціальні островці безпеки: островці є ключовим елементом для фізичного розділення смуг. Вони не тільки обмежують швидкість, але й покращують видимість та слугують фізичним бар'єром між транспортними потоками. Островці допомагають водіям дотримуватися безпечної траєкторії, що особливо важливо для пішоходів та велосипедистів.

4. Екологічність та інтеграція з міським простором.

Зелені зони: застосування озеленення на прилеглих територіях допомагає зменшити шум, покращити якість повітря та інтегрувати інфраструктуру в міський ландшафт.

Мінімізація впливу на існуючу забудову: в умовах щільної міської забудови, важливо мінімізувати необхідну площу для будівництва, щоб уникнути знесення будівель та зберегти міський простір.

Загалом, впровадження віднесених правоповоротних з'їздів є комплексним завданням, що вимагає врахування експлуатаційних, безпекових та екологічних аспектів. Тільки такий підхід забезпечить їхню довгострокову ефективність.

5. Моделювання та аналіз.

Щоб гарантувати ефективність та безпеку віднесених правоповоротних з'їздів, необхідно застосовувати сучасні методи транспортного моделювання та аналізу. Ці етапи є невід'ємною частиною процесу проектування.

Попереднє моделювання: перед початком будівництва важливо провести транспортне моделювання використовуючи спеціалізоване програмне забезпечення (PTV Vissim або Aimsun). Ці інструменти дозволяють створити віртуальну модель транспортної розв'язки та імітувати рух, щоб оцінити ефективність з'їздів, спрогнозувати рівень заторів та пропускну здатність мережі. Таке моделювання допомагає виявити потенційні проблеми на ранніх стадіях і оптимізувати проєкт.

Моніторинг потоку. Після реалізації проєкту слід проводити регулярний моніторинг руху транспортних потоків, що дає змогу оцінити реальні експлуатаційні характеристики та внести корективи для подальшого покращення.

Ці рекомендації відповідають принципам проектування транспортної інфраструктури. Це дозволяє забезпечити безпечний, безперервний та зручний рух, зменшуючи ризик аварій та покращуючи пропускну здатність мережі. Вони можуть бути адаптовані залежно від особливостей місцевої мережі та інтенсивності руху.

Проектування правоповоротних з'їздів на кільцевих розв'язках з урахуванням пішоходів та велосипедистів є складною системою, оскільки незалежні з'їзди можуть значно ускладнити їх рух, створюючи негативні небезпеки та бар'єри для безпеки. Враховуючи це, при проектуванні таких з'їздів необхідно повністю спланувати інфраструктуру, яка забезпечує безпеку для всіх учасників дорожнього руху.

Впровадження віднесених правоповоротних з'їздів, хоч і оптимізує рух автомобілів, але створює нові виклики для вразливих учасників дорожнього руху – пішоходів і велосипедистів. Основні проблеми включають: ризик зіткнень та «Мертві зони». Транспортні засоби на з'їздах можуть рухатися без зупинок, а водії можуть не очікувати на пішоходів чи велосипедистів, які перетинають дорогу на поворотах з'їздів виникають зони обмеженої видимості, де водій може не помітити пішохода або велосипедиста.

Рекомендації щодо забезпечення безпеки пішоходів і велосипедистів на віднесених правоповоротних з'їздах [11-14]:

Влаштування пішохідних і велосипедних доріжок. Проектування окремих пішохідних та велосипедних смуг, що чітко відокремлюються від основних з'їздів, знижує ризики зіткнення. Ці доріжки мають бути підняті або відокремлені бордюром чи іншими фізичними бар'єрами, щоб забезпечити безпечний перехід через з'їзди без необхідності переходити дорогу з високою швидкістю руху.

Покращення видимості. Збільшення радіусів поворотів на з'їзді та забезпечення гарної видимості пішоходів і велосипедистів з більшої точки дозволить водіям краще реагувати на їх наявність. Це можна досягти завдяки проєкту безпечних та видимих пішохідних переходів у зонах з низькою швидкістю.

