

Холодова О.О., Бугайова М.О.

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків, Україна***ОБГРУНТУВАННЯ НЕОБХІДНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ КРУГОВОГО РУХУ НА ВУЛИЧНО-ДОРОЖНІЙ МЕРЕЖІ М. ХАРКІВ**

Доведено, що хоча автомобілізація підвищує зручність пересування, вона також має значні негативні наслідки, зокрема забруднення повітря, знищення зелених зон, затори та зростання кількості дорожньо-транспортних пригод. Ці проблеми особливо відчутні у великих містах, де брак доріг, неефективний рух і проблеми з паркуванням погіршують ситуацію на дорогах. Перехрестя є одними з найбільш небезпечних місць, тому потребують особливої уваги. Для зменшення ризиків важливими є такі рішення, як синхронізація світлофорів, будівництво кругових розв'язок та розвиток громадського транспорту. Зокрема, круговий рух на перехрестях дозволяє знизити кількість дорожньо-транспортних пригод, зменшити затори, скоротити час очікування, витрати на паливо та викиди шкідливих речовин, що підвищує загальну безпеку та ефективність транспорту.

В результаті аналізу практики застосування кругового руху на перетинаннях, а також наукових досліджень в області даного питання, встановлено, що круговий рух на перехрестях впроваджується не у всіх містах України, а аналіз світових розробок щодо кругового руху сягнув далеко вперед, тому є досить актуальним і для вітчизняних дослідників.

Розглянуто конкретні приклади введення кругового руху на п'яти перехрестях Індустріального району м. Харків з різним типом організації дорожнього руху, конфігурацією, розмірами, параметрами транспортних і пішоходних потоків тощо. За результатами моделювання дорожнього руху на перехрестях обгрунтовується доцільність використання кругових розв'язок на перехрестях, адже вони підвищують пропускну спроможність у 1,5 рази, зменшують затримки руху в 3,2 рази, скорочують викиди шкідливих речовин на 1,6 рази та майже вдвічі покращують безпеку перехресть.

Оцінка впровадження кругового руху підтверджує його ефективність і надає наукову основу для розширення цієї практики в містах. Кругові перехрестя знижують аварійність, затори, покращують умови для пішоходів і велосипедистів, створюючи безпечнішу транспортну інфраструктуру, зокрема для м. Харків.

Ключові слова: круговий рух, перехрестя, пропускну спроможність, ефективність, схема, організації дорожнього руху, затримка, дорожньо-транспортна пригода, моделювання.

ВСТУП

Автомобілізація, як і будь-який інший соціальний або технологічний процес, має свої переваги та недоліки. Серед негативних наслідків автомобілізації можна виділити наступні: забруднення навколишнього середовища, погіршення міської інфраструктури через будівництво доріг і паркувальних зон, що призводить до знищення зелених просторів і зниження якості життя в містах; зниження рівня фізичної активності населення; виникнення заторів на дорогах; зростання кількості дорожньо-транспортних пригод (ДТП). Безперечно, автомобілізація забезпечує зручність і швидкість пересування, проте важливо розуміти її негативні наслідки та шукати шляхи для їх зменшення або компенсації.

Транспортні затори на вулично-дорожній мережі (ВДМ) є поширеною проблемою, особливо в мегаполісах та великих містах. Вони зазвичай виникають у години пік та в районах з недосконалим плануванням інфраструктури. До основних причин належать недостатня кількість доріг, неефективна організація руху, слабо розвинена система громадського транспорту, проблеми з організацією паркування, а також несприятливі дорожні умови — перехрестя, розвилки, вузькі мости, ділянки з обмеженою видимістю та інші подібні фактори.

Перехрестя не лише є одними з ключових місць на ВДМ, де виникають затори та знижується пропускну спроможність (ПС), але й одними з найнебезпечніших елементів, оскільки вони можуть стати причиною аварій та нещасних випадків. Зменшити ризик ДТП можна завдяки впровадженню низки заходів і стратегій, серед яких особливу увагу заслуговують інфраструктурні зміни, такі як синхронізація роботи світлофорів відповідно до транспортного потоку (ТП), впровадження світлофорного регулювання, будівництво кругових розв'язок, забезпечення належної видимості на перехрестях з усіх напрямків, а також розвиток ефективної системи громадського транспорту тощо [1].

Підвищення ПС елементів ВДМ включає розширення проїзних частин, додавання нових смуг руху або створення об'їзних доріг, оптимізацію циклів роботи світлофорів, впровадження сучасних систем управління трафіком. Також важливими є облаштування велосипедних доріжок, тротуарів,

пішохідних мостів, запровадження кругового руху, будівництво багаторівневих розв'язок і каналізування руху для підвищення ефективності та безпеки дорожнього середовища [2].

Впровадження кругового руху на перехрестях, де транспортні засоби (ТЗ) уповільнюються і рухаються навколо центрального «острівця», є ефективним способом зменшення часу очікування та зниження ризику ДТП. Такий рух усуває необхідність перетинати шляхи з протилежними напрямками, що сприяє більш плавному потоку транспорту та зменшує кількість заторів, тим самим збільшуючи ПС. Саме тому багато досліджень з цього питання полягають в підвищенні ефективності функціонування перехресть через впровадження кругового руху.

Підвищення ефективності роботи перехресть будь-якого типу є важливим завданням. Ефективне регулювання руху на перехрестях може значно знизити кількість ДТП та їх наслідки, адже зменшується ризик зіткнень. Крім того, якісна організація руху скорочує час очікування на світлофорах або в чергах, що покращує потік транспорту та зменшує затори. Оптимізація руху на перехрестях також дозволяє зекономити час на проїзд і зменшити витрати на паливо, адже ТЗ менше часу стоять в чергах або чекають на зелене світло. Це, в свою чергу, допомагає скоротити викиди шкідливих речовин в атмосферу. Ефективні перехрестя також оптимізують рух не лише автомобілів, а й пішоходів, велосипедистів і громадського транспорту, що сприяє загальному покращенню мобільності в містах. Таким чином, підвищення ефективності роботи перехресть може суттєво покращити безпеку, комфорт і загальну ефективність транспортного руху [3,4,5].

АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДАНИХ ТА ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Підвищення ефективності роботи перехрестя шляхом впровадження кругового руху є досить дієвим заходом, оскільки цей тип перетину має низку переваг порівняно з іншими. При ретельному проєктуванні геометрії та організації руху, кільцеві перехрестя сприяють зниженню кількості ДТП, зменшенню транспортних заторів, а також скороченню витрат палива і викидів шкідливих речовин. Це все доводить проведений нами аналіз джерел інформації.

Кільцеві перехрестя облаштовуються на окремих ділянках ВДМ, де в одній точці сходяться три, чотири або більше доріг. Максимальна ефективність таких перехресть спостерігається, коли перетинаються понад чотири дороги. Доцільність їх встановлення визначається загальною інтенсивністю руху та розподілом ТП у різні напрямки [1]. До того ж, дослідження показали, що використання кільцевих перехресть має такі переваги: можливість безперервного руху транспорту при змінних потоках у різних напрямках; комфортніші умови для пасажирського транспорту та зручніший розворот; усунення конфліктів між зустрічними потоками та небезпечних конфліктних точок перетинання, при наявності перетину або злиття потоків — це відбувається під безпечнішими кутами; вплив на плавність руху, зменшення різких гальмувань і розгонів, що скорочує час простою на холостому ході. Крім того, час перебування ТЗ на перехресті скорочується в порівнянні зі звичайними перехрестями на одному рівні. Кільцеві перехрестя також відзначаються зрозумілою схемою руху, полегшенням лівих поворотів, нижчими витратами на облаштування порівняно з багаторівневими перехрестями, і суттєвим зниженням кількості ДТП — за статистикою від 1,5 до 3 разів. Забезпечення безперервного потоку транспорту збільшує ПС. Кільцеві перехрестя також дозволяють будувати відокремлені смуги для правого повороту, полегшують об'єднання кількох вулиць і забезпечують просте регулювання пріоритетів руху (головною є дорога по колу). Ці переваги особливо помітні при в'їзді до населених пунктів.

З останніх прикладів просування кругового руху на елементах ВДМ міст України можуть бути такі:

1. Впровадження кругового руху в м. Вінниця на двох великих перехрестях вулиць Юності та Пирогова, вулиць Київської і Зулінського (2016 р.)

