

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Удосконалення велосипедного руху на міських перехрестях
(комплексна тема)

Виконав(ла): студент(ка) 6 курсу, групи МНмз-61
спеціальності 275.03 Транспортні технології

(на автомобільному транспорті)

(шифр і назва спеціальності)

(підпис) Верес А.О.
(прізвище та ініціали)

(підпис) Король О.О.
(прізвище та ініціали)

Керівник _____
(підпис) Вовк Ю.Я.
(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль _____
(підпис) Дзюра В.О.
(прізвище та ініціали)

Зав. кафедри _____
(підпис) Цьонь О.П.
(прізвище та ініціали)

Рецензент _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Вовк Ю.Я., доц.		
Безпека в надзв. ситуаціях	Клепчик В. М., ст. викл.		

7. Дата видачі завдання 10.11.2023

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	15.11.23	
2	Теоретичний розділ	18.11.23	
3	Аналітико-дослідницький розділ	24.11.23	
4	Проектно-рекомендаційний розділ	30.11.23	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	5.12.23	
6	Висновки	10.12.23	

Студент

_____ (підпис)

Верес А.О.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Вовк Ю.Я.

_____ (прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)
Кафедра автомобілів
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри

Цьонь О.П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« »

2023 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня магістр
(назва освітнього ступеня)
за спеціальністю 275.03 Транспортні технології (на автомобільному транспорті)
(шифр і назва спеціальності)
студенту Королю Олександрю Олеговичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення велосипедного руху на міських перехрестях (комплексна тема)

Керівник роботи Вовк Ю.Я., к.т.н., доц.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «10» листопада 2023 року № 4/7-1037.

2. Термін подання студентом завершеної роботи 18.12.2023

3. Вихідні дані до роботи Інформаційні матеріали, джерела з мережі Інтернет

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Вступ. 2. Теоретичний розділ. 3. Аналітико-дослідницький розділ. 4. Проектно-рекомендаційний розділ. 5. Охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях. 6. Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)
Ілюстративний матеріал

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Вовк Ю.Я., доц.		
Безпека в надзв. ситуаціях	Клепчик В. М., ст. викл.		

7. Дата видачі завдання 10.11.2023

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	15.11.23	
2	Теоретичний розділ	18.11.23	
3	Аналітико-дослідницький розділ	24.11.23	
4	Проектно-рекомендаційний розділ	30.11.23	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	5.12.23	
6	Висновки	10.12.23	

Студент

_____ (підпис)

Король О.О.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Вовк Ю.Я.

_____ (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Верес А.О., Король О.О. Удосконалення велосипедного руху на міських перехрестях (комплексна тема) – Рукопис.

Кваліфікаційні робота на здобуття освітнього ступеня магістр за спеціальністю 275.03 – транспортні технології (на автомобільному транспорті). – Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, – Тернопіль, 2023.

Основна мета кваліфікаційної роботи – дослідити ефективність заходів протидії велосипедним аваріям за допомогою обробки велосипедних сигналів на міських перехрестях. Для досягнення поставленої мети поставлені завдання: проаналізувати літературу, існуючі моделі симуляції руху велосипедистів та інших транспортних засобів, запропонувати реальні шляхи зменшення кількості ДТП на перехрестях, пов'язаних з рухом велосипедистів.

В теоретичному розділі проведено огляд літератури,, розглянуто проектування та використання різних типів перехресть, проаналізовано існуючі теоретичні підходи до використання імітаційної моделі.

В другому розділі проведено проблеми моделювання дорожнього руху, розробки моделі у VISSIM, її модифікації.

В третьому розділі проведено обробку результатів опитування велосипедистів на існуючих перехрестях, розроблено загальні вказівки щодо руху велосипедистів ліворуч.

В четвертому розділі розглянуто питання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

**ВЕЛОСИПЕДНИЙ РУХ, ТРАНСПОРТ, ПЕРЕХРЕСТЯ,
ТРАНСПОРТНИЙ ПОТІК.**

ABSTRACT

**Veres A.O., Korol O.O. Improvement of bicycle traffic at city intersections
- Manuscript.**

Qualifying work for the master's degree in the specialty 275.03 - transport technology (in road transport). - Ternopil Ivan Puluj National Technical University, - Ternopil, 2023.

The main goal of the qualification work is to investigate the effectiveness of measures against bicycle accidents using the processing of bicycle signals at city intersections. In order to achieve the goal, the following tasks have been set: to analyze the literature, existing simulation models of the movement of cyclists and other vehicles, to propose real ways to reduce the number of road accidents at intersections related to the movement of cyclists.

In the theoretical section, a review of the literature was carried out, the design and use of various types of intersections were considered, existing theoretical approaches to the use of the simulation model were analyzed.

In the second section, the problems of traffic modeling, model development in VISSIM, and its modifications are discussed.

In the third section, the results of the survey of cyclists at existing intersections were processed, and general guidelines for the movement of cyclists on the left were developed.

In the fourth chapter, the issue of labor protection and safety in emergency situations is considered.

CYCLE TRAFFIC, TRANSPORT, INTERSECTION, TRAFFIC FLOW

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
1. ТЕОРЕТИЧНИЙ РОЗДІЛ.....	13
1.1. Огляд літератури	13
1.2. Проектування та використання захисних перехресть.....	17
1.3. Використання мікроскопічної імітаційної моделі VISSIM і SSAM	25
2. АНАЛІТИКО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ.....	36
2.1. Визначення, цілі та методологічні підходи.....	36
2.2. Моделювання VISSIM.....	41
2.2.1. Блок-схема моделювання	41
2.2.2. Розробка моделі в VISSIM	43
2.2.3. Калібрування та валідація моделі.....	45
2.3. Модифікації для кожної моделі.....	47
3. ПРОЕКТНО-РЕКОМЕНДАЦІЙНИЙ РОЗДІЛ.....	58
3.1. Результати опитування велосипедистів.....	58
3.2. Моделювання VISSIM	67
3.3. Загальні вказівки щодо руху велосипедистів ліворуч	89
4. ОХОРОНА ПРАЦІ І БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	91
4.1. Вимоги безпеки при експлуатації транспортних засобів	91
4.2 Транспортні аварії і катастрофи. Наслідки і профілактика.....	96
ВИСНОВКИ.....	101
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	104
ДОДАТКИ.....	111
Додаток А	111
Додаток Б.....	118
Додаток В	125

ВСТУП

Унаслідок збільшення кількості користувачів немоторизованого транспорту все більше завдань щодо забезпечення безпеки такого руху. На жаль, велосипедисти та пішоходи отримують більш серйозні травми під час ДТП. Що стосується велосипедних аварій, то основними причинами аварій велосипедистів на міських перехрестях було визначено невиконання/ігнорування засобів регулювання дорожнього руху та відсутність немоторизованих засобів. У роботі досліджено ефективність заходів протидії аваріям велосипедистів із регулюванням на міських перехрестях.

В роботі проведено опитування велосипедистів, щоб оцінити сприйняття велосипедистами безпеки велосипедного боксу. Крім того, ці контрзаходи були оцінені як з точки зору функціонування дорожнього руху, так і з точки зору безпеки дорожнього руху у середовищі, створеному у VISSIM. Затримку користувачів порівнювали до та після впровадження цих контрзаходів. Тоді як сурогатний показник безпеки «конфлікти» використовувався для вимірювання впливу на безпеку. За допомогою аналізу вигод і витрат було знайдено порогові значення трафіку та обсягів велосипедистів, які необхідні для обґрунтування досліджуваних методів. На основі дослідження розроблено загальні рекомендації, які можуть бути використані особами, які приймають рішення стосовно руху велосипедистів на міських перехрестях.

Проблема дослідження.

У багатьох країнах зростає зацікавленість у підтримці та забезпеченні більш стійких і активних видів транспорту завдяки їхнім пов'язаним перевагам, покращенню здоров'я, зменшенню заторів і зниженню викидів. Ходьба та їзда на велосипеді сьогодні вважаються основними немоторизованими способами для багатьох людей, особливо в урбанізованих районах. Із різким збільшенням кількості користувачів немоторизованого транспорту треба турбуватися про безпеку немоторизованого руху, оскільки це може бути обмежуючим фактором для залучення нових велосипедистів.

Статистика даних про немоторизовані ДТП показала, що більшість ДТП пішоходів і велосипедистів стаються на перехрестях або поблизу них і на міських вулицях. Аналіз показав, що відсутність засобів для велосипедистів (спеціальних або спільних) може спонукати велосипедистів їздити по тротуарах. Більшість велосипедних аварій, пов'язаних із «недотриманням/ігноруванням контролю дорожнього руху», трапилися за участю велосипедиста, який їхав тротуаром до аварії.

Таким чином, вважається, що запровадження таких нових контрзаходів може мати позитивний вплив на залучення більшої кількості велосипедистів і сприяння більш придатним для життя та сталим громадам.

Мета дослідження.

Основна мета – дослідити ефективність двох заходів протидії велосипедним аваріям за допомогою обробки велосипедних сигналів на міських перехрестях. Цими двома контрзаходами є: бокс для велосипедів і захищене перехрестя. Обробки велосипедних сигналів, які були протестовані одночасно з цими контрзаходами, це провідний велосипедний інтервал і ексклюзивна велосипедна фаза. Це буде зроблено шляхом вимірювання сприйняття велосипедистами думки про безпеку. Крім того, це дослідження досліджуватиме контрзаходи як від експлуатації дорожнього руху (наприклад, вплив на затримку користувача на перехресті), так і від перспективи безпеки дорожнього руху (наприклад, конфлікти між користувачами як сурогатний захід безпеки). Віртуальне тестове середовище для одного перехрестя було створено у VISSIM і використовувалося як платформа для тестування різних наслідків лікування.

Це дослідження також має на меті дізнатися порогове значення трафіку та інтенсивності велосипедів, які необхідні для виправдання цих процедур.

Крім того, це дослідження мало на меті розробити та надати загальні рекомендації для полегшення руху велосипедистів при повороті ліворуч. У цій інструкції будуть показані різні варіанти обробки, які можуть бути використані, щоб допомогти велосипедистам безпечніше повертати ліворуч на міських перехрестях із сигналом.

Область дослідження.

Місцем дослідження було обрано міський коридор у місті. Це дослідження було зосереджено виключно на перехресті через його геометричні характеристики, такі як наявність велосипедної смуги на всіх під'їздах. Це перехрестя є чотирикутним перехрестям з світлофорним регулюванням. Наведене нижче стосується всіх під'їздів до перехрестя: виділена смуга для повороту ліворуч, спільні смуги для прохідного та правого поворотів, а також велосипедні смуги. Також це перехрестя проходить під постійним сигнальним контролем.

Основний обсяг цього дослідження обмежується оцінкою ефективності велосипедних боксів і захищених перехрестя із обробкою велосипедних сигналів для підвищення безпеки та мультимодальної мобільності на міських перехрестях із сигналізацією. Вважається, що ці відносно нові способи обробки перехрестя мають позитивний вплив на створення та просування більш безпечних і зручних для життя громад. Сприйняття безпеки було оцінено за допомогою польового опитування велосипедистів, і в оцінці були враховані як ефективність роботи, так і вплив на безпеку моделювання VISSIM. Затримку різних учасників дорожнього руху використовували для оцінки ефективності роботи, тоді як сурогатну міру «конфліктів» безпеки використовували для вимірювання впливу таких обробок на безпеку.

Основна мета кваліфікаційної роботи – розроблення заходів із удосконалення велосипедного руху на міських перехрестях.

Для досягнення поставленої мети поставлені завдання: проаналізувати літературу, існуючі моделі симуляції руху велосипедистів та інших транспортних засобів, запропонувати реальні шляхи зменшення кількості ДТП на перехрестях, пов'язаних з рухом велосипедистів.

При написанні роботи використовуються такі методи дослідження:

Аналітичні методи дослідження – методи використовуються при огляді літератури та аналізі існуючих заходів удосконалення велосипедного руху.

Опитування - у цій роботі організовано опитування велосипедистів та зацікавлених сторін. Метою опитування є встановлення вагових критеріїв оцінювання запропонованих заходів.

Методи порівняння – використано для порівняння запропонованих варіантів організації руху велосипедистів.

1. ТЕОРЕТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1. Огляд літератури

Цей розділ призначений для огляду відповідної літератури та експериментів, які проводилися в минулому. Було переглянуто різну літературу, щоб дослідити ефективність велосипедного боксу, захищених перехресть і обробки велосипедних сигналів у покращенні безпеки та мультимодальної мобільності на міських перехрестях. Цей розділ містить такі чотири підрозділи:

- Проектування та використання велобоксів на міських перехрестях
- Проектування та використання охоронюваних перехресть
- Проектування та використання велосипедної сигналізації на міських перехрестях
- Використання мікроскопічної імітаційної моделі VISSIM і SSAM

Проектування та використання велосипедних боксів на міських перехрестях

Посібник із проектування міських велосипедних доріжок визначає місце для велосипедів як виділений простір у початку смуги руху на перехресті з сигналом, який надає велосипедисту видимий і безпечний простір для випередження транспорту, що стоїть у черзі на фазі червоного сигналу. Встановлення велосипедних боксів на міському перехресті має багато потенційних переваг, ці переваги показано нижче:

- Забезпечує велосипедисту перевагу при зеленому покажчику, щоб допомогти їм проїхати перехрестя
- Полегшує велосипедистам поворот ліворуч на фазі червоного сигналу
- Запобігає конфлікту правого гака з автомобілями, що повертають
- Покращує оглядовість велосипедиста на перехресті
- Зменшує затримку сигналу для велосипедиста

На рисунку 1.1 представлено типовий вигляд велосипедного боксу на перехресті.



Рисунок 1.1 – Типовий вигляд зони очікування для велосипедистів
(велосипедного боксу)

Велосипедні бокси (зони очікування) використовуються в багатьох європейських країнах протягом багатьох років. Бокси для велосипедів довели свою ефективність у підвищенні безпеки велосипедистів і полегшенні їхнього пересування. Нижче наведено підсумок досліджень, проведених для оцінки боксів для велосипедів:

Лондон, Великобританія

Це дослідження проводилося на дванадцяти перехрестях із розширеною стоп-лінією ASL (велосипедний бокс) у ширшому районі Лондона та на двох контрольованих перехрестях для порівняння. Дослідницька група записала на відео вибрані перехрестя, щоб отримати кількісну інформацію про поведінку велосипедистів та інших учасників дорожнього руху на ASL. Загалом під час цього дослідження спостерігали за 6041 велосипедистом. Результати показали, що всі транспортні засоби, які вторглися в контрольовані місця, зайшли повністю на пішохідний перехід, тоді як лише 12% на місцях з ASL (Allen, 2005). Крім того, було виявлено, що ASL може допомогти зменшити кількість велосипедистів, які чекають на пішохідному переході, незважаючи на те, що 36% велосипедистів стикалися з певною формою вторгнення транспортних засобів у ASL. Також було виявлено, що 78% велосипедистів змогли розташуватися у

визначеній зоні на майданчиках з ASL, тоді як на контрольованих майданчиках цей відсоток становив лише 54%. Крім того, велосипедисти, які рухалися через перехрестя прямо, зупинялися перед транспортом, що зменшувало ризик зіткнення з транспортними засобами, які повертали ліворуч (рух здійснюється ліворуч).

Юджин, Орегон, США

Один із перших експериментів, проведених у США, був у Юджині, штат Орегон, влітку 1998 року (Hunter, 2000). Метою велосипедного боксу було полегшити пересування велосипедистів, які їдуть лівою велосипедною смугою перед перехрестям з двома односторонніми рухами, щоб переїхати на праву велосипедну смугу після перехрестя. Результати показали, що використання боксу для велосипеда було досить хорошим, оскільки 22% велосипедистів, для яких він найбільше призначався, використовували бокс. Цей відносно нижчий відсоток пояснюється в основному високим рівнем проникнення автомобіля в багажник велосипеда.

Портленд, Орегон, США

У цьому дослідженні вивчався вплив велосипедних боксів на 10 перехрестях із світлофорною сигналізацією (7 зелених, 3 без зеленого кольору) і 2 контрольованих перехрестях у Портленді, штат Орегон (Діллі, 2012). Для збору даних про поведінку різних учасників дорожнього руху використовувався підхід відеоспостереження. Крім того, опитування велосипедистів і автомобілістів проводилося на п'яти перехрестях, щоб виміряти сприйняття безпеки, а також оцінити знання та розуміння користувачами велосипедних боксів, а також інші реакції на зміни. Результати показали, що вторгнення автомобілів і велосипедистів на пішохідний перехід значно зменшилося як на кольоровому, так і на незабарвленому перехресті з світлофором. Крім того, спостерігалось збільшення кількості поступливих дій від транспортних засобів. Опитування велосипедистів показало, що 77% велосипедистів відчували себе безпечніше, їдучи на перехресті з велосипедним боксом. Опитування автомобілістів показало, що 89% автомобілістів вважають зелений колір кращим. Крім того, зелений колір зменшив кількість заїздів автотранспорту на велодоріжку до

виїзду на перехрестя. Було виявлено, що додавання зеленого кольору до коробки для велосипеда заохочує велосипедиста зупинитися перед стоп-лінією транспортних засобів, і велосипедисти використовували бокс для велосипеда більше за призначенням із зеленим кольором.

Міннеаполіс, Міннесота, США

Це дослідження було проведено на двох перехрестях у центрі міста Міннеаполіс у Міннесоті (James, 2011). Тестове перехрестя має місце для велосипедів у північно-західному напрямку, а регульоване перехрестя – ні. Дані були оцінені на основі як польових спостережень, так і онлайн-опитування, щоб порівняти зазначену поведінку з спостережуваною поведінкою велосипедиста, який користується велобоксом. Опитування велосипедистів показало, що 87 % велосипедистів зупиняться всередині боксу, а 83 % зупиняться в крайньому лівому боці боксу для наскрізного руху та руху ліворуч відповідно на червоний сигнал. Проте польові спостереження показали, що лише 40% велосипедистів зупинялися всередині велосипедного боксу. Опитування показало, що 54% велосипедистів скористалися б боксом для велосипеда, щоб повернути ліворуч на червоний сигнал, тоді як цей відсоток знизився до 7% на основі польових спостережень. Перехрестя пішохідного переходу як для водіїв, так і для велосипедистів зменшилося з 4% до 1% і з 33% до 10% відповідно на тестовому перехресті.

Остін, Техас, США

Дослідницька група цього експерименту вивчала два перехрестя в Остіні, Техас, протягом 18 місяців. На першому перехресті на смугах, що прямували на південь, було встановлено лише один бокс для велосипедів, а на другому перехресті було встановлено два бокси для велосипедів на півночі та півдні. Дослідження (Loskorn, 2013) характеризувався поетапним підходом; вивчення впливу боксу для велосипеда на поведінку велосипедистів і автомобілістів протягом трьох етапів за допомогою відеозйомки до встановлення, після встановлення боксу для велосипеда (Skeleton) і після додавання зеленого кольору до боксу для велосипеда. Після кодування та аналізу відеозйомки отримано такий результат: відсоток велосипедистів, які використовували

велосипедну смугу під час під'їзду до перехрестя, значно збільшився (77% до 93%) після додавання зеленого кольору на першому перехресті, тоді як було постійне збільшення цього числа для другого перетину протягом трьох етапів. Кількість велосипедистів, які залишилися за стоп-лінією в межах велосипедного боксу, а потім виїхали першими на перехресті, постійно зростала протягом трьох етапів на обох перехрестях. Загальний відсоток велосипедистів, які чекали на велосипедному боксі або в зоні велосипедної смуги, зріс з 52% до 92% і з 36% до 49% на першому та другому перехрестях відповідно. Через суперечливість результатів не можна було зробити суттєвого висновку про вторгнення автомобіліста в стоп-лінію.

1.2. Проектування та використання захисних перехресть

Захищене перехрестя – це інноваційна конструкція перехрестя, яка може ще більше відокремити немоторизованих учасників дорожнього руху від руху транспортних засобів. Концепція захищеного перехрестя запозичена безпосередньо з Нідерландів і Данії, оскільки вона використовується протягом тривалого часу порівняно зі США. Незважаючи на те, що інженери в США знали про таку конструкцію з 1972 року, жодне захищене перехрестя не було реалізовано донедавна. Поширення велосипедних доріжок, зокрема захищених велосипедних доріжок, вдихнуло нове життя в концепцію захищеного перехрестя в США. Вважається, що перше захищене перехрестя буде встановлено в 2015 році в Солт-Лейк-Сіті. Потім проект захищеного перехрестя був реалізований у багатьох містах США, таких як Берклі, Чикаго, Девіс, Бостон та багатьох інших. Відповідно до звіту Alta Planning + Design, захищене перехрестя може дати багато переваг, якщо його прийняти правильно, ці переваги:

- Збільшує видимість велосипедистів і забезпечує їм перевагу
- Полегшує захищений двоетапний поворот ліворуч для велосипедиста
- Забезпечує безпечний і вільний поворот праворуч для велосипедиста
- Забезпечує більший час реакції для всіх учасників дорожнього руху

- Підвищує пропускну здатність пішоходів і велосипедистів, що перетинають дорогу.

Рисунок 1.2 нижче ілюструє концепцію захищеного перехрестя.

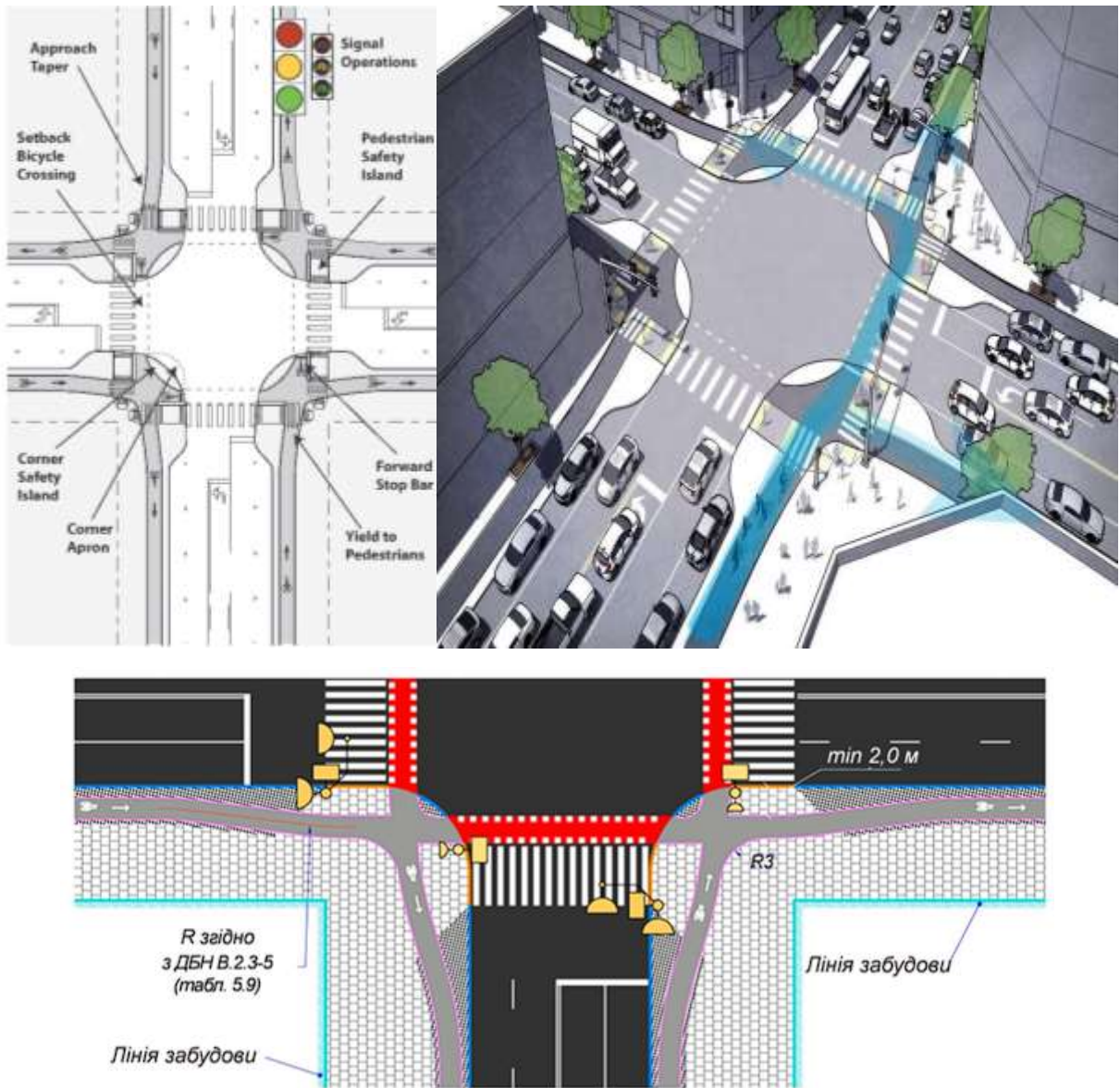


Рисунок 1.2 - Типова конструкція захищеного перехрестя

Захищене перехрестя використовує наступні елементи, щоб зробити велосипед більш безпечним і комфортним:

Кутовий острів-притулок

Це дуже схоже на розширення узбіччя для велосипедистів, яке відокремлює велосипедистів, які чекають на проїзд або ліворуч, від

транспортних засобів, що повертають. Цей острівець також можна використовувати для керування швидкістю повороту транспортних засобів.

Смуга передньої зупинки

Ця розширена смуга зупинки використовується для розміщення велосипедиста далі попереду на перехресті, таким чином велосипедист буде більш помітним для автомобіля, який чекає на червоне світло, і забезпечить фізичне розділення та фору для велосипедиста на початку зеленого світла.

На відміну від звичайних перехресть, захищене перехрестя передбачає переїзд із заїздом як для пішохода, так і для велосипедиста. Критичним розміром є простір довжиною в один автомобіль між транспортом і велосипедним переходом. Встановлений назад перетин може покращити оглядову лінію та встановити пріоритет.

Захищене перехрестя можна використовувати разом із/без фазування сигналу для велосипедистів. Наприклад, фазу ексклюзивного велосипедного сигналу можна використовувати для запобігання будь-якому конфлікту велосипедиста з автомобілем. Іншим варіантом може бути надання переднього інтервалу для велосипедиста та пішохода, щоб допомогти їм очистити інструкцію раніше.

Проектування та використання велосипедної сигналізації на міських перехрестях

Нещодавня передова операційна інфраструктура, яка використовувалася для велосипедистів, — велосипедний сигнал. Велосипедний сигнал — це електричний пристрій регулювання дорожнього руху, який слід використовувати лише в поєднанні з існуючим звичайним світлофором або гібридним маячком (Urban Bikeway Design Guide, 2014). На рисунку 1.3 показано типовий вигляд велосипедного світлофору. Велосипедні світлофори можна використовувати як окремо, так і при забезпеченні провідного велосипедного інтервалу, або при додаванні ексклюзивної фази велосипедного сигналу. Додавання велосипедного світлофору на існуючому перехресті має багато перевірених переваг, ці переваги наведені нижче:

- Відокремлює рух велосипеда від суперечливих рухів автомобіля

- Підвищує безпеку велосипедистів і оглядовість на перехрестях
- Надає пріоритет руху велосипеда
- Допомагає спростити рух велосипедиста
- Захищає велосипедиста на перехресті

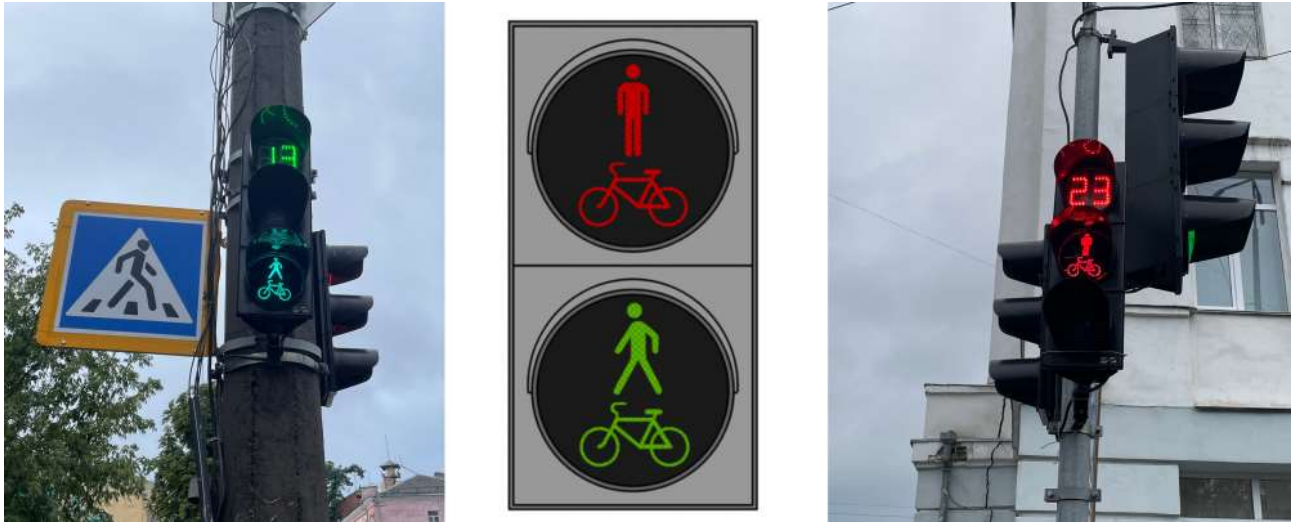


Рисунок 1.3 – Типовий велосипедний світлофор

Велосипедний інтервал (LBI)

Попередній велосипедний інтервал є контрзаходом для підвищення безпеки немоторизованого руху, зокрема велосипедистів на перехрестях з сигналом. LBI дає перевагу в 4-7 секунд (зазвичай 5 секунд) для велосипедистів на перехрестях з сигналізацією, щоб зменшити конфлікти між поворотами автомобіля та велосипедистом. Однією з головних переваг LBI є збільшення шансів велосипедиста закріпитися в полі зору водія, надаючи їм інтервал переднього старту, тим самим зменшуючи ймовірність зіткнення. При лікуванні LBI слід розглядати заборону на червоний знак. На рисунку 1.4 нижче показано, як працює система LBI. Під час першої частини зеленої фази велосипедисту та пішоходу дозволяється почати в'їзд на перехрестя, а рух відповідного транспорту та повороти транспортних засобів обмежено. Пізніше, у другій частині, відповідні наскрізні транспортні засоби можуть продовжуватися, а транспортні засоби, що повертають, отримують дозволу фазу повороту,

оскільки очікується, що вони все ще поступатимуться велосипедисту та пішоходу.

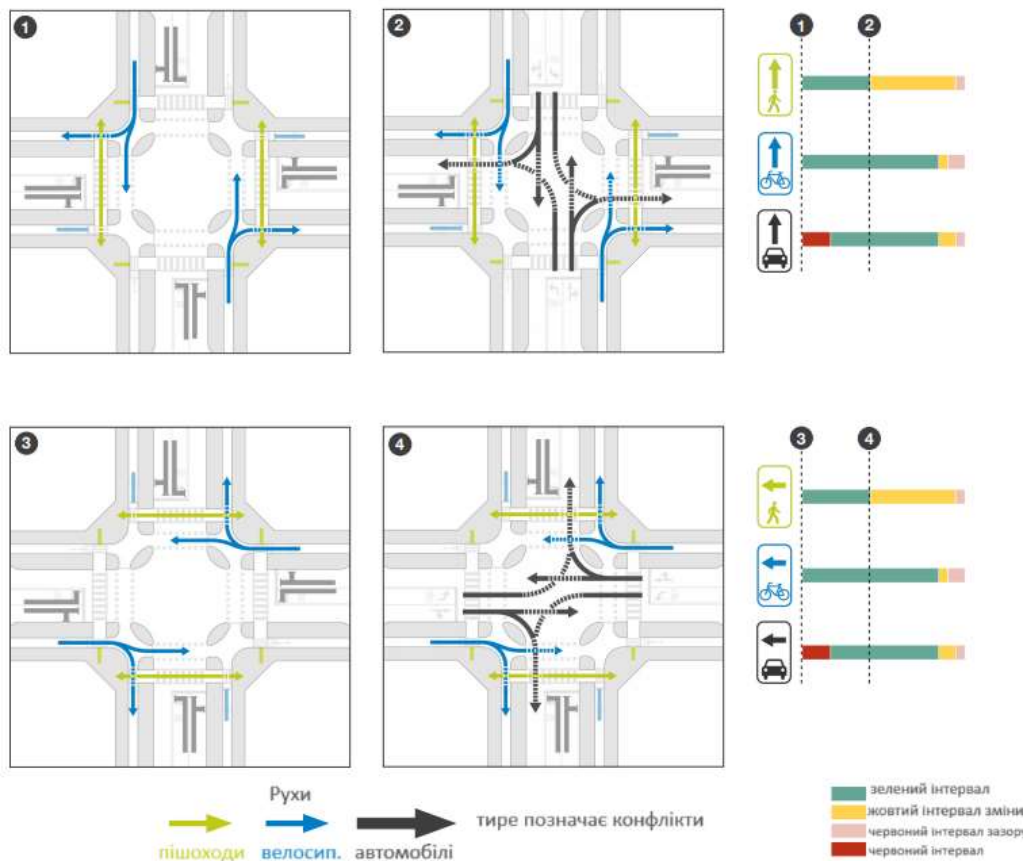


Рисунок 1.4 – Типовий лідируючий велосипедний інтервал

Ресурс: (MassDot 2015)

Іншим варіантом LBI є розділений передній велосипедний сигнал (Split LBI). Це лікування дуже схоже на лікування LBI у сенсі пом'якшення конфліктів велосипеда та автомобіля, що повертає. Однак розділений LBI є більш вигідним для руху транспортних засобів, ніж LBI, оскільки він дозволяє проходити наскрізний рух протягом інтервалу, що випереджає, і забороняє лише рух транспортного засобу, що повертає.