Безпечні переходи. Необхідно забезпечити захищені пішохідні переходи з чіткими розмітками та сигналізацією. Вони повинні бути встановлені на місцях з низьким потоком транспорту та з можливістю для водіїв зменшити швидкість на з'їздах. Для велосипедистів можна провести спеціальні переходи через з'їзд, які будуть фізично відокремлені від автомобільного руху. Наприклад, підйом чи спуск через спеціальні мости або тунелі для велосипедистів.

Регулювання швидкості. У місцях, де є можливість конфліктів між великими потоками (наприклад, між правоповоротними автомобілями і пішоходами/велосипедистами), необхідно зменшувати швидкість руху на з'їздах. Це можна забезпечити через знаки обмеження швидкості та фізичні бар'єри, які змушують водіїв знижувати швидкість перед переходами.

Спеціальні островці безпеки. Для пішоходів і велосипедистів можна використовувати островці безпеки, які забезпечують місце для очікування та безпечного перетинання з'їзду. Вони можуть бути оснащені додатковими знаками, світлофорами або іншими сигналами, які допомагають керувати рухом.

Розумне використання сигналізації та освітлення. Сигналізація на переходах (наприклад, пішохідні світлофори або сигнали для велосипедистів) може суттєво підвищити безпеку. Яскраве освітлення на переходах дозволяє зменшити ризики, особливо в темний час доби.

Висновок. Впровадження віднесених правоповоротних з'їздів на кільцевих розв'язках є високоефективним рішенням для управління транспортними потоками в умовах зростаючої інтенсивності руху та щільної міської забудови. Це не просто розширення мережі, а стратегічний підхід, що забезпечує значне підвищення пропускної здатності, зниження заторів та підвищення безпеки на ключових транспортних вузлах. Завдяки відокремленню правоповоротного руху транспортних потоків від основного кільцевого потоку, мінімізується кількість конфліктних точок, що сприяє безперервному та зручному руху.

Проектування таких з'їздів вимагає комплексного підходу, що враховує не лише потреби автомобілістів, але й безпеку всіх учасників руху. Необхідно ретельно розраховувати геометричні параметри (радіуси, ширину смуг), а також забезпечувати належну інтеграцію з існуючою дорожньою мережею. Особлива увага має приділятися вразливим учасникам руху – пішоходам та велосипедистам. Для їх захисту важливо застосовувати фізичні бар'єри, островці безпеки, окремі доріжки, регульовані переходи та розумне використання сигналізації.

