

О.Л. Ляшук, проф., д-р техн. наук, **М.Я. Сташків**, доц., канд. техн. наук, **О.П. Цьонь**, доц., канд. техн. наук, **Н.Я. Рожко**, проф., д-р екон. наук, **У.М. Плекан**, канд. екон. наук, **Б.Р. Гевко**, канд. екон. наук

*Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, м. Тернопіль, Україна
e-mail: tson_oleg_@ukr.net*

Підвищення ефективності функціонування нерегульованого перехрестя з круговим рухом

Проведено аналіз і емпіричні дослідження умовних та безумовних параметрів моделі дорожнього руху на нерегульованому перехресті з круговим рухом міста Тернопіль. Перехрестя «Збараське кільце» у м. Тернопіль є нерегульованим перехрестям з круговою схемою руху і знаходиться на перетині проспекту Степана Бандери, вулиць 15 квітня, Т. Протасевича і Підволочиського шосе. Ця вулиця розв'язка має особливість у тому, що проспект Степана Бандери є магістральною вулицею загальноміського значення. Зокрема, вулиці 15 квітня, Т. Протасевича та Підволочиське шосе належать до дороги, що об'їжджає місто Тернопіль. На цих вулицях здійснюється транзитний рух великотоннажного транспорту, що спрямований на міста Дубно – Львів, Івано-Франківськ, Чернівці – Хмельницький. Розглянуто різні варіанти організації руху на даному перехресті з метою знаходження найбільш оптимальних рішень для підвищення безпеки та ефективності руху.

транспортний потік, нерегульоване перехрестя, смуги руху, імітаційні моделі, вулично-дорожня мережа

Постановка проблеми. Між розвитком населених пунктів та транспортними системами, які вважаються ключовими факторами прогресу міст, існує незаперечний зв'язок. Впровадження новітніх технологій сприяє постійному удосконаленню методів та організаційних аспектів організації дорожнього руху. Сучасні інновації у сфері транспорту допомагають вплинути на майбутню урбанізацію. Очевидно, що розробники планів розвитку міст будуть продовжувати впроваджувати інноваційні транспортні рішення, спрямовані на зменшення заторів, зниження забруднення навколишнього середовища та використання ефективніших способів організації транспортних та пішохідних потоків.

Досягнення більшої ефективності в організації дорожнього руху та покращення якості функціонування вулично-дорожньої мережі стають надзвичайно важливими завданнями на сучасних етапах управління міською дорожньою інфраструктурою.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відомо, що для ефективного управління транспортними потоками та покращення функціонування вулично-дорожньої мережі в міських умовах необхідно розглядати транспортний потік як стохастичний процес у ймовірнісних моделях. Ці методи дозволяють використовувати доцільні підходи для оптимізації руху транспортних засобів та забезпечення оптимального функціонування транспортної мережі [1].

У моделюванні дорожнього руху існують два основних підходи: детерміністичний (динамічний) і ймовірнісний (стохастичний). Детерміністичні моделі базуються на функціональних залежностях між показниками. Вони описують як динаміку взаємодії між моделями, так і динаміку руху всього потоку в цілому. Для динамічного моделювання транспортних потоків використовують два класи моделей: макроскопічні і мікроскопічні [1, 2].

Макроскопічний підхід описує динаміку руху потоку в цілому, розглядаючи його як агреговану систему. Мікроскопічний підхід, у свою чергу, моделює динаміку взаємодії між окремими автомобілями.

Існує ряд математичних моделей [1, 2], за допомогою яких можна отримати різні параметри руху транспортних потоків. Однак, ці результати дозволяють вирішувати переважно локальні задачі, пов'язані з окремими ділянками вулично-дорожньої мережі.

У роботі [3] були представлені результати дослідження, що стосувалися координованого управління транспортними потоками в центральній частині міста, метою яких було зниження транспортних заторів на перехрестях. Для досягнення цілей дослідження використовувалось імітаційне моделювання, яке дозволило оцінити ефективність запропонованих технічних рішень та їх вплив на рух транспорту в центральній частині міста.