На рисунку 1.5 нижче показано, як працює розділена система LBI. На початку зеленого кольору велосипеда, пішоходи та прохідні транспортні засоби відображаються зеленою індикацією, тоді як поворотні транспортні засоби обмежені червоною індикацією. За цією схемою йде зелена індикація повороту автомобіля.

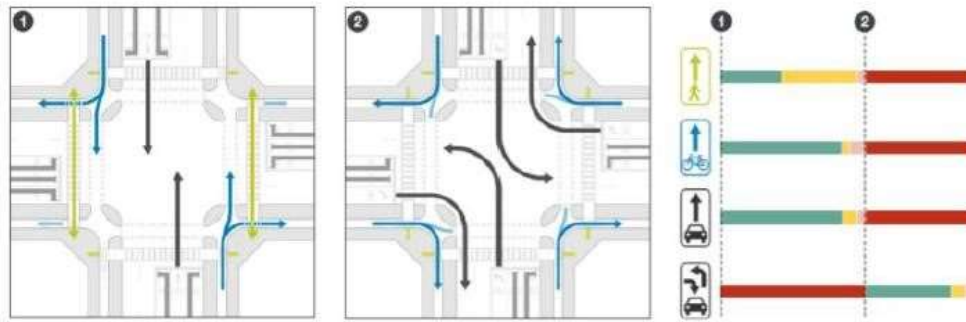


Рисунок 1.5 - Типовий розщеплений LBI

Джерело: (Kothuri, 2018)

Встановлення LBI зазвичай поєднується з інтервалом переднього пішохода (LPI), оскільки вони обидва працюють за однаковою логікою. Перевагою додавання LPI згідно з (Urban Street Design Guide, 2014) є збільшення видимості пішоходів під час переходу шляхом надання їм пріоритету. Крім того, LPI показали свою ефективність у зменшенні зіткнень пішохода з транспортним засобом до 60 %. Було проведено одне польове дослідження, в якому додавання фази LPI оцінювалося на трьох міських перехрестях із сигналізацією у Флориді (Houten., 2000). Результати показали, що додавання трисекундної фази пішохода зменшує конфлікт між пішоходами та транспортними засобами, що повертають, збільшуючи ймовірність того, що автомобілі поступляться перевагою в русі пішоходам. Крім того, LPI може забезпечити безпечніше середовище для прогулянок, а також може підвищити комфорт пішохода та відчуття безпеки. (Fayish, A., & Gross, F. 2010) вивчали вплив на безпеку впровадження LPI на десяти перехрестях із сигналізацією в центральному діловому районі Пенсільванії. Аналіз даних показав, що LPI можуть значно зменшити кількість дорожньо-транспортних пригод, якщо вони доступні. Насправді, завдяки встановленню LPI очікується зниження рівня ДТП на пішоходів принаймні на 46%. Те саме дослідження показало, що впровадження LPI має потенціал для зменшення кількості ДТП на пішоходах. Дослідження аналізу зіткнення пішохода з транспортним засобом після впровадження LPI доступне за посиланням (King, 2000). Департамент транспорту штату Нью-Йорк порівняв рівень аварій у 26 місцях з LPI з групою подібних перехресть без LPI. Після

аналізу доступних даних про ДТП результати показали, що LPI позитивно впливають на безпеку пішохідних переходів, і спостерігалось зниження на 28% відсотка ДТП за участю пішохода та автомобіля, що повертав.

Ексклюзивна велосипедна фаза (ЕВР)

Цей контрзахід вважається більш безпечним, ніж LVI, оскільки він зупиняє всі рухи транспорту, а велосипедистам надається необмежений доступ до перехрестя. Ця процедура дуже схожа на ексклюзивну пішохідну фазу, яку також називають танцем Барнса з робочої точки зору. Ексклюзивна фаза велосипедного сигналу може захистити велосипедиста від конфлікту з рухом транспорту і таким чином значно підвищити їх безпеку. Однак основним недоліком такого лікування є те, що воно може призвести до значного збільшення затримок усіх користувачів перехрестя. На рисунку 1.6 нижче показано, як працює ексклюзивна фаза велосипедного сигналу. Захищена фаза дається для велосипедистів і пішоходів, щоб вільно маневрувати перехрестям, тоді як інші рухи транспорту позначаються червоним кольором. Після завершення цієї ексклюзивної фази продовжуються інші рухи транспорту. Відповідно до тимчасового схвалення MUTCD для додаткового використання велосипедної сигнальної панелі, встановлення велосипедної сигнальної головки може допомогти або зменшити загальну кількість велосипедних аварій, або зменшити рівень велосипедних аварій до 45 відсотків, одночасно збільшуючи гучність велосипеда. Крім того, надання велосипедного сигналу може підтримувати фізичне розділення між велосипедистом і автотранспортом у просторі чи часі (DiGioia., 2017). Це розділення зменшить час реакції та допоможе запобігти зіткненню двох режимів. З точки зору впливу велосипедної сигнальної головки на рівень відповідності сигналу, було виявлено, що велосипедна сигнальна головка фактично ефективна для покращення рівня відповідності велосипедистів сигналам регулювання дорожнього руху (Денвер, 2016).

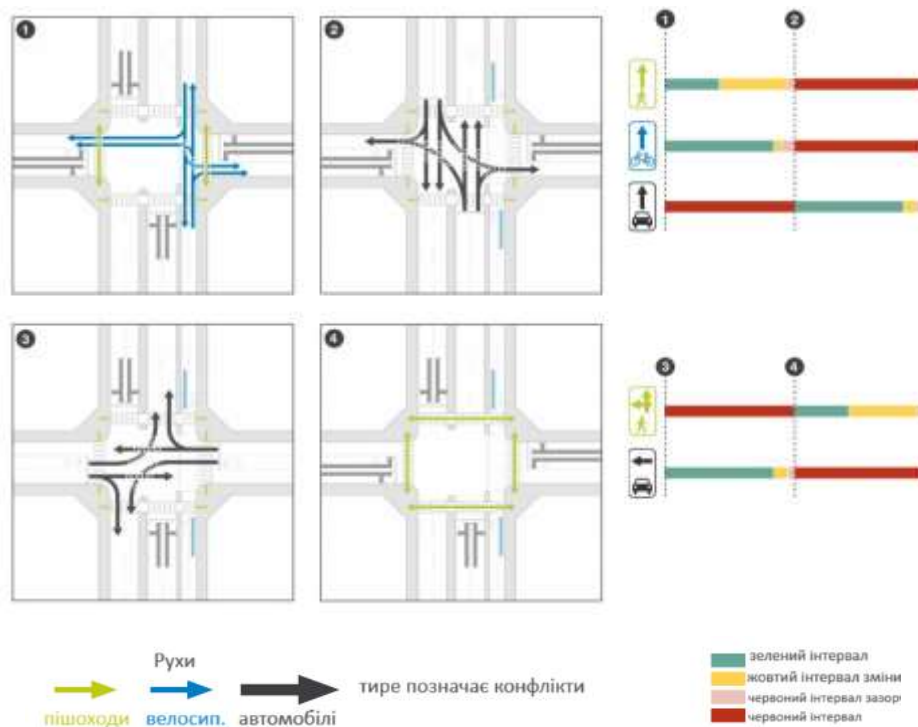


Рисунок 1.6 – Типова фаза ексклюзивного велосипеда

Ресурс: (MassDot 2015)

Ще одне дослідження було проведено в Мельбурні, Австралія, щоб виміряти рівень відповідності сигналу на 10 перехрестях з сигналізацією (Johnson, 2011). Дослідження показало, що рівень невідповідності сигналу становить 6,9% від загальної кількості райдерів. Дослідники також виявили, що ймовірність того, що велосипедист, який повертає ліворуч (рух ліворуч), не поскаржиться на сигнал, у 28,4 разів вище, ніж той, хто їде прямо. Крім того, рівень порушень змінюється залежно від обсягу перехресного руху; рівень порушень вищий, коли обсяг перехресного руху низький, і нижчий, коли обсяг перехресного руху великий.

Нещодавно Національний інститут транспорту та спільнот опублікував звіт про дослідження, яке оцінювало експлуатаційний вплив LBI, Split LBI та EBP у середовищі мікросимуляції для одного перехрестя з сигналом. Результати цього дослідження (Kothuri., 2018) показали, що спостерігається рівномірне збільшення затримки транспортного засобу на всіх підходах (майже на однакову величину часу переднього інтервалу, який становить 5 секунд), і незначна загальна зміна затримки велосипедиста. Лікування розділеного LBI

продемонструвало майже незначний вплив на затримку транспортного засобу для незачеплених наскрізних рухів і відносно низький на рух праворуч. Крім того, рухи велосипедистів показали незначні зміни затримки. Вплив ЕВР на транспортні засоби та затримку велосипедистів також вивчався, і результати показали неоднозначний результат. Рух велосипедистів і пішоходів продемонстрував загальне збільшення затримки через впровадження ЕВР.

1.3. Використання мікроскопічної імітаційної моделі VISSIM і SSAM

Огляд та довідкова інформація VISSIM

Розвиток математичних і обчислювальних технологій разом із вдосконаленим проектуванням доріг і управлінням створили середовище, в якому моделі імітації руху стали провідним інструментом аналізу для транспортних інженерів. Не дивно, що імітаційні моделі стали одним із найпопулярніших інструментів для аналізу та оцінки транспортної системи. Імітаційні моделі можна використовувати для різних цілей у різних транспортних сферах, таких як: різні плани синхронізації сигналів, геоматичні зміни та нові технології, такі як інтелектуальна транспортна система (Park & Schneeberger, 2003). Крім того, імітаційні моделі стали цінною допомогою в оцінці продуктивності транспортних систем (Park & Qi, 2005). Безсумнівно, Керівництво з пропускної спроможності магістралей (HCM) є найбільш використовуваним інженерним посібником для аналізу транспортної системи. Однак його не можна використовувати для аналізу великомасштабної транспортної системи. З іншого боку, імітаційні моделі здатні проводити такий аналіз для будь-якого розміру транспортної системи. Мікроскопічні імітаційні моделі дорожнього руху широко використовуються як у наукових дослідженнях, так і в промисловості, оскільки моделювання є недорогим, швидким, гнучким і безпечним. Крім того, їхня приваблива анімація та стохастична мінливість для відображення реальних умов дорожнього руху збільшили їхню популярність. Хоча наразі існують різні моделі моделювання (CORSIM, VISSIM, SimTraffic... тощо), деякі з них довели свою здатність відображати стохастичний характер трафіку.

VISSIM від PTV Group — це програмне забезпечення для мікроскопічного та стохастичного моделювання, яке широко використовується в різних транспортних дослідженнях. VISSIM спочатку був створений і розроблений Університетом Карлсруе в Німеччині на початку 1970-х років. VISSIM — це покрокова модель у часі, яка використовує психофізичну модель поведінки водія для імітації руху транспорту та тестування різних сценаріїв руху перед реалізацією. Завдяки підтвердженій достовірності, багато досліджень використовували VISSIM як основний інструмент для аналізу та оцінки. Наприклад, Tian 2002 досліджував варіації показників продуктивності, створених різними мікроскопічними імітаційними моделями. Це дослідження (Tian., 2002) показало, що VISSIM може забезпечити найвищу пропускну здатність і найменшу оцінку затримки порівняно з CORSIM і SimTraffic. VISSIM також використовувався для оцінки викидів транспортних засобів у різних дослідженнях (Jie., 2013, Hirschmann., 2010, Song., 2012, & Stevanovic., 2009). Крім того, VISSIM розширив свої програми для інтеграції з іншими мовами програмування для використання в інших інноваційних проектах, таких як автономні та підключені транспортні засоби. Одне дослідження (Goodall., 2013) використовувало VISSIM для моделювання середовища підключених транспортних засобів у своїх дослідженнях для тестування нового алгоритму керування дорожнім рухом. Інше дослідження (Li., 2013) показало спосіб моделювання автономного перехрестя за допомогою VISSIM для зменшення затримки та підвищення пропускну здатності та безпеки перехресть.

Розробка та робочий процес SSAM

Як бачимо, додатків програмного забезпечення VISSIM досить багато. Однак одним із обмежень мікроскопічних імітаційних моделей дорожнього руху загалом і VISSIM зокрема є те, що їх не можна використовувати для оцінки безпеки. Аналіз безпеки традиційно покладався на аналіз даних про аварії, щоб оцінити ефективність безпеки нового транспортного засобу. Отримання достатньої кількості надійних даних про збої не завжди може бути доступним для дослідників і може мати кілька недоліків. Немоторизовані дорожньо-транспортні пригоди реєструються рідко, а неповна/недостатня інформація у

звітах про аварії також призвела до того, що в аналізі безпеки використовуватиметься дуже мало даних про населення. З цих причин можливість дорожніх конфліктів була використана як сурогатний захід безпеки замість аварій. Збір даних про конфлікт для цілей аналізу безпеки обмежувався відеозаписом або спостереженням на місці. Однак обидві методи вимагали надмірних витрат часу та зусиль.

Крім того, бере участь людська помилка, яка може призвести до отримання неточних даних через суб'єктивне судження спостерігача. Крім того, збір даних про конфлікт трафіку на місцях пов'язаний з високими витратами. Усі ці обмеження щодо збору даних конфліктів немоторизованого дорожнього руху для цілей аналізу безпеки призвели до зростаючого інтересу до пошуку іншої доступної методики. У попередні роки використання мікроскопічного програмного забезпечення для моделювання руху для оцінки безпеки транспортних засобів різко зросло.

Федеральна адміністрація автомобільних доріг (FHWA) розробила програмне забезпечення під назвою Сурогатна модель оцінки безпеки (SSAM) для розробки процесу виявлення дорожніх конфліктів і розрахунку сурогатних заходів безпеки в різних пакетах моделювання. Це програмне забезпечення може обробляти вихідний файл даних траєкторії з VISSIM, Aimsun, Paramics і TEXAS) транспортних засобів, що проїжджають через транспортні об'єкти, і використовувати кілька алгоритмів для виявлення потенційних конфліктних точок (Gettman., 2008). SSAM може розрахувати сурогатну міру безпеки, що відповідає взаємодії кожного автомобіля з транспортним засобом, і визначає, чи відповідає кожна взаємодія критеріям для розпізнавання конфлікту. На рисунку 1.7 нижче показано робочий процес програмного забезпечення SSAM.

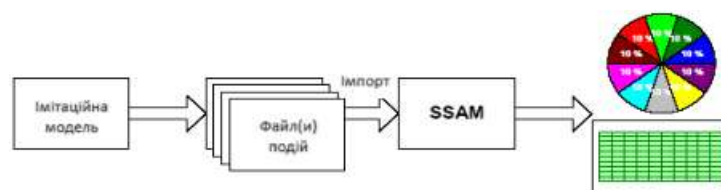


Рисунок 1.7 – Робочий процес SSAM

Використаний алгоритм ідентифікації конфлікту в SSAM підсумовано в наступних кроках:

- **Крок 1:** визначити розміри області аналізу: побудувати зонну сітку, як правило 50*50 футів, щоб покрити всю область аналізу.
- **Крок 2:** аналізувати один часовий крок trj. файл для всіх автомобілів.
- **Крок 3:** знайти розташування та орієнтацію всіх транспортних засобів у їх прогнозованому майбутньому положенні в сітці зони та визначити всі конфліктні пари транспортних засобів.
- **Крок 4:** виконати більш детальну обробку всіх конфліктних пар.

Конфлікт у SSAM визначається як подія, що включає взаємодію двох або більше учасників дорожнього руху, коли один або обидва водії вживають маневрів ухилення, щоб уникнути зіткнення. Програмне забезпечення використовує два порогові значення для сурогатної міри безпеки, щоб визначити, яку взаємодію транспортного засобу слід класифікувати як конфліктну. Ці два порогові значення: час до зіткнення (TTC) і час після вторгнення (PET). Значення програмного забезпечення за умовчанням для цих двох порогів становлять 1,5 секунди та 5 секунд відповідно. SSAM класифікує конфлікт на основі приблизного кута гіпотетичного зіткнення між двома конфліктуючими автомобілями. Змодельовані типи конфлікту, як показано на рисунку 10 нижче, класифікуються на основі кутів конфлікту як: задній кінець ($<30^\circ$), конфлікт перехрестя ($>85^\circ$) або зміна смуги руху (інакше).

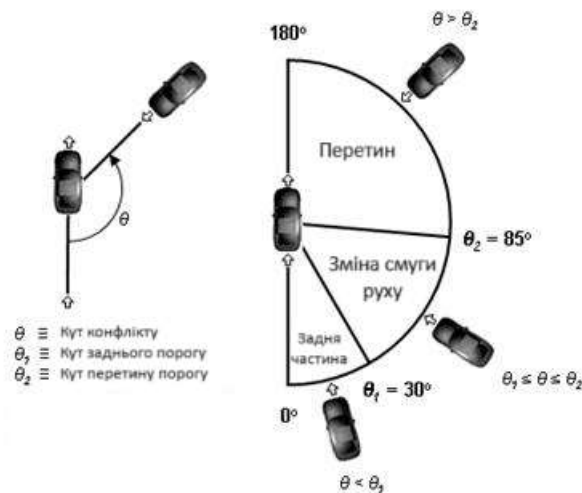


Рисунок 1.8 – Типи конфліктів за кутами в SSAM

Сурогатні заходи SSAM і хронологія події точки конфлікту

Наразі SSAM може генерувати наступне як сурогат заходів безпеки: час до зіткнення (TTC), час після вторгнення (PET), різницю швидкості (DeltaS), максимальну швидкість (MaxS) і швидкість уповільнення (DR). Ці сурогатні заходи безпеки визначено та показано в цьому розділі (Gettman., 2008 & 2003):

Час до зіткнення (TTC):це час потенційного зіткнення між двома учасниками дорожнього руху, якщо вони не змінили свою швидкість або напрямок. Ця оцінка базується на поточному розташуванні, швидкості та траєкторії двох транспортних засобів у певний момент.

Час після вторгнення (PET): мінімальний час після вторгнення, який спостерігався під час конфлікту. Час вторгнення — це час між моментом, коли перший транспортний засіб востаннє зайняв позицію, і другим транспортним засобом, який згодом прибув на ту саму позицію. Значення 0 вказує на фактичне зіткнення.

Диференціал швидкості (DeltaS):це різниця в швидкостях транспортних засобів, як спостерігається в t_{MinTTC} . Точніше, це значення математично визначається як величина різниці в швидкостях транспортних засобів (або траєкторіях), так що якщо v_1 і v_2 є векторами швидкостей першого і другого транспортних засобів відповідно, тоді $\Delta S = \| v_1 - v_2 \|$.

Максимальна швидкість (MaxS): є максимальною швидкістю будь-якого транспортного засобу протягом усього конфлікту (тобто, поки TTC менше зазначеного порогу). Це значення виражається у футах за секунду або метрах за секунду, залежно від одиниць, указаних у відповідному файлі траєкторії.

Швидкість уповільнення (DR): початкова швидкість уповільнення другого автомобіля. Це значення записується як миттєва швидкість прискорення. Якщо транспортний засіб гальмує (тобто реагує), це перше негативне значення прискорення, яке спостерігається під час конфлікту. Якщо транспортний засіб не ламається, це найменше значення прискорення, яке спостерігається під час конфлікту. Це значення виражається у футах за секунду або метрах за секунду, залежно від одиниць, указаних у відповідному файлі траєкторії.

Максимальне уповільнення (MaxD): це миттєва швидкість прискорення, що спостерігається під час конфлікту. Від'ємне значення вказує на уповільнення (гальмування або відпускання педалі газу). Позитивне значення вказує на те, що транспортний засіб не гальмував під час конфлікту.

Макс. дельта V (макс. ΔV): максимальне значення Delta V будь-якого автомобіля в конфлікті.

Хронологія конфліктної події показана на рисунку 1.9 нижче. Верхня крива представляє часово-просторову траєкторію транспортного засобу, що проїжджає, тоді як нижня крива представляє часово-просторову траєкторію транспортного засобу, що проїжджає. Хоча на наступних малюнках ці криві представлені як безперервні гладкі функції, у моделюванні дорожнього руху просторово-часові траєкторії автомобіля насправді є набором прямих ліній між часовими кроками. Зі збільшенням кількості часових кроків на секунду криві стають все ближчими і ближчими до плавної кривої. Час від t_1 до t_5 визначено Гетманом наступним чином:

У момент часу t_1 , транспортний засіб, що перетинає дорогу, потрапляє в зону вторгнення (тобто починає повертати ліворуч).

У момент часу t_2 , транспортний засіб, що проїжджає, розуміє, що можливе зіткнення, і починає гальмувати, щоб уникнути зіткнення.

У момент часу t_3 , кут заднього бампера (задній правий або лівий кут, залежно від напрямку руху) транспортного засобу, що перетинає дорогу, виходить за межі точки посягання.

У момент часу t_4 , транспортний засіб, що наскрізний, передбачалося прибути до точки конфлікту, якщо транспортний засіб продовжував рухатися з тією ж швидкістю та траєкторією, перш ніж почати гальмувати.

У момент часу t_5 , наскрізний транспортний засіб прибуває в точку конфлікту.

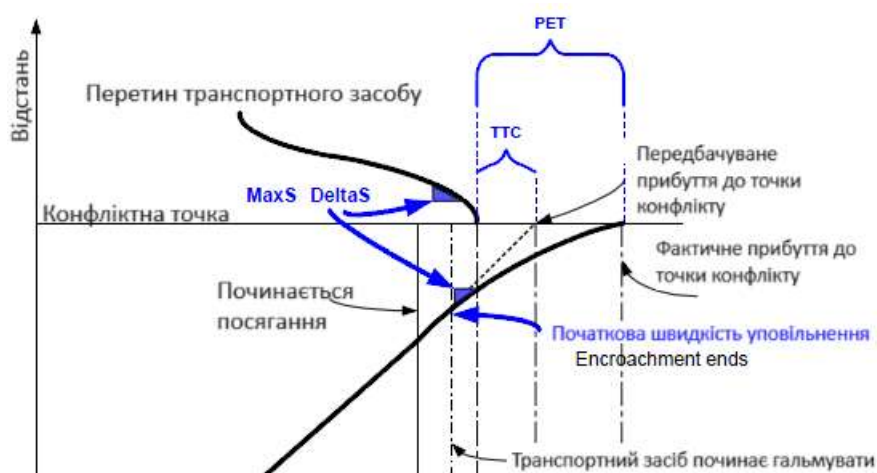


Рисунок 1.9 – Сурогатні показники на діаграмі точок конфлікту

Геттман і Хед зазначили, що конфліктна точка може виникнути на перетині потоку транспортного засобу, що повертає праворуч або ліворуч, який рухається в тому ж напрямку, що й транспортний засіб у конфлікті, але по іншій смугі. Цю ситуацію можна оцінити лише в симуляціях, де шлях в'їзду може відрізнятися залежно від смуги. Наприклад, у реальному світі багато маневрів такого типу виконуються навмисно водіями, які хочуть прийняти певний проміжок розміру, необхідного для входу в потік, але цей розмір проміжку недоступний на найближчій смугі через прискорення необхідні транспортному засобу, що в'їжджає, щоб уникнути транспортного засобу, що наближається на цій смугі. Однак можна прийняти менший розмір розриву, якщо транспортний засіб, що в'їжджає, перетинає транспортний засіб, що наближається, і починає прискорюватися на сусідній смугі (жоден транспортний засіб не наближається до сусідньої смуги, або транспортний засіб, що наближається на сусідній смугі,

знаходиться далі) . Таким чином, подія точки конфлікту може статися, коли водій перетинає першу смугу, щоб виїхати на другу, і починає прискорюватися. Це відбувається, навіть якщо водій знову виїжджає на пересічену смугу після того, як транспортний засіб, що наближається, промине.

Використання SSAM у попередніх дослідженнях

Нещодавно було проведено кілька досліджень, щоб визначити, чи можна використовувати імітаційні моделі VISSIM і SSAM для оцінки впливу нового об'єкта руху на безпеку. (Gettmann., 2008) оцінили можливості SSAM, провівши теоретичну перевірку, польову перевірку та аналіз чутливості. Теоретичну валідацію було виконано за допомогою одинадцяти теоретичних тестів валідації для порівняння сурогатних результатів і результатів оцінки безпеки пари змодельованих альтернатив дизайну. Для польової перевірки вісімдесят три перехрестя з Британської Колумбії та Канади були змодельовані у VISSIM та оброблені в SSAM для порівняння з реальними даними про аварії. Аналіз чутливості було виконано, щоб визначити відмінності між виходами SSAM кожної системи постачальників імітованої моделі на одній і тій самій конструкції транспортного засобу.

Результати теоретичної перевірки показали, що за еквівалентних умов дорожнього руху та як для дизайну перехрестя, так і для альтернативного дизайну розв'язки SSAM може розрізняти значні статистичні відмінності в загальній кількості конфліктів, типах конфліктів (наприклад, зміна смуги руху, задній кінець, перетин) і серед серйозності конфлікту показники (тобто TTC, PET, ΔV). У той же час автор також зазначив, що порівняння між двома альтернативами дизайну не виявило чіткої переваги дизайну над іншим. Наприклад, один проект може демонструвати вищу частоту конфліктів, ніж інший, але з нижчим рівнем серйозності, ніж інший варіант дизайну. Важливо відзначити, що автор висловив занепокоєння тим, що такий тип оцінки може вплинути на процес прийняття рішень про те, яка альтернатива конструкції буде безпечнішою.

З точки зору польової перевірки, дослідження, згадане вище, показало, що існує значний зв'язок між змодельованими конфліктами та фактичними даними

про збої, зібраними в полі. Співвідношення між змодельованими конфліктами та загальною кількістю ДТП показало значення R^2 0,41, яке вважається таким, що відповідає типовим повідомленим традиційним моделям прогнозування ДТП на міських перехрестях із сигналізацією. Однак автор зазначив, що кращу кореляцію можна продемонструвати зі значенням R^2 0,68 між традиційними моделями прогнозування аварій на основі обсягу та змодельованим конфліктом у SSAM.

Gettmann (2008) також повідомили, що різний широкий спектр результатів можна отримати від застосування різних імітованих моделей до того самого проекту транспортного засобу. Загалом перехрестя, змодельовані у VISSIM, показали найменшу загальну кількість конфліктів, тоді як перехрестя, змодельовані в Техасі, показали найвищу частоту конфліктів приблизно в десять разів більше, ніж у VISSIM. Між цими двома крайнощами розташовувалися конфлікти між Аймсуном і Парміком.

Інше дослідження, проведене нещодавно в 2017 році, вивчало ефект перетворення смуги двостороннього повороту ліворуч у рельєфну середу на ділянці міської вулиці протяжністю 1,2 милі в симульованому середовищі. Мета цього дослідження полягала в тому, щоб порівняти вплив на безпеку різних альтернатив управління доступом з меншими витратами часу та витрат. Це дослідження показало, що VISSIM у поєднанні з SSAM може бути ефективним інструментом для оцінки впливу на безпеку альтернатив керування доступом без необхідності фізичного встановлення альтернатив (Saito, 2017).

В іншому недавньому дослідженні (Ledezma, 2018) використовувалися VISSIM і SSAM для оцінки впливу різних конструкцій світлофорів на загальну геометрію перехресть. Дослідження показало, що SSAM можна інтегрувати з імітаційними моделями, такими як VISSIM, для оцінки затримки та впливу на безпеку різних змін у роботі трафіку, наприклад, різної фази сигналу.

Інші дослідники вивчали, чи можна використовувати VISSIM і SSAM для забезпечення обґрунтованої оцінки між генерованими конфліктами у VISSIM і спостережуваними конфліктами руху на перехрестях із сигналізацією в полі (Zhou, 2010, Huang, 2013 та Wu, 2017), і (Fan, 2013) у місцях злиття автострад.

Усі дослідження показали багатообіцяючий результат, який відображає можливість використання таких інструментів в аналізі конфліктів. Крім того, Чжоу (2010) показав, що калібрування моделей VISSIM і коригування порогових значень для виявлення конфліктів у SSAM може покращити узгодженість між змодельованими та спостережуваними конфліктами. Крім того, Хуан запропонував двоетапну процедуру калібрування, яка може покращити відповідність між змодельованими конфліктами та конфліктами реального світу. Крім того, Wu (2017) дослідив, чи можна використовувати VISSIM і SSAM для оцінки безпеки пішоходів на перехрестях з сигналізацією. Результати показали, що кількість змодельованих конфліктів між транспортними засобами та пішоходами була значно пов'язана з кількістю спостережуваних конфліктів у полі.

Vasconcelos (2014) також провів дослідження для підтвердження використання SSAM як інструменту для оцінки безпеки перехресть. Двома методами перевірки є порівняння кількості змодельованих конфліктів у SSAM із прогнозованою кількістю аварій зі звичайних моделей прогнозування аварій у трьох опорних макетах перехрестя. Другий підхід полягав у порівнянні результатів SSAM з конфліктами, які спостерігалися на місці на чотирьох перехрестях. Результати показують, що, незважаючи на деякі обмеження, пов'язані з характером поточних моделей мікросимуляції руху, аналіз SSAM є надзвичайно перспективним підходом до оцінки безпеки нових об'єктів або інноваційних планів.

Обмеження SSAM

SSAM довів, що є життєздатним інструментом, який допомагає оцінити ефективність безпеки транспортного засобу. Однак ця багатообіцяюча техніка має деякі обмеження. У симуляційних моделях є деякі ситуації, які призводять до симуляції аварії, яка називається «віртуальною аварією» в (Gettman., 2008). Цей тип аварії, у якому SSAM ідентифікує конфлікт із $TTC = 0$, виникає через те, що дані файлу траєкторії є аналізується в надзвичайно наноскопічному масштабі. Це ситуації, коли логіка в імітаційній моделі не точно й повністю не відображає фізичну можливість певного маневру.

Іншим обмеженням SSAM є те, що він визначає конфлікти серед подій на низькій швидкості ($\text{MaxS} \leq 10$ км/год). Наприклад, транспортні засоби, що взаємодіють у чергах на безпосередній близькості, у яких значення TTC може бути меншим за ідентифіковане порогове значення, але жоден відповідальний спостерігач не вважатиме ці події конфліктом у типовому польовому дослідженні конфлікту. Крім того, SSAM в деяких випадках може ідентифікувати конфлікти між пішоходами, які взаємодіють на пішохідному переході. Наприклад, пішоходи імітуються як транспортні засоби у VISSIM, і оскільки вони взаємодіють дуже близько один до одного на своїх посиленнях (пішохідних переходах), це змушує SSAM визначити їхню взаємодію як конфлікт.

Крім того, у VISSIM пішохідні переходи іноді будуються у зв'язках, що перекриваються, що змушує SSAM ідентифікувати ці взаємодії між пішоходами як конфлікт. Ці три типи конфліктів (віртуальні аварії, події на низькій швидкості та конфлікти між пішоходами) слід усунути або принаймні обмежити дуже рідкісними подіями.

2. АНАЛІТИКО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1. Визначення, цілі та методологічні підходи

У цьому розділі розглядаються два методологічні підходи, які використовувалися для оцінки ефективності велосипедних боксів, захищених перехресть і обробки велосипедних сигналів: опитування велосипедистів та моделювання VISSIM. Підхід до опитування велосипедистів використовувався для вимірювання сприйняття велосипедистами безпеки велосипедної коробки та велосипедного сигналу, а також для оцінки знань велосипедистів, розуміння та інших реакцій на нові методи лікування. Підхід моделювання VISSIM використовувався для оцінки впливу досліджуваних методів лікування як з точки зору безпеки, так і з точки зору експлуатації.

Цей розділ містить:

- Опитування велосипедистів
- Моделювання VISSIM
- Пост-опитування велосипедистів

Було проведено опитування велосипедистів до та після, щоб виміряти сприйняття велосипедистами боксу для велосипедистів та велосипедного сигналу на міських перехрестях. Було проведено польове опитування велосипедистів разом із онлайн-опитуванням серед велосипедистів у місті (див. додаток В і Г). Основна мета опитування полягала в тому, щоб виміряти сприйняття велосипедистами безпеки велосипедного боксу, велосипедного сигналу, а також оцінити знання, розуміння та інші реакції на нове оформлення перехресть. Опитування проходило у формі MCQ, яке складалася з 13 і 14 запитань відповідно до та після. І до, і після опитування майже ідентичні з точки зору поставлених питань. Мета кожного питання коротко викладена нижче:

- Запитання 1-6: Ці запитання були розроблені, щоб отримати основні демографічні дані про учасників, мету та рівень їзди на велосипеді.
- Запитання 7-8: Запитання 7 показує картинку, подібну до тієї, що на рисунку 2.1, для перехрестя з різними моделями повороту ліворуч і

пропонує учасникам вибрати найкращий спосіб повороту ліворуч. Запитання 8 запитує учасників про причину їх вибору.