В Україні такі рішення є перспективним напрямком для розвитку транспортної інфраструктури, що може суттєво покращити мобільність у великих містах. Подальше моделювання та аналіз дозволять адаптувати міжнародний досвід до місцевих умов, забезпечуючи максимальну ефективність та безпеку.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Беленчук О.В. Підвищення безпеки руху на транспортних розв'язках в одному рівні / О.В. Беленчук, Н.І. Попович, Є.Ф.Теплюк // Дороги і мости. – 2023. – Вип. 28. С. 234-241. – Режим доступу: <https://doi.org/10.36100/dorogimosti2023.28.234>
2. Roundabouts and other intersections. (Кільцеві розв'язки та інші перехрестя). Інформаційний бюлетень Інституту досліджень безпеки дорожнього руху (SWOV). – Гаага, червень, 2022. – 22 с. – Режим доступу: <https://www.swov.nl/en/facts-figures/factsheet/roundabouts-and-other-intersections>
3. Roundabouts – Technical Summary. (Кільцеві перехрестя. Технічний звіт) Номер звіту: FHWA-SA-10-006. Федеральне управління автомобільних доріг. Управління безпеки. – США, 2010. – 32 с. Режим доступу: <https://rosap.nhtl.gov/view/dot/42603>
4. Тарасюк В.П. Обґрунтування доцільності влаштування саморегульованих кільцевих розв'язок на вулично-дорожній мережі міста. / В.П. Тарасюк, Д.О. Беспалов, В.П. Терещук, М.С. Король // Дороги і мости. – 2023 – Випуск 28. – С. 389-397. – Режим доступу: <https://pdfs.semanticscholar.org/9d00/725f4f6c2135de1de79ae3ece0924ee91bba.pdf>
5. Kalašová A. Comparison of traffic flow characteristics of signal controlled intersection and turbo roundabout. / A. Kalašová, S. S. Kubíková, K. Čulík, J. Palúch// The Archives of Automotive Engineering – Archiwum Motoryzacji, – 2020. – 88(2), 19-34. – Режим доступу: <https://doi.org/10.14669/AM.VOL88.ART2>
6. У Львові перебудують перехрестя на вулицях Стрийська – Рубчака: що зміниться / Офіційний сайт Львівської міської ради. – 28 серп. 2024. – Режим доступу: <https://city-adm.lviv.ua/news/city/transport/303103-u-lvovi-perebuduyut-perekhrestya-na-vulitsyakh-strijska-rubchaka-shcho-zminitsya> [дата звернення: 24.02.2025]
7. На 8-ми перехрестях столиці облаштували кільцеві розв'язки (+фото) / Офіційний портал Києва. – 24 трав. 2023. – Режим доступу: https://kyivcity.gov.ua/news/na_8-mi_perekhrestyakh_stolitsi_oblashtovali_kiltsevi_rozvyazki_foto/ [дата звернення: 16.12.2024]
8. Colorado Department of Transportation. CDOT Roadway Design Guide. 2023. Denver: CDOT, 2023. – 1 електрон. ресурс. – Режим доступу: <https://www.codot.gov/business/designsupport>

9. Литвин В.В. Кількісна оцінка ефективності зміни схеми руху на перехресті вул. Калинова – пр. П. Калнишевського (м. Дніпро). / В.В. Литвин, Ю.І. Мельнікова, М.І. Лазуткін // Сучасні технології в машинобудуванні на транспорті, 2024, №1(22). с. 222-232
Режим доступу: <https://eforum.lntu.edu.ua/index.php/jurnal-mbf/article/view/1364/1230>
10. Right-turn bypass lanes [Електронний ресурс]. – Mypdh.engineer, 2025. – Режим доступу: <https://mypdh.engineer/lessons/right-turn-bypass-lanes/> (дата звернення: 05.06.2025).
11. Colorado Department of Transportation. Roadway Design Guide [Електронний ресурс]. – Denver: CDOT, 2023. – 604 р. – Режим доступу: https://www.codot.gov/business/designsupport/bulletins_manuals [дата звернення: 05.06.2025]
12. ДСТУ 3587-97. Безпека дорожнього руху. Автомобільні дороги, вулиці та залізничні переїзди. Вимоги до експлуатаційного стану.
13. ДБН В.2.3-4:2015 Автомобільні дороги. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво.
14. ДБН В.2.3-5-2018 Вулиці та дороги населених пунктів. – Київ, 2018. – 61 с.