В роботі [4] було використано програмне забезпечення для моделювання дорожнього руху VISSIM та аналізу кільцевих перехресть на етапі проектування. Проводилися дослідження різних параметрів моделювання, таких як інтенсивність транспортного потоку та його швидкість, для отримання більш детального опису поведінки водіїв на кільцевих розв'язках.

У науковій праці [5] були висвітлені переваги використання імітаційного моделювання для дослідження роботи регульованих перехресть. Зазначено, що такий підхід дозволяє здійснити аналіз різних сценаріїв руху транспорту, використовуючи адаптивні алгоритми керування, основані на нечіткій логіці. Крім того, імітаційне моделювання дозволяє організувати рух транспорту по окремих напрямках, враховуючи потреби пішоходів та громадського транспорту.

Ця наукова праця демонструє, що застосування імітаційного моделювання з нечіткою логікою в адаптивних алгоритмах може бути корисним для вивчення ефективності та оптимізації регульованих перехресть та руху транспорту в міських умовах, де враховуються різноманітні потреби учасників дорожнього руху.

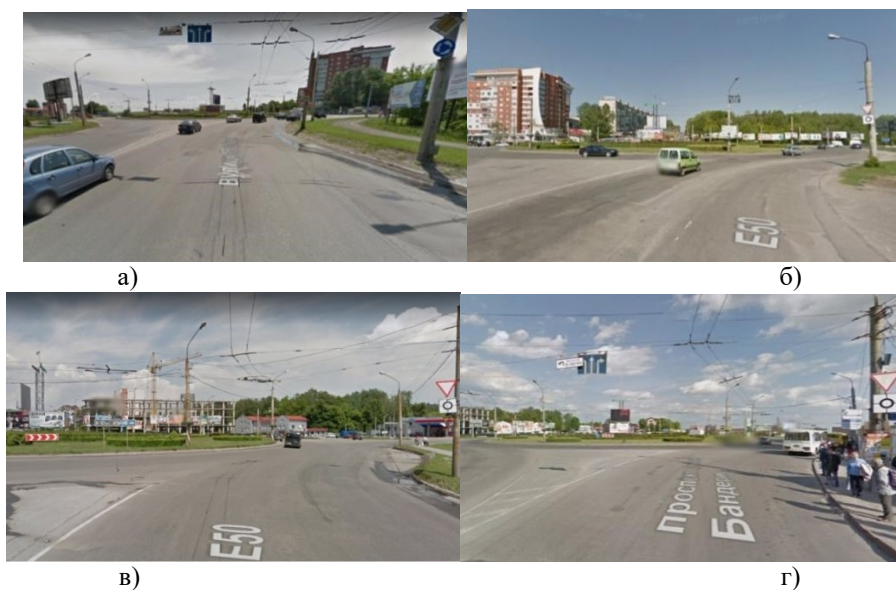
Метою досліджень, проведених у науковій роботі [6], було покращення безпеки дорожнього руху на перехресті вулиць міста. Для досягнення цієї мети здійснювався аналіз дорожніх умов і параметрів транспортних та пішохідних потоків. В результаті дослідження були розроблені імітаційні транспортні моделі для перехрестя в програмному середовищі PTV Vision VISSIM.

Ці дослідження мали на меті створення адекватних та реалістичних моделей руху на перехресті, що дозволяють оцінити вплив різних факторів на безпеку дорожнього руху. З використанням таких імітаційних моделей можна аналізувати різні варіанти організації руху, перевіряти ефективність регулюючих систем та розробляти відповідні заходи для забезпечення безпеки учасників дорожнього руху на перехресті.

Аналіз останніх досліджень та публікацій підтверджує доцільність використання сучасного програмного забезпечення для моделювання вулично-дорожньої мережі на основі розроблених та апробованих математичних моделей функціонування транспортних потоків.

Постановка завдання. Перехрестя «Збарзьке кільце» у м. Тернопіль є нерегульованим перехрестям з круговою схемою руху і знаходиться на перетині проспекту Степана Бандери, вулиць 15 квітня, Т. Протасевича і Підволочиського шосе.