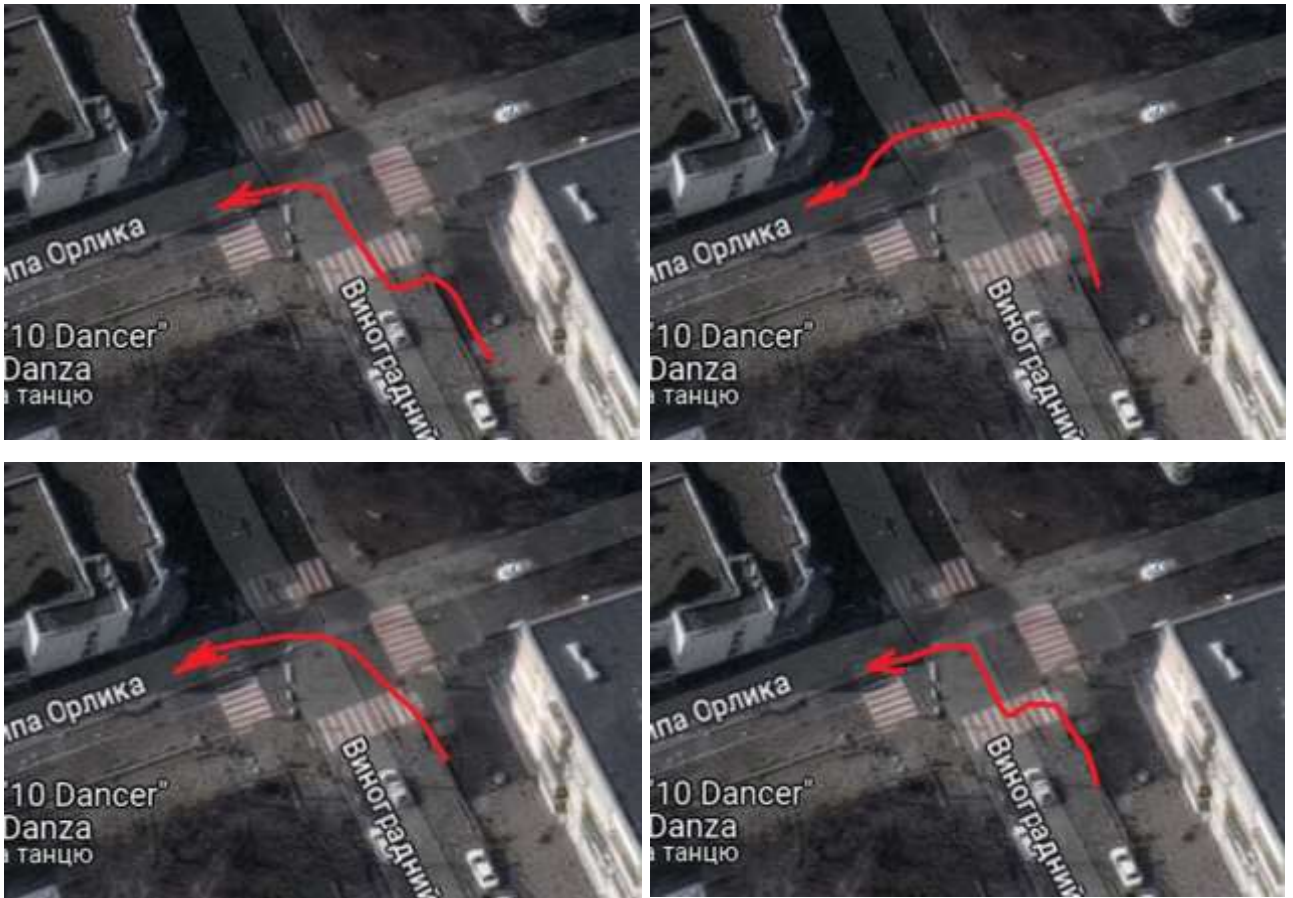


Рисунок 2.1 –Схеми повороту ліворуч у перед установкою боксу для велосипедистів

- Запитання 9: це запитання показує загальний дизайн перехрестя з велосипедним боксом на його північному під'їзді, як показано на рисунку 13, і запитує учасників про місце, де вони зупиняться, якщо повернуть ліворуч на червоний сигнал. Загалом на вибір учасника дев'ять варіантів. На це запитання було дозволено декілька відповідей.

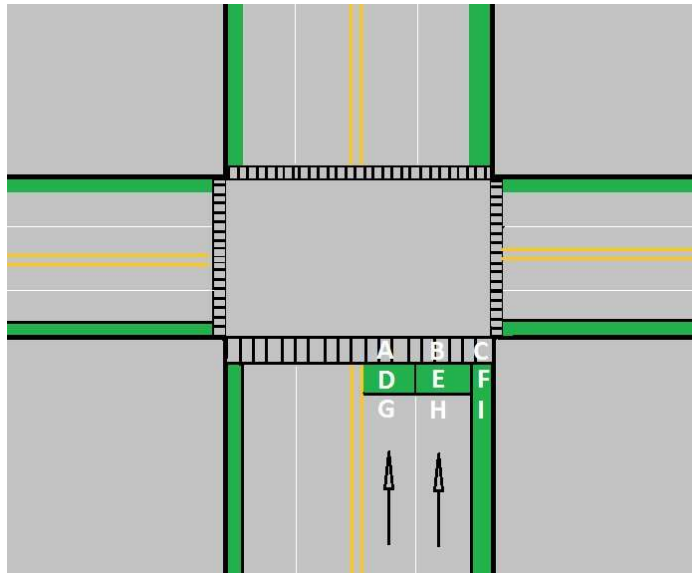


Рисунок 2.2 – Позиція зупинки велосипедиста під час повороту ліворуч на червоний сигнал

- Запитання 10: Основна мета цього запитання полягала в тому, щоб попросити учасників оцінити чотири характеристики чотирьох перетинів цього дослідження. Ці функції: безпека, простір, час сигналу та легкість навігації для велосипедистів на конкретному перехресті.
- Запитання 11: У цьому питанні учаснику показали зображення типової головки велосипедного сигналу та попросили оцінити потребу велосипедистів у такому сигналі на перехрестях.
- Запитання 12: Метою цього запитання було визначити обізнаність учасника про призначення велобоксу. Загалом було наведено п'ять відповідей, включаючи «Я не знаю». На це запитання було дозволено декілька відповідей.
- Запитання 13: У цьому питанні учасників запитали про рівень їхньої згоди з тим, що велобокс сприятиме їзді на велосипеді та підвищить безпеку. Підказка: це питання під номером 14 у кейсі після опитування.
- Запитання 14: У цьому питанні учасникам було запропоновано, чи помітили вони встановлений велосипедний ящик у футлярі після встановлення. Це питання було лише під час опитування.

Див. Додаток для обох версій (до і після випадку) проведених опитувальників.

Основним персоналом для проведення опитування була навчена команда з двох студентів. І автор, і інший студент-волонтер були одягнені в захисні жилети і стояли на тротуарах, що примикають до перехрестя. Усіх велосипедистів поблизу або на перехресті просили пройти опитування на місці. Якщо суб'єкт заявляв, що він/вона не встиг закінчити друковану копію опитування, йому/їй тоді видавали листівку для участі в опитуванні. у свій/її вільний час. Листівка містить інформацію про проект для онлайн-версії опитування.

Відповіді були в основному з вулиць Ярославів Вал та вул. Олеся Гончара, оскільки місто виявило зацікавленість у встановленні велосипедних боксів лише на цьому перехресті. Під час цього візиту команда змогла зібрати 24 відповіді на опитування за той день. Окрім польового опитування та розповсюджених листівок, запрошення електронною поштою з коротким підсумком проекту та посиланнями на опитування було надіслано різним групам велосипедистів, клубам і магазинам велосипедистів у місті. Онлайн-відповіді збиралися в період з травня по вересень 2023 року. За попередній період було зафіксовано 21 онлайн-відповідь. Загальна кількість дійсних відповідей для випадку до інсталяції становить 45 відповідей.

Міська влада встановила бокси для велосипедів на трьох під'їздах на перехресті. Загалом було зібрано 37 відповідей як під час візитів на місця, так і онлайн у подальшому випадку. У таблиці 2.1 наведені дати обстеження та погодні умови для польового обстеження до та після.

Таблиця 2.1 - Підсумок дат польових досліджень і погодних умов

Перед установкою боксу для велосипеда		
Дата опитування	Температура	Погода
7 червня	18 °C	Весь день сонячно, ясно
Після установки велосипедного боксу		
Дата опитування	Температура	Погода
14 жовтня	16 °C	Весь день хмарно
20 жовтня	13 °C	Весь день сонячно, ясно
27 жовтня	5 °C	Сухо, ясно весь день

У таблиці 2.2 узагальнено кількість відповідей на опитування як на місцях, так і в онлайн-опитуваннях до та після випадків.

Таблиця 2.2 - Підсумок отриманої кількості відповідей на опитування

	Відповіді на місцях	Онлайн відповіді	Загальна кількість відповідей
Перед боксом для велосипеда	24	21	45
Після боксу для велосипеда	19	18	37

Щоб перевірити статистичну значущість результату, використовувався тест Хі-квадрат, щоб визначити, чи зміни серед результатів були значущими чи спричинені ймовірністю лише для такої пари результатів: (1) до встановлення коробки для велосипеда та (2) після встановлення боксу для велосипеда. Загальна формула для тесту хі-квадрат наведена нижче:

$$X^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(o_i - e_i)^2}{e_i}$$

Де:

- O_i = Кількість фактичних спостережень
- E_i = Кількість очікуваних спостережень

Припускаючи:

- Незалежність подій
- Жодна комірка матриці 2*2 не може мати очікуване значення менше 5 у розкладі непередбачених ситуацій
- Сума очікуваної частоти всіх комірок повинна дорівнювати сумі спостережуваної частоти для всіх комірок
- Сума всіх спостережуваних частот мінус сума всіх очікуваних частот дорівнює 0.

У випадку, якщо розмір вибірки був недостатньо великим, щоб використовувати тест хі-квадрат, точний Фішер

Натомість використовувався тест із таким припущенням:

- Загальна кількість комірок у матриці 2*2 менша за 20 або більше ніж 20, але очікувана кількість комірок становить 5 або більше, тобто менше ніж 80 % комірок

Значення P було розраховано за допомогою програмного забезпечення Excel, а потім порівняно зі значенням 0,05 для 95% значимого рівня. Наприклад, р-значення менше 0,05 означає, що різниця в розподілах може бути пов'язана з шансами менш ніж у 5 % випадків.

2.2. Моделювання VISSIM

2.2.1. Блок-схема моделювання

Для цього проекту було обрано мікроскопічне моделювання VISSIM, оскільки воно характеризується високим рівнем гнучкості деталей і точності моделювання велосипедистів і пішоходів. Щоб оцінити вплив стоянки для велосипедів, захищеного перехрестя та обробки велосипедних сигналів на роботу та безпеку перехрестя, необхідно порівняти перехрестя в його поточному стані з перехрестям із запропонованими покращеннями. У цьому дослідженні VISSIM.

Програмне забезпечення для моделювання 9.08 було використано для створення віртуального середовища для перехрестя. Створення такого середовища було використано як платформу для тестування різних сценаріїв, як показано нижче:

- **Базова модель:** представляти перехрестя в його поточному стані (без покращень).
- **Модель 1:** представляють перехрестя після додавання 5 секунд переднього інтервалу для велосипедистів і пішоходів.
- **Модель 2:** представляють перетин після додавання коробки для велосипеда до базової моделі, і є три сценарії цієї моделі:
- **Сценарій 1:** представляють перехрестя після додавання боксів для велосипедів лише до всіх під'їздів (без обробок велосипедного сигналу).

- **Сценарій 2:** представляють перехрестя після додавання боксів для велосипедів і 5 секунд переднього інтервалу для велосипедистів і пішоходів.
- **Сценарій 3:** представляють перехрестя після додавання боксів для велосипедів і 11 секунд ексклюзивної фази велосипеда.
- **Модель 3:** Являють собою захищену конструкцію перехрестя.

Важливо зазначити, що RTOR дозволений лише в базовій моделі, тоді як він заборонений у всіх трьох інших моделях. Загалом буде оцінено шість сценаріїв.

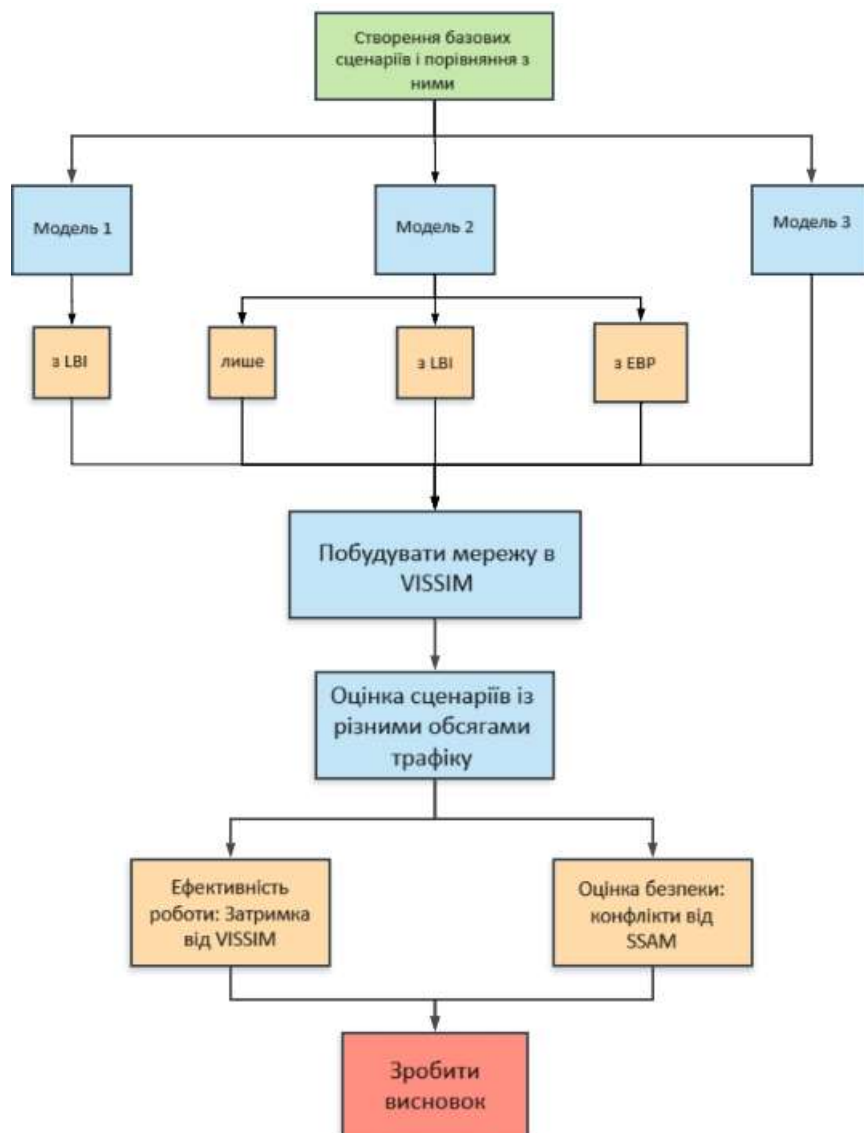


Рисунок 2.1 - Блок-схема моделювання

2.2.2. Розробка моделі в VISSIM

Першим кроком у створенні моделі VISSIM було отримати аерофотознімок ділянки та намалювати геометрію перетину. Це було зроблено шляхом визначення кількості смуг, ширини та довжини смуг для кожного підходу; створення зв'язків, з'єднання їх через з'єднувачі та створення велосипедної доріжки та з'єднання їх із боксами для велосипедів, якщо це можливо. По-друге, для кожного підходу призначався обсяг трафіку. Параметри транспортного потоку, такі як інтенсивність руху, кількість поворотів і склад транспортного засобу за підхід, були зібрані з оброблених відеоданих у лабораторії. Крім того, для кожного підходу до перехрестя було призначено кількість велосипедистів і пішоходів. По-третє, сигнали світлофора були створені та закодовані з моделі Synchro та VISSIM відповідно до отриманого обсягу трафіку. Нарешті, конфліктні зони були визначені та змінені відповідно до правил дорожнього руху. Крім того, у мережу було додано конфлікти та зони зниженої швидкості, щоб краще імітувати різні рухи на дорозі. Наприклад, швидкість транспортних засобів, що повертають праворуч, була встановлена на рівні 9 миль/год, а для транспортних засобів, що повертають ліворуч, – 12 миль/год.

VISSIM вимагає від користувача ввести обсяг трафіку для всіх типів користувачів, щоб імітувати різні запропоновані методи лікування. Обсяги трафіку та коефіцієнти розвороту транспортних засобів були отримані із зібраних відеоданих на перехресті за три дні. Змодельована година навчання триває з 16:00 до 17:00, а використаний обсяг трафіку є середнім зібраним обсягом за три дні протягом тієї самої години навчання. Використовуючи отриманий об'єм моторизованого трафіку з відеоданих як базу, об'єм трафіку збільшувався та зменшувався з кроком 20% до збільшення базового об'єму на 20%, у якому імітаційні моделі почали стикатися з помилкою, що перевищує цей об'єм, що вказує на те, що модель не може обслуговувати гучність більше цього рівня. Наприклад, 1.2 вказує на те, що змодельований обсяг трафіку на 20 відсотків перевищує базовий обсяг трафіку. Таблиця 3 нижче показує використаний обсяг трафіку на підхід.

Таблиця 2.3 - Годинний обсяг моторизованого транспорту на підхід

Інтенсивність автомобільного транспорту (авто/год.)			
Підхід	0,8	1	1.2
NB	235	294	353
SB	204	255	306
EB	154	193	232
WB	333	416	499
Загальний вхідний обсяг	926	1158	1390

Кількість велосипедистів протягом досліджуваної години на перехресті була дуже низькою (15 велосипедів/год на всіх підходах). Ця невелика кількість об'єму велосипедиста спричинила проблему в моделі, оскільки для ефективного тестування запропонованих методів лікування потрібно більше введення об'єму велосипеда. Щоб вирішити цю проблему, об'єм велосипеда становить 30 велосипедів/год. в EB і WB, і 16 велосипедів/год. у NB і SB були прийняті як базовий обсяг для подальшого аналізу. Крім того, було вирішено прийняти середній коефіцієнт поворотів велосипеда, отриманий із відеоданих: 13% поворотів праворуч, 65% проїзду та 22% поворотів ліворуч (16% після одноетапного повороту ліворуч і 6% після двоетапного повороту ліворуч). Велосипедист, що повертає праворуч, повертає зі своєї велосипедної смуги на іншу велосипедну смугу. Шаблони велосипедистів, які повертають ліворуч, були отримані із зібраних даних опитування, коли велосипедист, який виконує один етап, з'єднується з трафіком на смугу повороту ліворуч, щоб завершити рух на велосипедну смугу призначення. У той час як двоетапний поворот ліворуч велосипедистів імітували шляхом переміщення їхньої частини до велосипедиста, що рухається наскрізно, вулиці, що перетинає. Подібно до зміни обсягів моторизованого трафіку також було змінено обсяг велосипедистів; обсяг велосипедистів було збільшено за допомогою коефіцієнта множення, щоб забезпечити використання ширшого діапазону обсягів велосипедистів. Використані обсяги велосипедистів показані в таблиці 2.4 нижче. Також пішохідна швидкість 25 пед/год. за посилення за напрямком руху було додано до моделі.

Таблиця 2.4 - Годинний об'єм велосипедів

Годинний обсяг велосипедів (велосипед/год.)					
Підходи	0,5	1	2	3	4
NB	8	16	32	48	64
SB	8	16	32	48	64
EB	15	30	60	90	120
WB	15	30	60	90	120
Загальний вхідний обсяг	46	92	184	276	368

2.2.3. Калібрування та валідація моделі

Імітаційні моделі не можуть дати розумну оцінку польових умов, якщо вони не відкалібровані. Щоб модель виглядала справжньою, слід провести її калібрування та перевірку. Калібрування моделі можна визначити як процес, під час якого окремі компоненти імітаційної моделі налаштовуються для точного відображення польових умов. Універсальний показник GEN використовувався для порівняння спостережуваного обсягу трафіку в полі з результатами моделювання. Ця емпірична формула була створена в 1970 році і зазвичай використовується серед інженерів дорожнього руху для порівняння двох наборів обсягів трафіку. Формула визначається так:

$$GEN = \sqrt{\frac{2(m - c)^2}{m + c}}$$

де:

m – вихідний обсяг трафіку з імітаційної моделі (км/год)

c – вхідний обсяг трафіку (км/год)

Значення GEN 5 або менше вважається прийнятним і задовільним значенням у інженерному співтоваристві. Аналіз GEN виявив $GEN < 5$ для всіх транспортних засобів у мережі, що означає, що змодельоване перехрестя вважалось прийнятним. Іншим критичним критерієм калібрування є зміна кількості запусків моделювання. VISSIM дозволяє користувачеві визначити кількість симуляцій, щоб отримати більш значущі та стабільні результати.

Наступне рівняння було використано для визначення кількості необхідних прогонів моделювання:

$$N = \left(2 * t_{0,025,N-1} * \frac{S}{R} \right)^2$$

$$N = \left(2 * 2.05 * \frac{0.82}{0.95} \right)^2 = 12.52 \text{ запусків (було використано 15 запусків)}$$

Де:

N: кількість необхідних симуляцій

$t_{0,025,N-1}$ – t-статистичний критерій Стюдента для двосторонньої похибки 2,5 відсотка кожна

S – стандартне відхилення середнього значення затримки

R – довірчий інтервал для істинного середнього

Щоб отримати стабілізовану та зменшену помилку, початкове число також було збільшено на один для кожного запуску, щоб забезпечити максимальну випадковість для кожного сценарію. Тривалість кожного проходу була встановлена на 3600 секунд. Для того, щоб краще відобразити справжню природу поведінки дорожнього руху цієї моделі, була використана наступна модель автомобіля Wiedemann 74, оскільки вона була рекомендована для міського руху та об'єднаних зон (посібник користувача PTV VISSIM). Після цього була проведена візуальна перевірка запущеної моделі, щоб переконатися, що анімація моделі відповідає умовам реального світу; модель не можна вважати відкаліброваною, якщо анімація нереалістична.

Кілька нереалістичних імітованих збоїв було виявлено та виправлено шляхом виправлення перекривань між деякими посиланнями та роз'ємами в мережі. Потім відкалібровану модель було перевірено за допомогою нового набору зібраних даних про обсяг трафіку. Нарешті, імітаційна модель VISSIM відкалібрована та перевірена. Перехрестя за різних умов обробки показано на рисунку нижче. Після цього кожену комбінацію об'ємів запускали загалом 15 разів протягом 3600 секунд (1 годину) для кожної моделі з різними випадковими номерами посіву. Загалом модель VISSIM була запущена $= 3*5*6*15= 1350$ разів.

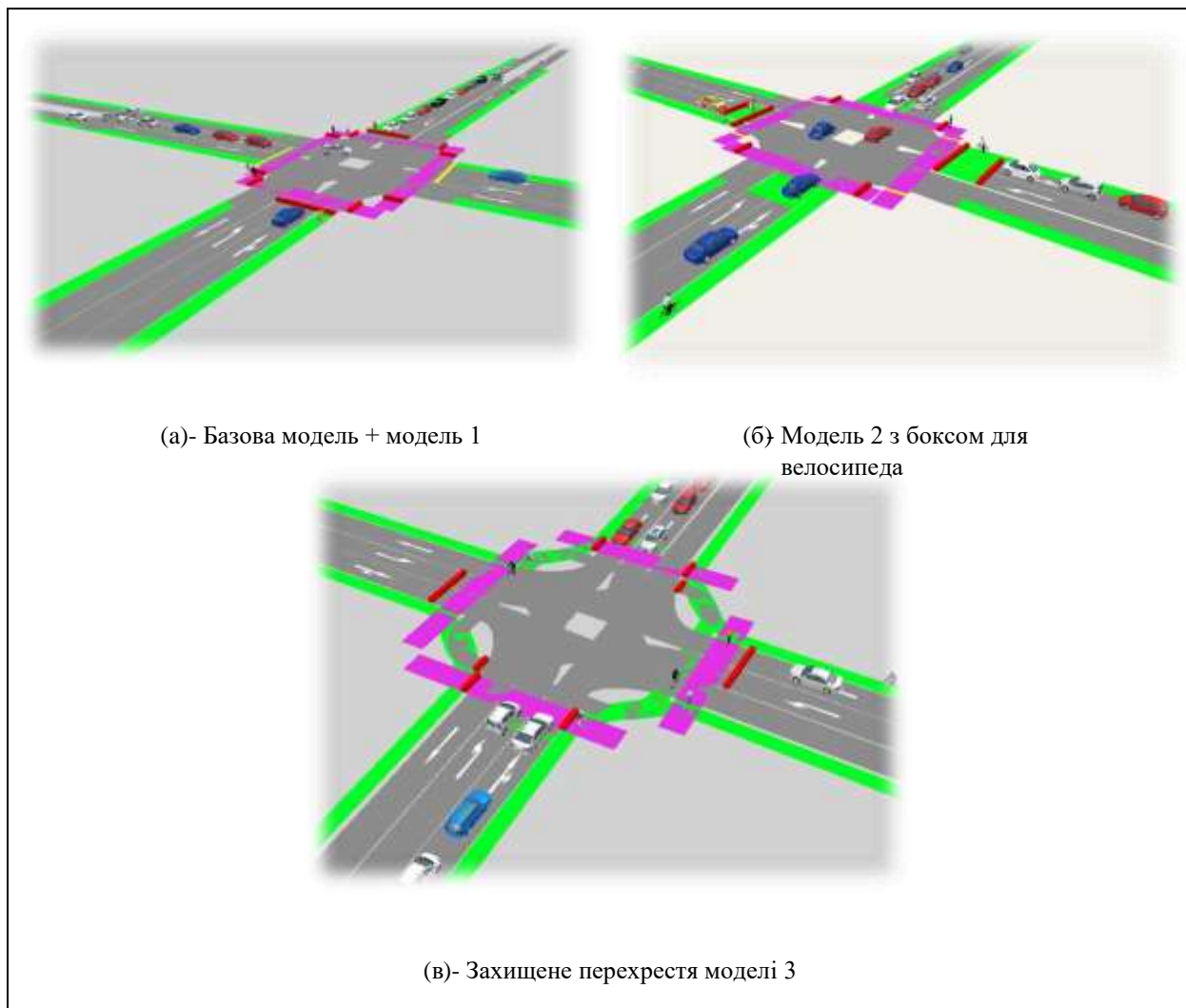


Рисунок 2.2 – Імітаційна модель VISSIM для (а) базової моделі та моделі 1, (б) для моделі 2 та (в) для моделі 3

2.3. Модифікації для кожної моделі

Базова модель

Дуже важливо налаштувати базову модель, з якою порівнюватимуться всі інші моделі. Базова модель відображає перетин без будь-яких обробок. Щоб забезпечити достовірне та однакове порівняння, цю модель було скопійовано, і всі методи лікування пізніше були реалізовані в цій копії. На наступному рисунку показано поточну фазову схему та діаграму руху для перехрестя.

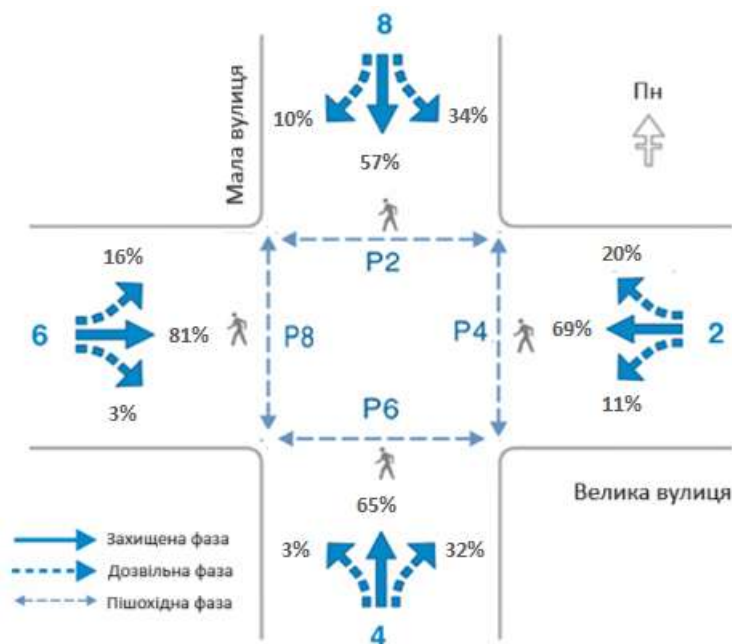


Рисунок 2.3 – Діаграма фаз і рухів

Одна помітна відмінність між базовою моделлю та всіма іншими моделями полягає в тому, що вмикається праворуч

У базовій моделі допускається використання червоного кольору. У реальному житті це було б зроблено шляхом встановлення вивісок на зразок «Ні Увімкніть червоний» або динамічний знак (No Turn on Red) на перехресті. Однак у симуляції це можна зробити, додавши вторинний набір сигнальних головок. Цей новий набір сигнальних головок буде імітувати динамічний знак. Ці знаки під назвою «Зупинка «Правий поворот на червоний» RTOR» працюватимуть, лише якщо пов'язані сигнальні головки світяться червоним і перший транспортний засіб у черзі хоче повернути праворуч, і немає конфліктних рухів з інших сторін вулиці. Це налаштування в моделюванні показано на рисунку 2.4 нижче.

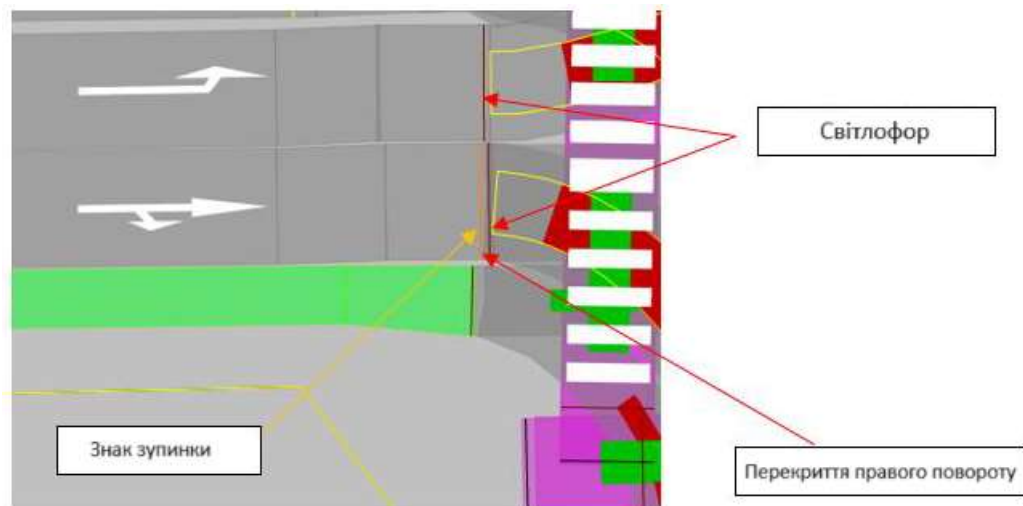


Рисунок 2.4 – Сигнальна секція «Правий поворот на червоний» (Right Turn on Red - RTOR), налаштована у VISSIM

Модель 1 (LBI)

Модель 1 відрізняється від базової моделі додаванням 5-секундного інтервалу переднього велосипеда та заборонаю «Правий поворот на червоний» RTOR у всіх підходах. Встановлення LBI зазвичай поєднується з інтервалом переднього пішохода (LPI), тому було вирішено забезпечити 5-секундний інтервал перед велосипедом і пішоходом одночасно. Важливо зазначити, що лише велосипедист, який проїжджає праворуч, виграє від цього інтервалу лідерства. Велосипедист, який повертає ліворуч, повинен зачекати, щоб продовжити відповідний поворот і поворот ліворуч.

Внесено робочі зміни до сигнальних головок для велосипедистів і пішоходів, щоб дати їм випередження перед початком руху відповідного автомобіля. Забезпечення велосипедистів і пішоходів цим переднім інтервалом дозволить їм звільнити перехрестя або принаймні розташувати їх у більш видимому місці для транспортних засобів, що рухаються. Система LBI працюватиме наступним чином; кожного циклу велосипедистові показували зелений сигнал протягом 5 секунд перед іншим відповідним рухом транспортного засобу. Усі смуги, які включають велосипедну доріжку, смугу для повороту ліворуч, спільну наскрізну та праву смуги, пізніше закінчатся одночасно, використовуючи той самий жовтий і всі червоні часи пропуску.

Модель 2 (Бокс для велосипеда)

Сценарій 1 (тільки Бокс для велосипеда)

Сценарій 1 моделі 2 відрізняється від базової моделі додаванням боксу для велосипедів перед смугами руху та заборонаю повороту праворуч на червоному на всіх під'їздах. У реальному житті однакові сигнальні головки працюватимуть як для велосипедистів, так і для транспортних засобів. Однак при моделюванні потрібен новий набір сигнальних головок у передній і задній частині боксу для велосипеда, щоб контролювати рухи велосипедистів, а також для розміщення моторизованої головки світлофора позаду боксу для велосипеда. Запровадження боксу для велосипедів забезпечить фізичну відстань приблизно в 15 футів між велосипедами та транспортними засобами, а також природну перевагу для велосипедистів, які чекають у зоні боксу.

