

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТРАНСПОРТУ
КАФЕДРА АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до випускної роботи бакалавра

на тему «Обґрунтування параметрів та підвищення безпеки дорожнього руху по вулиці Вечірній бульвар (зупинка «Автосалон») у місті Кривий Ріг»

Виконав:

студент 4 курсу, групи ТТ-17 _____
(шифр групи)

М.С. Бутенко
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доцент _____
(науковий ступінь, вчене звання)

В.О.Сістук
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри:

д.т.н., професор _____
(науковий ступінь, вчене звання)

Ю.А. Монастирський
(підпис) (прізвище та ініціали)

Кривий Ріг – 2021 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТРАНСПОРТУ
КАФЕДРА АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський) рівень вищої освіти

Галузь знань: 27 – «Транспорт»

Спеціальність: 275 – «Транспортні технології (на автомобільному транспорті)»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
автомобільного транспорту
_____/_____
_____”_____2021 р. . /

ЗАВДАННЯ
НА ВИПУСКНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Бутенко Максиму Сергійовичу

1. Тема: *Обґрунтування параметрів та підвищення безпеки дорожнього руху по вулиці Вечірній бульвар (зупинка «Автосалон») у місті Кривий Ріг*

керівник проекту Сістук В.О., к.т.н., доцент

затверджені наказом університету від 21.04.2021 року № 323с.

2. Строк подання студентом роботи для перевірки на плагіат 10.06.2021.

3. Вихідні дані до роботи: Навчально-методичне забезпечення з мікроімітаційного моделювання транспортних потоків PTV VISSIM.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Огляд літературних джерел за темою. 2. Розробка методики дослідження та встановлення основних обмежень 3. Проведення натурних спостережень 4. Розробка мезомodelей ділянки та порівняльний аналіз альтернативних рішень. 5. Калькуляція запропонованого рішення та охорона праці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов’язкових креслень)

Графіки та діаграми по результатах досліджень у вигляді презентації в програмі Microsoft Office Power Point, на компакт диску з шістьма екземплярами роздруковки презентації для членів ДЕКу.

6. Дата видачі завдання 21.04.2021

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів	Строк виконання етапів	Примітка
1	Огляд літературних джерел за темою	21.05-07.05	
2	Розробка методики дослідження та встановлення основних обмежень	07.05-12.05	
3	Проведення натурних спостережень	12.05	
4	Розробка мезомоделей ділянки та порівняльний аналіз альтернативних рішень	13.05-19.05	
5	Калькуляція запропонованого рішення та охорона праці	20.05	
6	Оформлення пояснювальної записки і презентації	20.05-28.05	

Студент

(підпис)

М.С.Бутенко

Керівник роботи

(підпис)

В.О. Сістук

РЕФЕРАТ

Робота присвячена обґрунтуванню параметрів дорожнього руху та підвищенню рівня безпеки руху на ділянці вулично-дорожньої мережі по вулиці Вечірній Бульвар та Об'їзної у місті Кривий Ріг із перевіркою показників ефективності руху у разі введення на Т-подібному перехресті світлофорного регулювання.

У роботі запропонований метод обстеження інтенсивності руху на ділянці, яка складається із 4 перехресть із виділенням основних потоків руху, що формують транспортне навантаження на перехресті, для якого розробляється проектне рішення із введення світлофорного регулювання руху. Розраховані параметри світлофорного регулювання руху. Перевірка альтернативного варіанту організації руху виконана за допомогою розробки імітаційної моделі ділянки, яка складається із 4 сполучених перехресть.

Результати моделювання на мезорівні показали можливе утворення черги транспортних засобів на другорядній дорозі, що примикає до вулиці Вечірній Бульвар у районі автосалону, довжиною 109 м, що означає наявність затору транспортних засобів аж до регульованого перетину з Об'їзною дорогою убік мкрн.Східний-1. Результати моделювання на мезорівні при застосуванні альтернативного рішення (установка транспортних та пішохідних світлофорних об'єктів) показали, що введення світлофорної сигналізації сприятиме утворенню затору по вулиці Вечірній Бульвар з південного напрямку 2-1 (прямий рух по вулиці Вечірній Бульвар убік гіпермаркету «Сільпо») із середнім показником довжини черги 16,8 м, максимальним показником – 69 м.

Робота складається з реферату, вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел з 14 найменувань. Загальний обсяг роботи – 38 с, 15 рисунків, 3 таблиці.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ.1. ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ РЕГУЛЮВАННЯ ДОРОЖНЬОГО РУХУ ТА ОБЛАСТІ ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ.....	8
1.1. Класифікація та призначення технічних засобів регулювання руху	8
1.2. Умови введення світлофорної сигналізації	9
1.3 Транспортне мікромоделювання руху для підтримки прийняття рішень по введенню світлофорної сигналізації	13
РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА	16
2.1.Характеристика ділянки дослідження	16
2.2. Обґрунтування масштабу імітаційної моделі та рівня моделювання.....	17
2.3. Обстеження інтенсивності руху транспорту на ділянці.....	22
2.4. Розробка імітаційної моделі базової ситуації	24
2.5. Розрахунок світлофорної сигналізації	26
2.6. Імітаційна модель альтернативної ситуації.....	29
2.7. Висновки до розділу 2	31
РОЗДІЛ 3. КАЛЬКУЛЯЦІЯ ВИТРАТ НА ЗАПРОПОНОВАНЕ РІШЕННЯ.....	32
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ	33
4.1 Вимоги до збору даних по інтенсивності руху транспортних потоків	33
4.2. Вимоги безпеки при обслуговуванні світлофорів	35
ВИСНОВКИ.....	36
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	37

ВСТУП

Актуальність теми. Ділянка дослідження відноситься до перехрестя вулиці Вечірній бульвар із відповідним провулком поблизу автосалону Mitsubishi Motors у місті Кривий Ріг (Саксаганський район). Необхідність обстеження даної ділянки на предмет введення світлофорної сигналізації обумовлена суттєвим збільшенням інтенсивності руху транспорту у ранкові та вечірні години, пов'язаним із використанням вулиці Вечірній бульвар у якості альтернативи руху по вулиці В. Великого для руху у напрямках вулиці Генерала Радієвського, мікрорайону «Ювілейний» та у зворотному напрямку, що призводить до утворення транспортної затримки та зниження загального рівня безпеки руху. Вірогідність наїзду на пішохода може бути достатньо високою не тільки внаслідок скупчення автотранспорту на перехресті, а у зв'язку із наявністю центрів таких центрів тяжіння пішохідного руху як гіпермаркети «Фокстрот», «Сільпо», фітнесцентра SportLife. Місцями тяжіння для автотранспорту є Автосалон Mitsubishi Motors, авторинок та шиномонтаж за адресою Вечірній Бульвар, 20, автозаправка Авіас +, U-мийка, автостоянка та автомийка на задньому дворі гіпермаркетів «Фокстрот», «Сільпо», склад «Нової пошти».

Мета і задачі дослідження. Метою дослідження є обґрунтування параметрів та підвищення безпеки дорожнього руху на ділянці вулиць Вечірній Бульвар та Об'їзної у місті Кривий Ріг з урахуванням результатів імітаційного моделювання руху у програмі VISSIM на мезорівні.

Задачі дослідження:

- виконати аналіз критеріїв введення світлофорного регулювання руху;
- розробити метод обстежень інтенсивності дорожнього руху;
- провести обстеження інтенсивності руху на ділянці вулиць «Вечірній Бульвар -Об'їзна» за встановленими напрямками руху;
- провести мезомодельювання ділянки вулично-дорожньої мережі із використанням двох варіантів організації руху: перехрестя по вулиці Вечірній

Бульвар (в районі зупинки за вимогою «Автосалон») нерегульоване та із встановленими світлофорами;

– провести калькуляцію витрат на впровадження світлофорної сигналізації.

Об’єкт дослідження – організація та безпека руху на міських перетинах.

Предмет дослідження – параметри організації та безпеки руху на перетині міських вулиць.

Методи дослідження. Аналіз, синтез, класифікація, натурні обстеження, імітаційне мікро/мезомодельовання, порівняння.

Практичне значення одержаних результатів. Розроблений метод визначення показників інтенсивності руху на ділянці, яка складається із сполучених перехресть, може бути використаний при натурних спостереженнях за інтенсивністю руху на складних перетинах.

Структура і обсяг роботи. Робота складається з реферату, вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел з 14 найменувань. Загальний обсяг роботи – 38 с, 15 рисунків, 3 таблиці.

РОЗДІЛ.1. ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ РЕГУЛЮВАННЯ ДОРОЖНЬОГО РУХУ ТА ОБЛАСТІ ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ

1.1. Класифікація та призначення технічних засобів регулювання руху

Виділяють дві великі групи технічних засобів регулювання руху: до першої відносяться ті, робота яких спрямована на інформування кожного учасника руху (світлофори, дорожні знаки, розмітка проїзної частини), до другої групи – технічні пристрої, які підтримують роботу засобів першої групи (детектори транспорту, дорожні контролери). Дорожні знаки підрозділяються на попереджувальні, знаки пріоритету, забороняючі, наказові, вказівні, знаки сервісу, додаткової інформації. Кожен знак має власний номер. Дорожня розмітка визначає порядок проїзду, розділяє транспортні потоки у просторі, а також транспортні та пішохідні потоки. Вертикальна розмітка, у свою чергу, виконує здебільшого попереджувальну функцію.