2. Перехрестя вулиць Миколи Овдова та Князів Коріатовичів в м. Вінниця (2022 рік), де тестування щодо кільцевої розв'язки на в'їзді на Староміський міст розпочали ще у березні 2021 року. Через місяць представили підсумки онлайн-опитування мешканців міста, згідно з якими, заторів стало менше, проте перехрестя стало більш небезпечним. Більшість опитаних – 63% – підтримали ідею облаштування кругового руху, тоді як 27% висловилися проти.

3. В 2015 році на кільці Чорновола – Липинського у м. Львів почала діяти нова схема руху «Roundabout», яка забороняє змінювати смугу на кільці. Львівські водії відзначили зручність такої схеми та висунули пропозицію запровадити її на всіх кільцях міста. Через це в 2016 році у місті запланували змінити організацію руху на двох кільцевих перехрестях - вулицях Володимира Великого – Княгині Ольги діятиме схема «Roundabout», а на вулиць Володимира Великого – Кульпарківська – Виговського – схема «Turbo Roundabout».

4. Організація кругового руху на перехресті вулиць Заболотного та Добровольського в м. Одеса (2021 рік), що дозволить великовантажному транспорту проїжджати вулиці по дузі, що виключить маневрування великовантажного транспорту при повороті і дозволить уникнути пошкодження асфальтного покриття.

5. На перехресті вулиць Довга та Львівська в м. Одеса (2022 рік) введена нова схема руху – кругова.

6. На перехресті вулиць Героїв України та Героїв-рятувальників в м. Кропивницький організовано круговий рух (2023 рік).

7. Відновлення інфраструктури після війни вимагатиме суттєвих змін, і одним із важливих напрямків може стати впровадження кругового руху. Навіть у м. Буча на перехресті вулиць Інститутська та Захисників України, попри обмежені ресурси в 2024 році провели капітальний ремонт та ввели круговий рух.

8. Наприклад, м. Луцьк має загалом 7 перехресть з круговим рухом: Перемоги - Василя Мойсея – Шопена - Огієнка, Грушевського – Стрілецька – Яровиця - Винниченка, Набережна - Шевченка, Червоного Хреста – Глінки – Володимирська - Львівська, Гордіюк - Конякіна, Гордіюк - Соборності – Відродження - Єршова, Конякіна – Карпенка - Карого.

9. М. Чернівці має круговий рух на перехрестях вулиць Героїв Майдану - Південно-Кільцевої (поворот на Годилів) та вул. Вокзальна — Корсунської (перед мостом через р. Прут, якщо рухатися від центру міста).

10. У м. Хуст також вирішили як покращити рух на проблемному перехресті вулиць Львівська – Духновича – Свободи – Небесної Сотні (2024 рік) - переважна більшість експертів схилилися до встановлення кільця на перехресті. Ефективно функціонують ще 3 кільця у місті (два з них на в'їзді в місто). До речі, застосування кругового руху на в'їздах до міст є дуже поширеною практикою в Україні та багатьох європейських країнах.

Серед міст, де активно використовуються кругові перехрестя, можна назвати Київ, Львів, Одесу, Дніпро та інші. Такі рішення є частиною загального руху до вдосконалення міської інфраструктури та приведення її у відповідність до європейських стандартів. А у м. Харків, на жаль, є лише одне перехрестя вулиць з кільцевим рухом — Вернадського – Гімназійна набережна - провулок Подільський. Основна причина, чому кільцевих розв'язок мало, полягає в специфіці міської інфраструктури та традиційного проектування доріг. Харків, як і більшість українських міст, планувався ще в радянські часи, коли перевага надавалася світлофорним перехрестям або регульованим перехрестям зі стрілками. Кільцеві розв'язки вимагають великого простору для безпечного функціонування та зменшення заторів, а в щільно забудованих районах такі рішення складно впроваджувати. Крім того, водії в Україні звикли до світлофорів і регульованих перехресть, тому місто не поспішало змінювати цю систему. Проте з часом, як бачимо, кільцеві розв'язки набирають популярності, оскільки вони можуть допомагати зменшити кількість аварій і покращити ТП.

Впровадження кільцевого руху під час післявоєнної відбудови Харкова є цілком реальним і може бути дуже корисним для міста. Після відбудови інфраструктури буде можливість переглянути підходи до організації дорожнього руху та вдосконалити міський простір, враховуючи сучасні вимоги до безпеки та ефективності. У центрі та старих районах міста вузькі вулиці можуть обмежити можливість впровадження кільцевого руху. Проте у нових районах або на окраїнах це більш реалістично. Багато європейських міст, таких як Варшава або Вільнюс, використовують кільцевий рух у своїй транспортній системі. Це може слугувати прикладом для Харкова, коли справа дійде до відбудови міста.

Слід також відмітити, що не завжди круговий рух несе позитивні наслідки. Наприклад, на перехресті вулиць Київська, Чорновола та Стрілецька в м. Вінниця (2021 рік) були розглянуті два варіанти реорганізації руху (круговий рух; оптимізоване світлофорне регулювання), в результаті чого за результатами моделювання звичайний круговий рух, а також вдосконалений варіант типу «турбокарусель», не дають досягнути збільшення ПС вузла через високу існуючу інтенсивність ТП та пішоходів. Навпаки круговий рух зменшує ПС перехрестя. Оптимальним рішенням для досліджуваного перехрестя стало світлофорне регулювання зі створенням острівців безпеки, додаткових смуг на перехресті, значним зменшенням площі перехрестя (між стоп-лініями), каналізування правоповоротних потоків та безконфліктним пофазним роз'їздом. Рішення також передбачає створення зручних велоперейздів та збільшення площі ділянок озеленення.

Проте, кільцеві перехрестя мають і певні недоліки [1]. Їх впровадження потребує значних територіальних ресурсів. Хоча зниження швидкості на кільці підвищує безпеку руху і зменшує тяжкість ДТП, воно водночас призводить до втрат часу, оскільки швидкість є меншою за оптимальну. Максимальна швидкість руху обмежується діаметром центрального острівця: чим більший острівець, тим вища допустима швидкість, і навпаки. Також виникає проблема додаткового перепробігу під час наскрізного або лівоповоротного руху на великих кільцях. Проблеми виникають і з організацією пішохідних переходів. Пішоходи, особливо люди похилого віку чи особи з інвалідністю, можуть відчувати дискомфорт через постійний рух транспорту, що також стосується велосипедистів. Позавуличні переходи потребують додаткових витрат, а розміщення трамвайних колій на кільцевих перехрестях залишається дискусійним питанням, хоч міжнародний досвід доводить протилежне. Крім того, кільцеві перетини обмежують ПС вузлів злиття та ускладнюють проведення тролейбусних ліній, хоча сучасні тролейбуси, такі як українські «Дніпро» Т203, можуть працювати на акумуляторах. Також кільцеві перехрестя не забезпечують пріоритету для громадського транспорту і унеможливають координацію світлофорів, оскільки рекомендовані швидкості руху не можуть бути дотримані при такому типі перетину.

Ефективність кільцевих розв'язок підтверджується їх широким застосуванням як в Україні, так і за кордоном. Яскравими прикладами цього є круговий рух на площі Шарля де Голля, відомій як Площа Зірки в Парижі, Франція; Magic Roundabout у Свіндоні, Великобританія; кільце на проспекті Марії Крістіни в Барселоні, Іспанія; та Tesco Extra на дорозі Knocknagoney у Белфасті, Північна Ірландія. Цей перелік можна продовжувати нескінченно. Ретельний аналіз міжнародного й національного досвіду у проектуванні кільцевих перетинів виявив значний інтерес до їх впровадження. У різних країнах такі транспортні рішення обираються як запобіжний механізм для зменшення аварійності на дорогах, враховуючи стабільні позитивні результати досліджень щодо їхньої безпеки, ефективності та екологічних переваг. Кільцеві розв'язки відзначаються високим рівнем безпеки завдяки зниженню кількості точок конфлікту та забезпеченню плавного руху транспорту. Окрім цього, вони продемонстрували здатність зменшувати викиди шкідливих речовин, що робить їх привабливими для екологічно орієнтованих транспортних стратегій. Оцінка функціональної ефективності кільцевих перетинів на різних рівнях – від міських до міжміських доріг – підкреслює їх універсальність та здатність адаптуватися до різноманітних транспортних потреб. Ці висновки вказують на важливість інтеграції таких рішень у стратегічні плани розвитку транспортної інфраструктури для підвищення безпеки та ефективності руху в майбутньому.