Сценарій 2 (Бокс для велосипеда + LBI)

Сценарій 2 моделі 2 відрізняється від базової моделі наявністю вело-боксів і додаванням 5-секундного інтервалу переднього велосипеда та заборонаю RTOR у всіх підходах. Встановлення LBI зазвичай поєднується з інтервалом переднього пішохода (LPI), тому було вирішено забезпечити 5-секундний інтервал перед велосипедом і пішоходом одночасно. На відміну від моделі 1, у цьому сценарії всі рухи велосипедистів, які повертають, отримають переваги від лідируючого інтервалу, включаючи велосипедиста, що повертає ліворуч, завдяки наявності боксу для велосипеда.

Внесено робочі зміни до сигнальних головок для велосипедистів і пішоходів, щоб дати їм випередження перед початком руху відповідного автомобіля. Забезпечення велосипедистів і пішоходів цим переднім інтервалом дозволить їм звільнити перехрестя або принаймні розташувати їх у більш видимому місці для транспортних засобів, що рухаються. Система LBI працюватиме наступним чином; кожного циклу велосипедистові показували зелений сигнал протягом 5 секунд перед іншим відповідним рухом транспортного засобу. Усі смуги, які включають велосипедну доріжку, смугу для повороту ліворуч, а також спільну наскрізну та праву смуги, згодом закінчатся одночасно, використовуючи той самий жовтий і червоний час пропуску.

Сценарій 3 (ЕВР)

Сценарій 3 моделі 2 замінює лідируючий інтервал сценарію 2 ексклюзивною велосипедною фазою, де велосипедист може вільно маневрувати перехрестям, не турбуючись про конфлікт із будь-яким рухом транспортного засобу. Однією з проблем, з якою зіткнулися, було визначення необхідного часу сигналу для такої фази. Формула для оцінки мінімального часу їзди на велосипеді з положення стоячи:

$$BMG + Y + R = (PRT + \frac{V}{2a}) + \frac{(W + L)}{V}$$

Де:

BMG = мінімальний зелений інтервал (с),

PRT = час сприйняття та реакції = 1 с,

W = ширина перехрестя (фути),

L = типова довжина велосипеда.

a = прискорення велосипеда, і

V = швидкість перетину велосипеда = або 10 км/год.

$$BMG + Y + R = (6) + \frac{(55 + 6)}{14.7} \approx 10.04 \text{ сек.}$$

Крім того, обмежується цей час за таким рівнянням:

$$Gmin + Y + R > (6) + \frac{(W + 6)}{14.7} \approx 10.14 \text{ сек.}$$

Тому було вирішено їхати з відривом в 11 секунд для етапу велосипедистів.

Іншою проблемою, з якою зіткнулися, було визначення інтервалу дозволу для велосипедиста. Правила вимагають, щоб для велосипедистів був забезпечений відповідний інтервал дозволу, щоб гарантувати, що велосипедист, який в'їжджає на перехрестя під час зеленої фази, має достатньо часу, щоб безпечно звільнити перехрестя, перш ніж конфліктний рух отримає зелений сигнал. Крім того, тимчасове схвалення вимагає мінімум 3 секунди інтервалу зміни жовтого для велосипедиста. Для розрахунку загального часу проїзду для велосипедиста було надано наступне рівняння:

$$C_i = 3 + \frac{W}{V}$$

$$C_i = 3 + \frac{55}{14.7} \approx 7 \text{ сек}$$

Нарешті, наступну фазу велосипедиста було додано до сценарію 3 моделі 2 у VISSIM: 4 секунди зеленого часу, 3 секунди жовтого часу та 4 секунди червоного часу проходження. Система ЕВР працюватиме наступним чином: кожен цикл велосипедист матиме необмежений доступ до перехрестя протягом інтервалу ЕВР, включаючи велосипедиста, що повертає ліворуч. Після цього сигнальні головки, які контролюють рух велосипеда наскрізним і правим поворотом, завершаться з використанням вищезгаданого інтервалу дозволу. Велосипедисти, які повертають ліворуч, все одно матимуть доступ до перехрестя з відповідним рухом транспорту.

Модель 3 (Захищене перехрестя)

Модель 3 відрізняється від базової моделі зміною традиційного дизайну перехрестя на захищене. Це включає додавання основних елементів захищеного перехрестя до базової моделі. Сигнальні головки, які контролюють рух велосипедистів, перенесли далі від перехрестя. Завдяки цьому велосипедист матиме ефективну перевагу та коротшу дистанцію перетину. Сигнал працюватиме так само, як і в базовій моделі, за винятком того, що червоний поворот праворуч тут заборонено. У цій моделі передбачається, що всі велосипедисти, які повертають ліворуч, виконують двоетапний поворот ліворуч.

Програмне забезпечення Synchro використовувалося для оптимізації та характеристик сигналу трафіку (наприклад, розділення фаз і довжина циклу). Оптимізовані сигнали світлофора були створені в Synchro для всіх різних комбінацій обсягу трафіку для вибраного перехрестя до та після впровадження вибраних процедур.

Однією з проблем, з якою зіткнулися, була розробка схеми обробки велосипедних сигналів у програмному забезпеченні Synchro. Таким чином, щоб представити провідний інтервал для велосипедистів і пішоходів у Synchro, 5-секундний інтервал «Hold» було розміщено для кожного напрямку руху перед початком відповідного наскрізного руху. Аналогічно, інтервал утримування 11 секунд (зелений = 4 с, жовтий = 4 с і всі червоні = 4 с) використовувався для

представлення ексклюзивної фази велосипеда. Крім того, однакова тривалість циклу використовувалася в усіх моделях однакового рівня обсягу трафіку, щоб встановити справедливе порівняння між моделями, таким чином усуваючи вплив різної тривалості циклу на подальше ускладнення аналізу. На рисунку 2.5 нижче показано приклад діаграм розподілу та фазування, що використовуються при рівні обсягу трафіку 1,0.

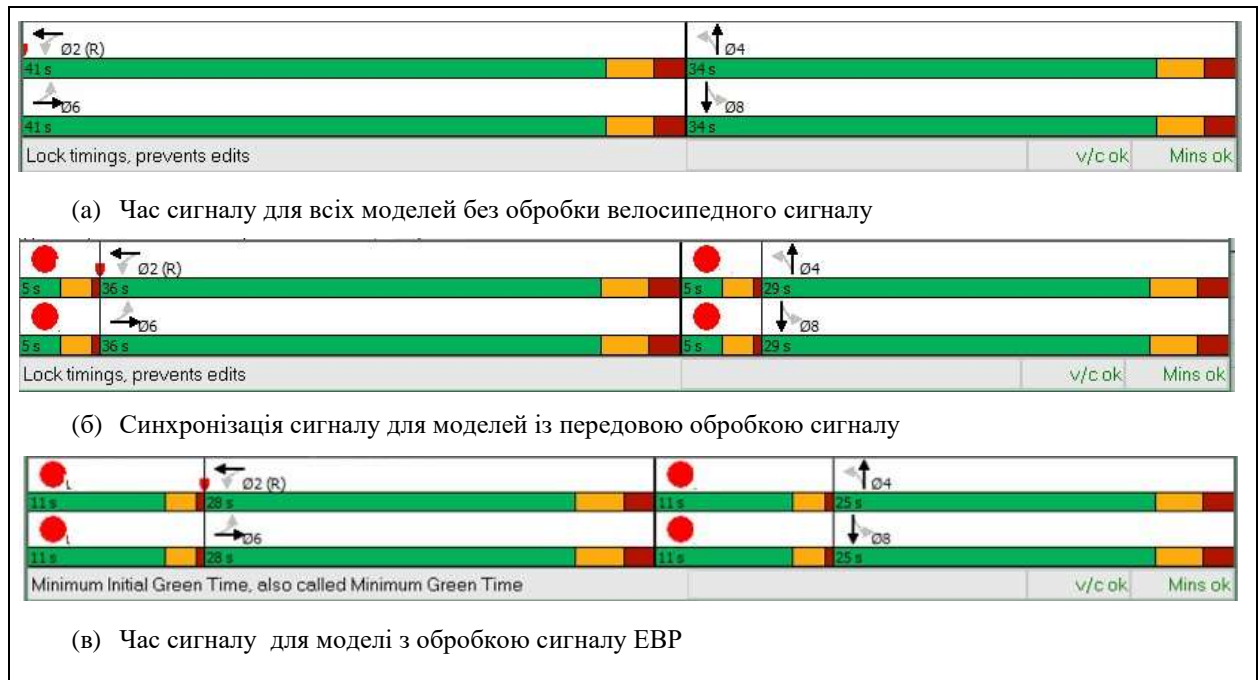
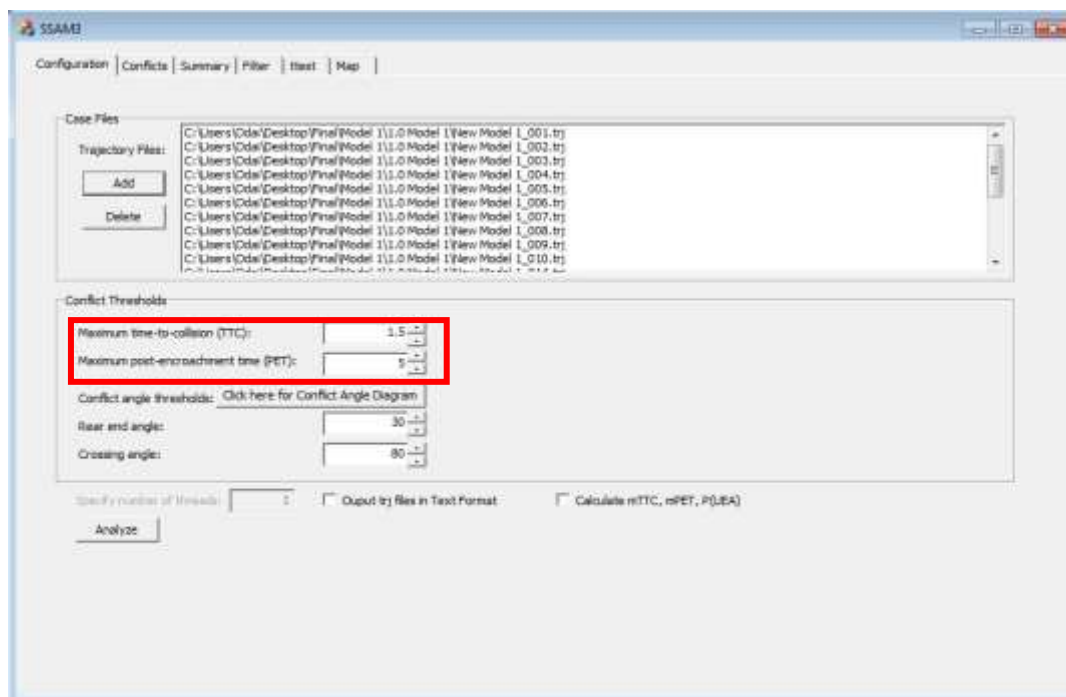


Рисунок 2.5 – Розподіли Synchro для всіх моделей на рівні обсягу трафіку 1.0

Виявлення конфліктів у SSAM

Оскільки це дослідження зосереджено на впливі велосипедного боксу, захищеного перехрестя та обробки велосипедних сигналів на безпеку немоторизованого руху, аналіз безпеки різних учасників дорожнього руху є дуже важливим на даному етапі. Враховуючи обмеження типових методів оцінки безпеки, які обговорювалися у другому розділі раніше, нещодавно виникла потреба у кращій альтернативі. У цьому дослідженні використовується програмне забезпечення SSAM, оскільки на даний момент воно вважається єдиним можливим способом використання мікроскопічної імітаційної моделі руху для оцінки безпеки об'єкта руху. Таким чином, це дослідження поєднало SSAM з VISSIM для вимірювання ефективності досліджуваних методів

лікування для підвищення безпеки немоторизованих користувачів. У цьому дослідженні використовується SSAM 3.0. Вихідні файли траєкторії транспортного засобу з VISSIM використовувалися як вхідні дані в SSAM для автоматизації аналізу конфліктів для кожної імітаційної моделі з усіма комбінаціями обсягів. Двома пороговими значеннями, які можна використовувати для визначення конфлікту в SSAM, є максимальний TTC і максимальний PET. Оскільки змодельоване перехрестя вважається міським перехрестям з низькою швидкістю, відповідно до (Souleyrette, 2012), рекомендоване порогове значення 1,5 секунди було використано для TTC. Крім того, конфлікти зі значеннями TTC, що перевищують 1,5 секунди, не розглядаються спільнотю безпеки як достатньо подій, щоб бути записаними в традиційному польовому дослідженні конфліктів. Для порогу PET було використано значення за замовчуванням 5,0 секунди. Приклад вікна SSAM із завантаженим trj. Файли та визначені порогові значення TTC і PTE показано на рисунку 19 нижче.



Рисунк 2.6 – Вікно конфігурації SSAM із вибраним порогом TTC і PET

SSAM використовує траєкторію транспортних засобів у мережі для виявлення конфлікту. Будь-який конфлікт можна класифікувати як точку конфлікту або лінію конфлікту. Конфліктна точка представляє фіксовану точку в просторі, де транспортний засіб, що перетинає дорогу, перериває рух іншого транспортного засобу. Тоді як лінія конфлікту являє собою взаємодію двох транспортних засобів на одній смузі протягом певного періоду часу. Типова точка конфлікту та діаграма лінії конфлікту зображені на рисунку 20 нижче. Як показано на частині (а) малюнка, нижня лінія позначає транспортний засіб, що проїжджає, а верхня лінія позначає транспортний засіб, що перетинає дорогу. Цей малюнок також показує, що є два наскрізні транспортні засоби, які слідуєть один за одним і, за прогнозами, конфліктуєть із конфліктом перетину в точці конфлікту. SSAM визначить конфлікт із значенням TTC і PET для кожного наскрізного транспортного засобу з транспортним засобом, що перетинає дорогу. Наприклад, TTC 1 і PET 1 представляють значення конфлікту між уявним транспортним засобом №1 і транспортним засобом, що перетинає дорогу. Також важливо зазначити, що на діаграмі ліній конфлікту, на відміну від діаграми точок конфлікту, може бути більше однієї точки конфлікту. SSAM зафіксує мінімальне значення TTC, яке спостерігалось протягом усього перебігу події. Наприклад, SSAM запише перший конфлікт із TTC1 і PET 1 у частині (б) рисунка 2.7 нижче. Потім результат із SSAM було видобуто у формат файлу *csv*.

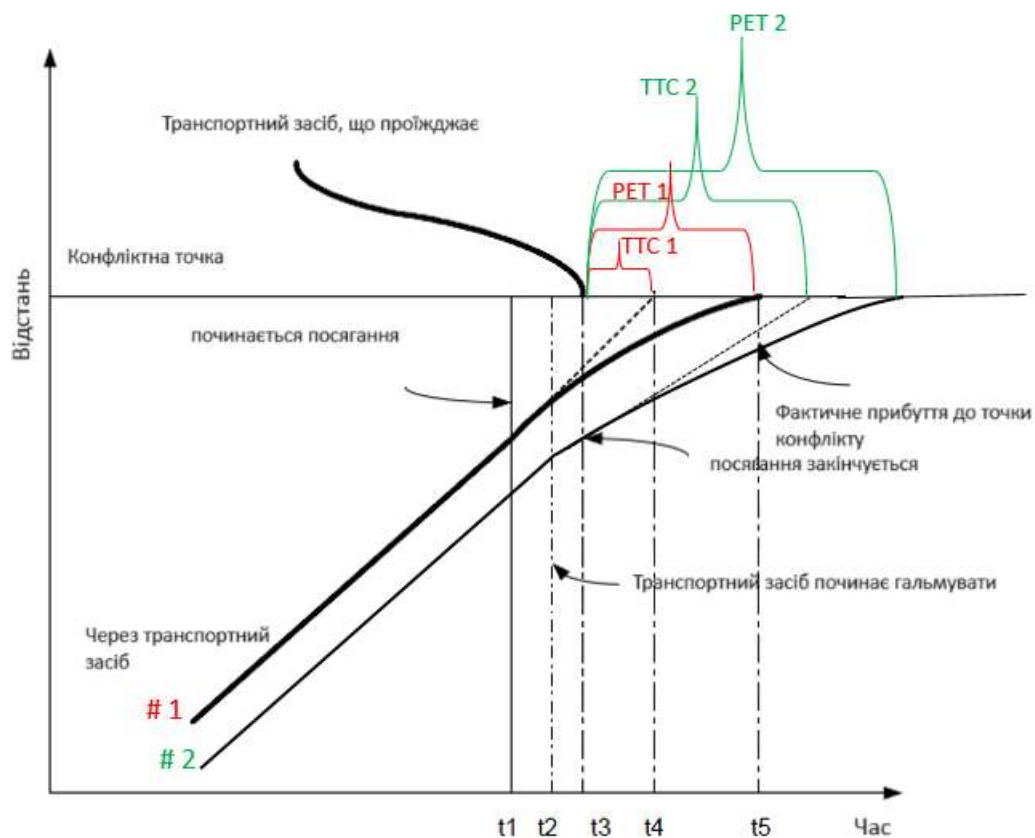
Як обговорювалося раніше у другому розділі, існують певні обмеження SSAM, і є три види конфліктів, які слід відфільтрувати, щоб усунути будь-яку невизначеність. По-перше, конфлікти с

TTC= 0 «віртуальні аварії» були відфільтровані, оскільки логіка в симуляційній моделі не точно й повністю не відображає фізичну можливість певного маневру. По-друге, усі низькошвидкісні події, які представляють транспортні засоби, що взаємодіють у черзі на безпосередній близькості (Макс. $S \leq 10$ миль/год), були відфільтровані з аналізу даних, оскільки такі конфлікти не можуть бути зафіксовані в типовому польовому дослідженні конфліктів. Нарешті, конфлікти пішохід-пішохід і велосипедист-велосипедист були вилучені з аналізу даних. Причина не згадувати такі конфлікти полягає в тому,

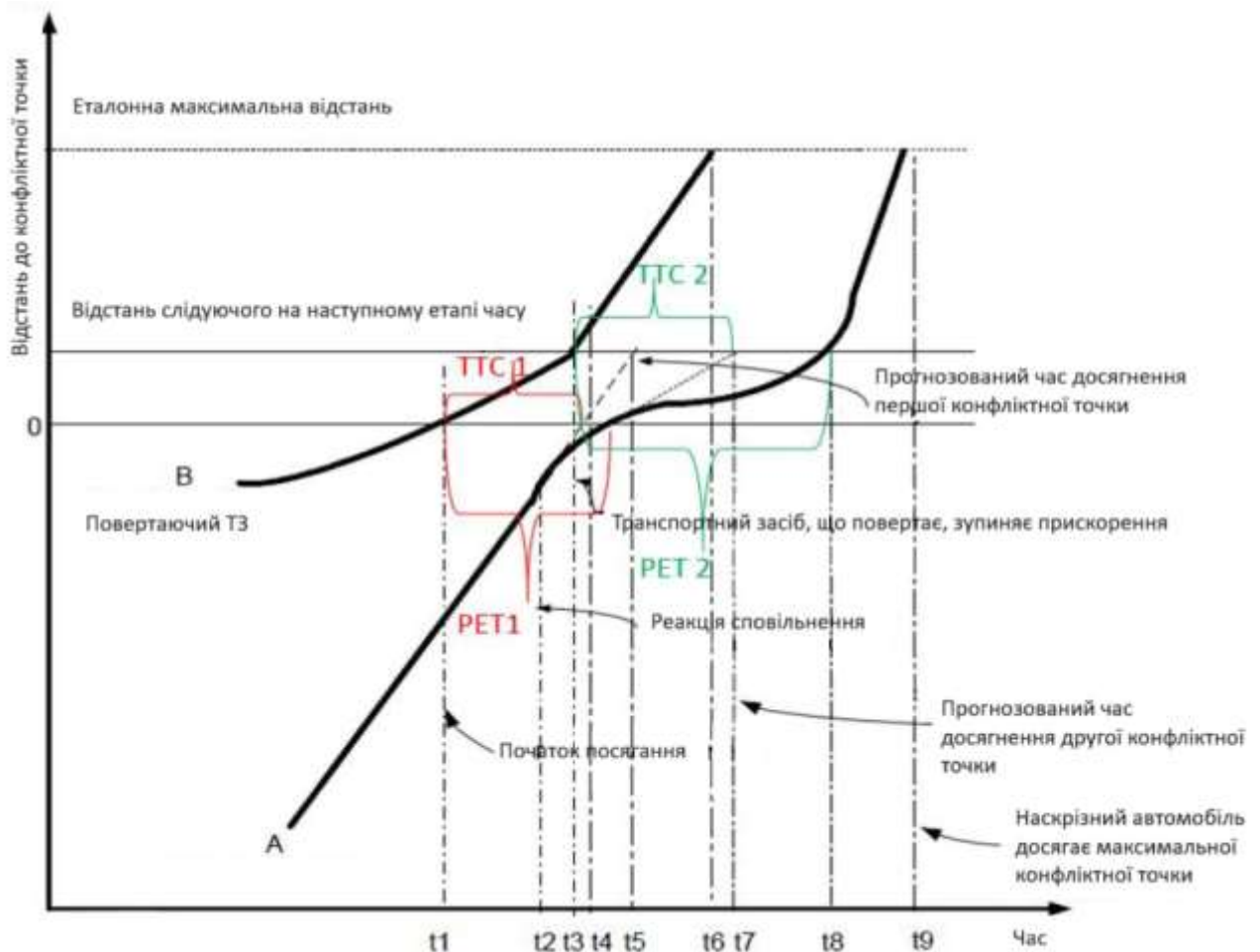
що це дослідження зосереджено на взаємодії між моторизованими та немоторизованими користувачами. Крім того, немає даних ні щодо конфліктів між пішоходами, ні щодо конфліктів між велосипедистами та велосипедистами.

Існує три типи конфліктів, які були визначені для подальшого аналізу. Ці конфлікти:

конфлікт транспортного засобу та велосипеда, конфлікт транспортного засобу та пішохода та конфлікт транспортного засобу. Для цього результати у файлі *csv* були відфільтровані на основі розміру автомобіля. Довжина транспортного засобу зазвичай становить від 3,75 до 12,5 метрів, у той час як для велосипедів вона становить 1,77 метра, а для пішоходів менше 0,46 метра.



а) Діаграма конфліктних точок



б) Лінійна діаграма конфлікту

Рисунок 2.7 – Діаграми конфліктів у SSAM (а) точка конфлікту, (б) лінія конфлікту

Для цілей цього дослідження загальну кількість конфліктів потім перетворили на збій за допомогою наступного рівняння:

$$\frac{\text{ДТП}}{\text{Рік}} = 0,119 \frac{\text{Конфлікти}^{1,419}}{\text{Годин}}$$

Це рівняння було розроблено (Gettman, 2008) у спробі зв'язати фактичні дані про аварії на 83 перехрестях реального світу з відповідними сурогатними показниками (конфліктами), які SSAM отримує з імітаційних моделей. У цій спробі використано модель нелінійної регресії для побудови моделі на основі конфліктів для прогнозування частоти аварій на перехрестях. Значення R-квадрат для цієї моделі становить 0,41.

3. ПРОЕКТНО-РЕКОМЕНДАЦІЙНИЙ РОЗДІЛ

3.1. Результати опитування велосипедистів

За допомогою методу, описаного вище, у цьому розділі показано аналіз даних і результати основних результатів як опитування велосипедистів, так і моделювання VISSIM. Цей розділ містить наступні два підрозділи:

- Результати опитування велосипедистів
- Результати моделювання VISSIM

Опитування велосипедистів

Основна мета опитування полягала в тому, щоб виміряти сприйняття велосипедистами безпеки велосипедного боксу та велосипедного сигналу, а також оцінити знання, розуміння та інші реакції на нове оформлення перехресть. У цьому розділі будуть показані лише основні результати опитування велосипедистів. Детальну інформацію, пов'язану з відповідями на інші запитання опитування, наведено в додатку.

Хоча опитування більшою мірою зосереджено на сприйнятті велосипедистами безпеки велосипедного боксу, були представлено наступні демографічні дані про велосипедистів, які користуються перехрестям, і представлені в таблиці 3.1 нижче. Більшість респондентів були у віці від 16 до 49 років. Крім того, респондентами опитування були переважно чоловіки, і більшість віднесли себе до досвідчених велосипедистів.

Таблиця 3.1 – Демографічна інформація про опитаного велосипедиста

Вік велосипедиста	Раніше	Після	Всього
<16	1	0	
16-24	9	15	
25-34	10	8	
35-49	10	7	
50-64	11	7	
65+	4	0	
Всього	45	37	
Загальна відповідь на запитання			82
Стать велосипедиста	Раніше	Після	
Чоловік	38	31	
Жінка	7	6	
Краще не говорити	0	0	

Всього	45	37	
Загальна відповідь на запитання			82
Рівень досвіду	Раніше	Після	
Початківець	3	2	
Проміжний	13	16	
Досвідчений	29	19	
Всього	45	37	
Загальна відповідь на запитання			82
Мета поїздки	Раніше	Після	
Фізичні вправи та здоров'я	27	11 7	
Відпочинок	20	28	
Поїздка на роботу і назад (робота/школа)	18	3	
Доручення/Покупки	14 4	1	
Інший	83	50	
Усього (вибрано більше одного)			
Загальна відповідь на запитання			133

Шаблон повороту велосипедиста ліворуч (завдання 7)?

Як до, так і після опитування просили велосипедистів вказати, як вони б повернули ліворуч на перехресті, показавши чотири різні альтернативи: схему А, В, С і D, як показано раніше на рисунках (а) і (b). У таблиці 3.2 наведено переважний для велосипедиста спосіб повороту ліворуч на перехресті з сигналом в обох випадках. Використовуючи тест Хі-квадрат/тест Фішера, було проведено статистичний аналіз, щоб визначити, чи є якась суттєва різниця в тому, як велосипедист повертатиме ліворуч після встановлення багажника для велосипеда.

Аналіз даних показав, що немає суттєвої різниці в моделях А, Б або В повороту ліворуч. Однак спостерігається значне збільшення в шаблоні Г з р-значенням $0,0094 < 0,05$ на 95% значущому рівні. Це збільшення майже на 19 % у шаблоні Г вказує на те, що велосипедист використовуватиме бокс для велосипедів більше за призначенням, під'їжджаючи з велосипедної смуги, а потім повертаючи ліворуч, використовуючи зону для велосипедів. Коли людей запитували, чому вони слідують шаблону Г, 8 респондентів (100% у випадку після) зазначили, що це допомагає їм почуватися безпечніше. Крім того, спостерігається незначне зниження частки респондентів, які обрали схему А (-4,2%), яка вважається менш безпечним способом використання велобоксу. У попередньому випадку десять респондентів (22%) вибрали шаблон В. Навпаки,

лише 3 респонденти (8%) відповідають зменшенню на 14,1% кількості респондентів, які обрали шаблон В після встановлення багажника для велосипеда. Шаблон В вважається найнебезпечнішим способом повороту ліворуч серед усіх інших шаблонів; Велосипедист піддається чотирьом потенційним конфліктам з автомобілями.

Таблиця 3.2 – Моделі поворотів велосипедистів ліворуч за даними опитування

Тип	До	Після	P значення	95 % Значно	% різниці
Шаблон А	25 56%	19 51%	0,7	Немає	-4,2%
Шаблон Б	9 20%	7 19%	0,9	Немає	-1,1%
Шаблон В	10 22%	3 8%	0,08	Немає	-14,1%
Шаблон Г	1 2%	8 22%	0,0094	Так	+ 19,4%
Всього	45	37			

Позиція зупинки велосипедиста на червоному під час повороту ліворуч (Запитання 9)?

Опитаним велосипедистам показали фотографію перехрестя з велосипедним боксом (без згадування слова велосипедний бокс) і попросили вибрати, де вони зупиняться, якщо повернуть ліворуч на червоний сигнал в обох опитуваннях. Як показано на рисунку 3.1, існує дев'ять потенційних місць зупинки для велосипедиста. Точки А, В і С вказують, що велосипедист зупиняється на пішохідному переході. Точки D і E показують, що велосипедист зупиняється прямо всередині боксу для велосипеда, а точки G, H показують, що велосипедист зупиняється на дорозі позаду боксу для велосипеда. Точки F і I вказують на те, що велосипедист зупиняється в зоні велосипедної смуги.

Попередній аналіз даних показав, що найвищий відсоток респондентів (51% у випадку до і 68% у випадку після) заявили, що вони зупиняться всередині велосипедного боксу перед стоп-лінією автомобіля (зони D і E на рисунку 3.1). Подальший аналіз даних показав, що спостерігається зменшення відсотка

респондентів, які вирішили зупинитися на пішохідному переході в точках В і С, а також на велосипедній смузі в точках F і I або на дорозі позаду велосипедного боксу в точці G.

Використовуючи тест Хі-квадрат/тест Фішера, можна помітити, що спостерігається значне збільшення частки респондентів, які вирішили зупинитися перед зоною очікування автомобіля (у точках А і D на рисунку 3.1) із значенням $p = 0,015$, $0,046 < 0,05$ відповідно на 95% значущому рівні. Це додавання відсотка велосипедистів, які вирішили зупинитися перед транспортним засобом, може призвести до потенційного підвищення безпеки велосипедиста. Однак збільшення частки точки А може посилити конфлікти між велосипедистом і пішоходом. Крім того, спостерігається значне зменшення частки респондентів, які зупинилися в точці F із значенням $p = 0,048 < 0,05$, і на 9% зменшення частки точки F на площі велосипедної доріжки. У таблиці 3.3 нижче показано положення зупинки велосипедиста всередині контейнера для велосипеда.

Таблиця 3.3 – Позиція зупинки велосипедиста в боксі за даними опитування

Позиція зупинки	Раніше	Після	P значення	95 % Значно	% різниці
A	2 3%	8 17%	0,015	Так	14,4%
B	3 4%	0 0%	0,269	Немає	-4,5%
C	7 10%	3 7%	0,525	Немає	-3,9%
D	28 42%	28 61%	0,046	Так	19,1%
E	6 9%	3 7%	1000	Немає	-2,4%
F	11 16%	2 4%	0,048	Так	-12,1%
G	4 6%	2 4%	1000	Немає	-1,6%
H	0 0%	0 0%	Н. А	Немає	0,0%
I	6 9%	0 0%	0,080	Немає	-9,0%

№ відповідей на запитання	67	46			
Всього	45	37			



Рисунок 3.1 – Велосипедист вказав позицію зупинки під час повороту ліворуч усередині боксу для велосипедиста

Подальший статистичний аналіз проводився для згрупованого набору точок замість кожної точки окремо, як показано в таблиці 3.4 нижче. Цей новий згрупований набір точок допоможе описати, чи були якісь значні зміни в положенні зупинки велосипедиста як групі точок. Наприклад, точки A+B+C вказують на використання пішохідного переходу. Так само точки A+D+G вказують на використання крайньої лівої сторони дороги. Статистичний аналіз показав значне збільшення на 31,9% (р-значення $0,002 < 0,05$ на 95% значущому рівні) частки велосипедистів, які зупинилися б на крайній лівій стороні дороги під час повороту ліворуч (група A+D +G на рисунку 3.1). Важливо, що майже 74% у середньому з 31,9% зупинилися б у точці D усередині боксу для велосипеда, яка вважається найбільш бажаною точкою для зупинки велосипедиста всередині боксу для велосипеда, коли він повертає ліворуч на червоний сигнал. Більше того, спостерігається значне збільшення на 22% ((р-значення $0,007 < 0,05$ на 95% значущому рівні) частки велосипедистів, які зупинилися б у зоні відсіку для велосипедів перед автомобілями (група D+E+ F на рисунку 3.2).

Таблиця 3.4 – Позиція зупинки велосипедиста як групи в боксі велосипеда за даними опитування

Позиція зупинки	Раніше	Після	P значення	95 % Значно	% різниці
A+B+C	12	11	0,436	Немає	6,0%
D+E+F	45	33	0,007	Так	22,0%
G+H+I	10	2	0,073	Немає	-10,6%
A+D+G	34	38	0,001	Так	31,9%
B+E+H	9	3	0,241	Немає	-6,9%
C+F+I	24	5	0,003	Так	-25,0%
№ відповідей на запитання	67	46			
Всього	45	37			

Крім того, спостерігається значне зменшення частки велосипедистів, які зупинилися б у зоні велосипедної смуги (група C+F+I на рисунку 3.1) вулиці (р-значення $0,003 < 0,05$ на 95% значущому рівні). Іншими словами, наявність велосипедного боксу заохочувала велосипедиста зупинитися перед автомобілями, а також допомагала велосипедисту змінювати місце зупинки з крайнього правого боку на крайній лівий бік вулиці під час повороту ліворуч. . Все це ілюструє потенційне підвищення безпеки велосипедистів на перехрестях із сигналізацією за допомогою велобокси.

Рейтинг ознак перетину (питання 10)?