Ця вулична розв'язка має особливість у тому, що проспект Степана Бандери є магістральною вулицею загальноміського значення з проїзною частиною шириною 18 метрів. Зокрема, вулиці 15 квітня, Т. Протасевича та Підволочиське шосе (що мають проїзну частину шириною 21 метр) належать до дороги, що обходить місто Тернопіль (рис. 1).



а - вул. 15 квітня (напрямок 1); б – Підволочиське шосе (напрямок 2);
в – вул. Т. Протасевича (напрямок 3); г – проспект С. Бандери (напрямок 4)

Рисунок 1 – Загальний вигляд вулиць перехрестя «Збарзьке кільце»

Джерело: Google Maps

Схема діючої організації дорожнього руху на перехресті «Збарзьке кільце» м. Тернопіль показано на рис. 2.

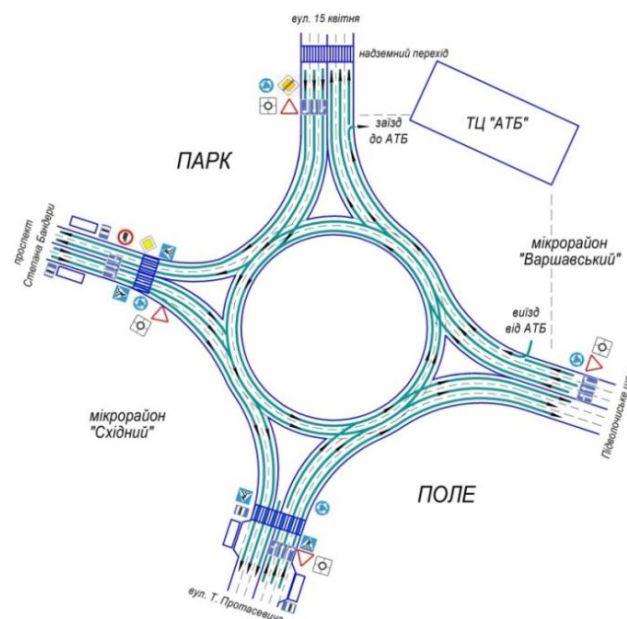


Рисунок 2 – Схема організації дорожнього руху на перехресті Збарзьке кільце

Джерело: власна розробка

Отже, для оцінки раціональності та оптимальності організації дорожнього руху (ОДР) на перехресті «Збарзьке кільце» необхідно провести аналіз і емпіричні дослідження. Ці дослідження повинні включати можливість багатопараметричного моделювання, а також встановлення умовних та безумовних параметрів моделі дорожнього руху.

Під час аналізу та емпіричних досліджень будуть розглядатися різні варіанти організації руху на даному перехресті з метою знаходження найбільш оптимальних рішень для підвищення безпеки та ефективності руху. Моделювання дорожнього руху з використанням багатопараметричних моделей дозволить враховувати різні варіанти дорожньої інфраструктури, обмежень та рухових параметрів, що забезпечить знаходження оптимальних рішень організації руху транспортних засобів.

Крім того, визначення умовних та безумовних параметрів моделі дорожнього руху є важливим для забезпечення реалістичності і адекватності моделювання. Це допоможе зробити аналіз більш точним та корисним для подальшого розроблення раціональних рішень з покращення організації дорожнього руху на перехресті «Збаразьке кільце».

Виклад основного матеріалу. Проведений аналіз існуючої організації дорожнього руху на перехресті з круговим рухом «Збаразьке кільце» виявив, що інтенсивний рух транспортних засобів та велика кількість великотоннажних вантажівок у складі транспортного потоку переважно обумовлені тим, що дане перехрестя є частиною дороги в обхід міста Тернопіль. Розвиток нових мікрорайонів міста призводить до постійного зростання інтенсивності транспортних та пішохідних потоків, що негативно впливає на ефективність та безпеку дорожнього руху.