Світлофори представляють собою світлові сигнали прилади, який встановлює першочерговість проїзду на певній ділянці проїзної частини.

В залежності від місця установки, світлофори можуть бути розташовані на місцях конфліктів транспортних, транспортних та пішохідних потоків (перехрестя, пішохідні переходи), на смугах руху із зміною напрямку руху на протилежний, на залізничних переїздах, митницях, переправах, заправках і т.д. Розрізняють 8 типів транспортних та 2 типу пішохідних світлофора. Також світлофори можуть бути основними, дублюючими. Конструктивно світлофори виконані односторонніми, двосекційними, трисекційними та трисекційними із додатковою секцією.

Як б технології не використовувались для підвищення якості організації руху та рівня безпеки руху, на сьогодні основним заходом із підвищення безпеки дорожнього руху є встановлення світлофорної сигналізації.

1.2. Умови введення світлофорної сигналізації

Умови встановлення світлосигнальних установок описані у закордонних відкритих джерелах [1], та у ДСТУ 4092-2002 [4] у частині розділу 4. Відповідно до [6], виконання хоча б однієї умови є підґрунтям для встановлення транспортних або пішохідних світлофорів:

1. Протягом 8 годин робочого дня середньогодинна інтенсивність руху транспортних засобів за величиною не менша представлена у таблиці 2.1.

Табл.2.1

Умова введення світлофорної сигналізації

Кількість смуг руху в одному напрямку		Інтенсивність руху транспортних засобів, од./год.	
Головна (або більш завантажена) дорога	Другорядна (менш завантажена) дорога	Головною дорогою у двох напрямках	Другорядною дорогою в одному, найбільш завантаженому напрямку
1	1	750	75
		670	100
		580	125
		500	150
		410	175
		380	190
2 і більше	1	900	75
		800	100
		700	125
		600	150
		500	175
		400	200
2 або більше	2 або більше	900	100

Кількість смуг руху в одному напрямку		Інтенсивність руху транспортних засобів, од./год.	
Головна (або більш завантажена) дорога	Другорядна (менш завантажена) дорога	Головною дорогою у двох напрямках	Другорядною дорогою в одному, найбільш завантаженому напрямку
		825	125
		750	150
		675	175
		600	200
		525	225
		480	240

2. Протягом 8 годин робочого дня середньогодинна інтенсивність руху транспортних засобів не менша: 600 одиниць/год (для доріг з розділовою смугою – 1000 од./ год) головною дорогою в двох напрямках; 150 пішоходів переходять проїзну частину в одному найбільш завантаженому напрямку в кожен із тих же 8 годин.

3. Наявність проміжку часу в 1-ну годину із виконанням другої умови.

4. Умови 1 та 2 одночасно виконуються за кожним окремим нормативом не менше ніж на 80%.

5. За останні 12 місяців на перехресті скоєно не менше трьох дорожньо-транспортних пригод, яких можна було б запобігти за наявності світлофорної сигналізації. До того ж умови 1 або 2 повинні виконуватись не менше ніж на 80%.

Стандартом [4] допускається введення світлофорного регулювання у випадках, що відрізняються від наведених умов. У такому разі потребується відповідне техніко-економічне обґрунтування.

Відповідно до зарубіжної практики [13], критеріями введення світлофорного регулювання виступають:

Критерій 1-А. Нижня межа годинної інтенсивності руху.

За цим критерієм, інтенсивність руху на другорядній дорозі є основною причиною введення світлофорної сигналізації. Типові годинні інтенсивності руху протягом не менш 8 годин на добу повинні становити: на головній дорозі – 600 одиниць/год, на другорядній дорозі – 200 одиниць/год.

Критерій 1-Б. Переривання потоку дорожнього руху. Великі обсяги руху на головній дорозі та відсутність згуртування транспортних засобів закривають розриви у потоці, перешкоджаючи виїзду на головну дорогу із другорядної. Типові годинні інтенсивності руху протягом не менш 8 годин на добу повинні становити: на головній дорозі – 900 одиниць/год, на другорядній дорозі – 100 одиниць/год.

Критерій 1-В. Поєднання критеріїв.

У виняткових випадках критерії 1-А та 1-Б складають понад 80% мінімальних порогових обсягів.

Критерій 2. Чотиригодинна інтенсивність руху.

Обсяги руху протягом чотирьох годин перевищують порогові лінії на графіку критеріїв. Інтенсивність руху транспорту протягом 4 годин виправдовує введення світлосигнальних установок.

Критерій 3-А. Пікова година затримки.

Рух по другорядній дорозі характеризується транспортною затримкою протягом певної години доби. Порогові величини інтенсивності для даного випадку: 5-годинна затримка на другорядній дорозі із 2 смугами руху або більше; інтенсивність руху на другорядній дорозі перевищує 150 одиниць протягом цієї ж години.

Критерій 3-Б. Інтенсивність руху у пікову годину доби.

Інтенсивність руху за одну годину перевищують порогові лінії на критеріальній діаграмі. Інтенсивність руху транспорту протягом пікової години виправдовує введення світлосигнальних установок.

Критерій 4: Мінімальна інтенсивність руху пішоходів.

Великий обсяг руху та відсутність скупчення транспортних засобів на головній вулиці не дозволяють пішоходам переходити головну дорогу. Порогові величини інтенсивності для даного випадку такі: 100 пішоходів перетинають головну дорогу протягом однієї години протягом 4 годин у будь-який період доби; частота виникнення розриву потоку на головній дорозі менше 1/хв.; місце дослідження повинно бути придатним для управління рухом існуючих груп транспортних засобів, що утворюються поблизу світлофорів.

Критерій 5. Наявність пішохідного переходу у місцях розташування закладів освіти (перед усім, дитячих садочків, шкіл, університетів). Великий обсяг руху та відсутність скупчення транспортних засобів на головній вулиці перешкоджають студентам переходити головну дорогу. Прийнятні розриви у потоці транспорту виникають рідше, ніж раз на хвилину або раз на кожен цикл сигналу світлофору, коли сусідні світлофори створюють прогалини потоку.

Критерій 6: Координована система управління сигналами світлофорів.

Світлофорне регулювання потрібне для утримування згуртованого руху (тобто, щоб групи транспортних засобів у потоці не розповсюджувалися). Скупчення транспортних засобів допомагає зменшити швидкість руху і дозволити прогалини у потоці транспорту на нерегульованих перехрестях.

Критерій 7: Статистика дорожньо-транспортних пригод (ДТП).

Визначено, що регулювання руху за допомогою світлофору є більш безпечним типом управління рухом. Ефективність інших заходів підтримки безпеки руху у порівнянні із світлофорним регулюванням є низькою. Це один із найбільш суперечливих критеріїв, що виправдовує введення світлофорного регулювання. Порогові показники за критерієм: п'ять і більше ДТП за останні 12 місяців, який теоретично можна було б запобігти за наявності роботи світлофорної сигналізації; критерії 1-А, 1-Б або критерій 4 виконуються принаймні на 80%; рух транспорту на головній дорозі не зазнає значних впливів.

Критерій 8: Показники транспортної мережі. Світлофорне регулювання стає потрібним для управління рухом на основних вулицях. Порогові значення показників: інтенсивність руху протягом пікового періоду становить 1000 одиниць/год.; прогнозовані інтенсивності руху будуть відповідати критеріям 1, 2 або 3 протягом п'яти років.

Як бачимо, умови введення світлофornoї сигналізації за статистикою ДТП більш жорсткіші за стандартом України [4], ніж ті, що наводяться у закордонних джерелах.

1.3 Транспортне мікромодельовання руху для підтримки прийняття рішень по введенню світлофornoї сигналізації

Транспортне модельовання є найбільш точним на сьогоднішній день інструментом оцінки рішень з розвитку транспортної системи та вдосконалення організації руху. Інструмент модельовання висуває підвищені вимоги до якості вихідних даних, допускає відносно широкий набір альтернатив у виборі технологій модельовання, надає значну кількість параметрів, що налаштовуються і коефіцієнтів, а також показників якості функціонування. В таких умовах побудова транспортної моделі стає наукомістким і багато в чому творчим процесом. Від якості розробки та компетентності у використанні цього інструменту може залежати ефективність капіталовкладень в транспортну інфраструктуру.

Транспортна модель покликана підвищити обґрунтованість управлінських рішень на стратегічному, тактичному та оперативному рівнях управління дорожнім рухом.

Випадки необхідності обґрунтування прийняття рішень з модернізації транспортної мережі, вдосконалення організації руху, а також оцінки наслідків від закриття окремих ділянок для виконання ремонтних робіт, масових заходів забезпечуються використанням модельовання на тактичному рівні.