І до, і після опитувань велосипедистів просили оцінити різні особливості перехресть для чотирьох перехресть уздовж коридору цього дослідження. Кожна характеристика має однакову вагу в п'ять балів, де п'ять означає, що респондент оцінив функцію дуже добре, а один означає дуже погано. (Відповіді «не знаю» були виключені з аналізу). Загальну кількість відповідей для кожної функції на кожному перехресті потім помножили на пов'язану з нею вагу та поділили на загальну кількість відповідей, щоб знайти вагу кожної функції з 5 в обох опитуваннях. Нижче наведено приклад цієї процедури для функції безпеки на перехресті:

Таблиця 3.5 – Підсумок відповідей щодо функції безпеки на перехресті

Відповіді на функцію безпеки велосипедистів для перехрестя		
Рейтингове значення	Раніше	Після
Дуже добре (5)	2	5
добре (4)	22	19
Ярмарок (3)	8	9
Погано (2)	3	2
Дуже погано (1)	3	1
Усього (без IDK)	38	28

$$\text{Рейтинг безпеки велосипедистів (до випадку):} \\ \frac{(2*5)+(22*4)+(8*3)+(3*2)+(3*3)}{39} = 3.44$$

$$\text{Рейтинг безпеки велосипедистів (після випадку):} \\ \frac{(5*5)+(11*4)+(8*3)+(2*2)+(1*3)}{28} = 3.69$$

Дотримуючись тієї самої процедури, оцінки всіх функцій порівнювалися до та після встановлення велосипедного боксу на перехресті перехресті. На рисунку 3.2 порівнюються різні оцінки функцій до та після встановлення боксів для велосипедів на перехресті. Примітно, що оцінка всіх характеристик для перехресті зросла. Інакше кажучи, велосипедний бокс може позитивно вплинути на такі функції перехрестя, як безпека, простір для велосипедистів, синхронізація сигналів і легкість навігації. Якщо говорити точніше, відбулося значне збільшення простору та зручності навігації в рейтингах функцій для цього перехрестя з 3,34 до 3,69 і з 3,2 до 3,86 відповідно.

Серед інших трьох перехресть, на яких не було встановлено велосипедну бокс, було незначно або зовсім не було очевидних змін, які можна знайти в рейтингах їх функцій. Насправді, відбулася негативна зміна в оцінках функцій на деяких перехрестях, на яких не було встановлено бокс для велосипедів.

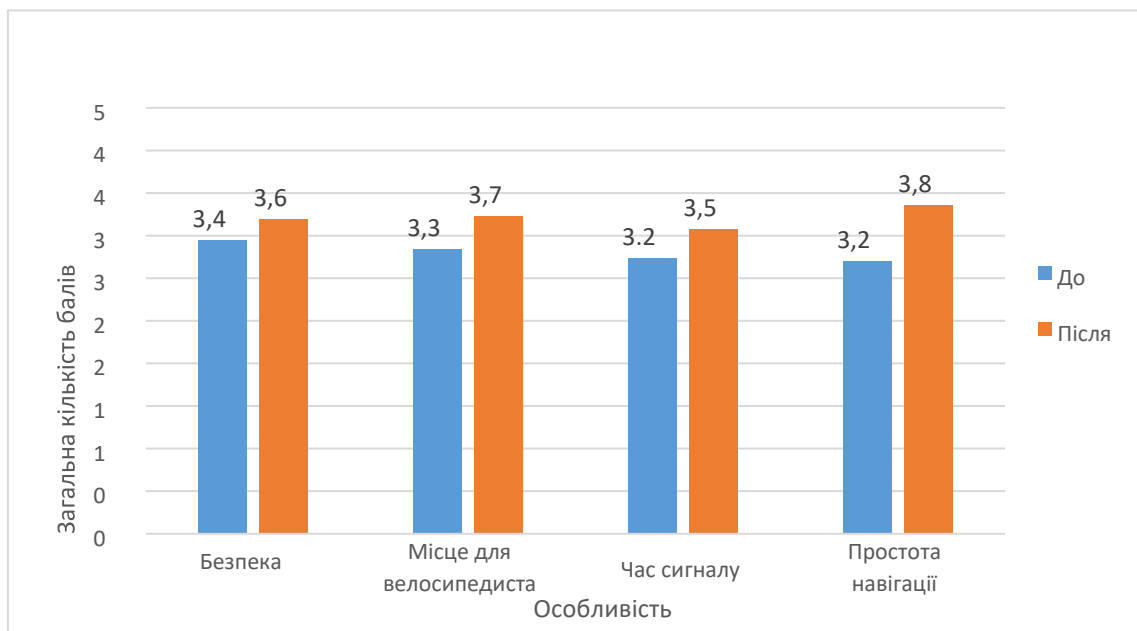


Рисунок 3.2 – Рейтинг характеристик перехрестя

Вело-бокс може сприяти їзді на велосипеді та підвищити безпеку (Запитання 13 і 14)?

Щоб допомогти виміряти сприйняття велосипедистами безпеки, усіх опитаних велосипедистів запитали про рівень їхньої згоди з тим, що велосипед підвищує безпеку, а коробка сприяє їзді на велосипеді. У таблиці 13 нижче порівнюється рівень згоди респондентів щодо цих двох функцій до та після встановлення боксу для велосипеда. Усі позитивні та негативні відгуки були додані одночасно, а потім нанесені на секторні діаграми, щоб отримати загальний рівень згоди респондента щодо цих характеристик у випадку до та після. 49% від загальної кількості респондентів у попередньому випадку погодилися, що велосипедний бокс може сприяти їзді на велосипеді. Цей відсоток зріс до 65% у дослідженні після встановлення велосипедних боксів на перехресті. У посткейсовому опитуванні відбулося зниження на 11% частки респондентів із негативним відгуком. На рисунку 3.3 нижче показано співвідношення позитивних і негативних відгуків про те, що коробка для велосипеда рекламує велосипед. Подібним чином, як показано на рисунку 3.4, переважна більшість респондентів (60% у випадку до та 92% у випадку після) мають позитивний відгук про те, що багажник для велосипеда може підвищити

безпеку велосипедиста на перехресті. Зокрема, пропорція респондентів із негативним відгуком про цю функцію впало до 0% у опитуванні після розгляду справи.

Таблиця 3.6 – Рівень згоди велосипедистів щодо того, що коробки для велосипедів можуть сприяти розвитку велосипедистів і підвищувати безпеку

Призначення велосипедного боксу	Сприяння їзді на велосипеді			Підвищення безпеки		
	До	Після	% зміни	До	Після	% зміни
Абсолютно згодний	8 18%	7 19%	1%	12 27%	9 24%	-2%
Погодьтеся	14 31%	17 46%	15%	15 33%	25 68%	34%
Нейтральний	8 18%	12 32%	15%	5 11%	2 5%	-6%
Не згоден	5 11%	0 0%	-11%	4 9%	0 0%	-9%
Категорично не згоден	0 0%	0 0%	0%	0 0%	0 0%	0%
Не знаю	10 22%	1 3%	-20%	9 20%	1 3%	-17%
Всього	45	37		45	37	

Іншими словами, байкбокс, здається, має позитивний вплив на сприйняття велосипедистами безпеки та реклами велоподоріжжя. Це означає, що запровадження велосипедного боксу зробить велосипедистів почувати себе безпечніше під час їзди на велосипеді поблизу або на перехрестях із велосипедним боксом, а велосипедний бокс спонукатиме людей частіше їздити на велосипеді, що може сприяти створенню більш придатних для життя та стійких громад.

Рівень згоди: бокс для велосипеда підвищує безпеку

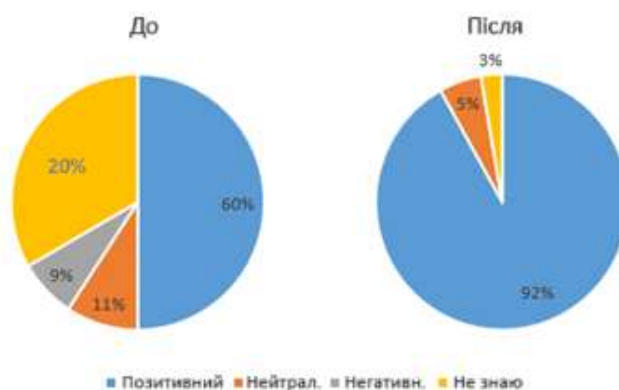


Рисунок 3.3 – Рівень узгодженості велосипедистів до та після того, що велосипедний бокс може підвищити безпеку

Рівень згоди: бокс для велосипедів сприяє їзді на велосипеді

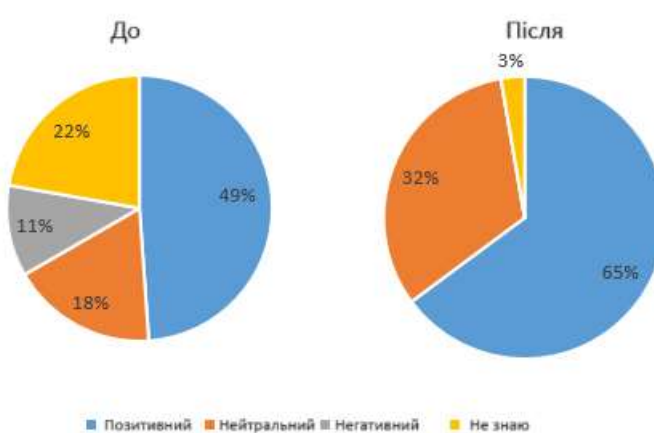


Рисунок 3.4 – Рівень згоди велосипедистів до та після того, що велосипедний бокс може сприяти їзді на велосипеді

3.2. Моделювання VISSIM

Основною метою моделювання VISSIM була оцінка впливу досліджуваних методів. Шість сценаріїв моделювання, які є базовою моделлю, моделлю 1, трьома варіантами моделі 2 і моделлю 3, були змодельовані в 15 прогонах у VISSIM. Потім базову модель порівнювали з усіма іншими моделями, щоб оцінити вплив кожного досліджуваного запровадження на роботу та безпеку. Для цього середню затримку автомобіля та велосипеда було отримано з оцінки вузла VISSIM, а конфлікти між користувачами – з SSAM. Після цього було проведено економічний аналіз для кожного з досліджуваних методів лікування за допомогою методології, описаної в третьому розділі цього

документу, щоб визначити, чи буде реальне впровадження цих методів удосконалення корисним чи ні.

У цьому розділі буде показано зразковий результат затримки користувачів на різних рівнях інтенсивності трафіку лише з метою демонстрації та буде зосереджено виключно на представленні конфліктів транспортного засобу та велосипеда. Детальна інформація про затримки користувачів із різними рівнями інтенсивності трафіку та конфлікти між різними користувачами перехрестя наведена в Додатку.

База Vs. Модель 1 (LBI)

Продуктивність операції

Перша модель досліджувала додавання 5 секунд випереджального інтервалу до всіх підходів до перехрестя. Кожного циклу велосипедистам показували зелене світло перед автомобілями. Транспортні засоби, що повертають ліворуч, включаючи велосипедистів, і транспортні засоби, що рухаються на спільній смузі повороту направо, відображалися червоною індикацією протягом інтервалу випередження, а потім зеленою індикацією.

Результат аналізу роботи для затримки транспортного засобу та велосипеда при рівні інтенсивності руху 0,8 наведено в таблиці 3.7 і 3.8 і зображено на рисунку 3.5 і 3.6 відповідно. З точки зору середньої затримки автомобіля, спостерігалось рівномірне збільшення затримки автомобіля після додавання обробки LBI до сигнального контролера цього перехрестя. Це збільшення затримки, яке майже дорівнює попередньому інтервалу (5 секунд) на цьому рівні інтенсивності трафіку, є очікуваним і може бути пояснено наступним чином: LBI запобігає руху всіх автомобілів протягом 5 секунд, тому вони мають менше зеленого часу, щоб рухатися через перехрестя, що спричинило збільшення затримки автомобіля. Крім того, заборона повороту праворуч на червоне в цій моделі впливає на збільшення затримки.

Таблиця 3.7 – Результати затримки транспортних засобів і порівняння базової моделі та моделі 1 на рівні інтенсивності руху 0,8

Результати затримки транспортних засобів на рівні інтенсивності руху 0,80					
Сценарій	Рівень гучності велосипеда				
	46	92	184	276	368
База	15,45	15,61	15,77	16	16,29
Модель 1	20,84	20,95	21,32	21,81	22,19
% зміни					
від основи до моделі 1	34,9%	34,3%	35,2%	36,3%	36,2%

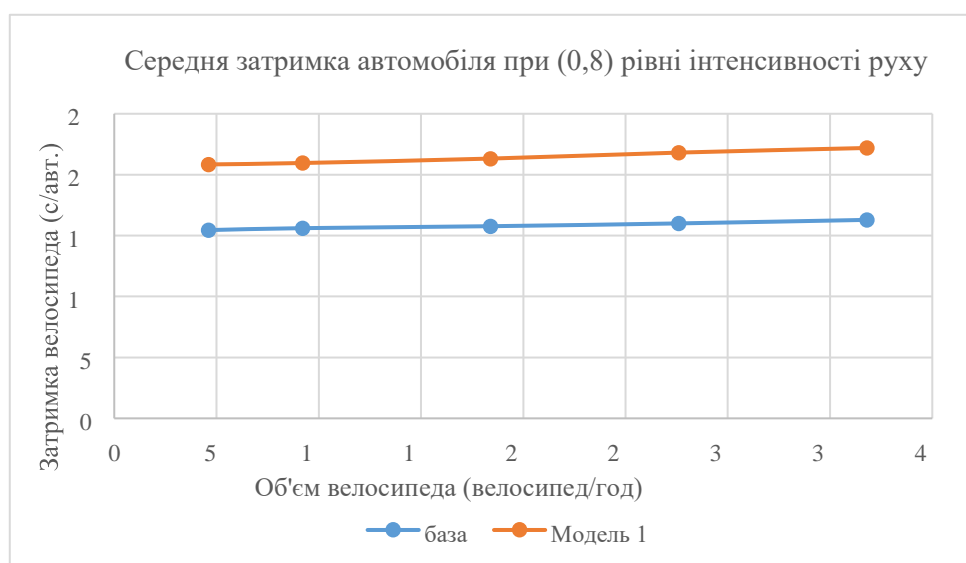


Рисунок 3.5 – Середня затримка транспортного засобу базової моделі та моделі 1 на рівні інтенсивності руху 0,8

Що стосується середньої затримки їзди на велосипеді, відбулася незначна загальна зміна затримки велосипедиста після впровадження лікування LVI. Вважається, що це невелике збільшення затримки велосипедиста (< 1 секунди) при такому обсязі трафіку походить від збільшення затримки велосипедиста, що повертає ліворуч, оскільки вони не отримують переваги від інтервалу випередження в цій моделі. Результати затримки велосипедистів наведені в таблиці 3.8.

Таблиця 3.8 – Результати затримки велосипеда та порівняння базової моделі та моделі 1 на рівні інтенсивності руху 0,8

Результати затримки велосипеда – 0,80					
Сценарій	Рівень гучності велосипеда				
	46	92	184	276	368
База	12,49	12,99	13,27	13,45	13,09
Модель 1	13,02	13,51	14,11	14,22	13,85
% зміни					
від основи до моделі 1	4,2%	4,0%	6,3%	5,7%	5,8%

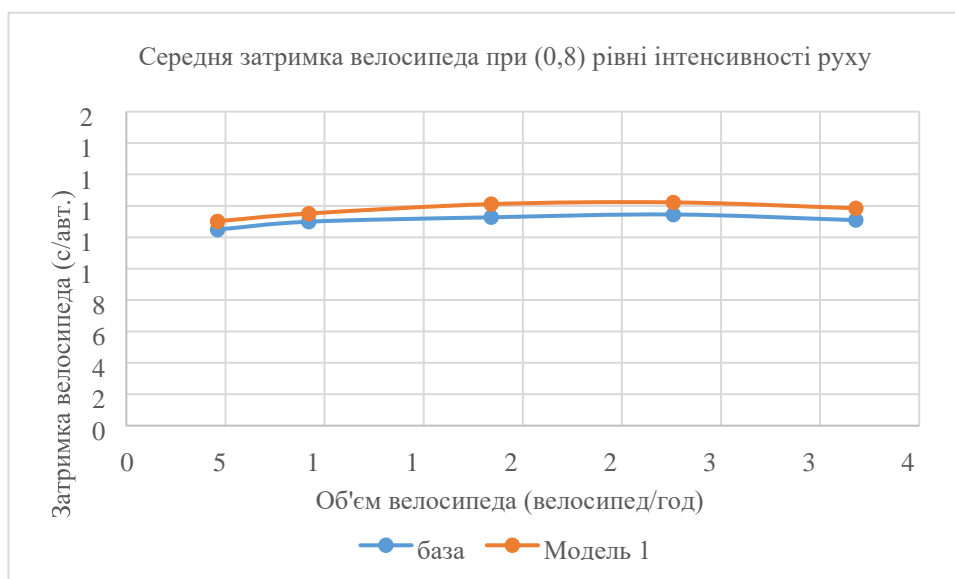


Рисунок 3.6 – Середня затримка велосипеда базової моделі та моделі 1 на рівні інтенсивності руху 0,8

Оцінка безпеки

Було запущено базову модель і модель 1, а потім було отримано кількість конфліктів між користувачами та порівняно один з одним. Результат аналізу безпеки для цієї моделі показано на рисунку 3.7 нижче. Частина (а) цього малюнка порівнює загальну кількість конфліктів транспортного засобу та велосипеда в базовій моделі та моделі 1 на рівні інтенсивності руху 0,8 лише з метою демонстрації. Очевидно, що можна визнати, що базова модель призводить до більшої кількості конфліктів між транспортним засобом і велосипедом, а впровадження обробки LVI призведе до меншої кількості конфліктів, що й очікувалося. Наприклад, при обсязі 276 велосипедів на годину кількість

конфліктів знизилася з 68 конфліктів до 44 після додавання лікування LVI. Таке зменшення конфлікту транспортного засобу та велосипеда пояснюється тим, що LVI дасть перевагу велосипедистам, щоб очистити зону конфлікту до того, як до них доїдуть автомобілі.

Частини (б) і (в) рисунка 3.7 показують тривимірне представлення конфліктів транспортного засобу та велосипеда в базовій моделі та моделі 1 відповідно. Це представлення дозволить інтуїтивно зрозуміти всі комбінації трафіку та гучності велосипеда. Видно, що кількість конфліктів між транспортними засобами та велосипедами зростає зі збільшенням кількості автомобілів і велосипедів. Помітно, що більша частота конфліктів транспортного засобу та велосипеда, яка представлена зеленим і темно-синім кольорами в частині (б), не була показана після впровадження лікування LVI, яке зображено в частині (в) рис. 3.7. В іншому Словом, реалізація LVI може призвести до безпечнішого середовища для велосипедистів, оскільки це може призвести до зменшення конфліктів автомобіля та велосипеда.

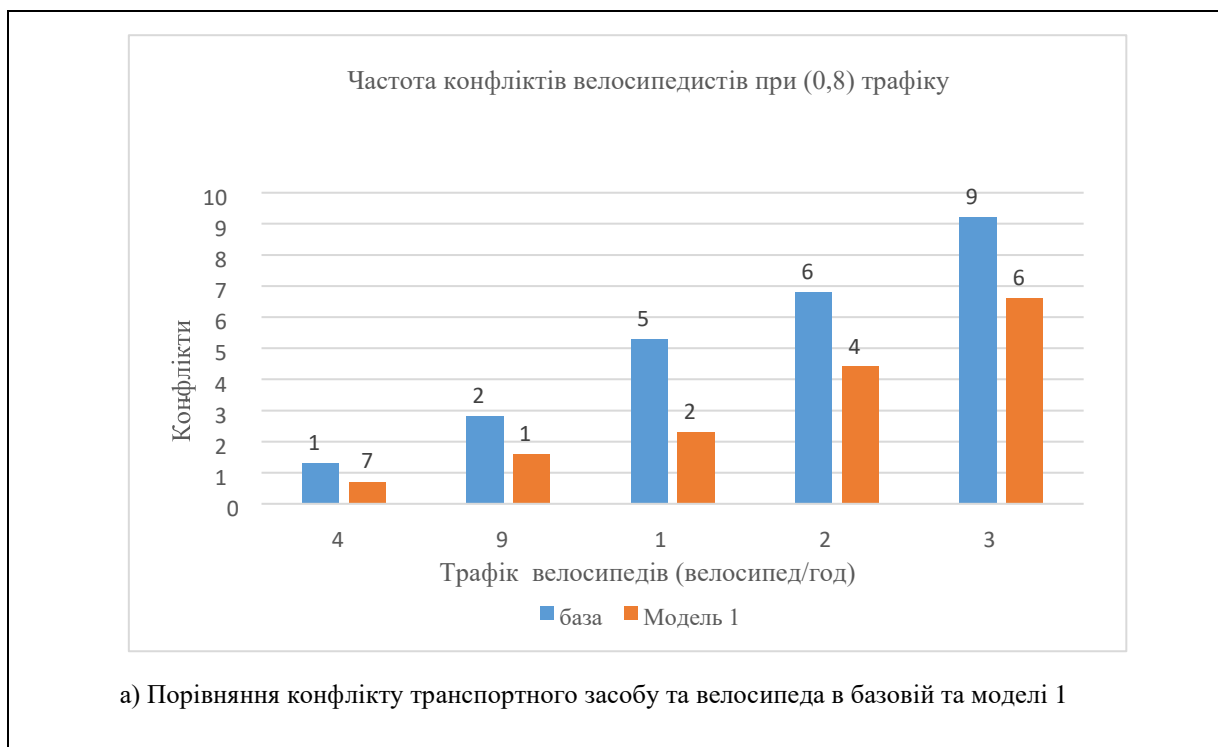


Рисунок 3.7 – Конфлікти транспортних засобів і велосипедів у (а) базовій моделі проти моделі 1, (б) у базовій моделі, (в) у моделі 1

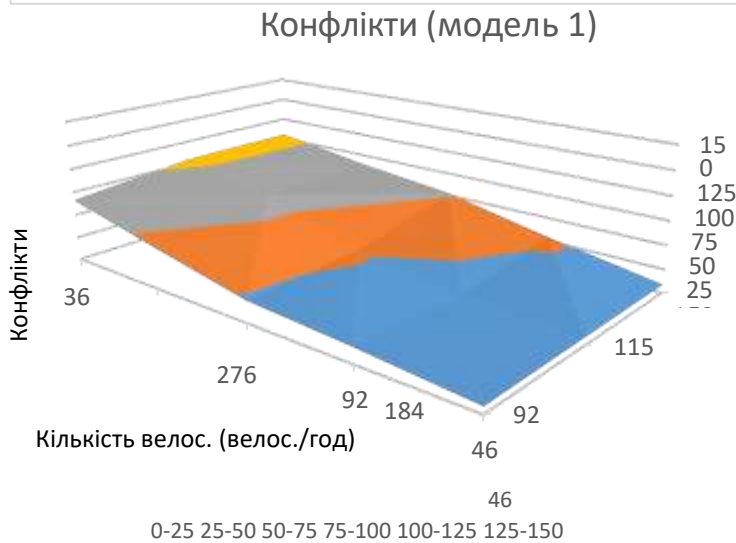
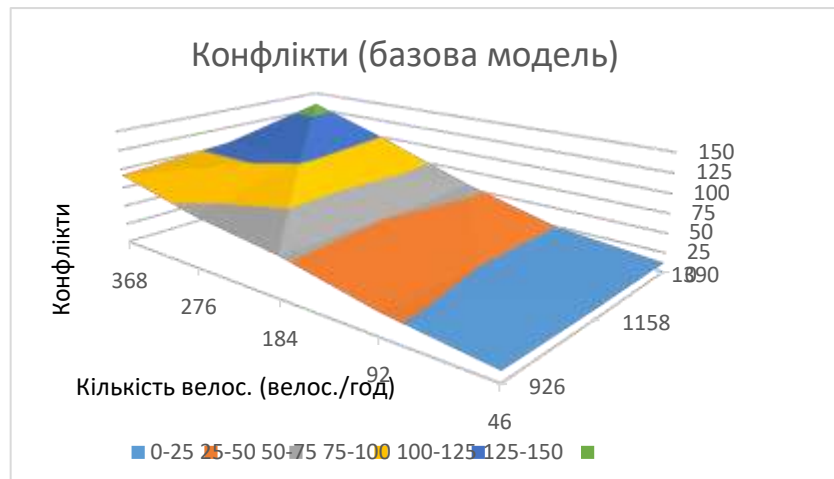


Рисунок 3.7 - Продовження

Економічний аналіз

Тепер ми побачили вплив на роботу та безпеку додавання обробки LBI до вибраного перехрестя. Однак розуміння експлуатаційних витрат і переваг у безпеці має вирішальне значення перед розглядом фактичного впровадження. Дотримуючись методології економічного аналізу, описаної в третьому розділі раніше, для цієї моделі було проведено аналіз вигод і витрат. Підсумок пов'язаних переваг (запобігання аварії) і витрат (вартість затримки, вартість інфраструктури) з різними обсягами трафіку та велосипедів наведено в таблиці 16 нижче. Розрахункову кількість збоїв у базовій моделі та моделі 1 було отримано шляхом перетворення загальної кількості конфліктів на збої за допомогою рівняння, наведеного в третьому розділі. Потім було знайдено збережені збої шляхом визначення різниці в кількості збоїв між цими двома

моделями. Збільшення затримки, спричинене впровадженням обробки LBI, виявлено шляхом визначення різниці в затримці автомобіля. Потім для порівняння збережені збої та збільшення затримки були конвертовані в грошову вартість. Аналіз вигод і витрат, показаний у таблиці 17, виявив ($B/C < 1$) для всіх 15 комбінацій трафіку та обсягів велосипедів. Вказує на те, що пов'язані недоліки, пов'язані зі збільшенням затримки, переважають усі переваги, отримані від збережених збоїв у застосуванні лікування LBI.

Таблиця 3.9 – Підсумок усіх переваг і витрат, пов'язаних із базовою моделлю та моделлю 1

Підсумок усіх переваг і витрат, пов'язаних із базовою моделлю та моделлю 1 (LBI)						
	трафік обсяг	Обсяг велосипеда				
		46	92	184	276	368
Збережені збої (Збій)	926	1.23	1.26	2.19	0,73	1.23
	1158	1.56	1.06	1.39	1,96	1.06
	1390	2.55	2.58	0,51	2.52	0,53
Переваги від збережених збоїв (\$)	926	43811,97	44611,15	77887,24	26000,24	43811,97
	1158	55376,50	37575,49	49494,39	69524,66	37575,49
	1390	90447,42	91436,28	18201,25	89461,74	18819,25
Збільшення затримки (сек/авто)	926	5.39	5.35	5.55	5.81	5.90
	1158	6.87	7.15	7.36	8.32	9.12
	1390	8,79	9.14	10.30	11.36	12.65
Компенсація затримки (у.о.)	926	108739,64	107862,42	111967,54	117212,86	119028,55
	1158	173247,07	180308,08	185603,85	209813,04	229987,37
	1390	265998,56	276590,08	311693,42	343770,60	382807,93
Вартість інфраструктури		29 500 у.о.				

Таблиця 3.10 – Співвідношення вигоди/витрати, пов'язане з базовою моделлю та моделлю 1

Співвідношення В/С для переходу від базової моделі до моделі 1						
Об'єм велосипеда (велосипед/год)	46	92	184	276	368	
Обсяг трафіку (авто/год)	926	0,317	0,325	0,551	0,177	0,295
	1158	0,273	0,179	0,230	0,291	0,145
	1390	0,306	0,299	0,053	0,240	0,046

База Vs. Модель 2 (Бокс для велосипеда)

Продуктивність операції

Модель 2 перевірила ефект додавання боксів для велосипедів на всіх під'їздах до вибраного перехрестя.

Ця модель складається з 3 різних сценаріїв. Перший сценарій включає лише додавання боксів для велосипедів. Під час додавання боксів для велосипедів не відбулося жодних операційних змін, за винятком заборони повороту праворуч на червоному. Другий сценарій включає додавання 5 секунд інтервалу випередження до першого сценарію. На відміну від моделі 1, показаної раніше, велосипедист, що повертає ліворуч, у цьому випадку може рухатися протягом інтервалу лідера завдяки наявності боксу для велосипеда. Третій сценарій передбачає додавання 11 секунд ЕВР до першого сценарію. Це дасть велосипедистам захищений і необмежений доступ до перехрестя.

Результати аналізу роботи для затримки транспортного засобу та велосипеда при рівні інтенсивності руху 1,0 наведено в таблиці 3.11 і 3.12 і зображено на рисунках 3.8 і 3.9 відповідно. Що стосується затримки транспортного засобу, можна зазначити, що оскільки ми впроваджуємо більш безпечні методи лікування в цій моделі, затримка транспортного засобу збільшується. Затримка транспортних засобів збільшилася після того, як ми додали бокси для велосипедів у результаті заборони правого повороту на червоному. Ця затримка збільшиться ще більше, коли ми додамо обробку LBI, оскільки автомобілі матимуть коротший зелений час, щоб проїхати через перехрестя. Впровадження ЕВР дозволить велосипедисту рухатися лише під час

фази, очікується значне збільшення затримки автомобіля, і наведені нижче результати, здається, демонструють це збільшення затримки автомобіля.

Таблиця 3.11 – Результати затримок транспортних засобів і порівняння базової моделі та моделі 2 на рівні інтенсивності руху 1,0

Результати затримки транспортного засобу при рівні інтенсивності руху 1,0					
Сценарій	Рівень гучності велосипеда				
	46	92	184	276	368
База	17,25	17,33	17,58	18,08	18,31
Тільки велосипедний бокс	19	19,09	19,51	20,48	21,16
Велосипедний бокс +LBI	24,56	24,57	25,06	25,95	26,92
Велосипедний бокс + ЕВР	36,4	36,72	37,29	38,21	38,09
% зміни					
від основи до коробки велосипеда	10,1%	10,2%	11,0%	13,3%	15,6%
від основи до коробки велосипеда + LBI	42%	42%	43%	44%	47%
від основи до велобокса + ЕВР	111%	112%	112%	111%	108%

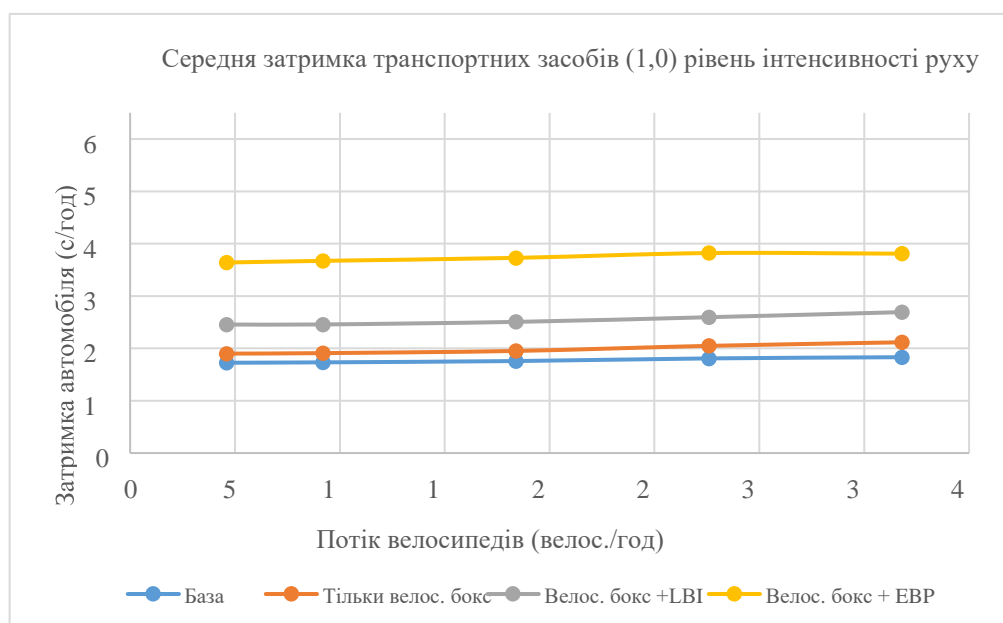


Рисунок 3.8 – Середня затримка транспортного засобу базової моделі та моделі 2 на рівні інтенсивності руху 1,0

Середня затримка велосипедів у цій моделі незначно змінилася або не змінилася після додавання боксів для велосипедів або інтервалу випередження. Фактично, спостерігалось незначне зменшення затримки велосипедистів завдяки

цим методам лікування. Велосипедна затримка показала надмірне збільшення затримки після додавання ЕВР у цій моделі. Цей результат очікуваний, оскільки лише велосипедистам дозволено рухатися під час цієї ексклюзивної фази.

