https://doi.org/10.36100/dorogimosti2023.28.254

УДК 625.7/.8

Сістук В. О.[1], *канд. техн. наук, доц., https://orcid.org/0000-0003-4907-4265*
Беспалов Д. О.[2], *https://orcid.org/0000-0002-0778-5627*
Тарасюк В. П.[2], *канд. техн. наук, http://orcid.org/0000-0003-4762-5668*
Іванець Л. І.[2], *https://orcid.org/0009-0005-1962-1071*

[1] *Криворізький національний університет, м. Кривий Ріг, Україна*

[2] *Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ, Україна*

ОСНОВНІ ПРОБЛЕМИ ІНЖЕНЕРНО-ПЛАНУВАЛЬНИХ РІШЕНЬ ТРАНСПОРТНИХ РОЗВ'ЯЗОК ТИПУ «РОЗІРВАНЕ КІЛЬЦЕ» ТА ШЛЯХИ ЇХ УСУНЕННЯ

Анотація

Вступ. Конфігурації транспортних розв'язок, які надаватимуть конкретні переваги учасникам дорожнього руху, завжди представлятимуть інтерес. Надзвичайно цікавим є влаштування перетину в одному рівні за типом інженерно-планувального рішення «розірване кільце», яке у закордонних літературних джерелах отримало назву «колова розв'язка-гамбургер» (hamburger roundabout) або «наскрізне кільце» (throughabout). Зазвичай дві відокремлені смуги проходять крізь витягнуте кільце, перетинаючи одна одну всередині колової частини розв'язки. Такі розв'язки можуть бути регульованими як дорожніми знаками, так і світловими сигнальними пристроями залежно від їх розмірів та інтенсивності вхідних транспортних потоків.

Проблематика. Аналіз конфігурації перетину в одному рівні за типом «розірваного кільця» недостатньо представлений як в нормативній документації з проєктування автомобільних доріг, так і в сучасній науковій періодиці. Проте даний тип перетину відноситься до альтернативних розв'язок, що використовуються у практиці дорожнього будівництва країн Європи. Таким чином, актуальною задачею стає оцінка операційних показників ефективності та показників безпеки руху «розірваного кільця», що може у подальшому слугувати підґрунтям для прийняття рішень з необхідності влаштування даного типу інженерно-планувального рішення транспортної розв'язки.

Мета – виявлення основних проблем розв'язки за типом інженерно-планувального рішення «розірваного кільця» на основі аналізу показників ефективності та безпеки руху, проведеного методом детального транспортного моделювання.

Матеріали та методи. Основний метод аналізу показників ефективності транспортної розв'язки – детальне транспортне моделювання за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення PTV Vissim. Безпека руху на перетині оцінювалась непрямими показниками, отриманими шляхом екстракції траєкторій руху транспортних засобів із детальної транспортної моделі та їх аналізі з використанням SSAM (Surrogate Safety Assessment Model).

Результати. Проведено аналіз конфігурації транспортної розв'язки за типом інженерно-планувального рішення «розірване кільце», виявлені його «вузькі місця» та особливості локалізації різних типів конфліктів транспортних засобів.

Висновки. Показник середньої затримки транспортних засобів (с/авт.) суттєво збільшуватиметься при транспортному навантаженні на розв'язку понад 3 600 авт./год. При цьому відбувається насичення транспортного вузла, пропускна здатність розв'язки вичерпується. З точки зору непрямих показників безпеки дорожнього руху, найчастішим типом конфлікту транспортних засобів при проїзді «розірваного кільця», є «наїзд ззаду».

Ключові слова: детальне транспортне моделювання, PTV Vissim, транспортна розв'язка «розірване кільце», пропускна здатність, SSAM, TTC, PET.

Вступ

Найбільшого поширення конфігурація перехрестя у вигляді «розірваного кільця» отримала в США [1], Великобританії [3] та Іспанії [2]. Приклад малого розірваного кільця в іспанському місті Ла-Корунья показаний на **рис. 1**.

Основні вимоги до розбудови транспортної розв'язки за типом «розірваного кільця» представлені в ГБН-В.2.3 [4]. Доцільність розбудови даного типу інженерно-планувальних рішень розв'язок пов'язана із врахуванням таких вимог [4]:

– на головній дорозі інтенсивність руху перевищує більше ніж на 20 % інтенсивність руху на другорядних дорогах (п. 6.1.15);

– на дорогах І-б категорії рішення «розірване кільце» у разі необхідного обґрунтування розглядається як тимчасове, із можливим подальшим перевлаштуванням перетину на кільцеву розв'язку у різних рівнях (п. 6.1.2);

– світлофорне регулювання має бути застосовано для визначення пріоритету проїзду на даному типі перетину (п. 6.1.15);

– конфігурація кільця виконується у вигляді овалу, не менше ніж на дві третини видовженого у напрямку головної дороги (п. 6.1.15);

– організація проїзду «розірваного кільця» забезпечується знаками пріоритету та наказовими знаками які б застосовувались для двох окремих перехресть (10.3.2);

– знак 4.10 «Круговий рух» не застосовується для розірваного кільця (п.10.3.2).