Згідно з основними цілями і завданнями розробки документації з організації руху є забезпечення безпеки дорожнього руху; впорядкування і поліпшення умов дорожнього руху транспортних засобів і пішоходів; організація пропуску прогнозованого потоку транспортних засобів і пішоходів; підвищення пропускної здатності доріг та ефективності їх використання; організація транспортного обслуговування нових або реконструйованих об'єктів (окремого об'єкта або групи об'єктів) капітального будівництва різного функціонального призначення; зниження економічних втрат при здійсненні дорожнього руху транспортних засобів і пішоходів; зниження негативного впливу від автомобільного транспорту на навколишнє середовище.

Застосування математичних моделей при розробці проєктів організації руху можливо на наступних стадіях:

1. Отримання вихідних даних для вирішення завдань проєкту;
2. Варіантне моделювання для оперативної оцінки ефективності прийнятих рішень;
3. Аналіз ефективності прийнятих рішень на завершальній стадії робіт або в процесі аудиту проєктних рішень.

При розробці проєктної документації по автоматизованому координованому управлінню дорожнім рухом моделювання може бути застосовано як для окремого світлофорного об'єкту, так і для комплексу світлофорів на ділянці дослідження. Можливості мікромоделювання для окремого світлофору такі:

- розрахунок режимів регулювання на світлофорному об'єкті по заданому критерію оптимізації (мінімізації затримок і т.п.);
- імітація руху транспортних засобів і пішоходів на ділянці вулиці (дороги), яка обслуговується світлофорним об'єктом;
- оцінка рівня безпеки руху (потенційної аварійності) в зоні управління об'єкта.

Якщо мова ведеться про комплекс світлофорних об'єктів розташованих на одній магістралі, то мікромоделювання може бути застосоване для таких цілей:

- розрахунок режимів регулювання на світлофорних об'єктах по заданому критерію оптимізації;
- координація роботи світлофорних об'єктів на магістралі;
- імітація руху транспортних засобів і пішоходів на ділянці магістралі що розглядається;
- оцінка рівня безпеки руху (потенційної аварійності) в зоні управління кожного світлофорного об'єкта.

Для комплексу світлофорних об'єктів розташованих в певній зоні вулично-дорожній мережі за допомогою мікромоделювання вирішуються питання:

- розрахунок режимів регулювання на світлофорних об'єктах по заданому критерію оптимізації (мінімізації затримок і т.п.);
- координація роботи світлофорних об'єктів в зоні проектування;
- імітація руху транспортних засобів і пішоходів на вулично-дорожній мережі в зоні проектування;
- оцінка рівня безпеки руху (потенційної аварійності) в зоні управління кожного світлофорного об'єкта.

Інструмент транспортного моделювання для комплексу світлофорних об'єктів розташованих в певній зоні вулично-дорожньої мережі, що працюють в режимі адаптивного управління, передбачає:

- прогнозування транспортних потоків в режимі онлайн з розрахунком режимів регулювання на світлофорних об'єктах;
- оцінка рівня безпеки руху (потенційної аварійності) в зоні управління кожного світлофорного об'єкта.

Застосовувані технології моделювання повинні враховувати особливості поставлених завдань, а вихідні дані повинні дозволяти оцінювати ступінь досягнення зазначених цілей.

РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА

2.1. Характеристика ділянки дослідження

Ділянка дослідження відноситься до перехрестя вулиці Вечірній бульвар із відповідним провулком поблизу автосалону Mitsubishi Motors у місті Кривий Ріг (Саксаганський район). Необхідність обстеження даної ділянки на предмет введення світлофорної сигналізації обумовлена суттєвим збільшенням інтенсивності руху транспорту у ранкові та вечірні години, пов'язаним із використанням вулиці Вечірній бульвар у якості альтернативи руху по вулиці В. Великого для руху у напрямках вулиці Генерала Радієвського, мікрорайону «Ювілейний» та у зворотному напрямку, що призводить до утворення транспортної затримки та зниження загального рівня безпеки руху. Вірогідність наїзду на пішохода може бути достатньо високою не тільки внаслідок скупчення автотранспорту на перехресті, а у зв'язку із наявністю центрів таких центрів тяжіння пішохідного руху як гіпермаркети «Фокстрот», «Сільпо», фітнесцентра SportLife. Місцями тяжіння для автотранспорту є Автосалон Mitsubishi Motors, авторинок та шиномонтаж за адресою Вечірній Бульвар, 20, автозаправка Авіас +, U-мийка, автостоянка та автомийка на задньому дворі гіпермаркетів «Фокстрот», «Сільпо», склад «Нової пошти». Будівництво складу «Нової пошти» суттєво вплинуло на розподіл типів транспортних засобів у потоках руху на досліджуваній ділянці у частині збільшення доли вантажних автомобілів-довгомірів.

Через перехрестя проходять маршрути громадського автотранспорту у режимі таксі під номерами 201, 210, 223. Ухил дороги вниз при виїзді на перехрестя збоку мікрорайону Східний-1, невелике співвідношення між пропускною здатністю односмугової вулиці Вечірній Бульвар та інтенсивністю руху на перехресті погіршують умови руху на досліджуваній ділянці.

2.2. Обґрунтування масштабу імітаційної моделі та рівня моделювання

Джерелами транспортного руху для обраної ділянки є сполучені перехрестя по Об'їзній дорозі, та вулиці Вечірній Бульвар. У зв'язку з цим, на наш погляд, моделювання руху на ділянці дослідження потрібно виконувати не на мікро-, а на мезорівні. Це означає, що до уваги слід приймати входи транспортних потоків збоку сусідніх перехресть (рис.2.1) в одній транспортній моделі. На рис.2.1 зображені тільки ті напрямки потоків, які приймаються до уваги, створюючи основний вклад в розподіл інтенсивності руху на перехресті (обведене колом).

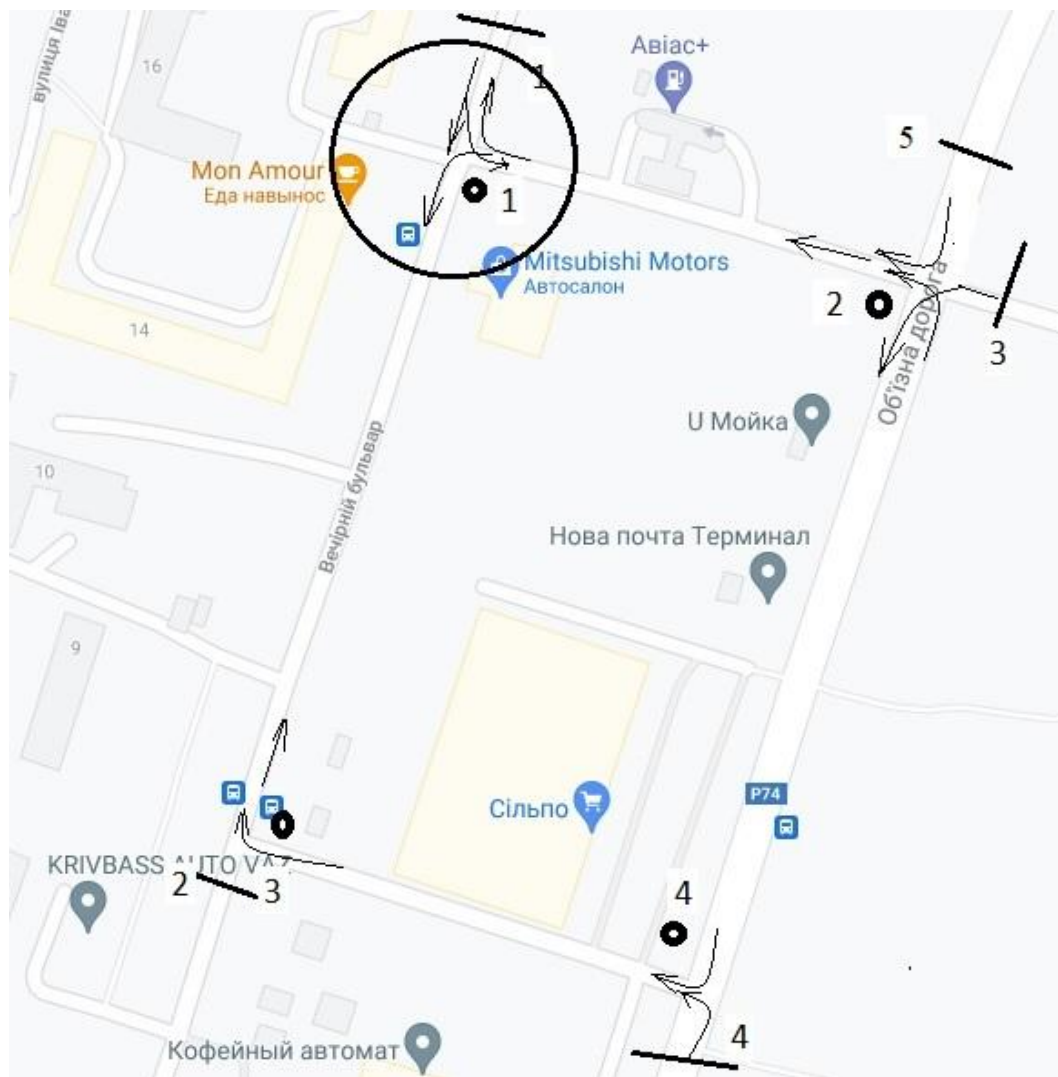


Рис.2.1 Схема транспортної розв'язки, що розглядається та напрямки транспортних потоків, які приймаються до уваги.