Таблиця 3.12 – Результати затримки велосипеда та порівняння базової моделі та моделі 2 на рівні інтенсивності руху 1,0

Результати затримки велосипеда при рівні інтенсивності руху 1,0					
Сценарій	Рівень затримки велосипеда				
	46	92	184	276	368
База	12,68	12,8	13,6	13,86	13,47
Тільки велосипедний бокс	12,75	12,79	13,63	13,73	13,38
Велосипедний бокс +LBI	12,47	12,74	13,44	13,8	13,54
Велосипедний бокс + ЕВР	31,63	32,88	34,39	35,3	38,31
% зміни					
від основи до боксу велосипеда	1%	0%	0%	-1%	-1%
від основи до боксу велосипеда + LBI	-2%	0%	-1%	0%	1%
від основи до велобокса + ЕВР	149%	157%	153%	155%	184%

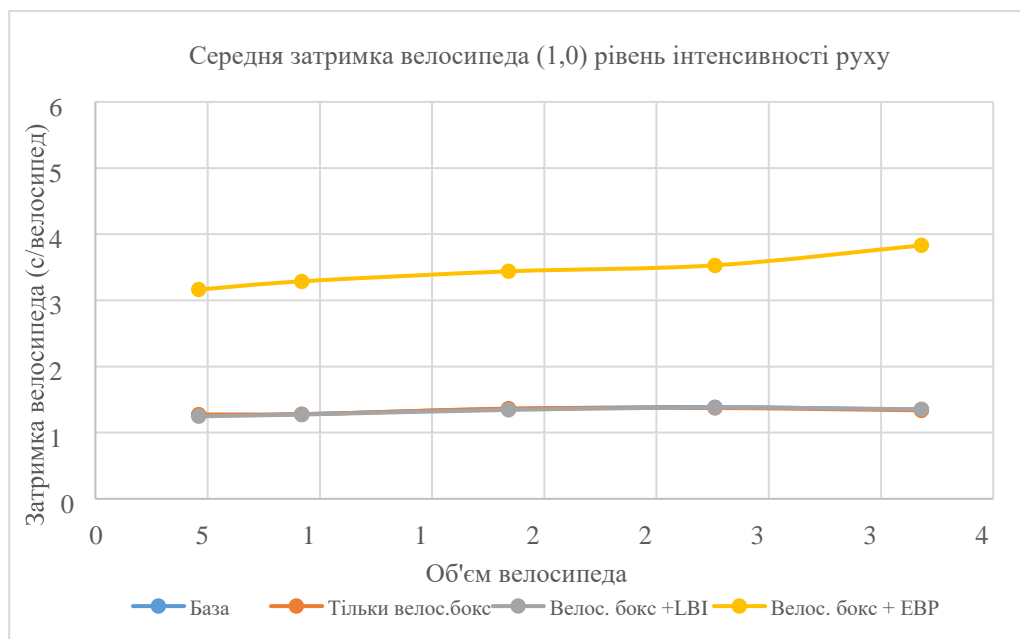


Рисунок 3.9 – Середня затримка велосипеда базової моделі та моделі 2 на рівні інтенсивності руху 1,0

Оцінка безпеки

Кількість конфліктів між транспортним засобом і велосипедом у всіх трьох сценаріях моделі 2 було отримано та порівняно один з одним і з базовою

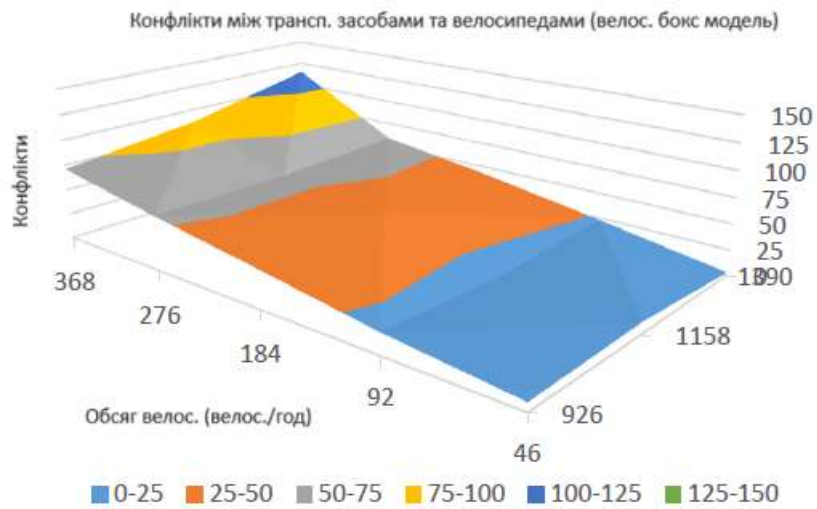
моделлю. Результат аналізу безпеки для цієї моделі показано на рисунку 3.10 нижче. Частина (а) цього рисунку порівнює загальну кількість конфліктів транспортних засобів і велосипедів у базовій моделі та всіх трьох сценаріях моделі 2 на рівні інтенсивності руху 1,0 лише з метою демонстрації. Результати показують, як кількість конфліктів між транспортним засобом і велосипедом зменшиться, оскільки впроваджуємо безпечніші методи лікування. Впровадження боксів для велосипедів призводить лише до меншої кількості конфліктів, ніж базове, оскільки велосипедисти отримують вигоду від фізичного розділення боксу для велосипедів незалежно від того, чи це простір, чи час. Наприклад, кількість конфліктів зменшилася зі 103 до 87 конфліктів після додавання боксу для велосипеда з обсягом велосипеда 368 велосипедів/год.

Додавання LVI до велосипедної коробки ще більше зменшило конфлікти до 61, оскільки велосипедист має перевагу, щоб розчистити конфліктні зони на перехресті. Додавання EBP призведе до найменшої кількості конфліктів між транспортним засобом і велосипедом, як і очіувалося, і результати, здається, демонструють це (лише 31 конфлікт). Це пов'язано з тим, що EBP забезпечить захищений доступ велосипедистів до перехрестя та запобігатиме всім конфліктам з автомобілями протягом цього періоду.

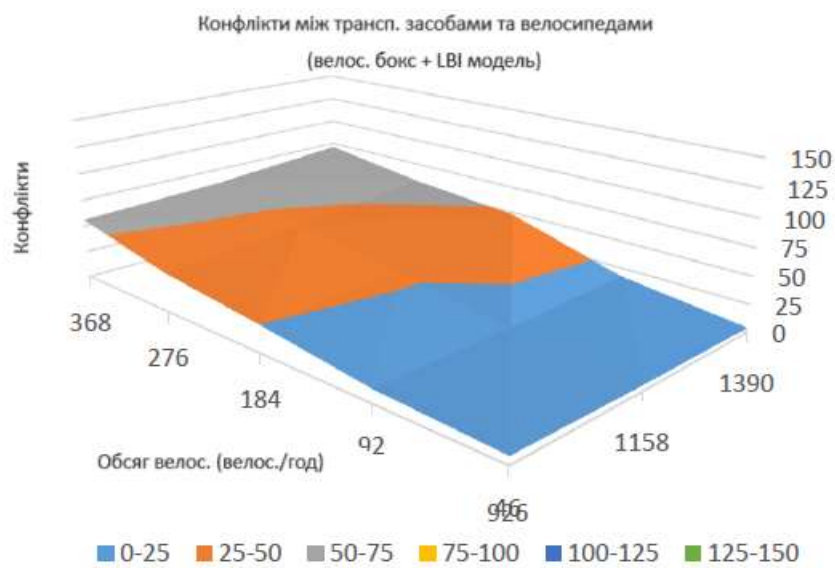
Тривимірне представлення конфліктів транспортний засіб-велосипед для всіх трьох сценаріїв моделі 2 можна побачити в частині (б), (в) і (г) рисунка 3.10 нижче. Ці графіки демонструють, що кількість конфліктів між транспортним засобом і велосипедом зменшиться, оскільки ми впроваджуємо обробку сигналів велосипеда за допомогою коробки для велосипеда. Встановлення велосипедних боксів з EBP класифікується як найбезпечніший засіб з точки зору безпеки велосипедистів у цій моделі.



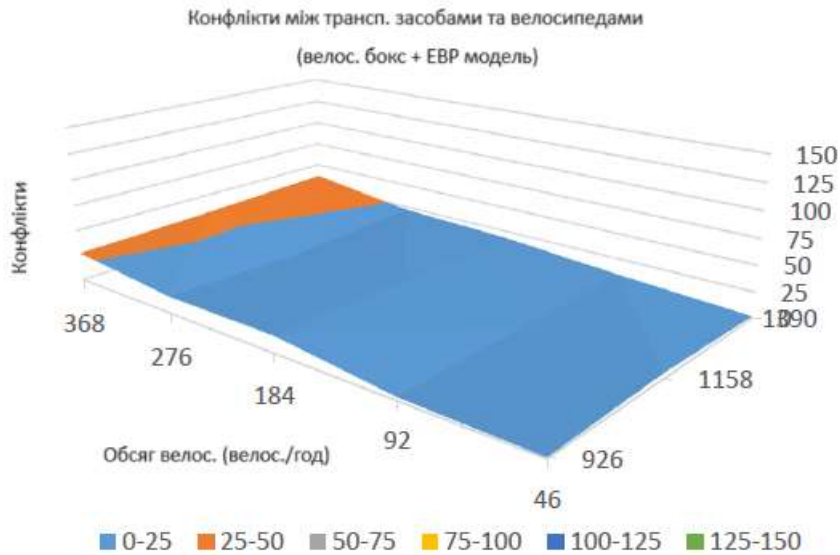
(а) порівняння конфліктів між транспортними засобами та велосипедами в базовій моделі і моделі 1



(б) Просторова діаграма конфліктів при сценарії 1 модель 2



(в) Просторова діаграма конфліктів при сценарії 2 модель 2



(г) Просторова діаграма конфліктів при сценарії 3 модель 2

Рисунок 3.10 – Конфлікти транспортних засобів і велосипедів у (а) базовій моделі проти. модель 2, (б) у сценарії 1, (в) у сценарії 2, (г) у сценарії 3

Економічний аналіз

Було оцінено три сценарії моделі 2, і раніше в цьому розділі було показано вплив на затримку користувачів перехрестя та безпеку. Однак розуміння експлуатаційних витрат і переваг у безпеці має вирішальне значення перед розглядом фактичного впровадження. Дотримуючись методології економічного аналізу, продемонстрованої в третьому розділі раніше, для цієї моделі було проведено аналіз вигод і витрат. Підсумок пов'язаних переваг (запобігання аварії) і витрат (вартість затримки, вартість інфраструктури) з різними обсягами трафіку та велосипедів для базової моделі та для першого сценарію моделі 2 наведено в таблиці 20 нижче. Розрахункову кількість збоїв у цих моделях було отримано шляхом перетворення загальної кількості конфліктів на збої. Потім було знайдено збережені збої шляхом визначення різниці в кількості збоїв між цими двома моделями. Збільшення затримки, пов'язане з додаванням обробки велосипедного боксу, виявлено шляхом визначення різниці в затримці автомобіля в цих моделях. Потім для порівняння збережені збої та збільшення затримки були конвертовані в грошову вартість.

Таблиця 3.13 – Підсумок усіх переваг і витрат, пов’язаних із базовою моделлю та сценарієм 1 моделі 2

Підсумок усіх переваг і витрат, пов’язаних із базовою моделлю та сценарієм 1 моделі 2						
	трафік обсяг	Обсяг велосипеда				
		46	92	184	276	368
Збережені збої (Збій)	926	0,71	1,06	0,89	1,12	1,19
	1158	2,25	1,15	1,04	1,58	0,53
	1390	1,12	1,81	2,49	1,68	0,38
Переваги від збережених збоїв (у.о.)	926	25319,67	37575,49	31631,11	39880,97	42226,50
	1158	79783,25	40658,41	36816,07	56232,56	18819,25
	1390	39880,97	64108,29	88479,27	59695,23	13485,88
Збільшення затримки (сек/авто)	926	1,73	1,74	1,86	2,25	2,39
	1158	1,75	1,76	1,93	2,4	2,85
	1390	2,16	2,21	2,81	3,34	3,96
компенсація затримки (у.о.)	926	34901,59	35103,34	37524,26	45392,24	48216,65
	1158	44131,35	44383,53	48670,57	60522,99	71871,05
	1390	65364,83	66877,91	85034,81	101073,40	119835,53
Вартість інфраструктури		20 000 у.о.				

Співвідношення вигод і витрат для всіх 15 комбінацій обсягу трафіку показано в таблиці 21 нижче. Можна зауважити, що лише одна комірка має співвідношення $V/C > 1$, що вказує на те, що обробка боксу для велосипеда бажана для цього конкретного трафіку та обсягу велосипеда. Інші комірки зі співвідношенням $V/C < 1$ вказують на те, що обробка контейнера для велосипеда небажана за такого трафіку та кількості велосипедів. У цій таблиці наведено приблизний трафік і кількість велосипедів, де може бути корисним велосипедний бокс.

Для того, щоб знайти точні порогові значення трафіку та обсягу велосипедів, при яких обробка велосипедного боксу буде корисною, була проведена лінійна інтерполяція між результатами. Потім було знайдено точне порогове значення трафіку та кількості велосипедів, які представлено в таблиці 3.15 нижче. Нарешті, було побудовано графік (див. рис. 3.11) із цими значеннями, щоб допомогти візуалізувати, як V/C змінюється як функція руху та інтенсивності велосипедів. Здається, що велосипедний бокс ефективний лише в діапазоні інтенсивності руху 1086-1231 автомобіль/год і інтенсивності руху

велосипедів 46 велос./год. Цей об'єм велосипеда може зрости до 92 велосипедів/год при інтенсивності трафіку 1158 за годину. Цей графік допоможе особам, які приймають рішення, та міським інженерам визначити, чи варіант обробки велосипедного боксу є економічно ефективним за різних рівнів трафіку та кількості велосипедів.

Таблиця 3.14 – Співвідношення вигоди/витрати, пов'язане з базовою моделлю та сценарієм 1 моделі 2

Коефіцієнт В/С для переходу від базової моделі до сценарію 1 моделі 2						
Інтенсивність руху велосипедів (велосипед/год.)		46	92	184	276	368
Інтенсивність руху (авто/год.)	926	0,461	0,682	0,550	0,610	0,619
	1158	1,244	0,632	0,536	0,698	0,205
	1390	0,467	0,738	0,842	0,493	0,096

Аналіз вигод і витрат сценарію 2 і 3 моделі 2 виявив ($B/C < 1$) для всіх 15 комбінацій трафіку та обсягів велосипедів в обох сценаріях. Це означає, що пов'язані недоліки, пов'язані зі збільшенням затримок і високими витратами на інфраструктуру, переважають усі переваги, які надходять від збережених збоїв. Підказка: дивіться додаток G для результатів економічного аналізу сценарію 2 і сценарію 3 моделі 2.

Таблиця 3.15 – Співвідношення вигоди/витрати, пов'язане з базовою моделлю та сценарієм 1 моделі 2 із значенням обмеження обсягу

Коефіцієнт В/С для переходу від базової моделі до сценарію 1 моделі 2							
Інтенсивність руху велосипедів (велосипед/год.)		46	64	92	184	276	368
	926	0,461	0,5491	0,682	0,550	0,610	0,619
трафік	1086	1	0,8594	0,64758	0,54036	0,6705	0,334
обсяг	1158	1,244	1	0,632	0,536	0,698	0,205
(авто/год)	1231	1	0,8665	0,6652	0,632	0,63362	0,17077
	1390	0,467	0,5738	0,738	0,842	0,493	0,096

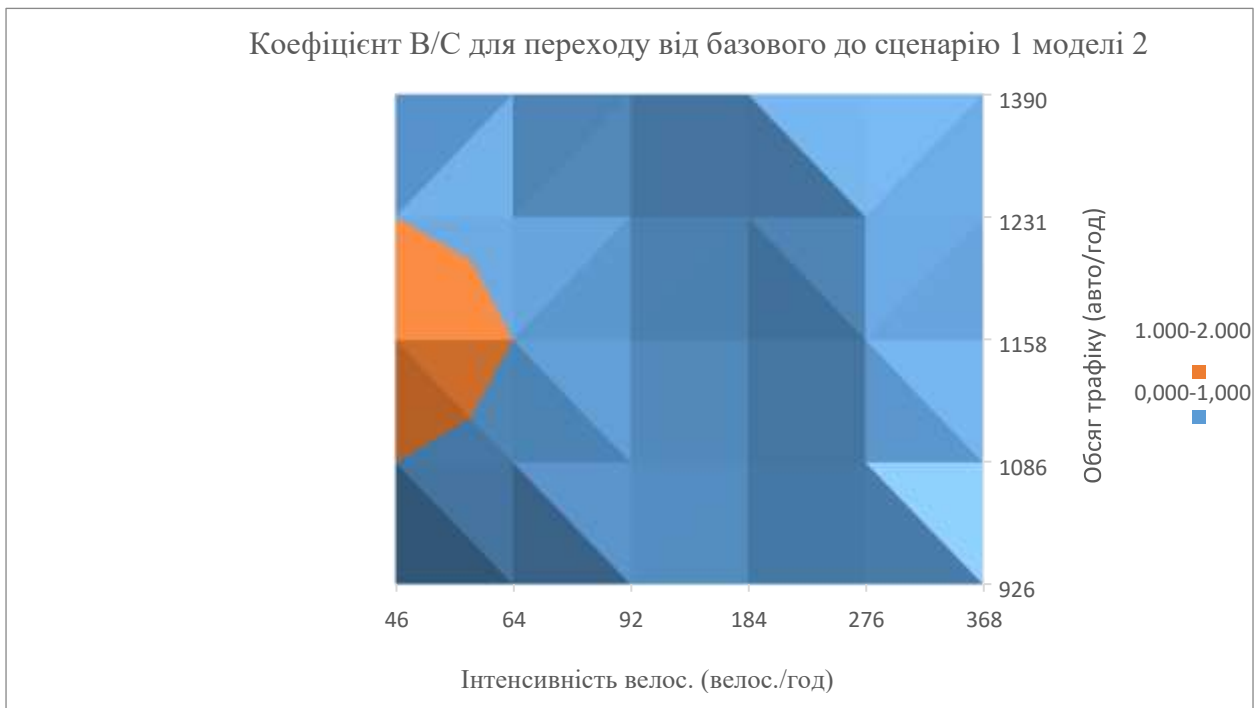


Рисунок 3.11 – Співвідношення вигоди/витрати, пов’язане з базовою моделлю та сценарієм 1 моделі 2

База Vs. Модель 3 (Захищене перехрестя)

Продуктивність операції

Останньою перевіреною обробкою була конструкція захищеного перехрестя. Результати аналізу роботи для затримки транспортного засобу та велосипеда на рівні інтенсивності руху 1,2 показано в таблиці 3.16 і 3.17 і зображено на рисунках 3.12 і 3.13 відповідно. З точки зору середньої затримки транспортного засобу, захищене перехрестя показало дивовижний результат, в якому затримка для автомобіля нижча, ніж у звичайному проекті перехрестя. Зменшення затримки транспортних засобів відбувається завдяки двом факторам. По-перше, усі велосипедисти, які повертають ліворуч, переміщуються зі смуги для автомобілів на велосипедну смугу, щоб вони могли виконати захищений двоетапний поворот ліворуч, тому автомобілі більше не сповільнюються через їх низьку швидкість, особливо під час повороту ліворуч. По-друге, час, витрачений транспортним засобом на те, щоб поступитися велосипедисту та пішоходу, є нижчим, оскільки розширена стоп-лінія для велосипедиста та

пішохода дасть їм автоматичну перевагу, щоб очистити конфліктні зони перехрестя до того, як до них доїдуть автомобілі.

Таблиця 3.16 – Результати затримки транспортних засобів і порівняння базової моделі та моделі 3 на рівні інтенсивності руху 1,2

затримка транспортних засобів досягає 1,2 рівня інтенсивності руху					
Сценарій	Рівень гучності велосипеда				
	46	92	184	276	368
База	21,48	21,69	21,96	23	23,36
Захищене перехрестя	20,63	20,69	20,82	20,91	21,12
% зміни					
від базового до захищеного перехрестя	-4,0%	-4,6%	-5,2%	-9,1%	-9,6%

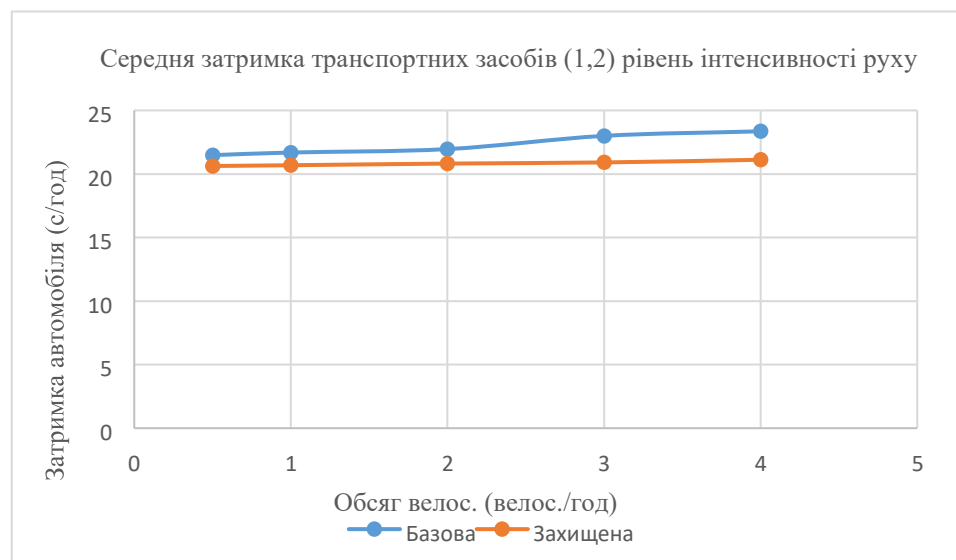


Рисунок 3.12 – Середня затримка транспортного засобу базової моделі та моделі 3 на рівні інтенсивності руху 1,2

Стосовно середньої затримки велосипеда, з таблиці 3.17 можна зазначити, що велосипедист зіткнеться з більшою затримкою в моделі захищеного перехрестя, ніж у базовій моделі. Це збільшення затримки велосипедистів є очікуваним, оскільки велосипедисти на захищеному перехресті повинні повертати ліворуч у два етапи. У цьому випадку велосипедист повинен чекати

дві зелені фази часу; один, щоб проїхати вулицю, що перехрестя, і інший, щоб завершити двоетапний поворот ліворуч.

Таблиця 3.17 – Результати затримки велосипеда та порівняння базової моделі та моделі 3 на рівні інтенсивності руху 1,2

Результат затримки велосипеда при рівні інтенсивності трафіку 1,2					
Сценарій	Рівень гучності велосипеда				
	46	92	184	276	368
База	15,88	16,03	15,91	16,06	16,57
Охоронюване перехрестя	17,14	17,69	18,56	18,81	19,31
% зміни					
від основи до охоронюваного перехрестя	7,9%	10,4%	16,7%	17,1%	16,5%

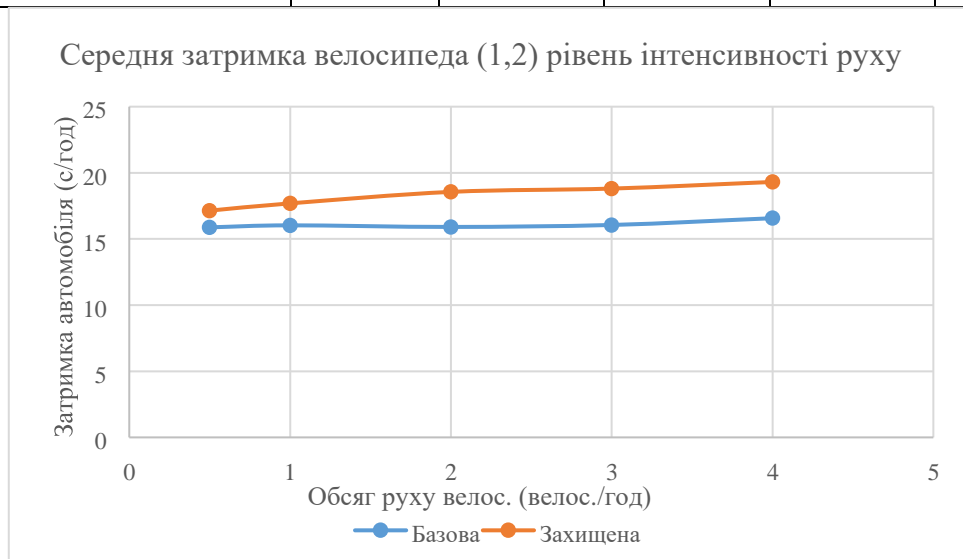


Рисунок 3.13 - Середня затримка велосипеда базової моделі та моделі 3 при рівні інтенсивності руху 1,2

Оцінка безпеки

Результат аналізу безпеки для базової моделі та моделі 3 показано на рисунку 3.14 нижче. Частина (а) цього рисунку порівнює загальну кількість конфліктів транспортних засобів і велосипедів у базовій моделі та моделі 3 на рівні інтенсивності руху 1,2 лише з метою демонстрації. Подібну тенденцію, яку спостерігали в двох попередніх моделях, можна побачити в цій моделі: кількість конфліктів між транспортним засобом і велосипедом зменшилася, коли ми

змінити звичайний дизайн перехрестя (базова модель) на захищений дизайн перехрестя (модель 3). Однак ця модель виявила суттєве зменшення кількості конфліктів між транспортними засобами та велосипедами серед усіх моделей. Фактично, дизайн захищеного перехрестя показав найменшу кількість конфліктів між транспортним засобом і велосипедом серед усіх моделей, як можна побачити в частині (b) рисунка 3.14 нижче. Цей результат ймовірний, тому що велосипедисти мають захищений двоступеневий поворот ліворуч, і вони мають автоматичний старт завдяки розширеній стоп-лінії, яка дозволяє велосипедистам звільнити зону конфлікту до того, як до них доїдуть автомобілі.

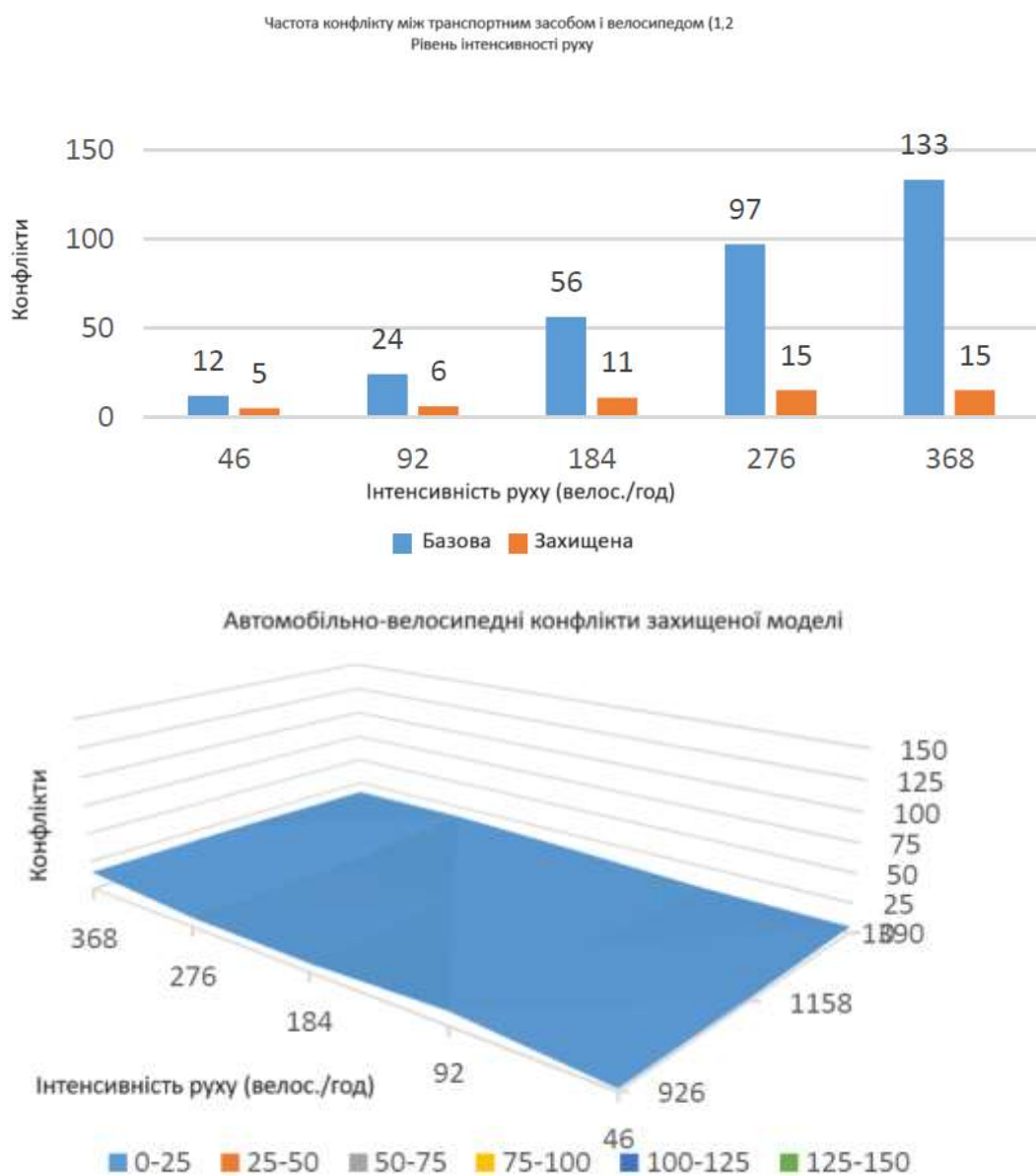


Рисунок 3.14 – Конфлікти транспортних засобів і велосипедів у (a) базовій моделі і моделі 3, (b) у моделі 3

Економічний аналіз

Тепер ми побачили вплив переходу від звичайного дизайну перехрестя до захищеного дизайну перехрестя на роботу та безпеку. Однак розуміння експлуатаційних витрат і переваг у безпеці має вирішальне значення перед розглядом фактичного впровадження. Дотримуючись методології економічного аналізу, описаної раніше, для цієї моделі було проведено аналіз вигод і витрат.

Підсумок пов'язаних переваг (запобігання аварій, зменшення затримки) і витрат (вартість інфраструктури) з різними обсягами трафіку та велосипедів показано в таблиці 3.18 нижче. Розрахункову кількість збоїв у базовій моделі та моделі 3 було отримано шляхом перетворення загальної кількості конфліктів на збої за допомогою рівняння, наведеного в третьому розділі. Потім було знайдено збережені збої шляхом визначення різниці в кількості збоїв між цими двома моделями. Зменшення затримки, спричинене впровадженням захищеного дизайну перехрестя, знайдено шляхом визначення різниці в затримці транспортного засобу. Потім для порівняння збережені збої та затримки були конвертовані в грошову вартість.

Співвідношення вигод і витрат для всіх 15 комбінацій обсягу трафіку показано в таблиці 3.19 нижче. Можна зауважити, що більшість клітинок цієї таблиці мають співвідношення $B/C > 1$, що вказує на те, що захищене перехрестя бажане за такого трафіку та інтенсивності велосипедистів. Інші комірочки зі співвідношенням $B/C < 1$ вказують на те, що захищене перехрестя небажане за такого трафіку та інтенсивності велосипедистів. У цій таблиці наведено приблизний трафік і кількість велосипедистів, де захищений дизайн перехрестя може бути корисним. Для визначення точних порогових значень трафіку та кількості велосипедистів, для яких захищене перехрестя було б корисним, було проведено лінійну інтерполяцію між результатами. Потім було знайдено точне порогове значення трафіку та кількості велосипедистів, які представлено в таблиці 27 нижче. Нарешті, було побудовано графік (див. малюнок 35) із цими значеннями, щоб допомогти візуалізувати, як B/C змінюється як функція руху та інтенсивності велосипедистів.

Як можна зазначити в таблиці 3.20, мінімальний годинний трафік і інтенсивність велосипедів, необхідні для обґрунтування конструкції захищеного перехрестя, становлять 965 автомобілів/год і 368 велосипедів/год відповідно. Цей необхідний високий рівень велосипедів починає зменшуватися в обсязі зі збільшенням інтенсивності руху. Цей графік допоможе особам, які приймають рішення, та міським інженерам визначити, чи є захищене перехрестя рентабельним за різних рівнів руху та інтенсивності велосипедистів.

Модель 3 показала вищий коефіцієнт В/С, ніж сценарій 1 моделі 2, показаний раніше. Це відбувається з двох причин; По-перше, захищене перехрестя показало меншу затримку автомобіля, ніж базова модель, як пояснювалося раніше. По-друге, захищене перехрестя має більшу кількість аварій, ніж сценарій 1 моделі 2. Насправді, єдиним недоліком, пов'язаним із захищеним перехрестям, є його відносно висока вартість інфраструктури.