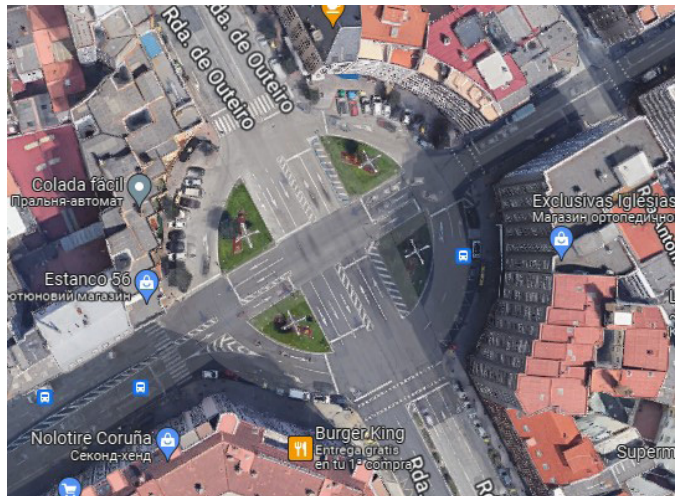

Рисунок 1 – Приклад міської розв'язки типу «розірване кільце»

Остання умова співвідноситься з тим фактом, що інженерно-планувальні рішення типу «розірване кільце» не можна відносити до різновиду саморегульованих кільцевих розв'язок, оскільки водії транспортних засобів, які знаходяться на коловій частині перетину не мають повноти пріоритету проїзду; крім того, відсутній острівець безпеки для розділення потоків, як на класичній саморегульованій кільцевій розв'язці. Про невідповідність назви розв'язки її функціональному призначенню говорять відповідні джерела [3].

Закордонні керівництва з будівництва та експлуатації автомобільних доріг також містять вимоги щодо влаштування даного типу розв'язок [2]. Так, відповідно до [2], інженерно-планувальне рішення транспортної розв'язки типу «розірване кільце» рекомендується влаштовувати на регульованих перехрестях автомобільних доріг.

Аналіз інженерно-планувального рішення типу «розірване кільце» наведено у науковій роботі [1], в якій основним методом дослідження виступило детальне транспортне моделювання. Опис альтернативних конфігурацій перетинів, у тому числі розірваного кільця, представлені у відповідному звіті Федеральної адміністрації автомобільних доріг [5].

Представлених відомостей та нормативних вимог недостатньо для повноцінної оцінки впливу інженерно-планувального рішення типу «розірваного кільця» на умови дорожнього руху. У зв'язку з цим, недоліки та переваги розв'язки даного типу потребують додаткового вивчення, у тому числі, із застосуванням сучасних інструментів транспортного моделювання.

Мета роботи – оцінювання інженерно-планувального рішення транспортної розв'язки в одному рівні за типом «розірване кільце» на основі набору показників ефективності та непрямих показників безпеки руху.

Основна частина

Організація руху на розірваному кільці. Головна дорога на «розірваному кільці» проходить у наскрізному напрямку безпосередньо через кільце. Особливістю даного типу інженерно-планувального рішення транспортної розв'язки є те, що для повороту ліворуч необхідно спочатку повернути праворуч на першому перетині наскрізної дороги із коловою частиною розв'язки, виїхавши на кільце, і тільки згодом звернути із кільця ліворуч на другорядну дорогу.

Рух, відповідно до дорожнього знаку 2.3 «Головна дорога» дозволено у прямому напрямку крізь кільце, а також при повороті праворуч, що підтверджується зазвичай знаком 4.4. Рух ліворуч після проїзду наскрізної дороги у другому вузлі, заборонено.

При виїзді з другорядної дороги на перетин та повороті праворуч, водії транспортних засобів зобов'язані дати дорогу (знаки «2.1», «4.2») тим транспортним засобам, які повертають з головної дороги ліворуч, при цьому рухаючись праворуч. Крім того, з другорядною дороги прямий рух та правий поворот дозволені лише після пропуску головного руху (знаки «2.1» та «4.4» встановлені перед наскрізною дорогою). Описана організація руху узгоджується із зазначеною вище умовою ГБН, яка визначає, що влаштування розірваного кільця доцільно при перевищенні інтенсивності потоків на головній дорозі над інтенсивністю потоків на другорядній дорозі як мінімум на 20 % [4].