Однією з особливостей існуючої організації дорожнього руху на перехресті «Збаразьке кільце» є те, що водії, що рухаються по вулиці Підволочиське шосе та планують повернути наліво на кільцеву розв'язку, стикаються з проблемою, оскільки для з'їзду із розв'язки у напрямку вулиці Т. Протасевича передбачено лише одну смугу руху (див. рис. 2). В результаті, водії, як правило, порушують правила дорожнього руху та виконують з'їзд з кільця через трикутник безпеки (рис. 3, а).

Зазначені проблеми можуть призводити до потенційно небезпечних ситуацій та аварій на даному перехресті. Тому розробка нової організації дорожнього руху або внесення вдосконалень до існуючої системи можуть бути необхідними для покращення безпеки та ефективності руху на перехресті «Збаразьке кільце».

Такі дії водіїв обмежують рух інших учасників дорожнього руху та призводять до утворення заторів з боку проспекту Степана Бандери (рис. 3, б).



а)



б)

а – з'їзд з перехрестя на вулицю Т. Протасевича; б – затор при виїзді на перехрестя з проспекту Степана Бандери.

Рисунок 3 – Недолік організації дорожнього руху на перехресті «Збаразьке кільце»

Джерело: міська веб-камера

На швидкість руху транспортних засобів мають суттєвий вплив також пішохідні переходи на париметрі перехрестя. Зокрема, зупинки міського пасажирського транспорту з боку проспекту Степана Бандери не забезпечені розширенням проїзної частини у вигляді відкритої «кишені».

В нинішніх умовах, громадський транспорт значно уповільнює рух загального транспортного потоку через заплановані зупинки по маршруту. Також характерним є

те, що легкові транспортні засоби постійно здійснюють паркування у правій смузі проїжджої частини по вулиці Степана Бандери у напрямку руху до перехрестя «Збаразьке кільце». Хоча ці дії водіїв не порушують правил дорожнього руху, вони суттєво обмежують можливість під'їзду транспортних засобів до перехрестя та маневреність громадського транспорту поблизу їхньої зупинки.

Для покращення ефективності та безпеки дорожнього руху на нерегульованому перехресті «Збаразьке кільце» запропоновано такі рішення:

1. Заборонити стоянку транспортних засобів на ділянці проспекту Степана Бандери, що прилягає до перехрестя «Збаразьке кільце».

2. Облаштувати зупинки міського пасажирського транспорту з обох боків проспекту Степана Бандери за допомогою розширення проїзної частини у вигляді відкритої «кишені».

3. Передбачити додаткову смугу для з'їзду з кільця у напрямку вулиці Т. Протасевича.

Запропоновані організаційні рішення можуть суттєво покращити ефективність вулично-дорожньої мережі у південній та південно-східній частині міста Тернопіль, а також забезпечити зниження рівня ризику виникнення ДТП на дорогах та покращення екологічної ситуації в мікрорайонах «Сонячний», «Східний» та «Варшавський» шляхом зменшення шуму, вібрацій та забруднення повітря.

Для перевірки ефективності запропонованих заходів необхідно створити імітаційні моделі перехрестя «Збаразьке кільце» з існуючою та запропонованою схемою організації дорожнього руху. Ці імітаційні моделі мають враховувати різні типи транспорту, включаючи індивідуальний (легкові автомобілі з вантажопідйомністю до 3,5 тонн), транзитний (автобуси та великотоннажні вантажні автомобілі) та громадський транспорт (маршрутні таксі, тролейбуси та автобуси), а також мають враховувати зупинки громадського транспорту та нерегульовані пішохідні переходи.

Для моделювання організації дорожнього руху на перехресті «Збаразьке кільце» були розглянуті п'ять варіантів:

Варіант 1 - моделювання без врахування порушення Правил дорожнього руху (ПДР) водіями при з'їзді з кільця на вулицю Т. Протасевича.

Варіант 2 - моделювання з врахуванням порушення ПДР водіями при з'їзді з кільця на вулицю Т. Протасевича.

Варіант 3 - включає в себе варіант 2 та додаткову заборону паркування при під'їзді до перехрестя вздовж проспекту Степана Бандери.

Варіант 4 - включає в себе варіант 3 і, додатково, передбачає облаштування відкритої «кишені» для зупинок громадського транспорту на проспекті Степана Бандери.