REFERENCES

1. Belenchuk, O. V., Popovych, N. I., & Tepluk, Ye. F. (2023). Pidvyshchennia bezpeky rukhu na transportnykh rozv'iazkakh v odnomu rivni [Improving traffic safety at at-grade interchanges]. *Dorohy i mosty – Roads and Bridges*, 28. <https://doi.org/10.36100/dorogimosti2023.28.234> [in Ukrainian].
2. SWOV Institute for Road Safety Research. (2022, June). Roundabouts and other intersections [Kil'tsevi rozv'iazky ta inshi perekhrestia]. The Hague: SWOV. <https://www.swov.nl/en/facts-figures/factsheet/roundabouts-and-other-intersections> [in English].
3. Federal Highway Administration. (2010). Roundabouts – Technical Summar [Kil'tsevi perekhrestia. Tekhnichniy zvit] (Report No. FHWA-SA-10-006). U.S. Department of Transportation, Office of Safety. <https://rosap.nhtl.bts.gov/view/dot/42603> [in English].
4. Tarasiuk, V. P., Bepalov, D. O., Tereshchuk, V. P., & Korol, M. S. (2023). Obgruntuvannia dotsilnosti vlashtuvannia samorehulovanykh kil'tsevykh rozv'iazok na vulychno-dorozhnii merezhi mista [Feasibility justification of self-regulated roundabouts in urban street-road networks]. *Dorohy i mosty – Roads and Bridges*, 28. <https://pdfs.semanticscholar.org/9d00/725f4f6c2135de1de79ae3ece0924ee91bba.pdf> [in Ukrainian].
5. Kalašová, A., Kubíková, S. S., Čulík, K., & Palúch, J. (2020). Comparison of traffic flow characteristics of signal-controlled intersection and turbo roundabout. *The Archives of Automotive Engineering – Archiwum Motoryzacji*, 88(2), 19–34. <https://doi.org/10.14669/AM.VOL88.ART2> [in English].
6. Lviv City Council. (2024, August 28). U Lvovi perebuduiut perekhrestia na vulytsiakh Stryiska – Rubchaka: shcho zminytsia [Reconstruction of the intersection at Stryiska–Rubchaka streets in Lviv: What will change]. Lviv City Council Official Website. <https://city-adm.lviv.ua/news/city/transport/303103-u-lvovi-perebuduyut-perekhrestia-na-vulytsyakh-strijska-rubchaka-shcho-zminitsya> [in Ukrainian].
7. Kyiv City Official Portal. (2023, May 24). Na 8-my perekhrestiakh stolytsi oblashtuvaly kil'tsevi rozv'iazky (+foto) [Eight roundabouts arranged at intersections in Kyiv (+photos)]. Kyiv City Official Website. https://kyivcity.gov.ua/news/na_8-mi_perekhrestyakh_stolitsi_oblashtuvali_kiltsevi_rozvyazki_foto/ [in Ukrainian].
8. Colorado Department of Transportation. (2023). CDOT Roadway Design Guide. Denver: CDOT. <https://www.codot.gov/business/designsupport> [in English].
9. Lytvyn, V. V., Melnikova, Yu. I., & Lazutkin, M. I. (2024). Kil'kisna otsinka efektyvnosti zminy skhemy rukhu na perekhresti vul. Kalynova – pr. P. Kalnyshevskoho (m. Dnipro) [Quantitative assessment of traffic scheme change efficiency at Kalynova–Kalnyshevskyyi intersection in Dnipro]. *Suchasni tekhnolohii v mashynobuduvanni na transporti – Modern Technologies in Mechanical Engineering and Transport*, 1(22), 222–232. <https://eforum.lntu.edu.ua/index.php/jurnal-mbf/article/view/1364/1230> [in Ukrainian].
10. Right-turn bypass lanes. (2025). Mypdh.engineer. <https://mypdh.engineer/lessons/right-turn-bypass-lanes/> [in English].
11. Colorado Department of Transportation. (2023). Roadway Design Guide. Denver: CDOT. https://www.codot.gov/business/designsupport/bulletins_manuals [in English].
12. DSTU 3587-97. (1997). Bezpeka dorozhnogo rukhu. Avtomobil'ni dorohy, vulytsi ta zaliznychni pereizdy. Vymohy do ekspluatatsiinoho stanu [Road safety. Highways, streets, and railway crossings. Operational condition requirements]. Kyiv: Derzhstandart Ukrainy [in Ukrainian].