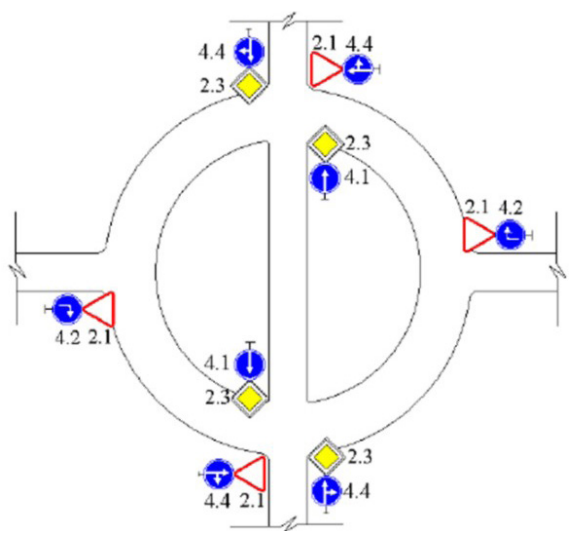

Рисунок 2 – Організація руху на розв'язці «розірване кільце» [4]

Вибір критеріїв оцінювання ефективності інженерно-планувального рішення типу «розірване кільце». Відповідно до відкритих джерел [3], у якості критеріїв оцінювання ефективності роботи кільцевої транспортної розв'язки можуть виступати:

– пропускна здатність розв'язки;
– середня затримка;
– сумарна затримка;
– довжина черги транспортних засобів.

Розглянемо можливості застосування даних критеріїв для оцінки інженерно-планувального рішення транспортної розв'язки типу «розірване кільце».

Під пропускною здатністю розуміють загальну кількість транспортних засобів, що пройшла через поперечний переріз дороги за одиницю часу [3]. Пропускна здатність вважається одним із визначальних показників функціонування транспортної розв'язки, який входить, наприклад, у розрахунок фазових коефіцієнтів світлофорного регулювання, а, отже, і тривалості світлофорного циклу та дозвільного сигналу для певного напрямку. У розрахунках оперують значеннями даного показника, приведеними до умовного легкового автомобіля за допомогою відповідних коефіцієнтів. Числові значення коефіцієнта приведення, прийняті в Україні, наведено у ДБН 2.3-4-2015 [6] та ДБН В.2.3-5-2018 [7]. Пропускну здатність можна визначати за допомогою показників тривалості поїздки та затримки.

Тривалість середньої затримки транспортних засобів отримала широке застосування в якості критерію оптимізації управління рухом на перехресті. Середня затримка тісно пов'язана із такими показниками, як інтенсивність руху, довжина черги. Слід зауважити, що при оцінці конфігурації перехрестя, точність методики розрахунку величини середньої затримки має принципове значення, оскільки на основі величини середньої затримки оцінюється довжина черг і, відповідно, визначається сумарна затримка.

Під сумарною затримкою розуміється затримка всіх транспортних засобів за певний період в межах мережі або її ділянки. Сумарна затримка знайшла застосування як критерій якості управління рухом [3]. Даний показник, на відміну від середньої затримки, більш підходить для оцінки ефективності організації руху в межах усієї мережі. Оскільки задачею даної роботи є перевірка ефективності окремого перетину, не будемо застосовувати величину середньої затримки у якості критерію оцінювання.

Зі збільшенням інтенсивності транспортних потоків можливе стрімке насичення ними перетину, коли його пропускної здатності стає недостатньо для обслуговування потоків заданої величини. Тоді неодмінно з плином часу виникатиме затор транспортних засобів. У такому разі затримку не можна повноцінно використовувати для оцінювання планувального рішення або ефективності мережі. Затримка, у такому разі, обумовлюється кумулятивним ефектом. У зв'язку з цим, критерієм оцінювання може виступити довжина черги транспортних засобів або тривалість існування затору.

Довжина черги транспортних засобів, що зупинились та вибудувались один за одним, вимірюється в одиницях довжини. При значних інтенсивностях вхідних потоків, перед транспортними планувальниками постає проблема необхідності зменшення величини затору. Отже, скоріше за все будуть прийнятими саме ті рішення, які враховуватимуть довжину черги транспортних засобів.

В [1] показано, що за малої інтенсивності транспортних потоків у якості критерію оцінки перетину доцільно використовувати показник «кількість зупинок». Даний критерій дуже важко аналітично визначити, оскільки не піддаються розрахунку мінімальні значення швидкості, що відповідають зупинці у конкретних зонах перетину. Реалізувати дану задачу стає набагато простіше за допомогою застосування сучасного спеціалізованого програмного забезпечення для детального транспортного моделювання.

Розглянуті критерії можливо адекватно визначити методом детального транспортного моделювання у програмному забезпеченні PTV Vissim [8]. Таким чином, для оцінювання ефективності роботи інженерно-планувального рішення транспортної розв'язки типу «розірване кільце» доцільно застосувати наступні показники:

– час у дорозі для конкретного напрямку руху;
– пропускна здатність транспортної розв'язки;
– середня затримка для одиничного транспортного засобу;
– довжина черги транспортних засобів у конкретному напрямку руху.

Перевірку ефективності дорожнього руху на транспортній розв'язці типу «розірване кільце» виконаємо для таких сценаріїв порогових значень інтенсивності руху транспорту:

1. Мінімальне значення – інтенсивність руху на головній дорозі відповідає розрахунковій середньодобовій перспективній інтенсивності руху для І-а та І-б категорій доріг, а на примиканнях – для IV категорії доріг (ДБН В.2.3-4:2015, табл. 4.1 [6]).