І поки ми обґрунтовуємо доцільність використання кільцевого руху, у світі ведуться ще більш прогресивні розробки у цій сфері [6]. Інженери та урбаністи постійно вдосконалюють дизайн кільцевих розв'язок, впроваджуючи нові технології для підвищення ефективності та безпеки руху. Наприклад, розробляються "розумні" кільцеві перетини, оснащені датчиками для динамічного керування ТП, а також інтеграція з системами для автономних ТЗ, які будуть здатні взаємодіяти з інфраструктурою в реальному часі.

Значна частка робіт присвячена дослідженню ПС кільцевих перетинів. Так, в роботі [7] оцінено принципи та методи, використані для порівняння методів визначення ПС кільцевих перехресть з різними умовами руху та геометричними конфігураціями. До цих методів належать прийоми розривів, емпіричні методи та методи програмного моделювання. Мета дослідження полягає в тому, щоб порівняти різні моделі ПС для прийнятних прогнозів ПС для одно- та багатосмугових перехресть. Встановлено, що моделі краще прогнозують ПС однієї смуги, ніж вони можуть прогнозувати ПС кількох смуг. Автори роботи [8] за результатами дослідження ПС перехрестя при різних сценаріях організації дорожнього руху на ньому доведено, що підвищення продуктивності ТП може бути досягнуто за рахунок керування круговим рухом, а не введення системи сигналізації. Але при цьому вони наполягають на важливості вибору відповідного дизайну кругового перехрестя. В роботі [9] відмічається, що ПС на в'їзді на кільцевій розв'язці зазвичай оцінюється для кожного підходу до в'їзду, враховуючи циркуляційний потік і геометричні характеристики, наприклад, ручну модель ПС шосе США та модель лінійної регресії Великобританії. Ці моделі не підходять для аналізу багатосмугових кільцевих перехресть, оскільки вони не враховують можливий нерівномірний розподіл руху між смугами руху. В статті наводиться методологію на основі смуг, яка оцінює ПС для кожної окремої смуги, враховуючи розподіл трафіку на смугах руху. Прибуття та циркуляційний потоки сформульовані на основі шаблонів вибору смуги водіями. Після цього авторами модифікуються та розширюються формули з існуючих моделей для аналізу ПС багатосмугового кільцевого перехрестя. В результаті продемонстровано, що вищої ПС можна досягти, коли

використання циркуляційних потоків є більш збалансованим. Цей результат може призвести до вдосконалення проектування та методів управління для збільшення ПС багатосмугового кільцевого перехрестя. Авторами роботи [10] порівняні ПС кругових перехресть із сигналізацією, кругових розв'язок без сигналів та перехресть із сигналізацією. Результати показують, що за високого трафіку кільцеве перехрестя з сигналізацією перевершує несигналізовану кільцеву розв'язку (має більшу ПС за певних умов - оптимальна тривалість циклу не є відносно короткою (65 с). Також визначено, що ПС сигналізованого кругового перехрестя дуже чутлива до зміни параметрів сигналу, тому слід уважно розробляти параметри, щоб забезпечити високу ПС. Цікаві дослідження в статті [11], де теорія прийняття розривів при в'їзді на кільце використовується для аналізу ПС кільцевих перехресть, яка може бути отримана за допомогою теорії масового обслуговування за участю двох потоків ТЗ.

В роботі [12] авторами представлено концепцію турбо-кільцевого перехрестя та порівняно його ефективність зі звичайним двосмуговим кільцевим перехрестям з точки зору безпеки та ПС. Незважаючи на те, що дослідники погоджуються з перевагами турбо-кільцевих ТЗ у сфері безпеки, питання про ПС все ще є відкритим для обговорення. Застосування нового методу розрахунку показує, що тільки в дуже специфічних і рідкісних випадках транспортного попиту можна очікувати, що турбо-кільцева розв'язка забезпечить більшу ПС, ніж двосмугова звичайна кільцева розв'язка такого ж розміру. Більш ранні дослідження в [13] також дають змогу авторам зробити висновок, що перетворення кільцевої розв'язки на турбо-кільцеву розв'язку, проти обмежених економічних інвестицій може визначити високі переваги як для безпеки (наприклад, скорочення точки конфлікту і помірні швидкості), так і для експлуатаційних умов (наприклад, гарний напрямок ТП, а іноді й збільшення ПС). Авторами підкреслюється, що отримані результати не можуть бути узагальнені. Коли турбо-кільцева розв'язка також має бути розглянута серед різних альтернативних планів, необхідно провести поглиблене дослідження для порівняння характеристик звичайних кільцевих розв'язок і турбо-кільцевих розв'язок, щоб визначити геометричну конструкцію, яка підходить для конкретних потреб розглянутого випадку.

В статті [14] аналізується ПС кільцевої розв'язки з використанням математичного моделювання та мікроскопічного моделювання. ПС на ділянці підходу на кільцевій розв'язці розраховується шляхом оцінки кількості ТЗ, що можуть в'їхати на кільцеву розв'язку для заданого підходу з урахуванням визначеного обсягу руху. Оскільки кільцеві розв'язки працюють тільки з умовами поступки, ПС залежить від моделі прийняття зазору часу. Правила пріоритету використовуються для моделювання моделі прийняття зазору і визначення переважного проїзду для конфліктуючих рухів. У разі кільцевих розв'язок правила пріоритету можуть використовуватися для встановлення переважного проїзду в кожній із конфліктних точок, де рух на підході зливається з циркулюючим рухом кільцевої розв'язки. Змінюючи мінімально допустимий зазор і пов'язані з ним параметри, можна відкалібрувати імітаційну модель так, щоб вона відповідала реальній кільцевій розв'язці або теоретичній кільцевій розв'язці, що відповідає експлуатаційним характеристикам, визначеним у поточних моделях ПС. Очікується, що пропонується методологія аналізу ПС кільцевої розв'язки допоможе моделювати експлуатаційні умови для кільцевих розв'язок. Авторами надані результати, які надають докази для перевірки пропонуваного підходу.

В роботі [15] розглянуто опубліковані документи та звіти, які досліджують роль дорожніх конфліктів у оцінці безпеки кільцевих розв'язок. Авторами узагальнено визначення та методи спостереження конфліктів навколо перехресть і класифіковано фактори, що спричиняють конфлікти, і контрзаходи для контролю конфліктів. Це дослідження виявило, що хоча унікальні рухи ТП на кільцевих перехрестях створюють особливі шаблони конфліктів у кільцевих розв'язках, методи аналізу конфліктів у кільцевих розв'язках, які використовуються в більшості існуючих досліджень, були успадковані від досліджень конфліктів на звичайних перехрестях, включаючи визначення конфліктів, вимірювання конфліктів та пороги гостроти конфлікту. Спеціальні або неправильні конструкції конфігурацій кільцевих розв'язок або базових геометричних елементів можуть спричинити конфлікти навколо перехресть. Найпоширенішими конфліктами між ТЗ в роботі відзначені конфлікти в'їзд-циркуляція, конфлікти збоку та конфлікти виїзд-циркуляція. Конфлікти між ТЗ та вразливими учасниками дорожнього руху легко переростали у серйозні зіткнення, але ці конфлікти не отримали належної уваги в попередніх дослідженнях. Знайомство водіїв з круговими перехрестями також впливає на безпеку учасників дорожнього руху. Дорожні знаки та розмітка на тротуарах зазвичай використовувалися для контролю конфліктів на кільцевих розв'язках, тоді як світлофори були більш ефективними методами для кільцевих розв'язок із нерівномірним розподілом

транспорту, що наближається, або великою інтенсивністю руху. Базуючись на аналізі існуючих досліджень, ця стаття вказала на сім майбутніх напрямків подальших досліджень щодо вимірювання конфліктів, збору даних, інфраструктури та управління доступом, геометрії, драйверів, контролю сигналів і керування ТЗ.

Автори статті [16] відмічають, що кругові розв'язки можуть бути новими, але часто являють собою переобладнані з існуючих перехресть. Саме тому постає необхідність в оцінці впливів переобладнаних перехресть на безпеку. Кілька досліджень оцінили значне зниження кількості ДТП і тяжкості їх наслідків, але ці результати в основному стосуються переобладнання нерегульованих перехресть. Результати переобладнання регульованих перехресть були менш переконливими або послідовними і, як правило, дещо застаріли. Тому авторами оцінена ефективність безпеки переобладнання регульованих перехресть у кільцеві.