13. DBN V.2.3-4:2015. (2015). *Avtomobil'ni dorohy. Chastyna I. Proektuvannia. Chastyna II. Budivnytstvo* [Highways. Part I. Design. Part II. Construction]. Kyiv: Minrehionbud Ukrainy [in Ukrainian].
14. DBN V.2.3-5:2018. (2018). *Vulytsi ta dorohy naselenykh punktiv* [Streets and roads of settlements]. Kyiv: Minrehionbud Ukrainy [in Ukrainian].

РЕФЕРАТ

Петрович В.В. Методи удосконалення організації дорожнього руху на кільцевих розв'язках. / В.В. Петрович, І.А. Виговська, Д.А. Ткаченко // Вісник Національного транспортного університету // Серія «Технічні науки». Науковий, науково-виробничий журнал. – К.: НТУ, 2025. – Вип. 1 (60).

В статті розглянуто сучасні підходи до управління транспортними потоками на прикладі застосування віднесених правоповоротних з'їздів у складі кільцевих розв'язок. Такі елементи дорожньої інфраструктури дають змогу суттєво підвищити пропускну здатність, знизити рівень заторів та кількість конфліктних точок, що позитивно впливає на безпеку руху.

Об'єкт: віднесені правоповоротні зїзди на кільцевих розв'язках у міських та позаміських умовах.

Метою роботи є аналіз функціональних можливостей віднесених правоповоротних з'їздів, оцінка їх переваг і недоліків, а також формування рекомендацій щодо їх впровадження з урахуванням безпеки всіх учасників руху.

Методи дослідження аналіз наукових джерел, вивчення міжнародного досвіду проектування, транспортне моделювання з використанням програмних комплексів PTV Vissim та Aimsun, а також оцінку експлуатаційних показників побудованих розв'язок у Львові та Києві.

У результаті встановлено, що застосування віднесених правоповоротних з'їздів дозволяє знизити навантаження на кільцеву розв'язку, підвищити пропускну здатність транспортної мережі та забезпечити безперервність руху. Новизна полягає в адаптації міжнародних підходів до українських умов із врахуванням обмеженої міської площі та підвищених вимог до безпеки пішоходів і велосипедистів.

Основні техніко-експлуатаційні характеристики включають розрахункові радіуси поворотів (15–120 м залежно від швидкості руху), ширину смуг (6 м з укріпленням узбіччям), застосування перехідно-швидкісних смуг або регульованих виїздів, а також використання острівців безпеки та розмітки.

Ступінь впровадження в Україні обмежується поодинокими проєктами у Львові та Києві, однак у світовій практиці ця технологія широко використовується.

Прогнозується, що подальший розвиток цієї технології в Україні буде пов'язаний із поширенням транспортного моделювання, інтеграцією інтелектуальних систем управління рухом та створенням інфраструктури, орієнтованої на безпеку вразливих учасників дорожнього руху.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ТРАНСПОРТНІ ПОТОКИ, ОРГАНІЗАЦІЯ ДОРОЖНЬОГО РУХУ, КІЛЬЦЕВІ РОЗВ'ЯЗКИ, ПРОПУСКНА ЗДАТНІСТЬ, БЕЗПЕКА ДОРОЖНЬОГО РУХУ, ТРАНСПОРТНЕ МОДЕЛЮВАННЯ, ПРАВОПОВОРОТНІ З'ЇЗДИ.

ABSTRACT

Petrovich V.V., Vyhovska I.A., Tkachenko D.A. Methods for improving traffic management at roundabouts. Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and industrial journal. – K.: NTU, 2025. –Issue 1 (60).

The article discusses modern approaches to traffic flow management using the example of the use of right-turn lanes at roundabouts. These elements of road infrastructure make it possible to significantly increase traffic capacity, reduce congestion and the number of conflict points, which has a positive effect on traffic safety.

Object: right-turn lanes at roundabouts in urban and suburban areas.