2. Максимальне значення – інтенсивність руху відрізняється від інтенсивності за сценарієм 1 збільшенням на 1 000 авт./год.

У кожному проміжному сценарії, починаючи з інтенсивності руху у 3 500 авт./год, загальне транспортне навантаження збільшується на 100 авт./год. За середньодобової інтенсивності І-а та І-б категорій доріг у 14 тис. приведених автомобілів за добу, середньогодинна інтенсивність прийнята для пікової години на рівні 2 100 прив.авт./год, відповідно до рекомендацій Керівництва з проєктування автомобільних доріг HCM2015 щодо переводу величини середньодобової до середньогодинної інтенсивності [9]. На другорядній дорозі інтенсивність руху також прийнята на основі приведених рекомендацій і визначена у 400 прив.авт./год. Відсоток інтенсивності транспортних потоків прямого руху прийнятий на рівні 70 %, а правоповоротних та лівоповоротних потоків – по 15 %. Склад транспортних потоків: 85 % – легкові автомобілі, 10 % – вантажні автомобілі, 5 % – автобуси.

У рамках даної роботи розглянуто сценарій нерегульованої розв'язки – транспортні засоби, які в'їжджають на колову частину розв'язки, мають уступити дорогу транспортним засобам на коловій частині (регулювання руху відповідає схемі на **рис. 2**).

Дентальна транспортна модель розв'язки розроблена у спеціалізованому програмному забезпеченні PTV Vissim [8]. Головна дорога має по 2 смуги руху для кожного напрямку шириною 3,75 м, а другорядна дорога – по одній смузі шириною 3,75 м. Кільцева частина розв'язки – двосмугова шириною 4,5 м для кожної смуги.

Для визначення часу у дорозі для окремого напрямку руху на розв'язці в детальній транспортній моделі використані відповідні лічильники, розташування яких показано на **рис. 3**.

Результати розрахунку часу у дорозі для різних напрямків руху представлені у **табл. 1**. Встановлено, що найбільший час у дорозі транспортних засобів приходиться на лівоповоротний напрямок із другорядної дороги на головну. За інтенсивності транспортного руху на розв'язці у 3 000 авт./год, середній час у дорозі становить 37 с, за інтенсивності руху 3 500 авт./год – 151 с, при транспортному навантаженні 4 000 авт./год – час у дорозі вже стає важко оцінити із достатньою надійністю, оскільки у даному напрямку формуватиметься черга транспортних засобів. Середнє значення часу у дорозі за різними напрямками руху при транспортному навантаженні на розв'язку більше 3 600 авт./год., отримане за результатами детального моделювання, суттєво збільшується.

Показник середньої затримки транспортних засобів (с/авт.) суттєво збільшуватиметься при збільшенні інтенсивності руху, починаючи від 3 600 авт./год (**рис. 4**). За прийнятої інтенсивності руху відбувається насичення транспортного вузла, пропускна здатність розв'язки вичерпується.

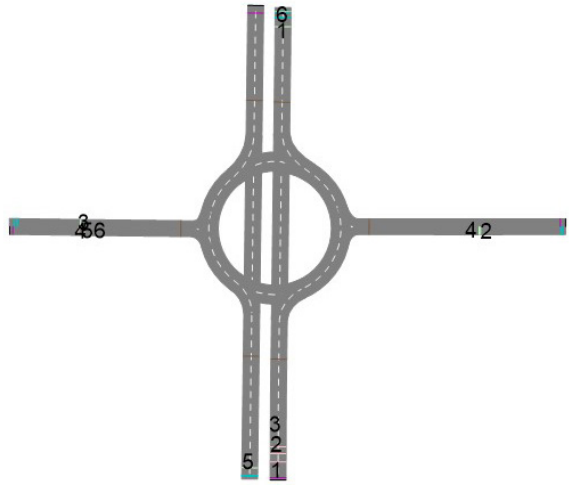

Рисунок 3 – Модель розірваного кільця у PTV VISSIM та розташування лічильників часу у дорозі

Таблиця 1

Результати розрахунку середнього часу у дорозі для різних напрямків руху на розв'язці

Напрямок руху	Інтенсивність руху в межах транспортної розв'язки, авт./год						
	3 000	3 200	3 400	3 500	3 600	3 800	4 000
	Середній час у дорозі, с						
Південь-Північ (прямий рух по головній дорозі)	23	24	49	64	44	84	57
Південь-Схід (правоповоротні потоки з головної)	24	26	80	142	102	179	104
Південь-Захід (лівоповоротні потоки з головної)	69	87	146	196	206	343	280
Захід-Схід (прямий рух по другорядній дорозі)	32	29	135	203	182	104	202
Захід-Південь (правоповоротні потоки по другорядній дорозі)	-	-	98	-	250	-	243
Захід -Північ (лівоповоротні потоки по другорядній дорозі)	-	-	196	-	-	-	453
Середнє	37	42	117	151	157	177	223

Підходи до перехрестя та його кільцева частина будуть основними ділянками, на яких утворюватиметься черга транспортних засобів (див. теплову картограму довжини черги на **рис. 5**).