Достатньо цікавою є робота [17], де представлено новий підхід багатокритеріальної та одночасної багатоцільової оптимізації геометрії, ефективності руху і безпеки міських нерегульованих односмугових кільцевих розв'язок. Це перша модель, яка використовує багатокритеріальний метод ухвалення рішень, відомий як аналітичний ієрархічний процес, для оцінювання та ранжування параметрів руху та геометричних елементів міських односмугових кільцевих розв'язок. Модель створено на основі всебічного огляду дослідницької літератури та наявного програмного забезпечення для моделювання кільцевих розв'язок, опитування 61 інженера-будівельника та інженера-експерта з дорожнього руху в Хорватії та натурних досліджень кільцевих розв'язок у столиці Хорватії Загребі.

Вітчизняні наукові розробки найчастіше полягають в проведенні аналізу та емпіричних дослідженнях параметрів моделі дорожнього руху на різних перехрестях з круговим рухом. Так, в [18] досліджено «Збараське кільце» у м. Тернопіль, яке є нерегульованим перехрестям з круговою схемою руху. Авторами надані пропозиції щодо оптимальних рішень для підвищення безпеки та ефективності руху на ньому.

Авторами статті [19] проведений глибокий аналіз зарубіжного досвіду застосування міні-кільцевих розв'язок, який свідчить про їх високу ефективність як засобу підвищення безпеки руху, зокрема підвищення безпеки руху пішоходів. При цьому найбільш важливим моментом є зниження кількості ДТП із загиблими і пораненими. Але при цьому автори зазначають, що особливості проектування міні-кільцевих розв'язок із встановленням розрахункових параметрів для використання у вітчизняній практиці проектування потребують додаткових досліджень. Встановлено, що як кількісна оцінка ПС мінікільцевих розв'язок у більшості існуючих методик використовується показник ПС входу на розв'язку, який в вітчизняних розробках недостатньо вивчений і потребує ґрунтового дослідження для розробки найбільш ефективних методик розрахунку ПС та середньої затримки транспорту, що максимально відповідають реальним умовам руху на мінікільцевих розв'язках. Авторі також відзначають, що для оцінки рівня аварійності та обслуговування на етапі проектування мінікільцевих розв'язок доцільно використовувати транспортні імітаційні моделі, вибір яких слід обґрунтовувати залежно від рівня деталізації об'єкта. Подальші розробки в цьому напрямку авторами не проводились.

В статті [20] зазначено, що при впровадженні будь-яких проєктів, які пов'язані з організацією дорожнього руху та спрямовані на підвищення ефективності функціонування ВДМ, важливо доводити ефективність їх реалізації ще на стадії проєктування. Саме тому авторами перевірена ефективність запровадження кільцевого руху на перехресті вул. Калинова - пр. П. Калнишевського в м. Дніпро згідно рішення Департаменту транспорту та транспортної інфраструктури Дніпровської міської ради, яке ґрунтувалося лише на підставі позитивного досвіту реалізації подібних заходів. Загальна ефективність організації дорожнього руху на цій ділянці ВДМ, відповідно до запропонованого комплексного критерію, становила 47,7%. Але слід зазначити, що таких рішень в Харкові немає. Тут слід згадати петицію на сайті Харківської міської ради 2019 року, де мешканці міста пропонують облаштувати на перехресті проспекту Героїв Харкова з вулицями Тарасівською та Польовою круговий рух. На думку містян тоді встановлення світлофорів не зможе врятувати від заторів та частих аварій і лише погіршить ситуацію, а кругова схема дозволить зробити рух з усіх напрямків рівномірним і при цьому потребуватиме мінімальних капіталовкладень. Але як показує практика, введення світлофорного регулювання на перехресті має достатньо позитивні наслідки.

Відсутність реальних проєктів та пропозицій щодо впровадження кругового руху на ВДМ у м. Харків значно обмежує можливості науковців займатися дослідженням і вирішенням цього питання.

ЦІЛЬ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Метою дослідження є попередня оцінка ефективності функціонування ряду перехресть м. Харків за рахунок впровадження на ньому кругового руху, оскільки саме вони мають значну кількість переваг на відмінну від інших типів перехресть. Для реалізації мети необхідно провести дослідження дорожніх умов та параметрів транспортних і пішохідних потоків, на основі яких стане можливим розробити імітаційні транспортні моделі обраних перехресть у програмному середовищі PTV Vision VISSIM [21].

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Кафедрою організації і безпеки дорожнього руху Харківського національного автомобільно-дорожнього університету ведуться дослідження щодо можливості застосування кругового руху на ряді перехресть м. Харків. Обрані перехрестя, до речі, можуть відрізнятися за конфігурацією, геометричними параметрами, характеристиками транспортних і пішохідних потоків, а також за методами організації дорожнього руху і т.д. Ось деякі приклади:

1. Регульоване перехрестя просп. Олександрівський – бульв. Богдана Хмельницького м. Харків (див. рис. 1) потребує зменшення часу простою ТЗ на перехресті, що свідчить про нераціональні режими роботи світлофорних об'єктів на перехресті. Після порівняння трьох схем організації руху на ньому - існуючої, запропонованої з перерахунком тривалості циклу та з введенням кільцевого руху – обрано останню, при якій очікується зменшення затримок руху ТЗ у 8 разів та збільшення ПС на 20%.

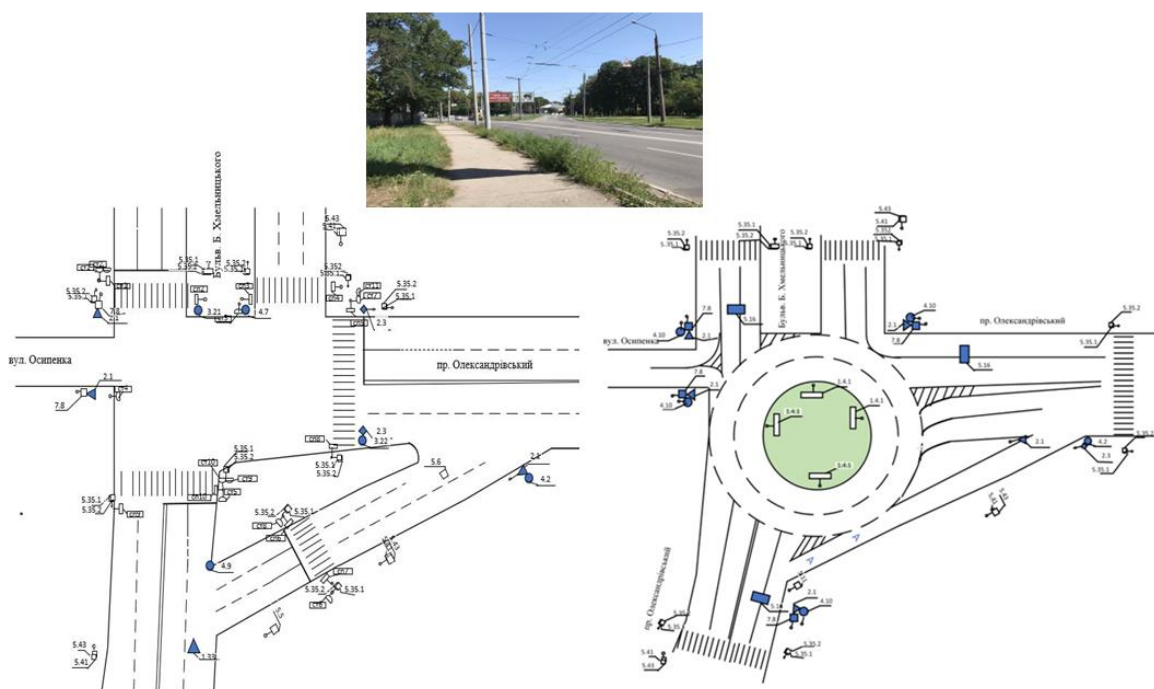


Рисунок 1 – Зміна схеми організації дорожнього руху на перехресті просп. Олександрівський – бульв. Богдана Хмельницького м. Харків