Таблиця 3.18 – Підсумок усіх переваг і витрат, пов'язаних із базовою моделлю та моделлю 3

Підсумок усіх переваг і витрат, пов'язаних із базовою моделлю та моделлю 3 (захищена)						
	обсяг трафіку	Обсяг велосипеда				
		46	92	184	276	368
Збережені збої (Збій)	926	0,87	1.12	1.28	1.61	2.09
	1158	3.64	3.03	4.17	6.63	4,97
	1390	5.48	6.63	7.30	10.14	10.39
Переваги від збережених збоїв (\$)	926	30909,62	39880,97	45414,58	57092,49	74135,95
	1158	129046,20	107679,71	148076,81	235283,29	176214,82
	1390	194515,93	235283,29	259194,25	359821,40	368759,42
Зменшення затримки (сек/авто)	926	-0,03	0,11	0,23	0,42	0,63
	1158	0,66	0,67	0,86	1.23	1.37
	1390	0,85	1,00	1.14	2.09	2.24
виплати затримки (\$)	926	-605,23	2219,18	4640,10	8473,22	12709,83
	1158	16643,82	16896,00	21687,41	31018,03	34548,54
	1390	25722,27	30261,50	34498,11	63246,53	67785,75
Вартість інфраструктури		107 900 доларів США				

Таблиця 3.19 – Співвідношення вигоди/витрати, пов'язане з базовою моделлю та моделлю 3

Співвідношення В/С для переходу від базової моделі до моделі захищеного перехрестя						
Об'єм велосипеда (велосипед/год.)		46	92	184	276	368
Інтенсивність руху (авто/год.)	926	0,285	0,390	0,464	0,608	0,805
	1158	1,350	1,155	1,573	2,468	1,953
	1390	2,041	2,461	2,722	3,921	4,046

Таблиця 3.20 – Співвідношення вигоди/витрати, пов'язане з базовою моделлю та моделлю 3 із значенням обмеження обсягу

Співвідношення В/С для переходу від базової моделі до моделі захищеного перехрестя							
Об'єм велосипеда (велосипед/год.)		46	92	121	184	276	368
Інтенсивність руху (авто/год.)	926	0,285	0,390	0,413	0,464	0,608	0,805
	965	0,466	0,520	0,562	0,652	0,923	1000
	975	0,509	0,551	0,598	0,698	1000	1,047
	1038	0,800	0,760	0,836	1000	1,507	1,360
	1082	1000	0,904	1000	1,208	1,857	1,575
	1111	1,134	1000	1,110	1,348	2,091	1,720
	1158	1,350	1,155	1,287	1,573	2,468	1,953
	1390	2,041	2,461	2,544	2,722	3,921	4,046



Рисунок 3.15 – Співвідношення вигоди/витрати, пов'язане з базовою моделлю та моделлю 3

3.3. Загальні вказівки щодо руху велосипедистів ліворуч

Однією з цілей цього дослідження була розробка загальної інструкції для полегшення руху велосипедистів при повороті ліворуч на перехресті. У проекті перехресть повинні враховуватися всі рухи велосипедистів, включаючи праворуч, наскрізний рух і поворот ліворуч. Одним із найскладніших поворотів для велосипедиста на перехресті є поворот ліворуч. Фактично, поворот ліворуч із правої велосипедної смуги створює найбільшу ймовірність конфлікту з автомобілями. Ця проблема призвела до зростаючого інтересу до пошуку інноваційних засобів або навіть іншого дизайну перехресть, які можуть забезпечити безпечніший і зручніший спосіб повороту ліворуч для велосипедиста.

Це дослідження розробило загальні рекомендації (див. таблицю 3.21 нижче), які містять три різні типи засобів, які можна використовувати для полегшення руху велосипедистів при повороті ліворуч. Ці засоби: велобокс, охоронюване перехрестя, двоступеневий бокс для лівого повороту. Перші два способи покращення були вивчені та оцінені в цьому дослідженні. Однак двоступеневі поворотні коробки не оцінювалися через обмеження VISSIM у представленні реальної поведінки велосипедиста з таким рішенням.

Ця інструкція показує основні плюси та мінуси кожного рішення, розповідає про різні етапи та дає рекомендації щодо схеми етапів. Це також допомагає визначити, чи ці обробки сумісні з велосипедними світлофорами, і дає приблизну вартість кожної обробки. Рекомендовано використовувати цю лінію поруч із розробленими графіками. Рекомендації разом із розробленими графіками допоможуть відповідальним особам та відділам дорожнього руху визначити, яку обробку запровадити та за яких рівнів трафіку та велосипедів.

Таблиця 3.21 – Загальні рекомендації щодо полегшення повороту велосипеда ліворуч

			Випередження-затримка фазування (всі підходи) / Рекомендована поетапність	Розділ фазування (всі підходи) / Рекомендована поетапність	Посидання лід-лаг і розколів / Рекомендована поетапність	LB I	EBP	
Бокс для велосипеда	Полегшує одноетапний поворот ліворуч для велосипедиста	Діє тільки на червоний (велосипедист прибуття на зелений не зможе скористатися)	Немає	Так	Так / Роздільна поетапність на підходах із великою гучністю велосипеда	Так	Так	5000 \$/бокс; зелений термопластичне покриття, вивіски та установка
Захисне перехрестя	Підходить для місць з великою кількістю велосипедистів і пішоходів	Може збільшити затримку велосипедистів за рахунок двох етапів лівий поворот. Потрібна велика геометрична зміна.	Так / н.д.	Так / н.д.	Так / Розділяє етапи на підходах із малою гучністю велосипеда	Так	Так	високий; ~\$110 000/Перетин
Двоступеневий бокс лівого повороту	Зменшити конфлікти між велосипедистами і пішоход. Сприяти повороту ліворуч велосипедисту, який приїжджає на зелений.	Може збільшити затримку для велосипедистів, оскільки їм знадобиться двоє зелених фаз до зробити поворот ліворуч [НАСТО]	Так / вести-вести-лаг-лаг (Щоб мінімізувати затримку велосипедистів)	Так / н.д.	Так / Роздільна поетапність на підходах із малою гучністю велосипеда	Так	Не бажано (збільшить затримку велосипеда)	1000 \$/бокс; червоне термопластичне покриття, вивіски та установка

4. ОХОРОНА ПРАЦІ І БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1. Вимоги безпеки при експлуатації транспортних засобів

При експлуатації транспортних засобів на лінії можуть мати місце такі основні безпечні й шкідливі фактори:

- наїзди проїзних транспортних засобів;
- наїзди при зціпленню, розціпленню автомобілів з причепом (напівприцепному), запуск двигуна, мимовільному рухові транспортних засобів;
- термічні фактори (пожежі, вибухи при подачі палива в карбюратор двигуна саме течею, перевірка наявності палива в бочці з застосуванням відкритого вогню, витік газу з газобалонної установки, опіки паром, водою з радіатора);
- злочинні дії пасажирів і інших осіб;
- падіння піднятого кузова автомобіля-самоскида, що перекидаються кабіни вантажного автомобіля, вивішених на домкраті частин автомобілів;
- наявність у повітрі робочої зони шкідливих речовин (вуглецю й азоту оксидів, акролеїну, вуглеводнів аліфатичних, формальдегіду, метилів).

Перед пуском двигуна необхідно переконатися, що автомобіль загальмований стоянковим гальмом, а важіль перемикачів передач (контролера) поставлений у нейтральне положення. Пуск двигуна повинен здійснюватися за допомогою стартера, використовувати пускову рукоятку дозволяється тільки у виняткових випадках. При пуску двигуна автомобіля пусковою рукояткою необхідно, крім вимог раніше згаданих додатково дотримуватися наступних вимог:

- установити упорні колодки з обох сторін колеса;
- пускову рукоятку прокручувати знизу вгору;
- не брати рукоятку в обхват;

- при ручному регулюванні випередження запалювання встановити пізнє запалювання;
- не виключаючи запалювання, повернути колінчатий вал, переконавшись, що важіль перемикання передач перебуває в нейтральному положенні, включати запалювання;
- не застосовувати ніяких важелів і підсилювачів, що діють на пускову рукоятку або храповик колінчатого валу.

Забороняється здійснювати пуск двигуна шляхом буксирування автомобіля й перемикання ланцюга живлення стартера.

Перед пуском двигуна автомобіля, підключеного до системи підігріву, відключити й від'єднати елементи підігріву.

Управляти транспортними засобами на території підприємства дозволяється тільки особам, призначеним наказом і маючим посвідчення на право керування відповідним видом транспортного засобу.

Швидкість руху транспортних засобів по території підприємства не повинна перевищувати 10 км/год, а в приміщеннях - 5 км/год.

Для організації безпечного руху по території підприємства складається схематичний план (схема) руху транспортних засобів і працівників, виїздів, в'їздів і т.п.

Цей план (схема) доводиться до всіх працюючих і вивіщується при в'їзді на територію підприємства.

Під час руху автомобіля по території підприємства (при обкатці, випробуванні й т.п.) забороняється знаходження на ньому осіб, що не мають до цього прямого відношення. Заправлення автомобілів варто проводити відповідно до вимог правил технічної експлуатації стаціонарних, контейнерних і пересувних автозаправних станцій.

При заправленні автомобіля забороняється:
палити й користуватися відкритим вогнем;
проводити ремонтні й регулювальні роботи;
заправляти автомобіль паливом при працюючому двигуні;
допускати перелив і розлив палива;

перебувати пасажирам у кабіні, салоні або кузові. Власник зобов'язаний випускати на лінію технічно-справні транспортні засоби, повністю укомплектовані, що підтверджується підписом у шляховому аркуші особи, відповідального за випуск автомобіля на лінію й водія.

Водій може виїжджати на лінію тільки після проходження медичного огляду й відповідної оцінки про це в шляховому аркуші. Власник перед виїздом зобов'язаний проінформувати водія про умови роботи на лінії, місцях вантажно-розвантажувальних робіт і особливостях перевезеного вантажу.

Власник не має права:

змушувати водія (водій не має права) виїжджати на автомобілі, якщо його технічний стан і додаткове встаткування не відповідає правилам дорожнього руху, правилам технічної експлуатації рухомого складу автомобільного транспорту й правил охорони праці на автомобільному транспорті;

направляти водія в рейс, якщо він не мав до виїзду відпочинку, передбаченого діючими нормативними актами.

Направляючи водія в рейс тривалістю більше 1 доби, власник зобов'язаний:

перевірити укомплектованість автомобіля необхідними пристосуваннями, устаткуванням і інвентарем і їхню справність;
повідомити водієві (водіям) режим роботи й відпочинку;
записати в шляховому аркуші маршрут проходження із вказівкою місць тимчасового й тривалого відпочинку.

При напрямку двох або більше автомобілів у рейс для спільної роботи на строк більше двох діб власник зобов'язаний наказом призначити особу, відповідальна за охорону праці. Виконання вимог цієї особи обов'язково для всіх водіїв групи автомобілів.

При зупинці на відпочинок за межами населених пунктів особа, відповідальна за охорону праці, повинна здійснювати контроль за дотриманням вимог безпеки праці. Забороняється водіям, вантажникам і іншим особам під час стоянки відпочивати або спати в кабіні, салоні при працюючому двигуні.

Перед посадкою пасажирів на вантажний автомобіль, призначений для перевезення людей, водій повинен проінструктувати пасажирів про порядок посадки й висадки, попередити їх про те, що стояти в кузові автомобіля, що рухається, забороняється.

Перевезення дітей у кузові вантажного автомобіля забороняється.

Проїзд у кузовах вантажних автомобілів, не обладнаних для перевезення пасажирів, дозволяється тільки особам, що супроводжують (отримуючим) вантажі, за умови, що вони забезпечені місцем для сидіння, розташованим нижче рівня бортів.

Забороняється:

- перевезення людей на безбортових платформах, на вантажі, розміщеному на рівні або вище бортів кузова, на довгомірному вантажі й поруч із ним, на цистернах, причепах і напівпричепах всіх типів, у кузовах автомобілів-самоскидів і спеціалізованих автомобілів;
- перевезення в кабіні, кузові, салоні великої кількості людей, чим обладнано місце для сидіння або зазначено в паспорті заводу-виготовлювача;
- рух автомобіля з відкритими дверима й при знаходженні людей на підніжках;
- вистрибувати з кабіни або кузова автомобіля.

Особи, що перебувають в автомобілі, зобов'язані виконувати вимоги водія з питань безпеки.

При зупинці (стоянці) автомобіля водій, залишаючи транспортний засіб, повинен прийняти всі міри мимовільного його руху: зупинити двигун, установити важіль перемикачів (контролера) у нейтральне положення, загальмувати автомобіль стоянковим гальмом.

Якщо автомобіль стоїть навіть на незначному ухилі, необхідно додатково поставити під колеса упорні колодки.

На спусках і підйомах, де спосіб постановки не регламентується засобами регулювання руху, транспортні засоби необхідно ставити під кутом до краю проїзної частини так, щоб виключити можливість їм мимовільного руху.

Виходячи з кабіни автомобіля або салону автобуса, водій повинен попередньо переконатися в стані поверхні (наявність вибоїв, слизькості, сторонніх предметів і т.п.), а при виході на проїзну частину дороги - ще й у відсутності руху як у попутному, так і в зустрічному напрямках.

На автомобілі - таксометри в регіонах (містах) з високою криміногенною обстановкою необхідно встановлювати захисний екран, а також спеціальну сигналізацію.

Зчіпку автопоїзда, що складає з автомобіля й причепа, повинні робити три чоловіка - водій, водій-зчіплювач і особа, що координує їхню роботу. При цьому водій подає автомобіль назад найменшим ходом, строго виконуючи команди особи, що координує проведення зчіпки.

Координуюча особа повинна перебувати на місці, з якого їй одночасно добре видно водія і робітника-зчіплювача протягом усього періоду проведення зчіпки. Надавати допомогу зчіплювачу, а також залишати йому своє місце до закінчення зчіпки забороняється.

У виняткових випадках (далекі рейси, перевезення сільськогосподарських продуктів з полів і т.п.) зчіпку дозволяється робити одному водієві. У цьому випадку він повинен:

- загальмувати причіп стоянковим гальмом;
- перевірити стан буксирувального устаткування;
- підкласти упорні колодки під задні колеса автомобіля;
- провести зчіпку, включаючи з'єднання гідравлічних, пневматичних і електричних систем автомобіля й причепа, а також кріплення страховочних тросів (ланцюгів) на причепах, що не мають автоматичного встаткування.

Забороняється робити зчіпку при несправності дишла причепа (відсутність пружини дишла, упору, їхньої несправності й т.п.).

Перед початком руху заднім ходом необхідно зафіксувати поворотне коло причепа стопорним пристроєм.

Водій перед зчіпкою напівпричепа повинен оглянути його й переконатися в справності.

При зчіпці й розчепленні поздовжні осі автомобіля-тягача й напівпричепа повинні розташовуватися на одній прямій.

Борта напівпричепа при зчіпці й розчепленні повинні бути закриті.

Перед зчіпкою необхідно переконатися в тім, що сидельно-зчепний пристрій, шворінь і їхнє кріплення справні; напівпричіп загальмований стоянковим гальмом; передня частина напівпричепа по висоті розташована так, що при зчіпці передня крайка опорного листа попадає на полозки або на сідло.

При необхідності варто підняти або опустити передню частину напівпричепа. Перед зчіпкою необхідно встановити упорні колодки під колеса напівпричепа.

Забороняється робити розчеплення при не опущених котках опорного пристрою, а також нерівномірному завантаженню напівпричепа. Сполучні шланги й електропроводи повинні бути підвішені за допомогою відтягнутої пружини на гачок переднього борта напівпричепа, щоб вони не заважали зчіпці, а після зчіпки вони повинні бути приєднані.

4.2 Транспортні аварії і катастрофи. Наслідки і профілактика

Значне збільшення кількості різноманітних транспортних засобів останнім часом зумовило збільшення випадків транспортного травматизму.

Під травматизмом, розуміють сукупність пошкоджень, які виникають в певній групі населення при однотипних обставинах за певний проміжок часу. Травматизм поділяється на дві основні групи - виробничий, та невиробничий. Виробничий травматизм, в свою чергу, поділяється на промисловий та сільськогосподарський. Невиробничий травматизм поділяється на 4 основні групи: транспортний, вуличний, побутовий, спортивний.

Під транспортною травмою розуміють механічні пошкодження, заподіяні зовнішніми або внутрішніми частинами транспорту під час його руху, а також при випадінні з транспорту, що рухається.

Найбільшою різноманітністю травм відрізняється травматизм на наземному транспорті. Який поділяється на дві великі групи: колісний та неколісний. До колісного транспорту відноситься рейковий (поїзди, трамваї), й нерейковий (автомобілі, мотоцикли тощо). Неколісний в свою чергу поділяється на гусеничний (танковий, тракторний тощо), та не гусеничний (санний, транспортерний тощо). Травми на повітряному транспорті розподіляються відповідно до видів повітряного транспорту, а саме: гвинтомоторний, реактивний та безмоторний. Травматизм на водному транспорті має назву воднотранспортна травма.

Автомобільна травма - це сукупність пошкоджень, які виникають у водіїв, пасажирів і пішоходів внаслідок руху автотранспортних засобів.

В основу класифікації автомобільної травми закладені способи її виникнення. За різних обставин дорожньо-транспортних пригод, розрізняють такі види автомобільної травми:

I. Травма, спричинена частинами автомобіля, що рухається;

від зіткнення автомобіля з пішоходом (наїзд);

від стиснення тіла між автомобілем й іншими предметами.

II. Травма в середині автомобіля:

в салоні (кабіні) в наслідок зіткнення автомобілів між собою, або з якоїнебудь перешкодою;

в салоні (кабіні) в наслідок перекидання автомобіля.

III. Травма при випадінні з автомобіля (з кузова, салону, кабіни).

Пошкодження від зіткнення людини з автомобілем, що рухається.

Пошкодження при цьому виді травми відбуваються в декілька етапів, які відрізняються механізмом травматичного впливу:

первинний контакт з авто;

закидання людини на авто;

падіння людини на ґрунт; - ковзання по ґрунту.

Від первинного удару автомобілем утворюються різноманітні пошкодження: садна, забійні, забійне-рвані рани, переломи, розриви та відрив внутрішніх органів. Об'єм пошкоджень в основному залежить від маси та

швидкості автомобіля, а їхня локалізація від висоти розташування частин які завдають удару.

В залежності від конструктивних особливостей і швидкості автомобіля, характеру зіткнення друга фаза може випадати. пошкодження виникають переважно від тупого впливу, вони локалізуються на різних частинах тіла.

При зіткненні з легковим автомобілем людина після первинного удару закидається на капот, що зазвичай призводить до утворення пошкоджень голови та грудної клітки. Ці пошкодження можуть бути менш виразними ніж пошкодження від первинного удару.

Пошкодження від стиснення тіла між автомобілем й іншими предметами. Пошкодження при цьому виді травми виникають зазвичай від притиснення людини кузовом автомобіля до нерухомих предметів, тобто за механізмом стиснення. Об'єм пошкодження визначається ступенем стиснення, площиною контакту та положенням постраждалого. При даному виді автотравми дуже рідко утворюються специфічні пошкодження. Найбільш часто ушкоджуються грудна клітка та органи черевної порожнини. Стисненню інколи передує удар, але його наслідки зазвичай маскуються пошкодженнями від стиснення.

Травма в салоні (кабіні) автомобіля. Обставини отримання пошкоджень при даному виді травми відрізняється різноманітністю: перевертанням автомобіля під час руху, її падіння з висоти, удар об нерухомі предмети, зіткнення між собою та іншими транспортними засобами.

При зіткненні автомобілів або автомобіля з перешкодою деформуються та руйнуються його деталі. Одночасно в салоні водій та пасажир переміщуються і у них виникають травми в наслідок струсу тіла й удару об внутрішні деталі салону. При різкому уповільненні руху автомобіля рух тіла водія, якщо він не пристебнутий паском безпеки, проходить три фази:

- переміщення тіла вперед - удар нижніми кінцівками об панель приладів, грудною кліткою об кермо;
- згинання ший вперед - удар головою об лобове скло або верхню частину керма;
- відкиданні тіла з різким розгинанням ший.

При цьому специфічними можна вважати лише дугоподібні крововиливи на грудній клітці й обличчі як слід-відбиток керма. Виникає багато характерних пошкоджень. У водія та у пасажирів який сидить праворуч, пошкодження достатньо однотипні, але у водія вони розташовані переважно на передній і лівій боковій поверхні, а у пасажирів - на передній і правій боковій поверхні тіла. У водія при ударі головою об кермо, лобове скло, бокові стійки виникають різноманітні садна, крововиливи. При ударі обличчям утворюються переломи кісток носу, верхньої та нижньої щелепи. Від уламків скла як у водія, так й у пасажирів можуть утворюватися численні різані рани голови та кистей рук, які містять у собі дрібні уламки. До характерних пошкоджень також можна відвести переломи шийного відділу хребта, який виникає внаслідок різкого перерозгинання шийного відділу хребта (по типу хлиста) (рис.), переломи ребер по передній і боковій поверхні грудної клітки, переломи верхніх кінцівок, перелом вертлюжної западини, надколінні-ка та кісток нижніх кінцівок.

У пасажирів які сидять на задньому сидінні, при зустрічному зіткненні виникають травми голови, живота та кінцівок. Вони менш виразні ніж травми у того хто знаходився на передньому сидінні. Інколи при зіткненні автомобілів відбувається вибух бензину, що обумовлює додаткові травми.

Випадіння з автомобіля який рухається. Частіше за всього відбувається випадіння з кузова вантажного автомобіля. В даному випадку може бути два варіанта випадіння тіла - а) при різкому гальмуванні; б) при різкому початку руху. В типових випадках виникає три фази падіння:

- первинний контакт тіла з частинами автомобіля - удар;
- падіння на ґрунт - удар;
- ковзання по ґрунту - тертя.

При контакті тіла з частинами автомобіля характер пошкоджень буде залежить від форми та розмірів цих частин, а також від напрямку удару.

В деяких випадках, коли при випадінні тіло не зачіплює частин автомобіля, першою фазою буде падіння на ґрунт.

Удар об ґрунт головою призводить до тяжких черепно-мозкових травм з багатоуламковими переломами черепа. Удар об ґрунт сідницями викликає

переломи кісток тазу, компресійні переломи поперекових або грудних хребців. Удар об ґрунт поверхнею тулуба супроводжується утворенням пошкоджень від загального струсу тіла. Об'єм пошкоджень при випадінні буде залежить від швидкості автомобіля. Особливістю зовнішніх пошкоджень буде наявність широких саден в місці прикладання сили в наслідок ковзання тіла на останньому етапі падіння.

ВИСНОВКИ

Мета цього дослідження полягала в тому, щоб оцінити два засоби протидії велосипедним аваріям із обробкою велосипедних сигналів на міських перехрестях. Запропоновано два заходи: бокси для велосипедів і захищені перехрестя. Обробки велосипедних сигналів, які були протестовані одночасно з цими заходами, це провідний велосипедний інтервал і ексклюзивна велосипедна фаза. Це дослідження також мало на меті визначити, коли потрібні ці заходи, а також розробити та надати загальні рекомендації для полегшення руху велосипедистів ліворуч. Було проведено опитування велосипедистів до і після. Основною метою опитування було виміряти сприйняття велосипедистами безпеки велосипедного боксу та велосипедного сигналу, а також оцінити знання, розуміння та інші реакції на нові засоби запобігання. Критерій χ^2 -квадрат/точний критерій Фішера використовувався для перевірки статистичної значущості результатів обох випадків опитування.

Завдяки аналізу даних було виявлено, що бокс для велосипедистів позитивно впливає на сприйняття велосипедистами безпеки велосипедних подорожей. Інакше кажучи, запровадження велосипедного боксу дозволить велосипедистам почуватись безпечніше під час їзди на велосипеді або поблизу перехрестя із велосипедним боксом і спонукатиме людей частіше їздити на велосипеді. Крім того, було виявлено, що велосипедний бокс може полегшити рух велосипедиста в один бік повороту ліворуч і здатний спонукати велосипедиста зупинитися перед автомобілями та допоможе велосипедисту змінити своє положення зупинки з правого боку на крайнє ліворуч з боку вулиці при повороті ліворуч. Подальший аналіз даних показав, що велосипедний бокс може мати позитивний вплив на такі характеристики перехрестя, як безпека, простір для велосипедистів, час сигналу та легкість навігації.

За допомогою моделювання VISSIM у цьому дослідженні досліджувалися інженерні контрзаходи як від експлуатації дорожнього руху (наприклад, вплив на затримку користувачів перехрестя), так і від перспективи безпеки дорожнього руху (наприклад, конфлікти між користувачами як сурогатний захід безпеки).

Результати аналізу вказують на те, що додавання велосипедного боксу може збільшити затримку транспортного засобу через заборону правого повороту на червоний сигнал. Аналіз також показав, що обробки велосипедного сигналу можуть призвести до більшої затримки транспортного засобу, зокрема з ексклюзивною фазою велосипедного сигналу. Насправді впровадження ексклюзивного велосипедного етапу призведе до надмірного збільшення затримки для всіх користувачів перехрестя.

Результати оцінки безпеки показали, що велосипедний бокс може підвищити безпеку велосипедистів, зменшивши кількість конфліктів між транспортним засобом і велосипедом. Крім того, велосипедний бокс може ще більше зменшити конфлікти між транспортними засобами, якщо поєднати їх із системами обробки велосипедних сигналів, такими як LVI або EBP. Це дослідження також показало, що захищений дизайн перехрестя може бути ефективним у зменшенні кількості конфліктів транспортного засобу та велосипеда та може призвести до меншої затримки транспортного засобу. Однак конструкція захищеного перехрестя виявила більшу затримку велосипедистів через двоетапний поворот ліворуч, необхідний велосипедисту для повороту ліворуч.

В дослідженні проаналізовано економічну ефективність цих методів запобігання ДТП шляхом проведення економічного аналізу. Отримане збільшення/зменшення затримки та запобігання ДТП було переведено в грошову величину за різних комбінацій трафіку та кількості велосипедистів, щоб визначити, чи є таке запобігання економічно ефективним до фактичного впровадження. Це виявило порогові значення для трафіку та інтенсивності велосипедів, які б виправдали додавання велосипедного боксу та захищені обробки перехресть. Обробка велосипедного боксу виявилася ефективною в діапазоні інтенсивності руху 1086-1231 автомобіль/год і 46 велосипедів/год. Цей рівень руху велосипедистів може зрости до 92 велосипедів/год при 1158 інтенсивності трафіку на годину, і велосипедний бокс усе ще можна вважати перевагою. З іншого боку, захищене перехрестя продемонструвало ширший діапазон інтенсивності трафіку, і велосипедистів, де це було б вигідно. Також

можна зазначити, що захищене перехрестя має більш високе співвідношення вигода/вартість, ніж у велосипедного боксу. Насправді, якщо порівняти ці два види запобігання один з одним, захищений дизайн перехрестя буде більш сприятливим варіантом, ніж дизайн велосипедного боксу. Подальший економічний аналіз показав, що недоліки, пов'язані зі збільшенням затримки впровадження обробки велосипедних сигналів, таких як LBI та EBP, переважають усі переваги, отримані від запобігання ДТП.

Розроблено загальну інструкцію з трьома різними типами об'єктів, які можна використовувати на міських перехрестях для полегшення руху велосипедистів ліворуч. Розроблена інструкція зі знайденими пороговими значеннями трафіку та інтенсивності руху велосипедів допоможе особам, які приймають рішення, визначити, яке запобігання слід.

З цим дослідженням пов'язано кілька обмежень. Відсутність відповіді на опитування велосипедистів обмежила збільшення розміру вибірки даних опитування. Привернути увагу велосипедистів на місцях було нелегко, особливо тому, що через обмежені ресурси не було жодних стимулів. Збільшення розміру вибірки опитування усуне будь-яку потенційну упередженість у результатах. Крім того, це дослідження оцінювало запропонований контрзахід у віртуальному середовищі за однієї геометрії перехрестя та за одного типу керування сигналом, яким був сигнал із фіксованим часом. Це може обмежити можливість перенесення результатів на різні геометрії перехресть або різні системи сигналізації. Крім того, через відсутність заходів безпеки, це дослідження було обмежено використанням сурогатних заходів безпеки «конфлікт», який визначається як можливість аварії. Нарешті, це дослідження оцінювало контрзаходи з різною інтенсивністю трафіку та велосипедистів, але при фіксованому об'ємі пішоходів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Allen, D., Bygrave, S., & Harper, H. (2005). Behavior at Cycle Advanced Stop Lines Report No. PPR240. London, UK: Transport for London, London Road Safety Unit.
2. Denver Public Works Transportation & Mobility. (2016). Bicycle Crash Analysis, Understanding and Reducing Bicycle & Motor Vehicle Crashes.
3. Dickins, I. S. (1991). Park and ride facilities on light rail transit systems. *Transportation*, 18(1), 23-36.
4. DiGioia, J., Watkins, K. E., Xu, Y., Rodgers, M., & Guensler, R. (2017). Safety impacts of bicycle infrastructure: a critical review. *Journal of safety research*, 61, 105-119.
5. Dijk, M., & Montalvo, C. (2011). Policy frames of Park-and-Ride in Europe. *Journal of Transport Geography*, 19(6), 1106-1119.
6. Dijk, M., de Haes, J., & Montalvo, C. (2013). Park-and-Ride motivations and air quality norms in Europe. *Journal of Transport Geography*, 30, 149-160.
7. Dill, J., Monsere, C. M., & McNeil, N. (2012). Evaluation of bike boxes at signalized intersections. *Accident Analysis & Prevention*, 44(1), 126-134.
8. European Commission's guidance for cycling projects in the EU. https://ec.europa.eu/transport/themes/urban/cycling/guidance-cycling-projects-eu_en
9. European Union. 'Urban Europe Statistics on Cities, Towns and Suburbs 2016 Edition'. Luxembourg, 2016. <https://doi.org/10.2785/91120>.
10. Eurostat. 'Glossary: City - Statistics Explained'. Eurostat, 2018. <https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:City>.
11. Fan, R., Yu, H., Liu, P., & Wang, W. (2013). Using VISSIM simulation model and Surrogate Safety Assessment Model for estimating field measured traffic conflicts at freeway merge areas. *IET Intelligent Transport Systems*, 7(1), 68-77.

12. Fayish, A., & Gross, F. (2010). Safety effectiveness of leading pedestrian intervals evaluated by a before-after study with comparison groups. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, (2198), 15-22.
13. Gettman, D., & Head, L. (2003). Surrogate safety measures from traffic simulation models. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, (1840), 104-115.
14. Gettman, D., Pu, L., Sayed, T., & Shelby, S. G. (2008). Surrogate safety assessment model and validation (No. FHWA-HRT-08-051).
15. Goodall, N., Smith, B., & Park, B. (2013). Traffic signal control with connected vehicles. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, (2381), 65-72.
16. Hirschmann, K., Zallinger, M., Fellendorf, M., & Hausberger, S. (2010, September). A new method to calculate emissions with simulated traffic conditions. In *Intelligent Transportation Systems (ITSC), 2010 13th International IEEE Conference on* (pp. 33-38). IEEE.
17. Holgui, J., Yushimito, W. F., Aros-Vera, F., & Reilly, J. J. (2012). User rationality and optimal park-and-ride location under potential demand maximization. *Transportation Research Part B: Methodological*, 46(8), 949-970.
18. Houten, R., Retting, R., Farmer, C., & Houten, J. (2000). Field evaluation of a leading pedestrian interval signal phase at three urban intersections. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, (1734), 86-92.
19. Huang, F., Liu, P., Yu, H., & Wang, W. (2013). Identifying if VISSIM simulation model and SSAM provide reasonable estimates for field measured traffic conflicts at signalized intersections. *Accident Analysis & Prevention*, 50, 1014-1024.
20. Hunter, W. (2000). Evaluation of innovative bike-box application in Eugene, Oregon. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, (1705), 99-106.

21. James, E., Pederson, K., Ryan, C., Ryan, R., & Wascalus, J. (2011). Minneapolis Bike Boxes: An Evaluation of Bike Boxes at Signalized Intersections Designed to Facilitate Bicyclist Left Turns.
22. Jarzemskis, Dr. Andrius. Smart Continent, Personal communication. 23/01/2020.
23. Jie, L., Van Zuylen, H., Chen, Y., Viti, F., & Wilmink, I. (2013). Calibration of a microscopic simulation model for emission calculation. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 31, 172-184.
24. Johnson, M., Newstead, S., Charlton, J., & Oxley, J. (2011). Riding through red lights: The rate, characteristics and risk factors of non-compliant urban commuter cyclists. *Accident Analysis & Prevention*, 43(1), 323-328.
25. Kalakou, Sofia, Sebastian Spundflasch, Responsible Co-Author, Ana Díaz, and Miriam Pirra. 'WP2 Contextualisation of Project Cities', 2018. <http://www.suits-project.eu/wp-content/uploads/2018/12/Contextualisation-of-project-cities.pdf>.
26. Karpenko, O., Horbenko, A., Vovk, Y., & Tson, O. (2017). Research of the structure and trends in the development of the logistics market in Ukraine. *Journal of Sustainable Development of Transport and Logistics*, 2(2), 57-66.
27. King, M. R. (2000, December). Calming New York City Intersections. In *Urban Street Symposium Conference Proceedings*.
28. Kostyniuk, L. P., Molnar, L. J., St Louis, R. M., Zanier, N., & Eby, D. W. (2017). Societal costs of traffic crashes and crime in Michigan: 2017 update.
29. Kothuri, S., Smaglik, E., Kading, A., Schrope, A., Aguilar, C., Gil, W., & White, K. (2018). Addressing Bicycle-Vehicle Conflicts with Alternate Signal Control Strategies (No. NITC-RR-897).
30. Ledezma-Navarro, B., Stipancic, J., Andreoli, A., & Miranda-Moreno, L. (2018). Evaluation of Level of Service and Safety for Vehicles and Cyclists at Signalized Intersections (No. 1804807).