Найбільша частина транспортного потоку буде затримуватись перед перехрестям та на «кільці» (див. **рис. 6**), що також узгоджується із особливостями формування черги транспортних засобів.

Оцінювання безпеки руху на перетині за допомогою непрямих (замісних) показників

Використання традиційних методів прогнозування кількості можливих конфліктів на перехрестях від добової інтенсивності руху є неможливим для нових планувальних рішень за відсутності ретроспективних даних зі звітів з дорожньо-транспортних пригод, на яких будуються відповідні прогностичні функції. У той же час, можна припустити, що, оскільки конфігурація

розв'язки визначатиме відповідну траєкторію руху транспортних засобів, від якої залежить ймовірність конфлікту, вона також впливатиме й на частоту і тяжкість потенційних конфліктів. При цьому відмінності у частоті та тяжкості конфліктів транспортних засобів, характерних для конкретної конфігурації, для практично однакового транспортного навантаження будуть говорити про перевагу за показниками організації та безпеки руху однієї розв'язки над іншою.

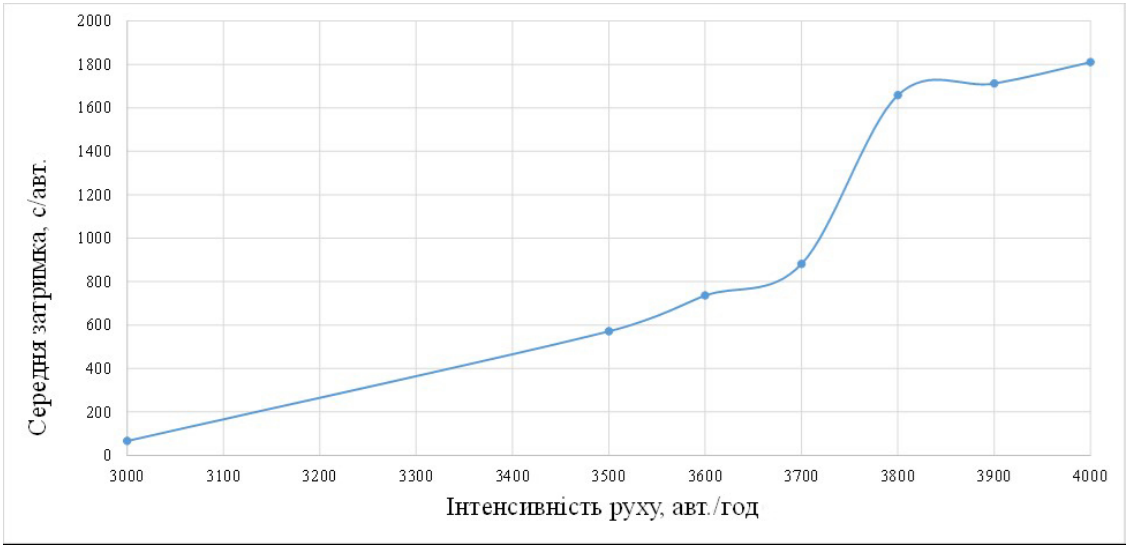

Рисунок 4 – Залежність середньої затримки на розв'язці від інтенсивності руху транспортних засобів

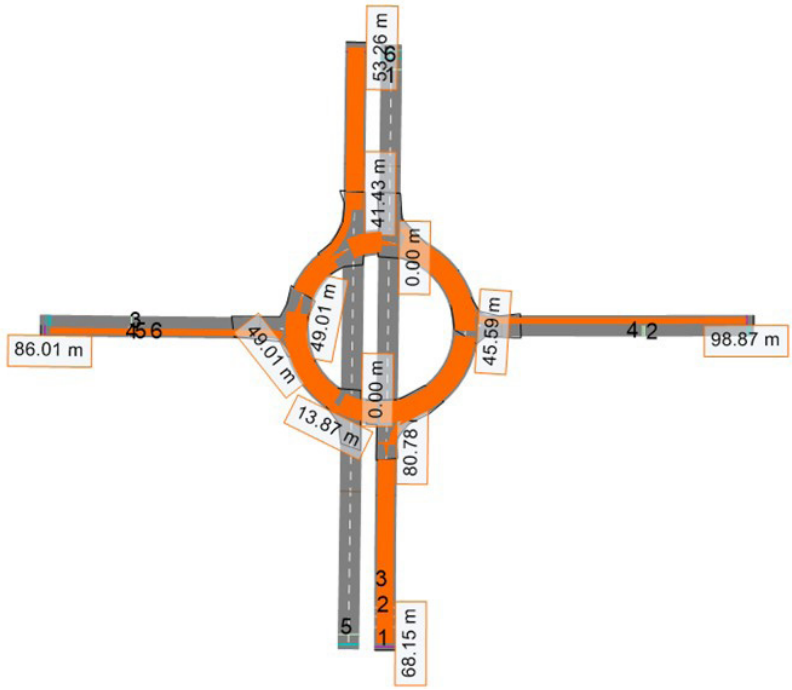

Рисунок 5 – Картограма довжини черги ТЗ на нерегульованому перетині за типом «розірване кільце» при транспортному навантаженні у 4 000 авт./год