2. На регульованому перехресті вул. Бригади Хартії – бульв. Богдана Хмельницького м. Харків (див. рис. 2) наведена статистика ДТП свідчить про доцільність приділення уваги удосконаленню організації руху, оскільки після встановлення світлофорних об'єктів ще в 2021 році (за Програмою економічного та соціального розвитку м. Харкова на 2021 рік), ситуація з кількістю ДТП на перетинанні майже не змінилась. Нажаль, ДТП на цьому перетинанні набагато більше, ніж. Вул. Бригади Хартії бере початок від вул. Харківських Дивізій та закінчується переходом у вул. Біблика, йде паралельно головній магістралі міста просп. Героїв Харкова) та вул. Л. Каденюка, тому є занадто завантаженою бажаючими скоротити час руху при проїзді району. Саме тому, нами порівняні 4 схем руху: існуючий (регульоване перетинання з роз'їздом в 2 фази); запропоноване регульоване перетинання з роз'їздом в 3 фази (третья фаза окрема пішохідна); запропоноване регульоване перетинання з роз'їздом в 2 фази, але з розширенням проїзної частини на підходах до перетинання по вул. Бригади Хартія на 2,4 м; запропонований круговий рух на перетинанні. В результаті порівняння оціночних показників обрано саме введення кільцевого руху, при якому очікується зменшення

затримок руху ТЗ на 60%, втрат часу за рік на 66%, розмірів викидів шкідливих речовин на 20%, ступеня небезпеки перетинання на 73% та збільшення ПС на 30%.

3. Регульоване перехрестя вул. Роганська – вул. Миру м. Харків (див. рис. 3) потребує зменшення часу простою ТЗ на перехресті та підвищення безпеки руху пішоходів. розглянути три

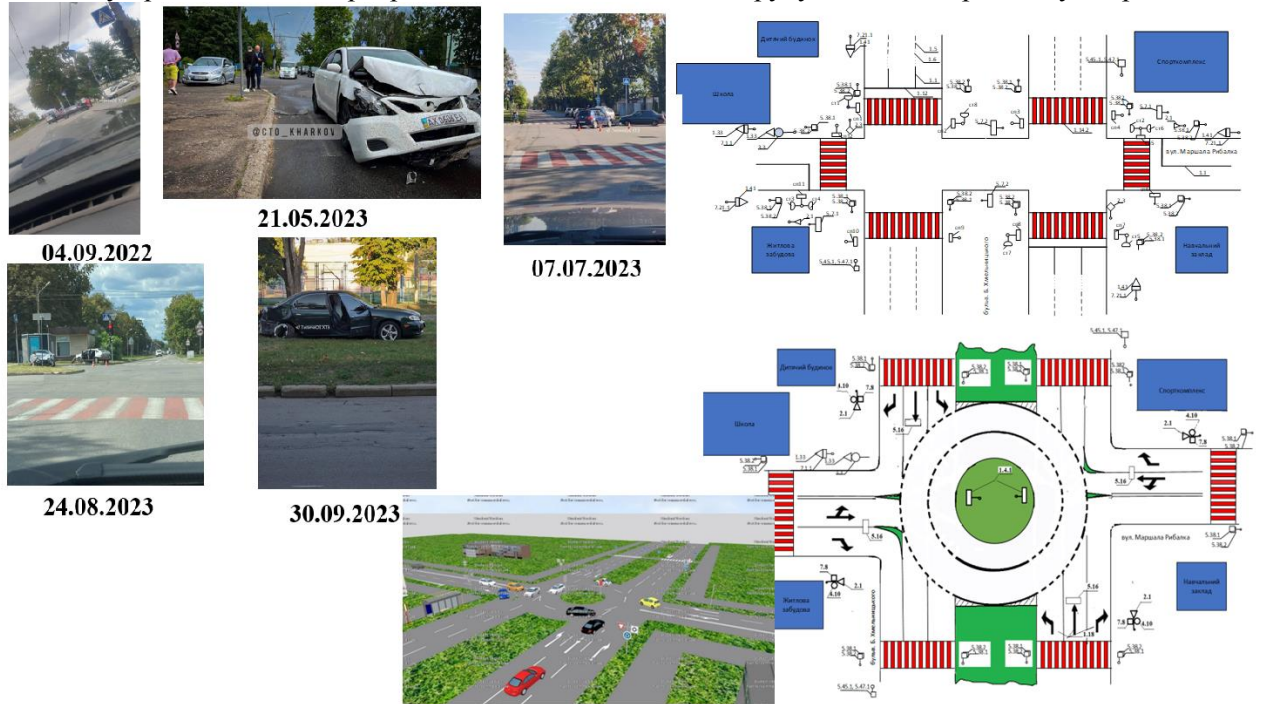


Рисунок 2 - Зміна схеми організації дорожнього руху на перехресті вул. Бригада Хартії – бульв. Богдана Хмельницького м. Харків

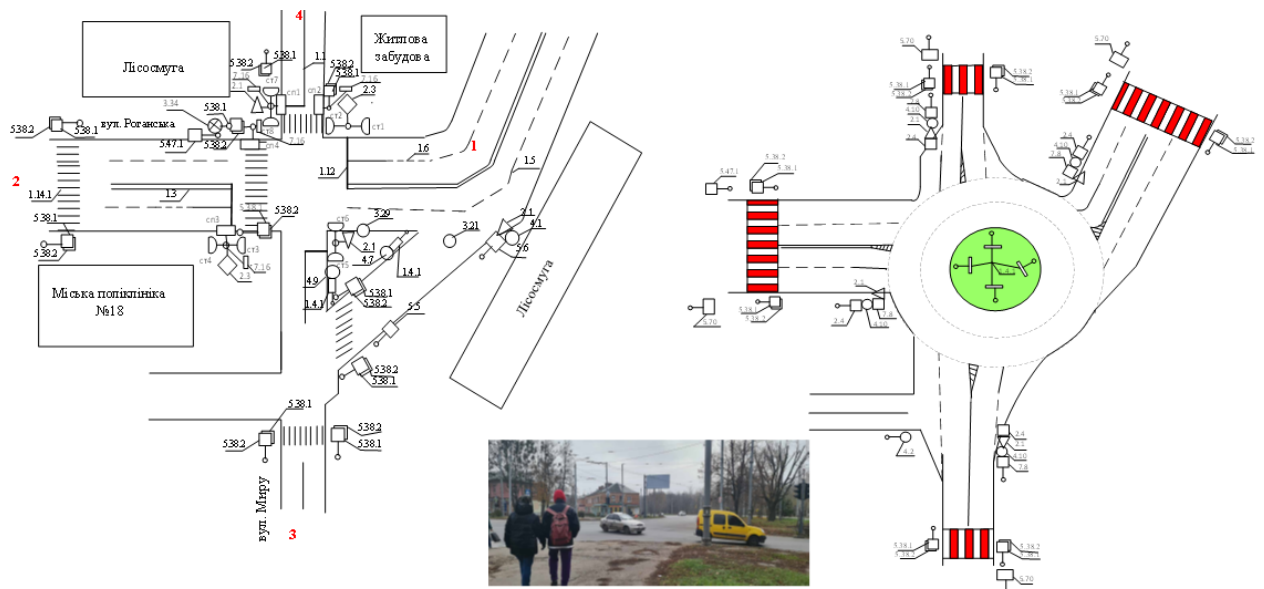


Рисунок 3 - Зміна схеми організації дорожнього руху на перехресті вул. Роганська – вул. Миру м. Харків

варіанти схем організації руху: існуючий, запропонований з перерахунком тривалості циклу та з введенням кільцевого руху. Вибір оптимальної схеми організації руху відбувався на основні порівняння часу затримок, ПС та рівня небезпеки перетинання. В результаті обрано варіант схеми з введенням кругового руху, при якому очікується зменшення затримок руху ТЗ в 1,5 рази та збільшення ПС на 45%.

4. Нерегульоване перехрестя вул. Бібліка – вул. 12 Квітня (див. рис. 4) потребує підвищення безпеки руху через недостатньо забезпечену оглядовість при його проїзді. Здійснено порівняння трьох варіантів схем організації руху: існуюче нерегульоване перетинання; введення світлофорного регулювання на перетинанні з роз'їздом у дві фази; введення кругового руху.