The purpose of this work is to analyze the functional capabilities of designated right-turn lanes, evaluate their advantages and disadvantages, and develop recommendations for their implementation, taking into account the safety of all road users.

Research methods included analysis of scientific sources, study of international design experience, transport modeling using PTV Vissim and Aimsun software packages, and assessment of the operational performance of constructed solutions in Lviv and Kyiv.

As a result, it was established that the use of separated right-turn lanes reduces the load on roundabouts, increases the throughput capacity of the transport network, and ensures traffic continuity. The

novelty lies in the adaptation of international approaches to Ukrainian conditions, taking into account limited urban space and increased safety requirements for pedestrians and cyclists.

The degree of implementation in Ukraine is limited to isolated projects in Lviv and Kyiv, but this technology is widely used in global practice.

It is predicted that further development of this technology in Ukraine will be linked to the spread of transport modeling, the integration of intelligent traffic management systems, and the creation of infrastructure focused on the safety of vulnerable road users. Key technical and operational characteristics include design turning radii (15–120 m depending on speed), lane width (6 m with reinforced shoulders), the use of transition lanes or controlled exits, and the use of safety islands and markings.

KEYWORDS: TRANSPORT FLOWS, TRAFFIC MANAGEMENT, ROUNDABOUTS, CAPACITY, TRAFFIC SAFETY, TRANSPORT MODELING, RIGHT-TURN EXITS.

АВТОРИ:

Петрович Володимир Васильович, кандидат технічних наук, професор, старший науковий співробітник, Національний транспортний університет, професор кафедри транспортного будівництва та управління майном, e-mail: petrovichvv60@ukr.net, тел. + 380442807338, Україна, 01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка 1, к.138, orcid.org/0000-0003-0422-2535.

Виговська Інна Анатоліївна, кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, доцент кафедри транспортних систем та безпеки дорожнього руху, e-mail: i.vyhovska2609@gmail.com, тел. +380442804885, Україна, 01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка 1, к.435, orcid.org/0000-0003-1426-9863.

Ткаченко Дмитро Анатолійович, Національний транспортний університет, аспірант кафедри транспортного будівництва та управління майном, e-mail: avtomag111@gmail.com, тел. +380503886608, Україна, 01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка 1, к.138, orcid.org/0009-0001-0788-5927.

AUTHOR:

Petrovych Volodymyr, Candidate of Technical Sciences, Professor, Senior Researcher, Professor of the Transportation Construction and Property Management Department, National Transport University. e-mail: petrovichvv60@ukr.net, tel. +380442807338, Ukraine, 01010, Kyiv, street M. Omelyanovicha-Pavlenka, 1, room 138, orcid.org/0000-0003-0422-2535.

Vyhovska Inna, PhD in Engineering, National Transport University, Associate Professor of the Department of Transport Systems and Road Safety, e-mail: i.vyhovska2609@gmail.com, tel. +380442804885, Ukraine, 01010, Kyiv, 1 M. Omelyanovych-Pavlenko Str., room 435. orcid.org/0000-0003-1426-9863.

Tkachenko Dmytro, National Transport University, PhD student of the department of Transportation Construction and Property Management. e-mail: avtomag111@gmail.com, tel. +380442807338, Ukraine, 01010, Kyiv, street M. Omelyanovicha-Pavlenka, 1, room 138, orcid.org/0009-0001-0788-5927.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Понкратов Денис Павлович, доктор технічних наук, доцент, доцент кафедри транспортних систем і логістики, Харківський національний університет міського господарства, Харків, Україна.

Бубела Андрій Володимирович, доктор технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, професор кафедри транспортного будівництва та управління майном, Київ, Україна.

REVIEWERS:

Denys Pavlovych, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Transport Systems and Logistics, Kharkiv National University of Urban Economy, Kharkiv, Ukraine.

Bubela Andrii, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, National Transport University, Professor of the Road Construction and Property Management Department, Kyiv, Ukraine.