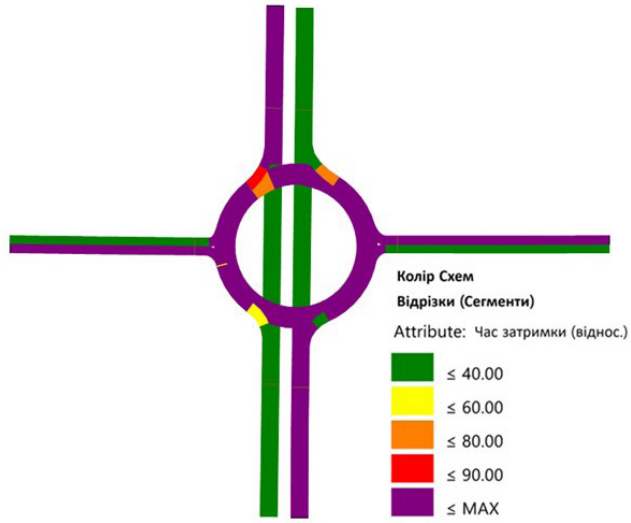

Рисунок 6 – Схема відносної затримки (%) на нерегульованому перетині за типом «розірване кільце» при транспортному навантаженні у 4 000 авт./год

Для перевіряння даного твердження ще у 2003 році фахівці FHWA провели відповідне дослідження, встановивши, що різні непрямі (замісні) показники безпеки дорожнього руху можуть бути отримані шляхом аналізу траєкторій транспортних засобів з широко доступного спеціалізованого програмного забезпечення для детального транспортного моделювання. З метою реалізації поставленої задачі у 2008 році було розроблено відповідне програмне забезпечення: так звана штучна модель оцінки безпеки руху на основі замісних показників (Surrogate Safety Assessment Model, коротко SSAM) [10].

У результаті проведених FHWA досліджень встановлено, що дані по конфліктам транспортних засобів, отриманих на основі детального транспортного моделювання та із використанням SSAM, мають значну кореляцію із реальною статистикою дорожньо-транспортних пригод.

На початку аналізу було проведено детальне транспортне моделювання у спеціалізованому програмному забезпеченні із числом ітерацій, достатнім для отримання набору похідних даних. Після детального транспортного моделювання генерується файл траєкторії руху транспортних засобів. Потім можливе застосування утілити SSAM. Кожний новий випадок аналізу формується у вигляді окремого файлу. Програмне забезпечення використовує 2 порогових значення для непрямих показників безпеки для визначення характеру взаємодій між транспортними засобами, якому відповідають конфлікти. Ці порогові значення використовуються для величини так званого «часу до зіткнення» (Time-to-collision, далі TTC) та «часу після вторгнення» (Post-encroachment time, далі PET). Значення порогових величин за замовчуванням для TTC становить 1,5 с. Після налаштування порогових параметрів для визначення конфліктів стає доступним процес аналізу файлу траєкторії для визначення взаємодії транспортних засобів у відповідності до певних класифікаційних ознак.

SSAM надає зведений звіт за результатами аналізу, у якому представлено різні типи конфліктів для кожної фази детального транспортного моделювання, а також загальні та усередненні значення показників безпеки руху. Окремо представлені середні значення кожного непрямого показника безпеки дорожнього руху.

Для сценарію прийнятої у якості максимальної інтенсивності руху на розв'язці типу «розірване кільце» проведений аналіз непрямих показників безпеки руху за допомогою SSAM.

Загальна кількість потенційних конфліктів на перехресті оцінена на рівні 227 за період аналізу, з яких конфлікти, що пов'язані із перехрещенням потоків – 32, за типом «наїзду ззаду» – 115, зміною смуги руху – 80. У даному випадку важлива «структура» типів конфліктів: наїзд ззаду є найбільш розповсюдженим серед інших типів. Розподіл конфліктів відповідно до конфігурації розв'язки можливо оцінити на схемі потенційних конфліктів, яка показана на **рис. 7**. Конфлікти типу «перехрещення» показані у вигляді червоних конусів, типу «наїзд ззаду» – жовтих прямокутників, а «зміна смуги руху (перебудова)» – синіх еліпсів. З отриманої картограми виходить, що наїзд транспортних засобів ззаду в основному може трапитись на прямих ділянках другорядної та головної доріг, зміна смуги руху може викликати конфлікт між транспортними засобами при виїзді із кільця, а перебудова є небезпечною при заїзді на кільце.