З рис.2.1 випливає, що інтенсивність руху на перехресті обумовлена транспортними потоками із 5 входів: 1 – північний вхід для руху по вулиці Вечірній Бульвар; 2 – південний вхід для руху по вулиці Вечірній Бульвар; 3 – східний вхід з Об’їзної дороги; 4 – східно-південний вхід з Об’їзної дороги; 5 – північно-східний вхід з Об’їзної дороги.



Рис.2.2. Схема ділянки мережі з Google Maps.

Таким чином, маємо справу із чотирма сполученими перехрестями, які утворюють замкнутий квартал, в середині якої розташовані місця тяжіння транспорту та пішоходів (рис.2.2).

Для розбудови імітаційної моделі ділянки дослідження до уваги слід приймати потоки з тих напрямків руху, які утворюють транспортне навантаження на перехресті. Інші напрямки не впливатимуть на інтенсивність руху на перехресті

й ними можна знехтувати у даному дослідженні. Зведена таблиця по досліджуваним напрямкам представлена нижче.

Організація руху на ділянці дослідження характеризується наявністю трьох нерегульованих та одного регульованого світлофором перехрестя (перетин Об'їзної дороги та вулиці Вечірній Бульвар у напрямку мікрорайону Східний-1).

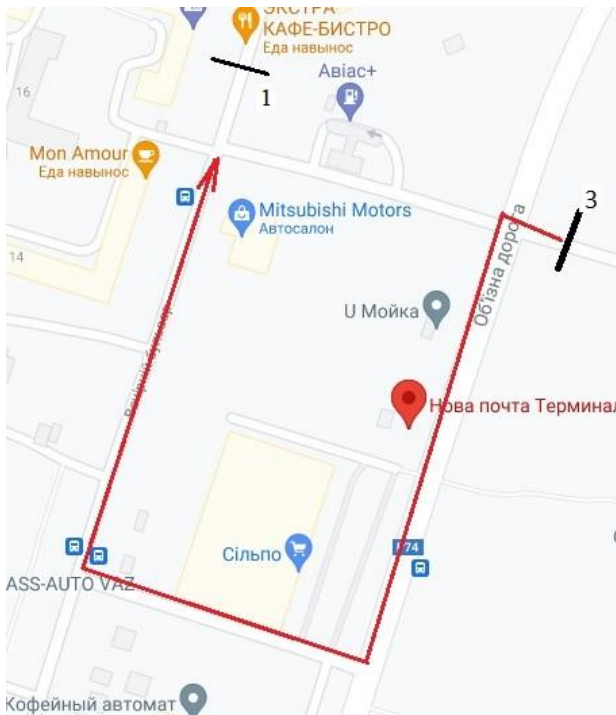
Циклограма світлофору на зазначеному перехресті використана для розбудови імітаційної моделі.

На досліджуваному перехресті облаштовано пішохідну розмітку типу «зебра» для позначення нерегульованого пішохідного переходу. На примиканні виїзду з автостоянки поблизу гіпермаркету «Сільпо» по вулиці Вечірній Бульвар також розташований нерегульований пішохідний перехід.

Табл. 2.1

Досліджувані напрямки руху

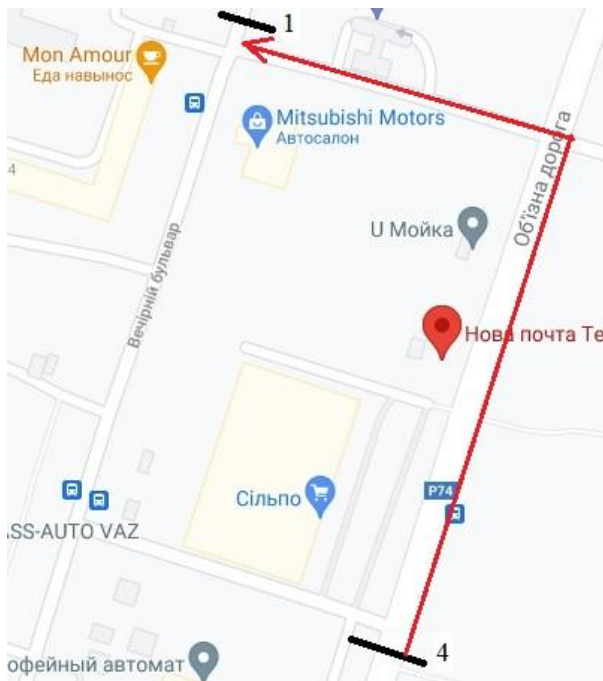
№ входу потоку	Номер напрямку	Напрямок транспортного потоку
1	1-2	Прямий рух по вулиці Вечірній Бульвар у бік авторинку
	1-3	Лівий поворот з перехрестя у бік мкрн. Східний-1
2	2-1	Прямий рух по вулиці Вечірній Бульвар у бік гіпермаркету Сільпо
	2-3	Правий поворот з перехрестя у бік мкрн. Східний-1
3	3-1	Правий поворот від заправки Авіас+ у бік авторинку
	3-1*	Маршрут руху показаний на рис.2.2а)
	3-2	Лівий поворот від заправки Авіас+ у бік гіпермаркету Сільпо
4	4-1	Маршрут руху, показаний на рис.2.2 б)
	4-1*	Маршрут руху, показаний на рис.2.2 в)
5	5-1	Маршрут руху, показаний на рис.2.2 г)
	5-1*	Маршрут руху, показаний на рис.2.2 д)



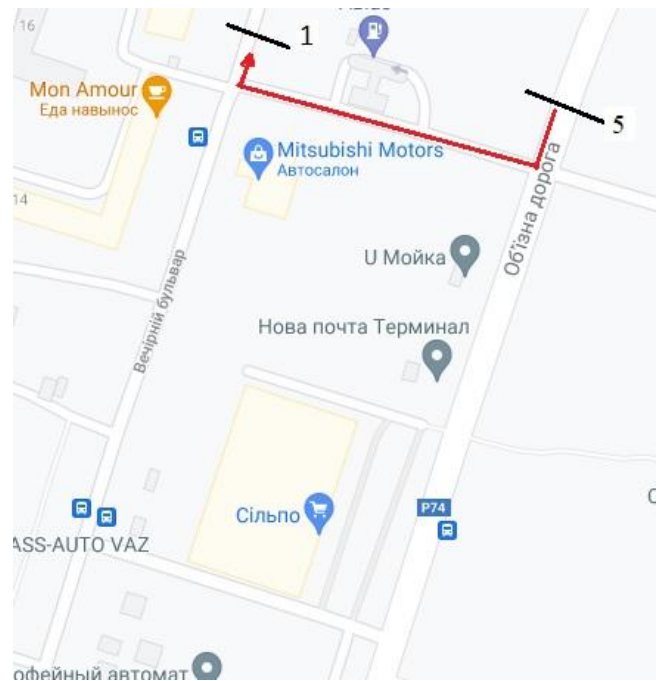
а)



б)



в)



г)

Рис.2.3 Маршрути руху на ділянці дослідження: а)-д)

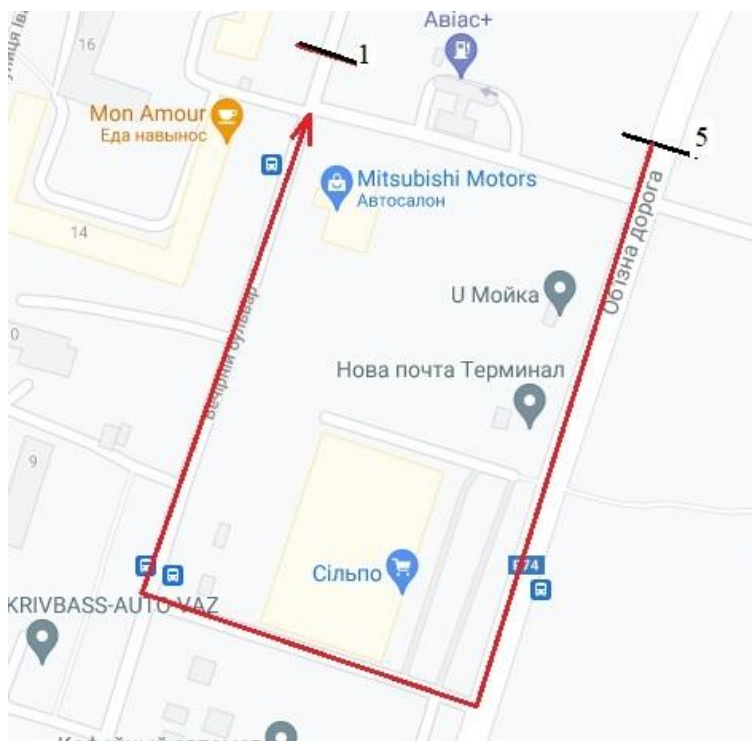


Рис.2.2д) Альтернативний маршрут руху

На рис.2.3 представлені геометричні параметри ділянки дослідження, які визначатимуть розмір мікроімітаційної моделі.