Варіант 5 - це розширений варіант 4, який також передбачає облаштування додаткової смуги для з'їзду з перехрестя на вулицю Т. Протасевича.

Імітаційну модель розроблено у програмному забезпеченні PTV VISSIM. Моделювання дорожнього полотна із елементами руху транспортних та пішохідних потоків (стоянки, зупинки ГТ, пішохідні переходи) здійснюється функціями «Відрізки», «Автостоянки», «Зупинка ГТ» та «Пішохідні зони» з врахуванням вимог ДБН 360-92 [8] до розмірів дорожнього полотна.

Загальний вигляд побудованої моделі перехрестя з круговим рухом «Збаразьке кільце» зображено на рис. 4.



Рисунок 4 – Модель дорожнього полотна перехрестя «Збаразьке кільце»

Джерело: власна розробка

Для моделювання дорожнього руху на перехресті «Збаразьке кільце» використовуються функції «Вхідні потоки ТЗ» та «Маршрути ТЗ». Передбачена можливість коригування складу і напрямку вхідних потоків транспорту, а також інтенсивності транспортних потоків на основі даних, отриманих з відеофіксації руху ТЗ протягом доби.

Для задання маршрутів транспортних засобів використовується функція «Маршрути ТЗ». На прикладі розглядаються маршрути для чотирьох основних напрямків руху на перехресті «Збаразьке кільце», які показані на рисунку 5.

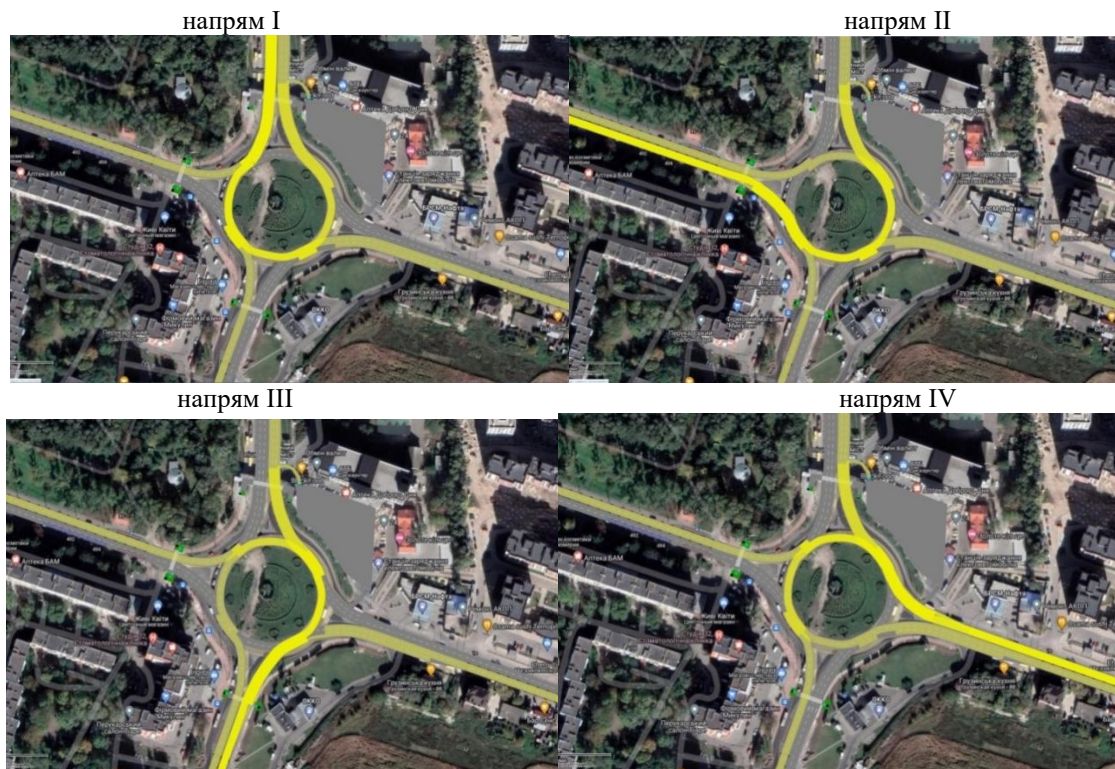


Рисунок 5 – Основні маршрути руху транспортних засобів

Джерело: власна розробка

Для кожного з чотирьох основних напрямків руху на перехресті «Збараське кільце» було задано п'ять різних маршрутів транспортних засобів: рух прямо, поворот направо, поворот ліворуч, розворот та заїзд до магазину «АТБ».