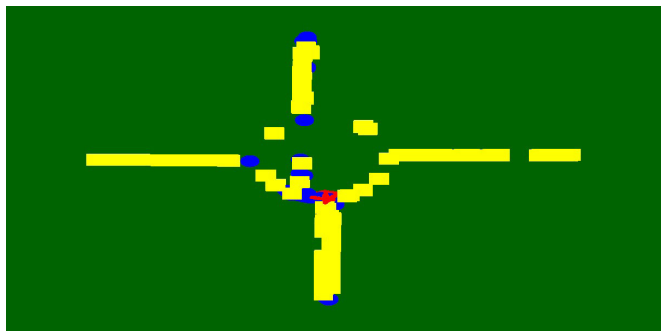

Рисунок 7 – Схема потенційних конфліктів на нерегульованому перетині за типом «розірване кільце» при транспортному навантаженні у 4 000 авт./год

Середнє значення TTC дорівнює 0,78 за порогового значення 1,5, середнє значення PET – 1,32 при пороговому у 1,71.

Висновки

Результати аналізу конфігурації транспортної розв'язки інженерно-планувального рішення типу «розірване кільце», проведеного методом детального транспортного моделювання, показують, що вичерпання пропускної здатності даного інженерно-планувального рішення відбувається при транспортному навантаженні на розв'язку у 3 600 авт./год або більше. Найбільший час у дорозі транспортних засобів приходиться на лівоповоротний напрямок із другорядної дороги на головну. Підходи до перехрестя та його кільцева ділянка є «вузькими місцями» транспортної розв'язки, для яких характерна черга транспортних засобів при збільшенні транспортного навантаження більше 3 600 авт./год.

За результатами напрацювань рекомендуємо ввести зміни до [4] у частині доцільності розбудови інженерно-планувального рішення розв'язки за типом «розірване кільце», доповнивши дані будівельні норми пунктом: «влаштування транспортної розв'язки в одному рівні за типом «розірване кільце» є доцільним при максимальній інтенсивності руху вхідних транспортних потоків на всіх під'їздах до даного типу перетину, яка не перевищує 3 600 авт./год».

Аналіз траєкторії руху транспортних засобів, отриманих у результаті детального транспортного моделювання, у програмі SSAM, дозволив провести оцінювання безпеки руху на перетині за допомогою непрямих (замісних) показників. Встановлено, що основним типом потенційних конфліктів транспортних засобів є «наїзд ззаду», який виникає на прямих ділянках перехрещень другорядної та головної дороги. Небезпеку представляють також заїзд та виїзд на кільце при виконанні маневрів.

Для усунення «вузьких місць» досліджуваного інженерно-планувального рішення розповсюдженою практикою є облаштування світлофорного регулювання дорожнього руху. Слід відмітити, що таке рішення може бути у деяких випадках лише тимчасовим засобом покращення стану безпеки дорожнього руху, коли інтенсивність руху транспортних засобів значно перевищує прогнозоване значення. Забезпечення належного рівня безпеки на розв'язках типу «розірване кільце» дозволять встановлені камери автоматичного контролю швидкості руху, використання світловідбиваючої фарби для дорожньої розмітки, інформативність та правильне розміщення дорожніх знаків.

Список літератури

1. Tollazzi, Tomaž & Rencelj, Marko. Modern and alternative types of roundabouts – state of the art. The *9th International Conference "ENVIRONMENTAL ENGINEERING"*. 10.3846/enviro. 2014.137.

2. Orden Circular 32/2012. GUÍA DE NUDOS VIARIOS. Portugal, 2012. 317 p.

3. Zakeri, Sajjad & Choupani, Ahad. Operational Evaluation of a Throughabout to Give Priority to Public Transport at Standard Roundabouts. *Journal of Advanced Transportation*. 2021. P. 1–13. 10.1155/2021/1840040.

4. ГБН В.2.3-37641918-555:2016: Автомобільні дороги. Транспортні розв'язки в одному рівні проектування. Київ, 2016. 62 с. (Інформація та документація).

5. Alternative Intersections/Interchanges: Informational Report (AIIR). URL: https://www.fhwa.dot.gov/publications/research/safety/09060/006.cfm (дата звернення: 14.08.2023).

6. ДБН В.2.3-4:2015: Автомобільні дороги. Споруди транспорту. Частина І. Будівництво. Частина ІІ. Проєктування. Київ, 2015. 113 с. (Інформація та документація).

7. ДБН В.2.3-5:2018: Вулиці та дороги населених пунктів. Зі зміною № 1. Київ, 2018. 82 с. (Інформація та документація).

8. PTV Vissim 11 user manual. PTV AG, Karlsruhe, Germany. 1526 p. URL: https://pdfcoffee.com/vissim-11-manual-2-pdf-free.html (дата звернення: 14.08.2023).

9. Highway Capacity Manual 7th Edition. A Guide for Multimodal Mobility Analysis, 2022. URL: https://nap.nationalacademies.org/catalog/26432/highway-capacity-manual-7th-edition-a-guide-for-multimodal-mobility (дата звернення: 14.08.2023).

10. Surrogate Safety Assessment Model Overview. URL: https://highways.dot.gov/research/safety/ssam/surrogate-safety-assessment-model-overview (дата звернення: 14.08.2023).