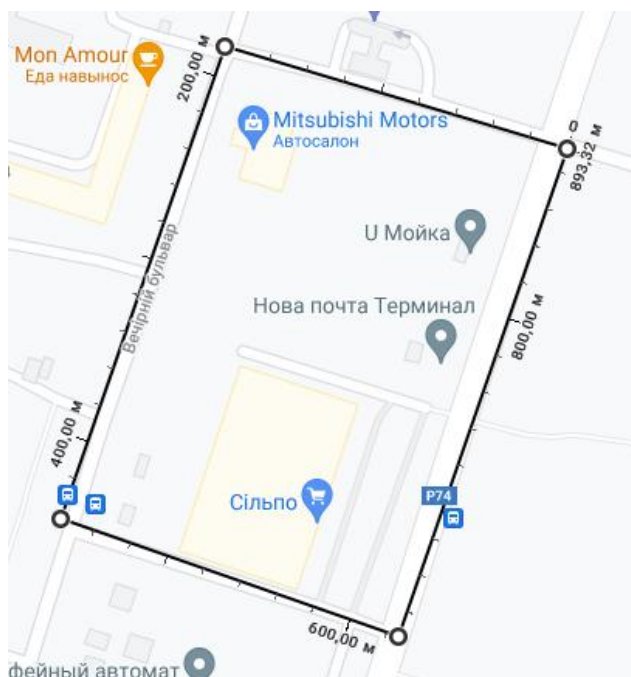


Рис. 2.3. Геометричні параметри ділянки дослідження

2.3. Обстеження інтенсивності руху транспорту на ділянці

Для виконання обстеження ділянки заданих розмірів (рис. 2.3) потребується одночасне задіяння не менш як 8 обліковців, що неможливо у рамках бакалаврського дослідження. Тому обстеження інтенсивності руху на перехрестях будемо виконувати поступово, від позиції 1 до позиції 3 (рис.2.4), скориставшись отриманими показниками інтенсивності для калібрування імітаційної моделі. Виходимо з того, що введення світлофорного регулювання потребує вирішення питання відповідності однієї з умов (розділ 1) у контексті взаємодії транспортних засобів на основній та другорядній дорогах, які представляють собою Т-подібне перехрестя. Розміри імітаційної моделі змушують задаватись вхідними потоками на початку відрізків, які відносяться до відокремлених перетинів, водночас, перевірити інтенсивність руху у програмі імітаційного моделювання можна на будь-якій ділянці моделі, що дозволяє порівняти кількість транспортних засобів на підходах до досліджуваного перехрестя та задану кількість на входах моделі.

Виходячи з цієї логіки, представимо формування інтенсивності руху на підходах до перехрестя із складових вхідних інтенсивностей руху для моделі:

$$\begin{aligned}N_{i1} &= N_{3-1} + N_{5-1} + N_{4-1} \\N_{i2} &= N_{2-1} + N_{4-1} + N_{(5-1)*} + N_{(3-1)*} \\N_{i3} &= N_{i3}\end{aligned}$$

де N_{i1} , N_{i2} , N_{i3} – інтенсивності руху на підходах до перехрестя, од/год.; N_{3-1} , N_{4-1} , N_{5-1} , $N_{(3-1)*}$, $N_{(5-1)*}$ – інтенсивності руху на входах моделі відповідно до визначених напрямків руху (табл.2.1, рис. 2.2).

Інтенсивність N_{i1} на вході до перехрестя із другорядної дороги складається із інтенсивності прямого руху збоку мкрн.Східний-1 (N_{3-1}), лівоповоротних потоків з північної (N_{5-1}) та південної частини (N_{4-1}) Об'їзної дороги. Інтенсивність на південному вході по вулиці Вечірній Бульвар буде складатись із

інтенсивності прямого руху по вулиці Вечірній Бульвар (N_{2-1}), інтенсивності руху за маршрутом, представленим на рис. 2.2д ($N_{(5-1)*}$), інтенсивності руху за маршрутом, представленим на рис. 2.2а ($N_{(3-1)*}$), та інтенсивності руху за маршрутом, показаним на рис.2.2 б). Інтенсивність дорожнього руху на північному вході моделі по вулиці Вечірній Бульвар N_{i3} створюється поза представленими напрямками.

Складова інтенсивності руху N_{4-1} не може бути обстежена з позиції одного обліковця. Це ж саме стосується показників інтенсивності $N_{(3-1)*}$, $N_{(5-1)*}$, одночасне обстеження яких ускладнено внаслідок великих масштабів ділянки дослідження. У зв'язку з цим, даними показниками будемо нехтувати при обстеженні.

Розташування точок обліку, яке дозволяє поетапно дослідити наведені складові інтенсивності руху, показано на рис.2.4.

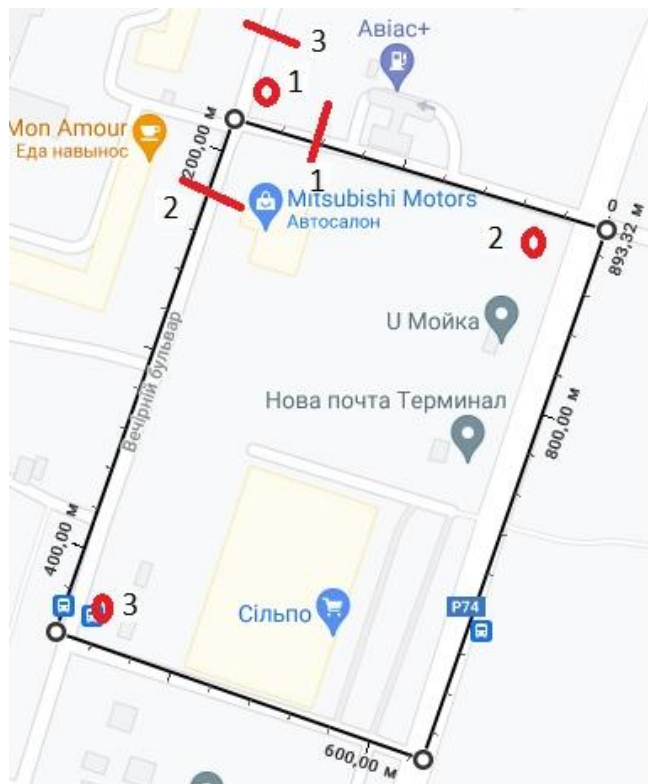


Рис.2.4. Розташування обліковця при обстеженні.

2.4. Розробка імітаційної моделі базової ситуації

Спостереження за дорожнім рухом проводились у так звані «часи пік» (з 17 години вечора) для визначення вхідних показників імітаційного моделювання (навантаження, склад потоку). Результати обстеження інтенсивності: $N_{i1} = 624$ од/год., $N_{i2} = 675$ од/год., $N_{i3} = 476$ од/год.

Імітаційна модель ділянки дослідження розроблена у програмі VISSIM [14]. Конфігурація розв'язки, розташування лічильників затору та імітація руху у VISSIM представлені на рис.2.5.



Рис.2.5. Імітація руху на ділянці дослідження.

Показники ефективності (довжина черги транспортних засобів, час у дорозі) представлені на рис.2.7.