Крім основних потоків транспорту, у моделі були враховані додаткові транспортні потоки, зокрема виїзд від магазину «АТБ» по кожному з чотирьох основних напрямків руху транспортних засобів (рис. 6, а).

Потік транспорту, що моделює порушення водіями правил дорожнього руху при з'їзді з перехрестя на вулицю Т. Протасевича (позначено червоним овалом на рис. 6, б).

Потік транспорту, які здійснюють паркування вздовж проспекту Степана Бандери (позначено синім овалом на рис. 6, б).



Рисунок 6 – Додаткові маршрути транспортних засобів

Джерело: власна розробка

Для моделювання пішохідних маршрутів на перехресті з круговим рухом «Збараське кільце» використовуються функції «Вхідні пішохідні потоки» та «Пішохідні маршрути». Перед початком моделювання необхідно створити об'єкти, які будуть використовуватися для переміщення пішоходів, це здійснюється за допомогою функції «Пішохідні зони».

Моделювання маршрутів громадського транспорту (ГТ) на даному перехресті виконується за допомогою функції «Маршрути ГТ». Перед початком моделювання маршрутів необхідно задати зупинки міського пасажирського транспорту. Досліджуваний транспортний вузол включає рух ГТ у вигляді маршрутних таксі, автобусів та тролейбусів. Для цього задаються параметри, такі як інтервал руху, швидкість транспортних засобів та час їх під'їзду до перехрестя. Для детального вивчення маршрутної мережі ГТ можна присвоїти окремі номери та кольорову індикацію маршрутним таксі. Інтервали руху громадського транспорту враховують розклад руху. Загальний вигляд маршрутів громадського транспорту зображено на рис. 7.



Рисунок 7 – Маршрути громадського транспорту

Джерело: власна розробка

На перехресті, транспортні засоби змушені перетинати транспортні потоки, що призводить до виникнення конфліктних ситуацій. Для забезпечення безпечного проїзду ТЗ на таких ділянках, необхідно встановити пріоритети для руху відповідно до правил дорожнього руху України.

PTV VISSIM забезпечує цю функцію за допомогою вкладки «Конфліктні зони». На модельованому перехресті може утворюватись 22 конфліктні зони для транспортних засобів та 10 конфліктних зон для транспорту та пішоходів. Ця значна кількість конфліктів пояснюється складністю проїзду і маневрування ТЗ на даному перехресті, що зумовлено різноманітністю учасників дорожнього руху. На рис. 8 зображено приклад вирішення конфліктних зон.



Рисунок 8 – Конфліктні зони на перехресті «Збараське кільце»

Джерело: власна розробка

Після створення всіх компонентів моделі та налаштування необхідних параметрів важливим кроком є здійснення пробного запуску імітаційної моделі. Це необхідно для перевірки адекватності моделі та калібрування її параметрів, щоб переконатись, що результати моделювання відповідають дійсності.

На рис. 9 показані результати пробного запуску імітаційної моделі, де відображається взаємодія різних транспортних потоків на перехресті з круговим рухом «Збараське кільце». Ці результати допоможуть оцінити роботу моделі та перевірити, наскільки вона відповідає реальним умовам дорожнього руху.



Рисунок 9 – 2D (а) та 3D (б) вигляд імітаційної моделі перехрестя

Джерело: власна розробка

На основі попередньо створеної імітаційної моделі перехрестя з круговим рухом «Збараське кільце» з використанням існуючої організації дорожнього руху, була розроблена нова імітаційна модель з метою перевірки ефективності запропонованих заходів для покращення схеми організації дорожнього руху на цьому перехресті (рис. 10).