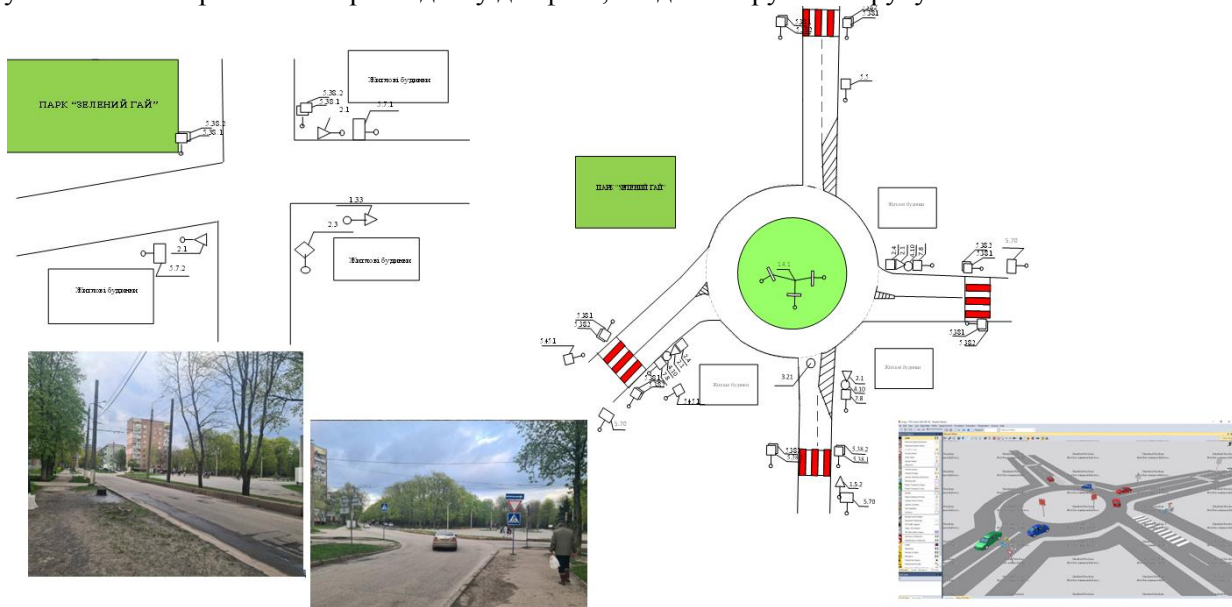


Рисунок 4 - Зміна схеми організації дорожнього руху на перехресті вул. Бібліка – вул. 12 Квітня м. Харків

Підтверджено доцільність вибору схеми з введенням кругового руху, оскільки очікується зменшення затримок руху ТЗ в 1,2 рази та збільшення ПС майже в 2 рази.

5. Нерегульоване перехрестя вул. Бібліка – вул. Северина Потоцького м. Харків (див. рис. 5) потребує негайних заходів з підвищення безпеки руху на ньому через велику кількість ДТП та тяжкість їх наслідків. Проаналізовано чотири різні варіанти схем організації дорожнього руху: існуючий (нерегульоване перетинання), регульоване перетинання з роз'їздом у 2 фази, регульоване перетинання з роз'їздом у 3 фази (окрема пішохідна фаза), кільцевий рух. Запропонований варіант з круговим рухом знов таки дозволяє зробити перетинання безпечним, зменшити затримки руху ТЗ у 3,5 рази та викиди шкідливих речовин у 2 рази.

Таких прикладів можливості впровадження кругового руху може бути ще багато, головне — ретельно спланувати їхню реалізацію з урахуванням особливостей місцевості, ТП та інфраструктури [22]. Важливо забезпечити баланс між безпекою, зручністю для пішоходів та ефективністю руху громадського транспорту. Правильне планування та сучасні технології дозволяють зробити кругові розв'язки функціональними та безпечними для всіх учасників дорожнього руху.

ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

Майже усі розглянуті перехрестя відносяться до периферійного Індустріального району м. Харків. Але навіть ці п'ять прикладів доводять доцільність застосування кілець на перехрестях, оскільки в середньому, так чи інакше, ПС зростає в 1,5 рази, затримки руху ТЗ зменшуються в 3,2 рази, викиди шкідливих речовин в атмосферне повітря скоротяться в середньому в 1,6 разів, а безпека перехрестя зростає майже в 1,9 разів.

Зрозуміло, що питання можуть бути через зростання затримок руху пішоходів за рахунок віднесення пішохідних переходів за межі перетинань, через проїзд перехрестя громадським транспортом (особливо тролейбусами) або високу вартість їх реконструкції.

Круговий рух допомагає зменшити затори і аварійність, а вартість таких інфраструктурних рішень може компенсуватися довготривалими перевагами, такими як підвищення безпеки, ефективність руху та зниження транспортних затримок для всіх учасників руху, включаючи громадський транспорт. Зменшення кількості конфліктних точок між автомобілями та пішоходами знижує ризик аварій, навіть якщо це трохи збільшує час очікування для пішоходів. З часом міста часто додають рішення, як-от пішохідні мости, тунелі або спеціальні світлофори для пішоходів, що допомагає зменшити затримки. Тому це не критична проблема, а питання для поступового вдосконалення інфраструктури.

Тролейбуси можуть їздити по кругових перехрестях, і в багатьох містах світу це успішно реалізовано. Прокладання контактних ліній на таких перехрестях є дещо складнішим завданням, ніж на звичайних дорогах, оскільки контактна мережа повинна враховувати плавність руху тролейбуса по колу. Однак це цілком технічно можливо. Існують спеціальні рішення, як-от гнучкі системи контактних ліній, що дозволяють тролейбусам легко маневрувати на кругових розв'язках. Крім того,

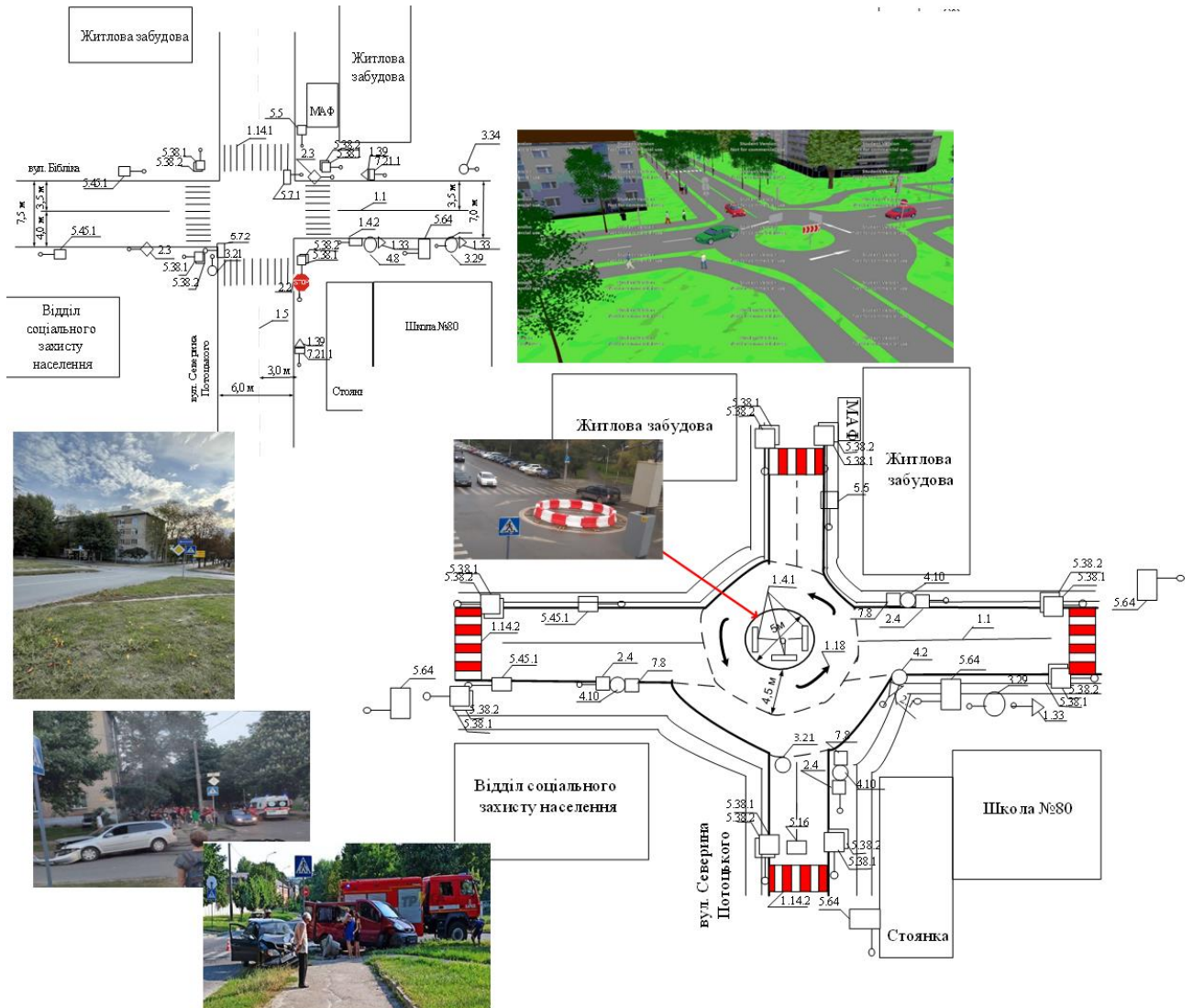


Рисунок 5 - Зміна схеми організації дорожнього руху на перехресті вул. Бібліка – вул. Северина Потоцького м. Харків