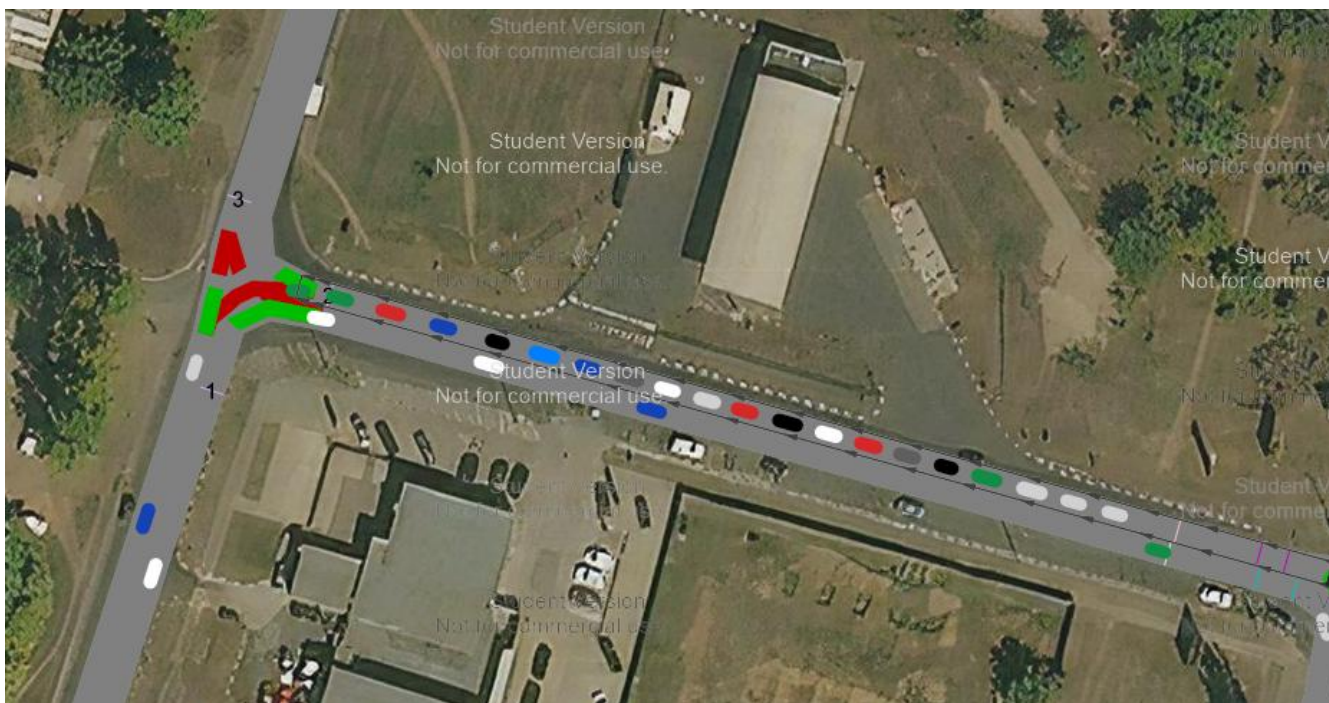


Рис.2.6. Утворення затору на перехресті.

Queue Results						
Count: 18 SimRun TimeInt QueueCounter QLen QLenMax QStops						
1	5	0-3600	1	0,00	0,00	0
2	5	0-3600	2	85,67	156,68	80
3	5	0-3600	3	0,00	0,00	0
4	6	0-3600	1	0,00	0,00	0
5	6	0-3600	2	109,69	157,20	34
6	6	0-3600	3	0,00	0,00	0
7	Average	0-3600	1	0,00	0,00	0
8	Average	0-3600	2	97,68	156,94	57
9	Average	0-3600	3	0,00	0,00	0
10	Standa...	0-3600	1	0,00	0,00	0
11	Standa...	0-3600	2	16,98	0,37	33
12	Standa...	0-3600	3	0,00	0,00	0

Рис.2.7. Довжина черги ТЗ.

Як показали результати моделювання, можливе утворення черги перед виїздом на перехрестя із другорядної дороги довжиною від 109 до 157 м.

2.5. Розрахунок світлофорної сигналізації

Визначені значення інтенсивності руху відповідають умовам введення світлофорної сигналізації. Розрахунок режиму світлофорної сигналізації рекомендується виконуватися в наступному порядку:

- визначення тривалості дозволяючого сигналу пішохідного світлофора;
- визначення тривалості циклу світлофорного регулювання;
- визначення тривалості дозволяючого сигналу транспортного світлофора.

Тривалість дозволяючого сигналу пішохідного світлофору у секундах визначають, виходячи із ширини переходу та усередненого показника швидкості пішохода [5]:

$$t_{\text{рп}} = \frac{B_{\text{пч}}}{v_{\text{рп}}} + 5$$

де $B_{\text{пп}}$ – ширина проїзної частини, м; $v_{\text{рп}}$ – розрахункова швидкість руху пішохода, м/с (пропонується приймати рівною 1,3 м/с).

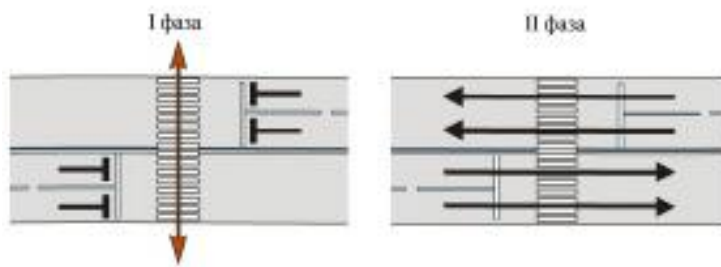


Рис.2.8. Пофазний роз'їзд транспортних та пішохідних потоків

У першій фазі пішоходи переходять проїзду частину шириною 7 м, час, необхідний для цього, визначатиметься, с:

$$t_{\text{рп}} = \frac{7}{1,3} + 5 = 10$$

Друга фаза передбачає прямолінійний рух по вулиці Вечірній Бульвар. Потік насичення для даної фази визначатиметься, од/год.:

$$M_{\text{нi}} = 525 \cdot B_{\text{пч}}$$

За шириною проїзної частини по вулиці Вечірній Бульвар при ширині смуги руху у 3,75 м, потік насичення, од./год.:

$$M_{H(1)} = M_{H(2)} = 525 \cdot 7 = 3675$$

Фазові коефіцієнти:

$$y_{(1)} = 0,169; \quad y_{(2)} = 0,183$$

Приймаємо більше значення $y=0,183$.

Проміжний такт для пішохідної фази, с, розраховуємо, приймаючи швидкість пішоходів рівною 1,3 м/с:

$$t_{\text{пн}} = \frac{7}{4 \cdot 1,3} = 1,3$$

$$T_{\text{п}} = 3 + 1,3 = 4$$

За розрахункову швидкість для визначення проміжного такту транспортної фази приймаємо рівною 50 км/год (обмежується правилами дорожнього руху):

$$t_{\text{п}} = \frac{v_a}{7,2 \cdot a_t} + \frac{3,6 \cdot (l_i + l_a)}{v_a} = \frac{50}{7,2 \cdot 4} + \frac{3,6 \cdot (3 + 5)}{50} = 3$$

де v_a – середня швидкість транспортних засобів під час руху на підході до перетину і в його зоні без гальмування (з ходу), км/год; a_t – середнє уповільнення транспортного засобу при включенні заборонного сигналу (для практичних розрахунків приймаємо за даними інтелектуального відеаналізу руху $a_t = 3 \text{ м/с}^2$); l_i – відстань від стоп-ліній до найдалшої конфліктної точки, м; l_a – довжина транспортного засобу, який найбільш часто зустрічається в потоці, м.

Визначимо цикл регулювання та основні такти для світлофорного регулювання з пішохідною фазою, с:

$$T_{\text{ц}} = \frac{A}{2 \cdot B} + \sqrt{\frac{A^2}{4 + B^2} - \frac{(T_{\text{п}} + T_{\text{пш}}) \cdot (1,5 + T_{\text{п}} + 5)}{A}}$$

Коефіцієнти:

$$A = 2,5 \cdot T_{\text{п}} - T_{\text{п}} \cdot y_2 + T_{\text{пш}} + 5 = 2,5 \cdot 13 - 13 \cdot 0,183 + 23 + 5 = 58,1$$

$$B = 1 - y_2 = 0,817$$

$$T_{\text{ц}} = \frac{58,1}{2 \cdot 0,817} + \sqrt{\frac{58,1^2}{4 + 0,817^2} - \frac{322}{58,1}} = 62$$

$$t_{\text{пш}} = 23 \text{ с}, t_{\text{o2}} = T_{\text{ц}} - T_{\text{п}} - t_{\text{пш}}, t_{\text{o2}} = 62 - 4 - 17 = 41 \text{ с}.$$

Розрахуємо показник ефективності світлофорного регулювання – транспортну затримку на досліджуваній ділянці.

$$\rho_1 = \frac{t_{\text{пи}}}{T_{\text{ц}}} = \frac{11}{62} = 0,177$$

$$x_i = \frac{N_i \cdot T_{\text{ц}}}{t_{\text{oi}} \cdot M_{\text{Hi}}}$$

$$x_1 = \frac{624 \cdot 62}{41 \cdot 3675} = 0,25$$

$$x_1 = \frac{675 \cdot 62}{41 \cdot 3675} = 0,27.$$

Середня затримка визначається за такою формулою, с:

$$t = 0,9 \cdot \left[\frac{T_{\text{ц}} \cdot (1 - \rho_i)^2}{2 \cdot (1 - \rho_i \cdot x_i)^2} + \frac{x_i^2}{2 \cdot N_i \cdot (1 - x_i)} \right]$$

Середня затримка для напрямку «вулиця Вечірній Бульвар – північ»:

$$t_1 = 0,9 \cdot \left[\frac{62 \cdot (1 - 0,32)^2}{2 \cdot (1 - 0,177 \cdot 0,25)^2} + \frac{0,25^2}{2 \cdot 624 \cdot (1 - 0,25)} \right] = 14 \text{ с}.$$

Середня затримка для напрямку руху «вулиця Вечірній Бульвар – північ»:

$$t_2 = 0,9 \cdot \left[\frac{62 \cdot (1 - 0,32)^2}{2 \cdot (1 - 0,177 \cdot 0,27)^2} + \frac{0,27^2}{2 \cdot 675 \cdot (1 - 0,27)} \right] = 13 \text{ с}.$$

Середня затримка на ділянці розраховується як середньозважене значення,

с:

$$t_c = \frac{t_1 \cdot N_1 + t_2 \cdot N_2}{N_1 + N_2} = 13,5$$

Розстановка технічних засобів організації дорожнього руху на даному регульованому пішохідному переході приведена на рис.2.9.