References

1. Tollazzi, Tomaž & Rencelj, Marko. Modern and alternative types of roundabouts – state of the art. The *9th International Conference "ENVIRONMENTAL ENGINEERING"*. 10.3846/enviro. 2014.137 [in English].

2. Orden Circular 32/2012. GUÍA DE NUDOS VIARIOS. Portugal, 2012. 317 p. [in English].

3. Zakeri, Sajjad & Choupani, Ahad. Operational Evaluation of a Throughabout to Give Priority to Public Transport at Standard Roundabouts. *Journal of Advanced Transportation*. 2021. P. 1–13. 10.1155/2021/1840040 [in English].

4. HBN V.2.3-37641918-555:2016 Avtomobilni dorohy. Transportni rozviazky v odnomu rivni proektuvannia [Departmental Building Norms (HBN V.2.3-37641918-555:2016) Highway. At-grade Intersections. Designing]. Kyiv, 2016. 62 p. (Information and documentation) [in Urkainian].

5. Alternative Intersections/Interchanges: Informational Report (AIIR). URL:https://www.fhwa.dot.gov/publications/research/safety/09060/006.cfm (Last accessed: 14.08.2023).

6. DBN V.2.3-4:2015 Avtomobilni dorohy. Chastyna I. Proektuvannia. Chastyna II. Budivnytstvo [State Building Norms (DBN V.2.3-4:2015) Highways. Part I. Design. Part II. Building].

Kyiv, 2016. 104 p. (Information and documentation) [in Ukrainian].

7. DBN V.2.3-5:2018 Vulytsi ta dorohy naselenykh punktiv. Zi Zminoiu № 1 [State Building Norms (DBN V.2.3-5:2018) Streets and roads settlements. With Change No. 1]. Kyiv, 2018. 61 p. (Information and documentation) [in Ukrainian].

8. PTV Vissim 11 user manual. PTV AG, Karlsruhe, Germany. – 1526 p. URL: https://pdfcoffee.com/vissim-11-manual-2-pdf-free.html (Last accessed: 14.08.2023) [in Germany].

9. Highway Capacity Manual 7th Edition. A Guide for Multimodal Mobility Analysis. 2022. URL: https://nap.nationalacademies.org/catalog/26432/highway-capacity-manual-7th-edition-a-guide-for-multimodal-mobility (Last accessed: 14.08.2023) [in English].

10. Surrogate Safety Assessment Model Overview. The electronic source: https://highways.dot.gov/research/safety/ssam/surrogate-safety-assessment-model-overview (Last accessed: 14.08.2023) [in English].

Volodymyr Sistuk[1], *Ph.D., Assoc.Prof., https://orcid.org/0000-0003-4907-4265*
Dmytro Bespalov[2], *https://orcid.org/0000-0002-0778-5627*
Volodymyr Tarasiuk[2], *Ph.D., http://orcid.org/0000-0003-4762-5668*
Lev Ivanets[2], *https://orcid.org/0009-0005-1962-1071*

[1] *Kryvyi Rih National Univrsity, Kryvyi Rih, Ukraine*
[2] *Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine*

THE MAJOR PROBLEMS OF ENGINEERING AND PLANNING SOLUTIONS FOR «THROUGHABOUT» TYPE INTERCHANGES AND WAYS TO ADDRESS THEM

Abstract

Introduction. Interchange designs that provide specific benefits to road users will always be of interest. It is extremely interesting a type of interchange in the same level named in literary sources as a «hamburger roundabout» or «throughabout». Usually, two separate lanes run through the extended roundabout, crossing each other inside the interchange. Such intersections can be regulated by both road signs and traffic lights, depending on their size and the intensity of incoming traffic flows.

Problem Statement. The analysis of the designs of the intersection at one level by the type of throughabout is insufficiently presented both in the normative documentation for the design of highways and in modern scientific periodicals. However, this type of intersection refers to alternative junctions used in road construction practice in European countries. Thus, an urgent task is to evaluate the operational efficiency indicators and surrogate traffic safety indicators of the throughabout, which can later serve as a basis for making decisions about the need to construct this type of intersection.

Purpose – to identify the main problems of the interchange by the type of throughabout based on the analysis of traffic efficiency and safety indicators, carried out by the method of traffic microsimulation.

Materials and methods. The main method of analyzing the performance indicators of a interchange is microsimulation modeling using the PTV Vissim software. Traffic safety at the intersection was assessed by surrogate indicators obtained by extracting vehicle trajectories from a traffic simulation model and analyzing them in the SSAM program.

Results. The analysis of the configuration of the " throughabout " type of interchange was carried out, the bottlenecks of this configuration and the localization features of various types of vehicle conflicts were identified.

Conclusions. The indicator of the average delay of vehicles (c/car) will increase significantly when the traffic load at the intersection is 3,600 cars/hour, while the saturation of the transport node is observed, the throughput capacity of the intersection is exhausted. Most often, vehicles driving through a throughabout face the problem of rear-end conflicts.

Keywords: microsimulation, PTV Vissim, throughabout, capacity, SSAM, TTC, PET.