Рисунок 10 – Модель перехрестя з пропонованою схемою ОДР

Джерело: власна розробка

У новій імітаційній моделі перехрестя з круговим рухом «Збараське кільце» були внесені деякі зміни, зокрема, зупинки громадського транспорту на проспекті Степана Бандери були обладнані кишнями, що дозволяють рухатись іншим транспортним потокам, поки пасажери виходять та заходять в громадський транспорт. Також була додана додаткова смуга для з'їзду з перехрестя на вулицю Т. Протасевича, і була вилучена зона паркування ТЗ вздовж проспекту Степана Бандери.

Результати пробного запуску імітаційної моделі з оновленою схемою організації дорожнього руху показана на рис. 11.



Рисунок 11 – 3D вигляд імітаційної моделі перехрестя із впровадженими заходами організації дорожнього руху

Джерело: власна розробка

Для оцінки результативності запропонованих заходів щодо організації дорожнього руху на перехресті з круговим рухом «Збараське кільце» було проведено

аналіз за наступними транспортно-експлуатаційними показниками: середня швидкість транспортних засобів, середній час затримки транспортних засобів, середня кількість зупинок та середній час простоювання у заторі. Значення цих показників для п'яти варіантів моделювання наведені у таблиці 1.

Таблиця 1 – Результати моделювання дорожнього руху на перехресті

Назва показника	Середня швидкість руху ТЗ, км/год	Середній час затримки ТЗ, с	Середня кількість зупинок ТЗ	Середній час простоювання ТЗ у заторі, с
Варіант 1	17.87	54.79	2.96	22.78
Варіант 2	13.15	74.24	3.78	44.9
Варіант 3	13.45	73.43	3.24	40.55
Варіант 4	18.06	56.88	3.12	25.46

Джерело: розроблено авторами

Висновки:

1. Згідно з результатами імітаційного моделювання перехрестя «Збаразьке кільце», впровадження запропонованих заходів (варіант 5) призведе до наступних покращень у порівнянні з існуючими умовами руху на перехресті (варіант 2):

- 1) Середня швидкість руху ТЗ збільшиться на 30%;
- 2) Середній час затримки ТЗ зменшиться на 28%;
- 3) Середня кількість зупинок ТЗ зменшиться на 21%;
- 4) Середній час простоювання ТЗ у заторах зменшиться на 50%.

2. Для подальшого підвищення ефективності функціонування перехрестя «Збаразьке кільце» доцільним є зменшення інтенсивності та насиченості транспортного потоку транзитними транспортними засобами шляхом перенесення частини дороги в обхід міста Тернопіль за його межі.

Список літератури

1. Степанчук О.В., Лапенко О. І., Чернишова О. С. Особливості використання методів моделювання транспортних потоків на вулично-дорожній мережі міста. *Теорія та практика дизайну*. 2022. Вип. 25. С. 110-119.
2. Stepanchuk O., Bieliatynskyi A., Pylypenko O. Modelling the Bottlenecks Interconnection on the City Street Network. *VIII International Scientific Siberian Transport Forum. TransSiberia. Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2019. Vol. 1116. P.889-898.
3. Кристопчук М.Є., Хітров І.О., Цьонь О.П. Дослідження координованого управління транспортними потоками в центральній частині міста. *Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті*. 2021. Том 1 № 16. С. 82-90.
4. F. Clara Fang, Hernan Castaneda. Computer Simulation Modeling of Driver Behavior at Roundabouts. *International Journal of Intelligent Transportation Systems Research*. 2018. Vol. 16. P. 66–77.
5. Форнальчик Є. Ю. 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. Бугайов І.С., Холодова О.О., Бугайова М.О. Оцінка ефективності впровадження засобів заспокоєння дорожнього руху на перехресті. *Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті*. 2023, №1 (20). С. 79-86.
7. Любий Є. В., Левченко О. С., Сиром'ятнікова М. С. Аналіз ефективності використання мінікільцевих розв'язок. *Наукові нотатки*. 2018. Вип. 61. С. 110 – 117.

8. ДБН України. Споруди транспорту. Вулиці та дороги населених пунктів. Наказ Держбуду України від, 2001. 89 с.