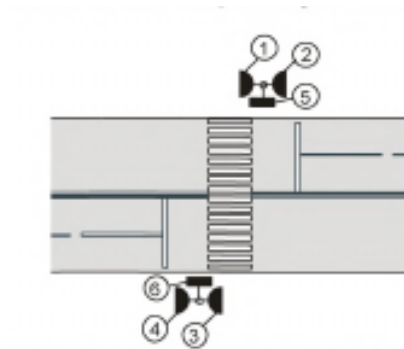


Рис. 2.9. Розташування технічних засобів організації руху на регульованому пішохідному переході

Табл.2.2

Графік роботи світлофornoї сигналізації

Номера світлофорів		Тривалість, с		
		Тз	Тж	Тч
5,6		10	3	49
1, 2, 3, 4		41	3	18

2.6. Імітаційна модель альтернативної ситуації

Розрахована циклограма світлофornoї сигналізації введена у програму VISSIM за допомогою функції «Signal Control» (рис.2.10).

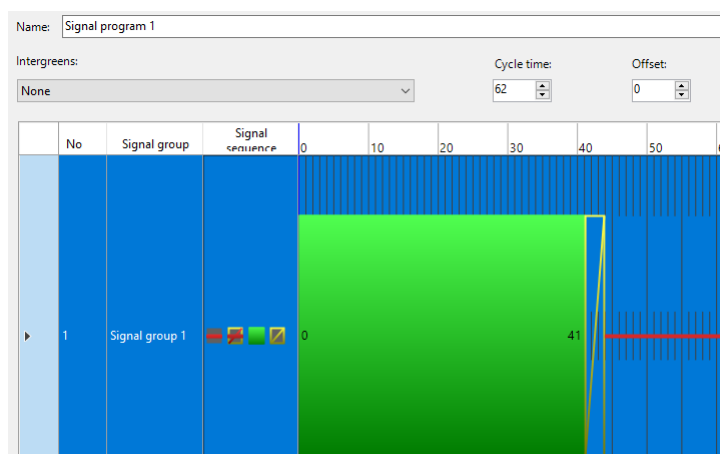


Рис.2.10. Сигнальна програма в VISSIM.

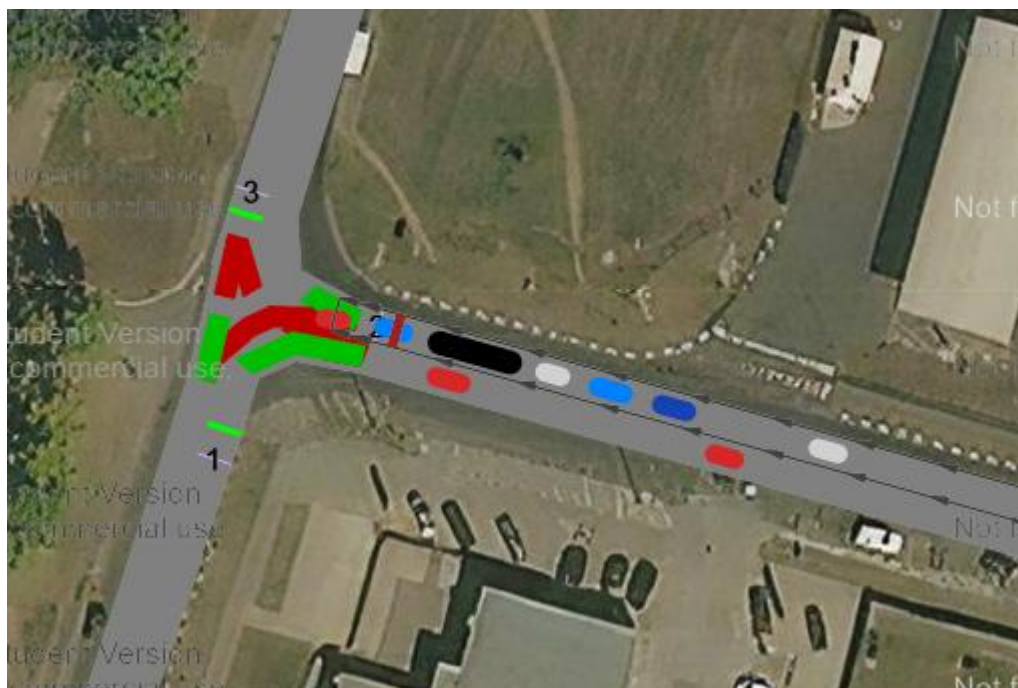


Рис.2.11. Робота світлофornoї сигналізації

Queue Results						
Count: 21	SimRun	TimeInt	QueueCounter	QLen	QLenMax	QStops
7	7	0-3600	1	50,61	207,19	182
8	7	0-3600	2	115,40	156,71	48
9	7	0-3600	3	0,82	23,86	10
10	Average	0-3600	1	16,87	69,06	61
11	Average	0-3600	2	103,59	156,86	54
12	Average	0-3600	3	0,27	7,95	3
13	Standa...	0-3600	1	29,22	119,62	105
14	Standa...	0-3600	2	15,77	0,29	24
15	Standa...	0-3600	3	0,48	13,78	6
16	Minim	0-3600	1	0,00	0,00	0

Рис.2.12. Довжина черги ТЗ.

Як бачимо з рис.2.12, при введенні світлофornoї сигналізації додатково до існуючої черги на другорядній дорозі, черга буде утворюватися з південного напрямку по вулиці Вечірній Бульвар (від 16,8 до 69 м), та з північного напрямку (до 7,9 м). Кількість транспортних засобів у черзі – у середньому 4 легкових автомобіля.

2.7. Висновки до розділу 2

У роботі виконано аналіз можливості введення світлофорного регулювання на вулиці Вечірній Бульвар у місті Кривий Ріг для покращення стану безпеки дорожнього руху на локації, яка складається із трьох нерегульованих та одного регульованого світлофором перехрестя. Розроблена методологія поступового обстеження інтенсивності та складу транспортних потоків із відповідним розташуванням обліковців у трьох точках. Визначені основні напрямки руху автотransпортних засобів, які формують навантаження на досліджуваному перетині. Розрахована циклограма транспортних та пішохідних світлофорів відповідно до геометричних параметрів перетину та вхідних транспортних навантажень. Розроблена імітаційна модель базової ситуації (світлофорне регулювання відсутнє) та альтернативи (світлофорні об'єкти встановлені) у програмному середовищі VISSIM. Порівняння обох варіантів організації руху дозволяє стверджувати, що введення світлофornoї сигналізації сприятиме утворенню затору по вулиці Вечірній Бульвар з південного напрямку 2-1 (прямий рух по вулиці Вечірній Бульвар убік гіпермаркету Сільпо) із середнім показником довжини черги 16,8 м, максимальним показником – 69 м.

РОЗДІЛ 3. КАЛЬКУЛЯЦІЯ ВИТРАТ НА ЗАПРОПОНОВАНЕ РІШЕННЯ

Світловідбивальні екрани, лінзи та інші елементи світлофорів повинні відповідати вимогам ДСТУ 4092-2002 «Безпека дорожнього руху» [4]. Вартість установки світлофорного об'єкту складається із наступних операцій:

$$Y_{\text{св}} = E + M + Д$$

де E – вартість придбання світлофорного обладнання, грн.; M – вартість монтажних, транспортних, пуско-налагоджувальних робіт, грн.; $Д$ – вартість виготовлення проектно-кошторисної документації, грн. До вартості придбання світлофорного обладнання входять закупівля контролеру, автомобільного світлофору двостороннього діодного з зворотнім відліком часу, пішохідного світлофору діодного з зворотнім відліком часу, світлофорної стійки з консоллю, світлофорної опори, кабельної продукції, бетонної суміші, дрібних деталей.

Калькуляція витрат по наведеним вище статтям виглядає таким чином.

1. Придбання:

- контролер 1 шт – 25 000 грн;
- автомобільний світлофор двохсторонній діодний з зворотнім відліком часу 2 шт – 43 000 грн;
- пішохідний світлофор діодний з зворотнім відліком часу 2 шт $\times$ 7 500 = 15 000 грн;
- світлофорна стійка з консоллю 1 шт – 12 000 грн; - опора світлофорна 2 шт – 5000 грн;
- кабельна продукція, бетон, дрібні деталі – 21 000 грн.

2 Монтажні, транспортні, пуско-налагоджувальні роботи – 30 000 грн.

3 Виготовлення проектно-кошторисної документації – 15 000 грн.

Всього на введення світлофорної сигналізації на перехресті необхідно витратити 154 000 грн.

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Вимоги до збору даних по інтенсивності руху транспортних потоків

Для підготовки повного набору коректних вихідних даних, необхідних для побудови мікроімітаційної моделі, проводиться збір вихідних даних у польових умовах [14].