деяких випадках використовують тролейбуси з автономним ходом (на акумуляторах), що можуть тимчасово відключатися від контактної мережі на коротких ділянках. Це забезпечує безперервний рух навіть у складних дорожніх умовах. Отже, з технічної точки зору, кругові перехрестя не є перешкодою для тролейбусів, і їх використання може бути організоване без значних проблем.

ВИСНОВКИ

Наведена оцінка результатів впровадження кругового руху дозволяє не лише зробити обґрунтовані висновки щодо його ефективності, а й забезпечити науково підкріплену базу для поширення цієї практики на ВДМ міст. Завдяки детальному аналізу впливу кругового руху на ТП, рівень безпеки та екологічні показники, міські адміністрації отримають можливість впроваджувати цей захід на ширшому рівні. Це, в свою чергу, сприятиме підвищенню загальної ефективності організації дорожнього руху, зниженню кількості аварійних ситуацій, зменшенню заторів та поліпшенню умов для пішоходів і велосипедистів. Окрім того, кругові перехрестя допоможуть створити більш стабільну та безпечну транспортну інфраструктуру, особливо в умовах зростаючого навантаження на дороги великих міст, і безпосередньо м. Харків.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

- 1.Потійчук О.Б., Піліпака Л.М. Транспортні розв'язки: навч. посібник. [Електронне видання]. Рівне, 2020. 263 с.
- 2.Кашканов А.А., Кужель В.П. Організація дорожнього руху: навчальний посібник. Вінниця, 2016. 125 с. URL: https://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/IRVC/2021/Kashkanov_2017_125.pdf (дата звернення: 08.09.2024)
3. Організація та безпека дорожнього руху: Підручник / Бакуліч О.О. та ін.; за заг. ред. В. П. Поліщука. Київ, 2016. 467 с.
- 4.О.В. Дзюбинська, М.В. Смаль. Організація дорожнього руху: навчальний посібник. Луцьк: РВВ Луцького НТУ, 2015. 392 с. URL: <http://surl.li/wynffk> (дата звернення: 11.09.2024)
- 5.Управління дорожнім рухом на регульованих перехрестях у містах: монографія / Є. Ю. Форнальчик, І. А. Могила, В. Е. Трушевський, В. В. Гілевич: за заг. ред. Є.Ю. Форнальчика. - Львів:Видавництво Львівської політехніки, 2018. 236 с.
6. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (2010). *Roundabouts: An Informational Guide – Second Edition*. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/22914>.
7. Hirsh Muhammad Majid, Hezha Jabari. (2023). Comparative Evaluation of Roundabout Capacities Methods for Single-lane and Multi-lane Roundabout. *Journal of Engineering* 29(3). Pp.:76-97 DOI:10.31026/j.eng.2023.03.06.
8. Hatice G. Demir, Yusuf K. Demir. (2020). A Comparison of Traffic Flow Performance of Roundabouts and Signalized Intersections: A Case Study in Nigde. *The Open Transportation Journal*. Pp. 120-132. DOI: <https://doi.org/10.2174/1874447802014010120>
9. Jing Bie, Hong K. Lo, S. C. Wong. (2010). Capacity evaluation of multi-lane traffic roundabout. *Journal of Advanced Transportation*. Pp.217-283. DOI: <https://doi.org/10.1002/atr.124>
10. Xiaotong Sun, Wanjing Ma, Wei Huang. (2016). Comparative study on the capacity of a signalised roundabout. *IET Intelligent Transport Systems*. Pp. 175-185. DOI: <https://doi.org/10.1049/iet-its.2014.0310>
11. Ruijun Guo, Leilei Liu, Wanxiang Wang. (2019). Review of Roundabout Capacity Based on Gap Acceptance. *Journal of Advanced Transportation*. 11 p. DOI: <https://doi.org/10.1155/2019/4971479>
12. Ana Bastos Silva, Luís Vasconcelos, Silvia Santos. (2014). Moving from Conventional Roundabouts to Turbo-roundabouts. [Procedia - Social and Behavioral Sciences](https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.01.046). Pp. 137-146. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.01.046>
13. Orazio Giuffrè, Marco Guerrieri and Anna Granà (2012). Conversion of Existing Roundabouts into Turbo-Roundabouts: Case Studies from Real World. *Journal of Civil Engineering and Architecture*. 8(57). ISSN 1934-7359. Pp. 953–962.
14. Wonho Suh, Jung In Kim, Hyunmyung Kim, Joonho Ko, Young-Joo Lee. (2018). Mathematical Analysis for Roundabout Capacity. *Mathematical Problems in Engineering*. 8 p. DOI: <https://doi.org/10.1155/2018/4310894>
15. Li Li, Zai Zhang, Zhi-Gang Xu, Wen-Chen Yang, Qing-Chang Lu. (2024). The role of traffic conflicts in roundabout safety evaluation: A review. *Accident Analysis & Prevention*, 107430. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aap.2023.107430>.
16. Frank Gross, Craig Lyon, Bhagwant Persaud, Raghavan Srinivasan. (2013). Safety effectiveness of converting signalized intersections to roundabouts. *Accident Analysis & Prevention*. Pp. 234-241 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aap.2012.04.012>.
17. Hrvoje Pilko, Sadko Mandžuka, Danijela Barić. (2017). Urban single-lane roundabouts: A new analytical approach using multi-criteria and simultaneous multi-objective optimization of geometry design, efficiency and safety. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*. Pp. 257-271. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trc.2017.04.018>
18. О.Л. Ляшук, М.Я. Сташків, О.П. Цьонь, Н.Я. Рожко, У.М. Плекан, Б.Р. Гевко. (2023). Підвищення ефективності функціонування нерегульованого перехрестя з круговим рухом. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. Вип. 8(39), ч.І. С.219-229*. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2023.8\(39\).1.219-229](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2023.8(39).1.219-229)
19. Любий Є. В., Левченко О. С., Сиромятнікова М. С. Аналіз ефективності використання мінікільцевих розв'язок. *Наукові нотатки*. 2018. Вип. 61. С. 110 – 117.
20. ЛИТВИН, В., МЕЛЬНИКОВА, Ю., & ЛАЗУТКІН, М. (2024). Кількісна оцінка ефективності зміни схеми руху на перехресті вул. Калинова – пр. П. Калнишевського (м. Дніпро). *Сучасні*

технології в машинобудуванні та транспорті, 1(22). С. 222-232. DOI: <https://doi.org/10.36910/automash.v1i22.1364>

21. PTV Vissim: First Steps Tutorial. Germany. PTV Planning Transport. Verkehr AG. 2021. P. 37

22. ГБН В.2.3-37641918-555:2016. Автомобільні дороги. Транспортні розв'язки в одному рівні. Проектування. [Чинний від 2016-07-01]. Київ, 2016. 58 с.