References

1. Stepanchuk, O. V., Lapenko, O. I., & Chernyshova, O. S. (2022). Osoblyvosti vykorystannia metodiv modeliuvannia transportnykh potokiv na vulychno-dorozhnii mrezhi mista. *Teoriia ta praktyka dizainu*, (25), 110-119 [in Ukrainian].
2. Stepanchuk, O., Bieliatynskyi, A., & Pylypenko, O. (2019). Modelling the bottlenecks interconnection on the city street network. *In International Scientific Siberian Transport Forum*. P. 889-898 [in English].
3. Khitrov, I. O., Tson, O. P., Krystopchuk, M. Ye., & Pochuzhevskyi, O. D. (2021). Analiz transportnykh zatrymok v tseentralnii chastyni mista ta shliakhy yikh znyzhennia. *Visnyk mashynobuduvannia ta transportu*, 14(2), 131-139 [in Ukrainian].
4. Clara Fang, F., & Castaneda, H. (2018). Computer simulation modeling of driver behavior at roundabouts. *International journal of intelligent transportation systems research*, 16. P. 66-77 [in English].
5. Fornalchyk, Ye. Yu., Fornalchyk, E. Yu., Trushevskyi, V. E., & Trushevskyi, V. E. (2018). Upravlinnia dorozhnim rukhom na rehulovanykh perekhrestiakh u mistakh: monohrafiia [in Ukrainian].
6. Buhaiov, I., Kholodova, O., & Buhaiova, M. (2023). Otsinka efektyvnosti vprovadzhennia zasobiv zaspokoennia dorozhnogo rukhu na perekhresti. *Suchasni tekhnolohii v mashynobuduvanni ta transporti*, 1(20), 78-85 [in Ukrainian].
7. Liubiyi, Ye. V., Levchenko, O. S., & Syromiatnikova, M. S. (2018). Analiz efektyvnosti vykorystannia mini-kiltsevykh rozviazok. *Naukovi notatky*, (61), 110-117 [in Ukrainian].
8. Budivelni normy Ukrainy. (2001). Sporudy transportu. Vulytsi ta dorohy naselenykh punktiv. Nakaz Derzhbudu Ukrainy [in Ukrainian].

Oleg Lyashuk, Prof., DSc., **Mykola Stashkiv**, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Oleg Tson**, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Nataliya Rozhko**, Prof., DSc., **Uliana Plekan**, PhD econ. sci., **Bogdan Gevko**, PhD econ. sci
Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ternopil, Ukraine

Increasing the Efficiency of the Functioning of an Unregulated Intersection with Circular Traffic

The analysis and empirical studies of conditional and unconditional parameters of the traffic model at an unregulated intersection with circular traffic in the city of Ternopil were conducted. The intersection "Zbarazke ring" in the city of Ternopil is an unregulated intersection with a circular traffic pattern and is located at the intersection of Stepan Bandera avenue, April 15 street, T. Protasevich street and Pidvolochyskyi highway.

To verify the effectiveness of the proposed solutions, simulation models of the intersection "Zbarazke ring" with the existing and proposed traffic management system were created. The conducted traffic modeling using multi-parameter models made it possible to take into account various options for road infrastructure, restrictions and traffic parameters, which made it possible to justify optimal decisions regarding the improvement of the organization of traffic at the object of study. Five variants of traffic organization at the intersection with circular traffic are proposed, the best of them is modeled, analyzed and substantiated, and ways to improve the quality of functioning of this section of the street-road network are proposed.

According to the results of the simulation modeling of the intersection "Zbarazke ring", the implementation of the proposed measures will lead to the following improvements compared to the existing traffic conditions at the intersection: the average speed of vehicles will increase by 30%; the average delay time will decrease by 28%; the average number of road transport stops will decrease by 21%; the average time spent in traffic jams will decrease by 50%.

traffic flow, unregulated intersection, traffic lanes, simulation models, street and road network

Одержано (Received) 16.08.2023

Прорецензовано (Reviewed) 06.09.2023

Прийнято до друку (Approved) 30.10.2023