31. Lessons Learned: Evolution of the Protected Intersection. by Alta Planning + Design, 2015
32. Li, Z., Chitturi, M., Zheng, D., Bill, A., & Noyce, D. (2013). Modeling reservation-based autonomous intersection control in vissim. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, (2381), 81-90.
33. Loskorn, J., Mills, A. F., Brady, J. F., Duthie, J. C., & Machemehl, R. B. (2013). Effects of bicycle boxes on bicyclist and motorist behavior at intersections in Austin, Texas. *Journal of Transportation Engineering*, 139(10), 1039-1046.
34. Lynn, W., McNeil, N., & Dill, J. (2013). *Cost Analysis of Bicycle Facilities: Cases from Cities in the Portland, OR Region*.
35. *Manual on Uniform Traffic Control Devices, Interim Approval for Optional Use of a Bicycle signal face IA-16*.
36. Massachusetts Department of Transportation (MassDot). *Separated Bike Lane Planning and Design Guide*. 2015.
37. National Association of City Transportation Officials. (2014). *Urban Bikeway Design Guide*. Island Press.
38. National Association of City Transportation Officials. (2014). *Urban Street Design Guide*. Island Press.
39. Park, B., & Qi, H. (2005). Development and Evaluation of a Procedure for the Calibration of Simulation Models. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, (1934), 208-217.
40. Park, B., & Schneeberger, J. (2003). Microscopic simulation model calibration and validation: case study of VISSIM simulation model for a coordinated actuated signal system. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, (1856), 185-192.
41. Saito, M., Kim, K., and Scultz, G. G. *Analysis of Safety Impact of Access Management Alternatives Using the Surrogate Safety Assessment Model*, Report No. UT-17. 11. UDOT. June 2017.

42. Savchenko, L., Zhigula, S., Yurchenko, K., Vovk, Y., & Oleksiuk, A. (2021). Combination of different means of parcel deliveries in urban logistics in adverse weather conditions. *Journal of Sustainable Development of Transport and Logistics*, 6(1), 6-17.
43. Savolainen, P., Gates, T., Hacker, E., Davis, A., Frazier, S., Russo, B., ... & Schneider, W. (2014). Evaluating the Impacts of Speed Limit Policy Alternatives (No. RC-1609).
44. Song, G., Yu, L., & Zhang, Y. (2012). Applicability of traffic microsimulation models in vehicle emissions estimates: Case study of VISSIM. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, (2270), 132-141.
45. Souleyrette, R., & Hochstein, J. (2012). Development of a conflict analysis methodology using SSAM (No. InTrans Project 10-376).
46. Stevanovic, A., Stevanovic, J., Zhang, K., & Batterman, S. (2009). Optimizing traffic control to reduce fuel consumption and vehicular emissions: Integrated approach with VISSIM, CMEM, and VISGAOST. *Transportation Research Record: Journal of the transportation research board*, (2128), 105-113.
47. Tian, Z., Urbanik, T., Engelbrecht, R., & Balke, K. (2002). Variations in capacity and delay estimates from microscopic traffic simulation models. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, (1802), 23-31.
48. Vasconcelos, L., Neto, L., Seco, Á., & Silva, A. (2014). Validation of the Surrogate Safety Assessment Model for Assessment of Intersection Safety. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, (2432), 1-9.
49. Vovk Y. Resource-efficient intelligent transportation systems as a basis for sustainable development. Overview of initiatives and strategies / Y. Vovk // *Journal of Sustainable Development of Transport and Logistics*, 2016. – Vol. 1, No. 1. – p. 6-10. (Польша).

50. Wang, J. Y., Yang, H., & Lindsey, R. (2004). Locating and pricing park-and-ride facilities in a linear monocentric city with deterministic mode choice. *Transportation Research Part B: Methodological*, 38(8), 709-731.
51. Wu, J., Radwan, E., & Abou-Senna, H. (2017). Determination if VISSIM and SSAM could estimate pedestrian-vehicle conflicts at signalized intersections. *Journal of Transportation Safety & Security*, 1-14.
52. Zhou, S. E., Li, K., Sun, J., & Han, P. (2010). Calibration and validation procedure for intersection safety simulation using SSAM and VISSIM. In *ICCTP 2010: Integrated Transportation Systems: Green, Intelligent, Reliable* (pp. 603-615).
53. Вовк Ю. Аналіз стану транспортної системи України та перспективи її розвитку [Електронний ресурс] / Юрій Вовк // Соціально-економічні проблеми і держава. — 2015. — Вип. 2 (13). — С. 5-15.
54. Вовк Ю.Я. Комплексний підхід до вирішення проблем ресурсозбереження виробничих підприємств, сфери послуг та транспорту / Ю.Я. Вовк, О.Л. Ляшук, І.П. Вовк // Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції "Транспорт: механічна інженерія, експлуатація, матеріалознавство (ТМІЕТ – 2017)", 21-22 вересня 2017 року, Херсон: ХДМА, 2017. - С. 15-16.
55. Вовк Ю.Я. Пути формирования ресурсоэффективной транспортной системы / Ю.Я. Вовк // *Экономические тенденции*, 2017. – Вып. 1, № 1. – С. 22-29. (Білорусь).
56. Вовк Ю.Я., Ляшук О.Л., Мосейко Ю.В., Хавтур П.В., Заривенний А.Р. Дорожній рух та його безпека: Програма «нульова смертність на дорогах» // *Транспортна безпека: правові та організаційні аспекти: матеріали XIV Міжнародної науково-практичної конференції* (в авторській редакції), (м. Кривий Ріг, 12 листопада 2019 року). Кривий Ріг, 2019. 346 с. – С. 71-74.
57. Вовк, Ю. Я., & Худобей, Р. В. (2021). Контроль дотримання безпеки перевезень на громадському транспорті в умовах карантинних обмежень з використанням інтелектуальних транспортних систем.

Транспортна безпека: правові та організаційні аспекти: матеріали XVI Міжнародної науково-практичної конференції (в авторській редакції), (м. Кривий Ріг, 19 листопада 2021 року). Кривий Ріг, 2021. 238 с.

58.Методичні вказівки до виконання розділу «Охорона праці» дипломної роботи (для студентів спеціальності 275 «Транспортні технології») / Укл.: Вовк Ю.Я., Цьонь О.П., Вовк І.П. – Тернопіль: ТНТУ, 2018. – 28 с.

59.Стручок В.С. Безпека в надзвичайних ситуаціях. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання / В.С. Стручок. — Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. — 156 с.

ДОДАТКИ

Додаток А

Анкета опитування

Попереднє опитування велосипедистів

1. Яка ваша вікова група?

- Менше 16 років
- 16-24 роки
- 25-34 роки
- 35-49 років
- 50-64 роки
- 65+

2. Стать

- Чоловік
- Жінка
- Не хочу вказувати

3. Освітній рівень

- Середня школа
- Диплом молодшого бакалавра
- Диплом бакалавра
- Вища освіта
- Не хочу вказувати

4. Як часто ти їдиш на велосипеді?

- Щодня
- Кілька разів на тиждень
- Кілька разів на місяць
- Дуже рідко

5. Яка основна мета велосипедних подорожей?

- Фізичні вправи та здоров'я
- Відпочинок
- Поїздка на роботу і назад (робота/школа)

- Доручення/Покупки
 - Інше (будь ласка, вкажіть)
-

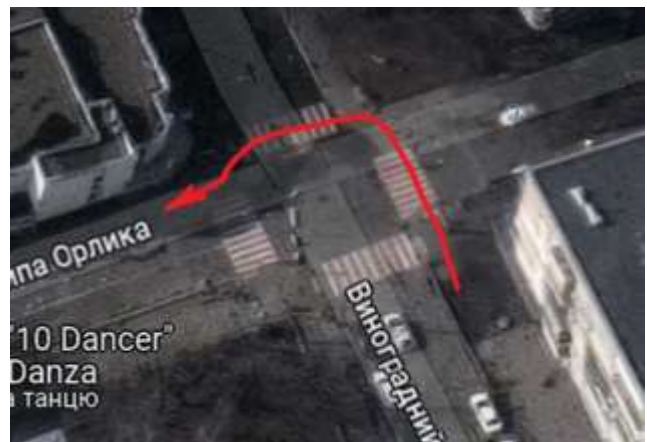
6. Як би ви віднесли себе до категорії велосипедистів?

- Початківець
- Середній рівень
- Досвідчений

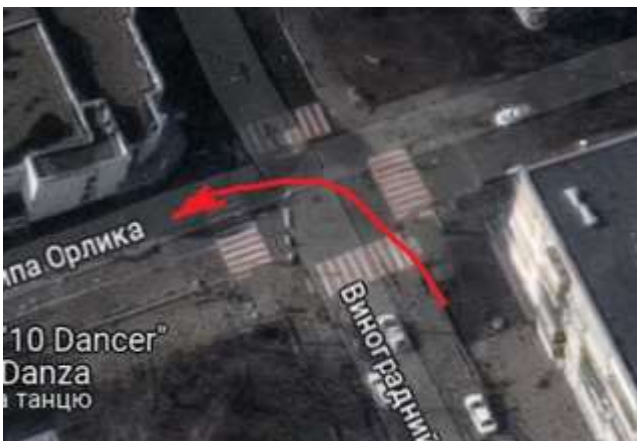
7. Як би ви повернули ліворуч на цьому перехресті? Виберіть найкращий варіант, якого ви будете дотримуватися.



a



b



c



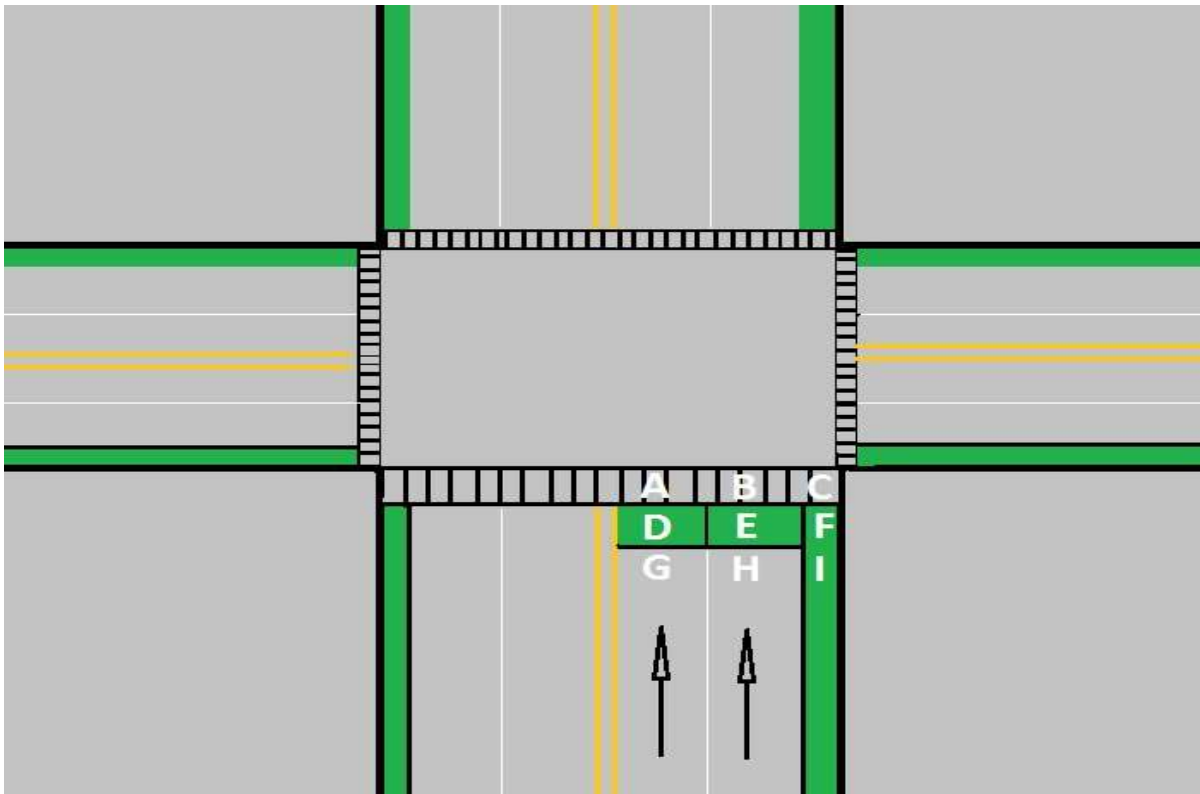
d

- a
- b
- c
- d

8. Чому ви віддасте перевагу тому шляху, який ви вибрали в попередньому запитанні (питання 7)? Виберіть усе, що підходить.

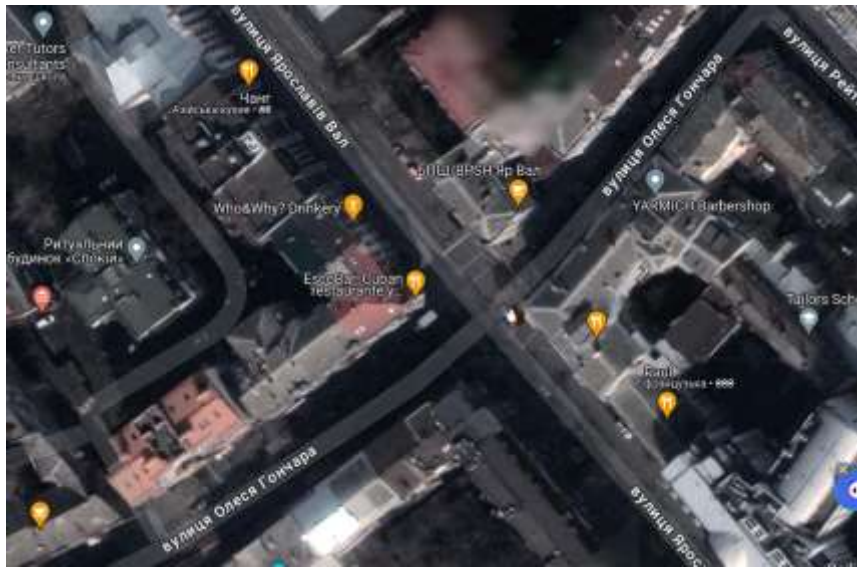
- Безпечніше
- Коротше
- Швидше
- Інше (вказіть)

9. Якщо ви хочете повернути ліворуч на червоний сигнал на зображеному перехресті, де ви зупините свій велосипед? Виберіть усе, що підходить.



- | | |
|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> A | <input type="checkbox"/> F |
| <input type="checkbox"/> B | <input type="checkbox"/> G |
| <input type="checkbox"/> C | <input type="checkbox"/> H |
| <input type="checkbox"/> D | <input type="checkbox"/> I |
| <input type="checkbox"/> E | |

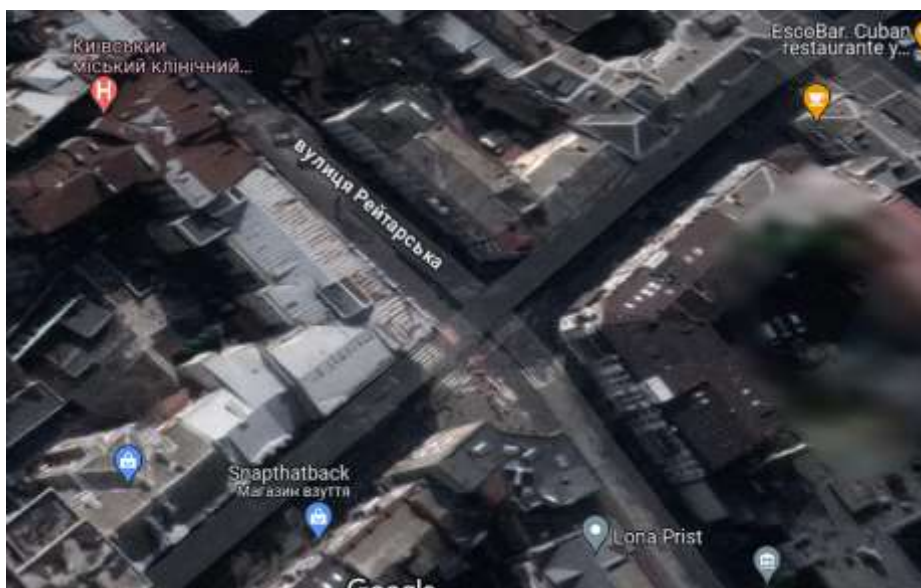
10. Оберіть шкалу оцінок наступних об'єктів для ідентифікованих перехресть, показаних на наведених нижче рисунках.



Вул. Ярославів Вал – вул. Олеся Гончара



Вул. Володимирська- вул. Велика Житомирська



Вул. Рейтарська – вул. Олеся Гончара



Вул. Стрілецька – вул. Ярославів Вал

	Дуже добре	Добре	Задовільно	Погано	Дуже погано	Не знаю
Вул. Ярославів Вал – вул. Олеся Гончара						
Безпека велосипедистів						
Простір для велосипедистів						
Відлік дозволяючого сигналу для велосипедистів						
Легкість для навігації						
	Дуже добре	Добре	Задовільно	Погано	Дуже погано	Не знаю
Вул. Володимирська-вул. Велика Житомирська						
Безпека велосипедистів						
Простір для велосипедистів						
Відлік дозволяючого сигналу для велосипедистів						
Легкість для навігації						
	Дуже добре	Добре	Задовільно	Погано	Дуже погано	Не знаю
Вул. Рейтарська – вул. Олеся Гончара						
Безпека велосипедистів						
Простір для велосипедистів						
Відлік дозволяючого сигналу для велосипедистів						
Легкість для навігації						

	Дуже добре	Добре	Задовільно	Погано	Дуже погано	Не знаю
Вул. Стрілецька – вул. Ярославів Вал						
Безпека велосипедистів						
Простір для велосипедистів						
Відлік дозволяючого сигналу для велосипедистів						
Легкість для навігації						

11. Наскільки ви згодні з тим, що велосипедистам потрібен спеціальний сигнал світлофора? Якщо ви не знайомі з такими сигналами, виберіть «Я не знаю»

- Абсолютно згодний
- Погоджуюсь
- Нейтральний
- Не згоден
- Категорично не згоден
- Не знаю



12. Як ви думаєте, для чого призначена розмітка на тротуарі в червоному полі? Виберіть усе, що підходить.



- Місце для велосипедистів для зупинки
- Місце для велосипедистів для повороту ліворуч
- Місце для велосипедистів для фори на початку зеленого сигналу
- Для захисту пішоходів
- Не знаю

13. Наскільки ви згодні з тим, що велосипедний бокс сприятиме їзді на велосипеді та підвищить безпеку? Якщо Ви не знайомі з такими боксами, виберіть «Я не знаю»

Особливості	Абсолютно згодний	Згідний	Нейтральний	Не згоден	Категорично не згоден	Не знаю
Сприяти їзді на велосипеді						
Підвищення безпеки						

У майбутньому буде проведено ще одне контрольне обстеження, якщо одне або обидва покращення будуть встановлені на території. Чи хотіли б ви взяти участь у наступному опитуванні? Якщо так, надайте бажану контактну інформацію.

Ім'я: _____

Адреса: _____

Телефон: _____

Електронна пошта: _____

Опитування велосипедистів (після)**1. Яка ваша вікова група?**

- Менше 16 років
- 16-24 роки
- 25-34 роки
- 35-49 років
- 50-64 роки
- 65+

2. Стать

- Чоловік
- Жінка
- Не хочу вказувати

3. Освітній рівень

- Середня школа
- Диплом молодшого бакалавра
- Диплом бакалавра
- Вища освіта
- Не хочу вказувати

4. Як часто ти їдиш на велосипеді?

- Щодня
- Кілька разів на тиждень
- Кілька разів на місяць
- Дуже рідко

5. Яка основна мета велосипедних подорожей?

- Фізичні вправи та здоров'я
- Відпочинок
- Поїздка на роботу і назад (робота/школа)
- Доручення/Покупки
- Інше (будь ласка, вкажіть)

6. Як би ви віднесли себе до категорії велосипедистів?

- Початківець
- Середній рівень
- Досвідчений

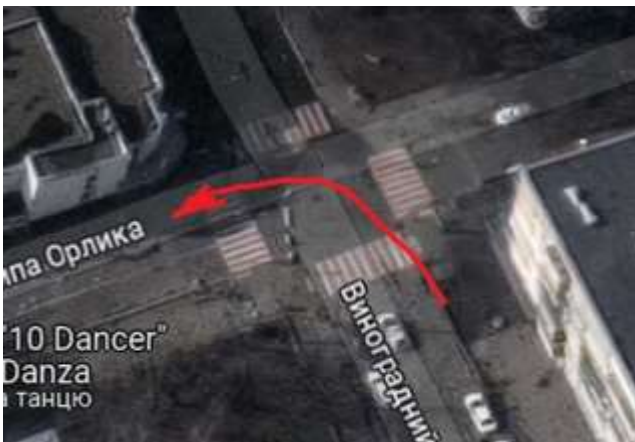
7. Як би ви повернули ліворуч на цьому перехресті? Виберіть найкращий варіант, якого ви будете дотримуватися.



a



b



c



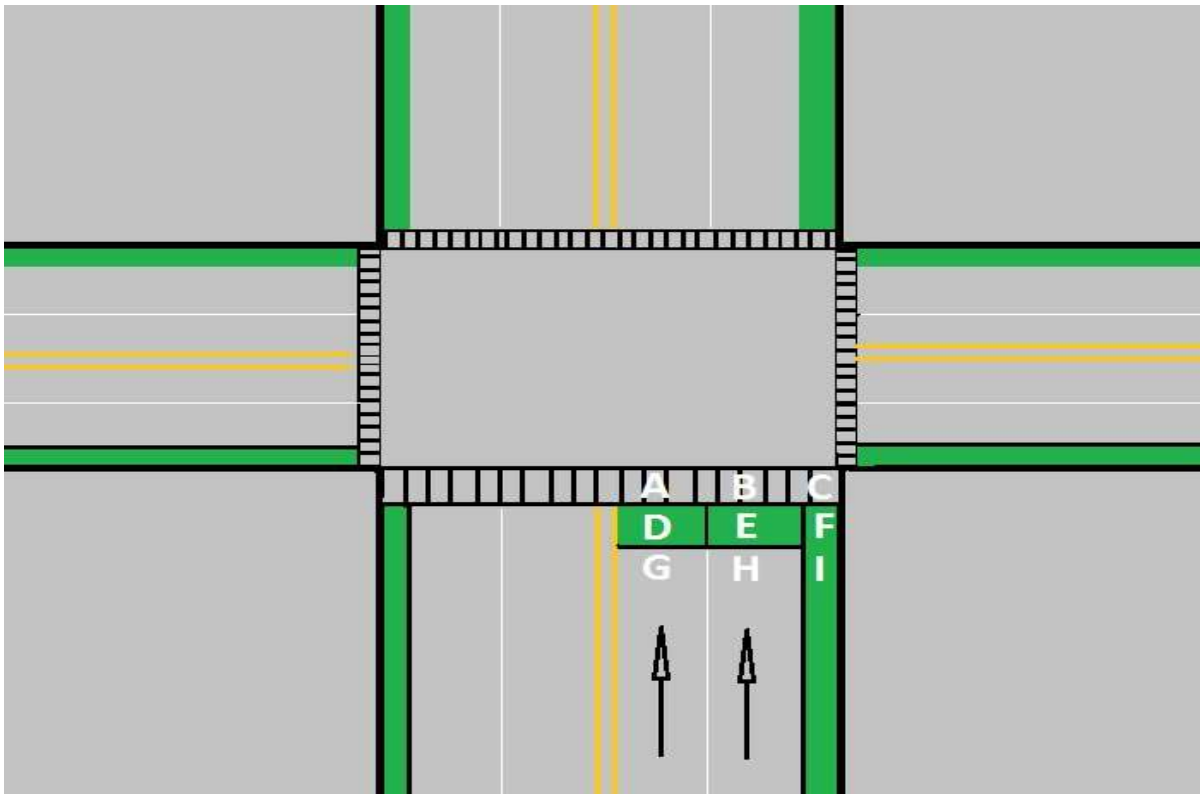
d

- a
- b
- c
- d

8. Чому ви віддасте перевагу тому шляху, який ви вибрали в попередньому запитанні (питання 7)? Виберіть усе, що підходить.

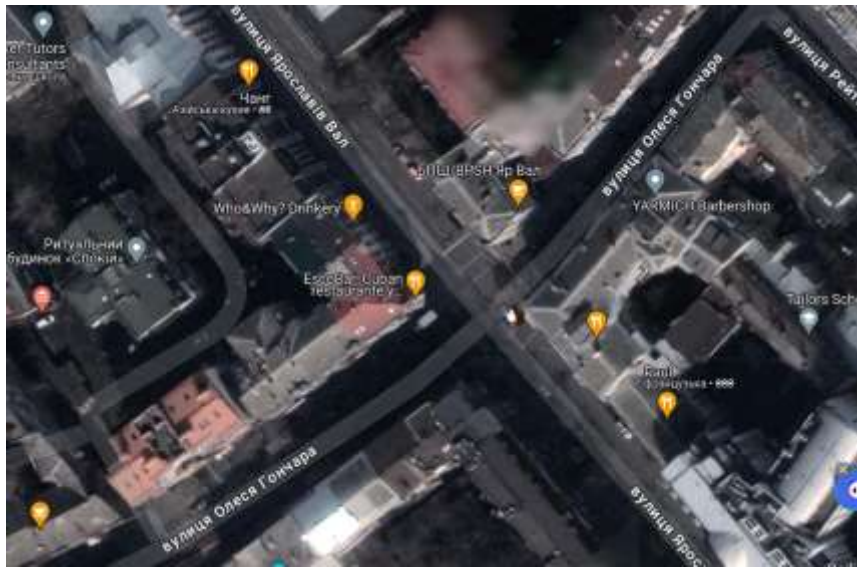
- Безпечніше
- Коротше
- Швидше
- Інше (вказіть)

9. Якщо ви хочете повернути ліворуч на червоний сигнал на зображеному перехресті, де ви зупините свій велосипед? Виберіть усе, що підходить.



- | | |
|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> A | <input type="checkbox"/> F |
| <input type="checkbox"/> B | <input type="checkbox"/> G |
| <input type="checkbox"/> C | <input type="checkbox"/> H |
| <input type="checkbox"/> D | <input type="checkbox"/> I |
| <input type="checkbox"/> E | |

10. Оберіть шкалу оцінок наступних об'єктів для ідентифікованих перехресть, показаних на наведених нижче рисунках.



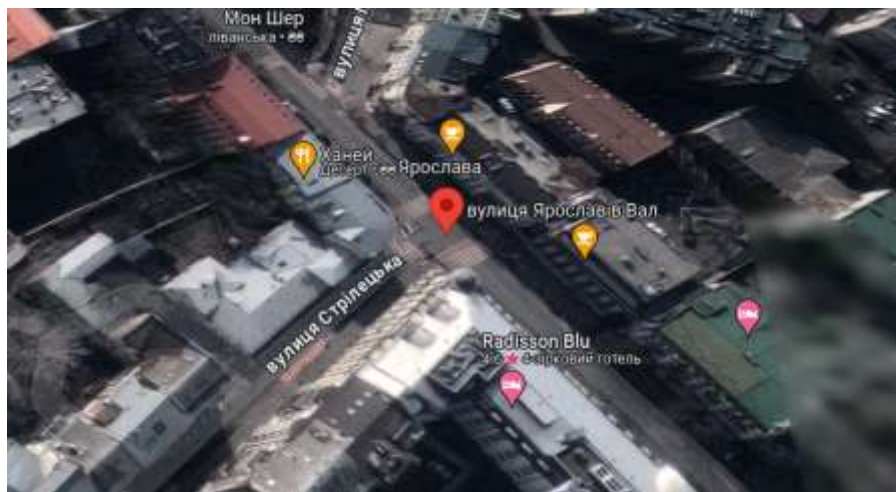
Вул. Ярославів Вал – вул. Олеся Гончара



Вул. Володимирська- вул. Велика Житомирська



Вул. Рейтарська – вул. Олеся Гончара



Вул. Стрілецька – вул. Ярославів Вал

	Дуже добре	Добре	Задовільно	Погано	Дуже погано	Не знаю
Вул. Ярославів Вал – вул. Олеся Гончара						
Безпека велосипедистів						
Простір для велосипедистів						
Відлік дозволяючого сигналу для велосипедистів						
Легкість для навігації						
	Дуже добре	Добре	Задовільно	Погано	Дуже погано	Не знаю
Вул. Володимирська-вул. Велика Житомирська						
Безпека велосипедистів						
Простір для велосипедистів						
Відлік дозволяючого сигналу для велосипедистів						
Легкість для навігації						
	Дуже добре	Добре	Задовільно	Погано	Дуже погано	Не знаю
Вул. Рейтарська – вул. Олеся Гончара						
Безпека велосипедистів						
Простір для велосипедистів						
Відлік дозволяючого сигналу для велосипедистів						
Легкість для навігації						

	Дуже добре	Добре	Задовільно	Погано	Дуже погано	Не знаю
Вул. Стрілецька – вул. Ярославів Вал						
Безпека велосипедистів						
Простір для велосипедистів						
Відлік дозволяючого сигналу для велосипедистів						
Легкість для навігації						

11. Наскільки ви згодні з тим, що велосипедистам потрібен спеціальний сигнал світлофора? Якщо ви не знайомі з такими сигналами, виберіть «Я не знаю»

- Абсолютно згодний
- Погоджуюсь
- Нейтральний
- Не згоден
- Категорично не згоден
- Не знаю



12. Як ви думаєте, для чого призначена розмітка на тротуарі в червоному полі? Виберіть усе, що підходить.



- Місце для велосипедистів для зупинки
- Місце для велосипедистів для повороту ліворуч
- Місце для велосипедистів для фори на початку зеленого сигналу
- Для захисту пішоходів
- Не знаю

13. Місто нещодавно встановило бокси для велосипедів. Чи доводилося вам їздити через бокс для велосипеда після його встановлення?

- Так
- Ні
- Не пам'ятаю

14. Наскільки ви згодні з тим, що встановлений велосипедний бокс сприятиме їзді на велосипеді та підвищить безпеку? Якщо ви не знайомі з такими сигналами, виберіть «Я не знаю»

Особливості	Абсолютно згодний	Згідний	Нейтральний	Не згоден	Категорично не згоден	Не знаю
Сприяти їзді на велосипеді						
Підвищення безпеки						

Результати моделювання

Підсумок усіх переваг і витрат, пов'язаних із базовою моделлю та сценарієм 2 моделі 2						
	трафік обсяг	Обсяг велосипеда				
		46	92	184	276	368
Збережені збої (Збій)	926	1.02	1.66	2.12	1.49	1.91
	1158	1,99	1.54	2.30	3.15	1.28
	1390	1.71	1.21	1.02	1,00	1.42
Переваги від збережених збоїв (у.о.)	926	36061,24	58823,85	75068,64	52831,75	67704,82
	1158	70439,91	54524,33	81692,65	111861,04	45414,58
	1390	60570,39	43017,08	36061,24	35311,06	50322,69
Збільшення затримки (сек/авто)	926	5.65	5.52	5.54	5,85	6.03
	1158	7.31	7.24	7.48	7,87	8.61
	1390	9.34	9.41	10.76	11.38	13.41
компенсація затримки (у.о.)	926	113984,97	111362,31	111765,79	118019,84	121651,22
	1158	184342,95	182577,70	188630,00	198464,98	217126,24
	1390	282642,38	284760,68	325613,70	344375,83	405806,67
Вартість інфраструктури		49 500 у.о.				

Коефіцієнт В/С для переходу від базової моделі до сценарію 2 моделі 2						
Інтенсивність руху велосипедів (велосипед/год.)		46	92	184	276	368
Інтенсивність руху (авто/год.)	926	0,221	0,366	0,465	0,315	0,396
	1158	0,301	0,235	0,343	0,451	0,170
	1390	0,182	0,129	0,096	0,090	0,111

Підсумок усіх переваг і витрат, пов'язаних із базовою моделлю та сценарієм 3 моделі 2						
	трафік обсяг	Обсяг велосипеда				
		46	92	184	276	368
Збережені збої (Збій)	926	0,89	1.47	1.78	1.71	2.41
	1158	0,26	0,22	0,62	2.75	1.73
	1390	0	0	0,02	1.15	1.78
Переваги від збережених збоїв (\$)	926	31631,11	51991,40	63218,27	60570,39	85551,15
	1158	9216,32	7744,66	21998,44	97435,46	61449,30
	1390	0,00	0,00	647,19	40658,41	63218,27
Збільшення затримки (сек/авто)	926	12.64	12.50	12.47	12.26	12.00
	1158	19.15	19.39	19.71	20.13	19.78
	1390	33,84	33,86	33,97	34.43	34,66
компенсація затримки (\$)	926	255003,55	252179,14	251573,91	247337,30	242091,97
	1158	482923,05	488975,35	497045,08	507636,61	498810,34
	1390	1024049,05	1024654,28	1027983,04	1041903,33	1048863,47
Вартість інфраструктури	49 500 доларів США					

Коефіцієнт В/С для переходу від базової моделі до сценарію 3 моделі 2						
Інтенсивність руху велосипедів (велосипед/год.)		46	92	184	276	368
Інтенсивність руху (авто/год.)	926	0,104	0,172	0,210	0,204	0,293
	1158	0,017	0,014	0,040	0,175	0,112
	1390	0,008	0,013	0,001	0,037	0,058