REFERENCES

1. Potiichuk O.B., Pilipaka L.M. Transportni rozviazky: navch. posibnyk. [Elektronne vydannia]. Rivne, 2020. 263 s.
2. Kashkanov A.A., Kuzhel V.P. Orhanizatsiia dorozhnoho rukhu: navchalnyi posibnyk. Vinnytsia, 2016. 125 s. URL: https://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/IRVC/2021/Kashkanov_2017_125.pdf (data zvernennia: 08.09.2024)
3. Orhanizatsiia ta bezpeka dorozhnoho rukhu: Pidruchnyk / Bakulich O.O. ta in.; za zah. red. V. P. Polishchuka. Kyiv, 2016. 467 s.
4. O.V. Dziubynska, M.V. Smal. Orhanizatsiia dorozhnoho rukhu: navchalnyi posibnyk. Lutsk: RVV Lutskoho NTU, 2015. 392 s. URL: <http://surl.li/wynffk> (data zvernennia: 11.09.2024)
5. Upravlinnia dorozhnim rukhom na rehulovanykh perekhrestiakh u mistakh: monohrafiia / Ye. Yu. Fornalchyk, I. A. Mohyla, V. E. Trushevskiy, V. V. Hilevych: za. zah. red. Ye.Iu. Fornalchyka. - Lviv: Vydavnytstvo Lvivskoi politekhniki, 2018. 236 s.
6. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (2010). *Roundabouts: An Informational Guide – Second Edition*. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/22914>.
7. Hirsh Muhammad Majid, Hezha Jabari. (2023). Comparative Evaluation of Roundabout Capacities Methods for Single-lane and Multi-lane Roundabout. *Journal of Engineering* 29(3). Pp.:76-97 DOI:10.31026/j.eng.2023.03.06.
8. Hatice G. Demir, Yusuf K. Demir. (2020). A Comparison of Traffic Flow Performance of Roundabouts and Signalized Intersections: A Case Study in Nigde. *The Open Transportation Journal*. Pp. 120-132. DOI: <https://doi.org/10.2174/1874447802014010120>
9. Jing Bie, Hong K. Lo, S. C. Wong. (2010). Capacity evaluation of multi-lane traffic roundabout. *Journal of Advanced Transportation*. Pp.217-283. DOI: <https://doi.org/10.1002/atr.124>
10. Xiaotong Sun, Wanjing Ma, Wei Huang. (2016). Comparative study on the capacity of a signalised roundabout. *IET Intelligent Transport Systems*. Pp. 175-185. DOI: <https://doi.org/10.1049/iet-its.2014.0310>
11. Ruijun Guo, Leilei Liu, Wanxiang Wang. (2019). Review of Roundabout Capacity Based on Gap Acceptance. *Journal of Advanced Transportation*. 11 p. DOI: <https://doi.org/10.1155/2019/4971479>
12. Ana Bastos Silva, Luis Vasconcelos, Silvia Santos. (2014). Moving from Conventional Roundabouts to Turbo-roundabouts. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. Pp. 137-146. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.01.046>
13. Orazio Giuffrè, Marco Guerrieri and Anna Granà (2012). Conversion of Existing Roundabouts into Turbo-Roundabouts: Case Studies from Real World. *Journal of Civil Engineering and Architecture*. 8(57). ISSN 1934-7359. Pp. 953–962.
14. Wonho Suh, Jung In Kim, Hyunmyung Kim, Joonho Ko, Young-Joo Lee. (2018). Mathematical Analysis for Roundabout Capacity. *Mathematical Problems in Engineering*. 8 p. DOI: <https://doi.org/10.1155/2018/4310894>
15. Li Li, Zai Zhang, Zhi-Gang Xu, Wen-Chen Yang, Qing-Chang Lu. (2024). The role of traffic conflicts in roundabout safety evaluation: A review. *Accident Analysis & Prevention*, 107430. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aap.2023.107430>.
16. Frank Gross, Craig Lyon, Bhagwant Persaud, Raghavan Srinivasan. (2013). Safety effectiveness of converting signalized intersections to roundabouts. *Accident Analysis & Prevention*. Pp. 234-241 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aap.2012.04.012>.
17. Hrvoje Pilko, Sadko Mandžuka, Danijela Barić. (2017). Urban single-lane roundabouts: A new analytical approach using multi-criteria and simultaneous multi-objective optimization of geometry design, efficiency and safety. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*. Pp. 257-271. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trc.2017.04.018>
18. O.L. Liashuk, M.Ia. Stashkiv, O.P. Tson, N.Ia. Rozhko, U.M. Plekan, B.R. Hevko. (2023). Pidvyshchennia efektyvnosti funktsionuvannia nerehulovanoho perekhrestia z kruhovym rukhom.

Tsentrlnoukrainskyi naukovyi visnyk. Tekhnichni nauky. Vyp. 8(39), ch.I. S.219-229. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2023.8\(39\).1.219-229](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2023.8(39).1.219-229)

19. Liubiyi Ye. V., Levchenko O. S., Syromiatnikova M. S. Analiz efektyvnosti vykorystannia minikiltsevykh rozviazok. Naukovi notatky. 2018. Vyp. 61. S. 110 – 117.

20. LYTUVYN , V., MELNIKOVA , Yu., & LAZUTKIN , M. (2024). Kilkisna otsinka efektyvnosti zminy skhemy rukhu na perekhresti vul. Kalynova – pr. P. Kalnyshevskoho (m. Dnipro). Suchasni tekhnolohii v mashynobuduvanni ta transporti, 1(22). С. 222-232. DOI: <https://doi.org/10.36910/automash.v1i22.1364>

21. PTV Vissim: First Steps Tutorial. Germany. PTV Planning Transport. Verkehr AG. 2021. P. 37

22. HBN V.2.3-37641918-555:2016. Avtomobilni dorohy. Transportni rozviazky v odnomu rivni. Proektuvannia. [Chynnyi vid 2016-07-01]. Kyiv, 2016. 58 s.

O. Kholodova, M. Buhaiova. Justification of the necessity of organizing circular traffic on the street and road network of Kharkiv

It has been proven that while motorization increases the convenience of transportation, it also has significant negative consequences, including air pollution, destruction of green spaces, congestion, and an increase in traffic accidents. These problems are particularly pronounced in large cities, where a lack of roads, inefficient traffic, and parking problems worsen the traffic situation. Intersections are among the most dangerous places and therefore require special attention. To reduce risks, solutions such as synchronizing traffic lights, building roundabouts, and developing public transport are important. In particular, roundabouts can reduce the number of traffic accidents, reduce congestion, reduce waiting times, fuel costs, and emissions, which increases overall safety and efficiency of transportation.

As a result of the analysis of the practice of applying circular traffic at intersections, as well as scientific research in this area, it was found that circular traffic at intersections is not implemented in all cities of Ukraine, and the analysis of world developments in circular traffic has reached far ahead, so it is quite relevant for domestic researchers.

The article considers specific examples of the introduction of roundabout traffic at five intersections in the Industrial District of Kharkiv with different types of traffic organization, configuration, size, parameters of traffic and pedestrian flows, etc. According to the results of traffic modeling at intersections, the expediency of using roundabouts at intersections is substantiated, which allows to increase the traffic capacity by 1.5 times, reduce traffic delays by 3.2 times, reduce emissions of harmful substances by 1.6 times and almost double the safety of traffic at intersections.

The evaluation of roundabouts confirms their effectiveness and provides a scientific basis for expanding this practice in cities. Roundabouts reduce accidents, traffic congestion, and improve conditions for pedestrians and cyclists, creating a safer transportation infrastructure, particularly for Kharkiv.

Key words: circular traffic, intersection, capacity, efficiency, scheme, traffic management, delay, traffic accident, simulation.

ХОЛОДОВА Ольга Александрівна, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри організації та безпеки дорожнього руху, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: olgakholodova2807@ukr.net. <https://orcid.org/0000-0002-4217-0548>.

БУГАЙОВА Марина Александрівна, старший викладач кафедри організації та безпеки дорожнього руху, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: kazmar2383@gmail.com. <https://orcid.org/0000-0003-1889-9555>.

Olga KHOLODOVA, Ph.D. in Engineering, Associate Professor, Assoc. Professor of Department of Traffic Management and Road Safety, Kharkiv National Automobile and Highway University, e-mail: olgakholodova2807@ukr.net. <https://orcid.org/0000-0002-4217-0548>.

Maryna BUHAIOVA, senior lecturer of Department of Traffic Management and Road Safety, Kharkiv National Automobile and Highway University, e-mail: kazmar2383@gmail.com. <https://orcid.org/0000-0003-1889-9555>.

DOI 10.36910/automash.v2i23.1546