Відомо, що перед збором вихідних даних вважається за необхідне визначення меж окремого проекту. Границя площі проекту залежить від «зони впливу» навколишньої транспортної мережі. Зона впливу – це область дослідження, а також навколишня транспортна мережа, що впливає на операції в зоні дослідження (включаючи розгляд майбутніх умов розвитку мережі), може варіюватися від одного перехрестя до ділянки мережі, що охоплює окремий міський район. Даний підхід дозволяє реалізувати реальну поведінку транспортного та пішохідного руху в проектній області. Зона впливу може бути більшою, ніж мінімальні межі області дослідження. Важливо розуміти експлуатаційні характеристики об'єктів транспортної інфраструктури в рамках запропонованого проекту.

Якість і точність вихідних даних відіграє вирішальну роль в достовірності результатів моделювання. Розглянемо типи вхідних даних для даного етапу:

- необхідні типи вихідних даних;
- вибрані технології проведення замірів;
- розташування місць проведення замірів;
- часовий проміжок вимірів.

На виході повинен бути отриманий повний набір необхідних вихідних даних, зібраних з дотриманням всіх вимог до встановленої точності.

Аналіз методичної літератури з транспортного моделювання показав [14], що інтервал спостережень повинен відповідати таким чотирьом критеріям:

- за величиною бути мінімум 15 хвилин;
- кількість транспортних засобів на найбільш перевантажених ділянках мережі, темпи зростання трафіку можуть уповільнюватись, однак число транспортних засобів, рух яких моделюються за допомогою програми, за цей же проміжок часу, повинно продовжувати збільшуватись;
- оцінювальний час у дорозі транспортних засобів з одного кінця мережі у інший повинен бути рівним або удвічі більшим за модельний час;
- довжина черги транспортних засобів у моделі повинна повторювати реальні спостереження в цей час дня.

Крім того, рекомендується, щоб інтервал проведення обстежень для мікроімітаційного дослідження покривав період від виникнення заторів до їх розсіювання.

Дані про трафік та польові спостереження рекомендовано використовувати для визначення відповідного пікового періоду транспортного навантаження у досліджуваній зоні. Найчастіше погодинний трафік коригується вгору, (на нього впливає наявність пікових годин), для того, щоб відтворити 15-хвилинний період, за який трафік досягає максимального значення.

Необхідно переконатися в тому, що умови руху в дні проведення обстежень однакові і відсутній вплив таких чинників як: погодні умови; ремонтні роботи; дорожньо-транспортні пригоди; масові заходи.

Також слід зауважити, що для мінімізації розкиду в одержуваних значеннях слід проводити обстеження в найбільш репрезентативні періоди, уникаючи святкових днів, днів шкільних канікул, періоду відпусток та інших нетипових періодів. До таких репрезентативних періодів відносяться будні дні з понеділка по четвер у наступні місяці: березень і квітень, виключаючи Великодній тиждень; друга половина травня; весь червень; друга половина вересня; весь жовтень і листопад.

4.2. Вимоги безпеки при обслуговуванні світлофорів

Допускається підніматися і піднімати вироби на встановлену щоглу світлофора тільки після перевірки надійності кріплень анкерних болтів фундаменту гайками і контргайками та виконання заземлення стаканів.

Не допускаються до роботи два працівники на одній щоглі на різних рівнях. Не допускається робота працівника на щоглі світлофора без запобіжного поясу.

На початку виконання робіт необхідно шунтувати за допомогою мідного дроту із поперечним перерізом не менш 50 мм² іскровий проміжок на щоглі світлофора/ в релейній шафі

Заборонено підйом на на опори і спеціальні конструкції контактної мережі, що не обладнані сигналізацією.

До виконання робіт на опорах контактної мережі, до якої приєднано світлофорні об'єкти, допускаються тільки ті працівники, що пройшли спеціальний інструктаж, за умови перевірки справності приєднання опор і спеціальних конструкцій до рейки. Забороняється підйом на опори та спеціальні конструкції контактної мережі із розташованими світлофорними об'єктами, не проінструктованим працівникам.

ВИСНОВКИ

У роботі виконано обґрунтування організації та безпеки руху на ділянці вулиці Вечірній Бульвар та вулиці Об'їзної у місті Кривий Ріг.

1. Розроблено методику обстежень інтенсивності руху на ділянці, до якої входять чотири перехрестя (три нерегульованих світлофором та одне із установленою світлофорною сигналізацією) із визначеними точками розташування обліковця, напрямками руху транспортних засобів, які досліджуються, та порядком проведення обстеження.

2. Проведено польові дослідження за складом та інтенсивністю транспортних потоків, які показали, що перехрестя відповідає критеріям введення світлофорної сигналізації.

3. Дані інтенсивності руху використані при розробці мікроімітаційної моделі досліджуваної ділянки у програмному середовищі VISSIM. Результати моделювання показали можливе утворення черги транспортних засобів на другорядній дорозі, що примикає до вулиці Вечірній Бульвар у районі автосалону, довжиною 109 м, що означає наявність затору транспортних засобів аж до регульованого перетину з Об'їзною дорогою убік мкрн.Східний-1.

4. Виходячи із отриманих показників інтенсивності руху, розраховано світлофорну сигналізацію для транспорту та пішоходів, циклограма якої використана в імітаційній моделі альтернативи. Результати моделювання показали, що введення світлофорної сигналізації сприятиме утворенню затору по вулиці Вечірній Бульвар з південного напрямку 2-1 (прямий рух по вулиці Вечірній Бульвар убік гіпермаркету Сільпо) із середнім показником довжини черги 16,8 м, максимальним показником – 69 м.

5. Проведено калькуляцію витрат на введення світлофорної сигналізації на перехресті. Оціночна вартість запропонованого рішення – 154 000 грн.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Безпека дорожнього руху. Розмітка дорожня. Загальні технічні вимоги. Методи контролю. Правила застосування: ДСТУ 2587 – 2002. – [Чинний від 2011 – 04 – 01]. – К.: Держспоживстандарт України 2010. – 45 с. - (Національний стандарт України)
2. Вулиці та дороги населених пунктів: ДБН В.2.3-5-2018. – [чинні від 24.04.2018¹ 103]. – К.: Держбуд України, 2018. – 61 с. – (Державні будівельні норми України).
3. Грицунь О. М. Обґрунтування раціональних режимів світлофорного регулювання з урахуванням характеристик транспортних потоків і поведінки пішоходів : дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук : 05.22.01 – транспортні системи / Олег Михайлович Грицунь ; Міністерство освіти і науки України, Національний університет «Львівська політехніка». – Львів, 2019. – 167 с.
4. ДСТУ 4092-2002 «Світлофори дорожні. Загальні технічні вимоги, правила застосовування та вимоги безпеки».
5. Методичні вказівки до виконання практичних робіт та самостійної роботи студентів з дисципліни «Технічні засоби організації дорожнього руху» (для студентів 4 курсу денної і заочної форм навчання напряму підготовки 6.070101 – Транспортні технології (за видами транспорту)) / Харків. нац. ун–т міськ. госп–ва ім. О. М. Бекетова; уклад.: О. О. Лобашов, І. С. Бугайов. – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. – 42 с.
6. Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень: ДБН 360-92**. – [Чинний від 2002-04-19]. – К. : ДП «Укрархбудінформ», 2002. – 92 с. – (Національний стандарт України).
7. Осетрін М. М. Дослідження транспортних і пішохідних потоків на перетинах міських магістралей в різних рівнях / М. М. Осетрін, 138 138 Д. О.

Беспалов // Містобудування та територіальне планування. – Київ, 2010. – Вип. 36. – С. 333 – 336.

8. Системологія на транспорті. Організація дорожнього руху: кн. 4 / [Е. В. Гаврилов, В. К. Доля О. Т. Лановий, В. П. Поліщук та ін.]; за заг. ред. М. Ф. Дмитриченко. – К.: Знання України, 2005. – 452 с.

9. Степанчук О. В. Організація дорожнього руху. Конспект лекцій [Електронний ресурс] / Олександр Васильович Степанчук. – 2017.

10. Форнальчик Є. Ю. Управління дорожнім рухом на регульованих перехрестях у містах: монографія / Є. Ю. Форнальчик, І. А. Могила, В. Е. Трушевський, В. В. Гілевич; за заг. ред Є. Ю. Форнальчика. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2018. – 236 с.

11. Chilukuri V. Validation of HCM pedestrian delay model for interrupted facilities / V. Chilukuri, M. R. Virkler // Journal of Transportation Engineering. – 2005. – 131(12). – P. 939 – 945.

12. Hrytsun O. Determination of transport delay before the traffic light on two-lane streets with tram movement / O. Hrytsun, Yu. Royko // Сучасні технології в машинобудуванні на транспорті. Науковий журнал. – Луцьк: Луцький НТУ, 2018. – №2(11). – P. 18 –23.

13. Traffic Signal Timing Manual / P. Koonce [and others] – McLean: US Department of Transportation, 2008. – 264 p.

14. Електронний ресурс:
<https://www.ptvgroup.com/ru/reshenija/produkty/ptv-vissim/>