

Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту
Кафедра автомобілів та транспортного менеджменту

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«Вдосконалення організації дорожнього руху транспортної розв'язки на площі
Героїв Майдану в місті Вінниці»

Виконав: студент 2-го курсу, групи
ІТТ-23м спеціальності 275 –

Транспортні технології (за видами)

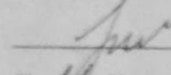
 Зьора І. Є.

Керівник: к.т.н., доцент каф. АТМ

 Кашканов В. А.

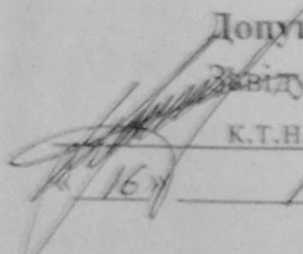
«05» 12 2024 р.

Опонент: к.т.н. доц. каф. АТМ

 Сухоруков С. П.

«16» 12 2024 р.

Допущено до захисту

 Завідувач кафедри АТМ

к.т.н., доц. Цимбал С.В.

«16» 12 2024 р.

Вінницький національний технічний університет

Факультет машинобудування та транспорту
Кафедра автомобілів та транспортного менеджменту

Рівень вищої освіти II-й (магістерський)

Галузь знань – 27 – Транспорт

Спеціальність 275 – Транспортні технології (за видами)

Спеціалізація 275.03 – Транспортні технології (на автомобільному транспорті)

Освітньо-професійна програма – Транспортні технології на автомобільному транспорті

ЗАТВЕРДЖУЮ

завідувач кафедри АТМ
к.т.н., доцент Нимбала С.В.

«18» 09 2024 року

ЗАВДАННЯ **НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ**

Зьорі Івану Євгенійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Вдосконалення організації дорожнього руху транспортної розв'язки на площі Героїв Майдану в місті Вінниці.

керівник роботи Кашканов Віталій Альбертович, к.т.н., доцент,

затверджені наказом ВНТУ від «17» вересня 2024 року № 310.

2. Строк подання здобувачем роботи: 06.12.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи: Вимоги до проєктування та організації дорожнього руху на перехрестях згідно з Державними будівельними нормами України; Законодавство України в галузі безпеки дорожнього руху, включно з Законом України "Про дорожній рух", та охорони праці; Діючі державні та міжнародні стандарти з організації дорожнього руху; Досліджувана дорожньо-транспортна розв'язка на площі Героїв Майдану в м. Вінниця; Об'єкт дослідження – це існуючий процес організації дорожнього руху на транспортній розв'язці; Використання засобів імітаційного моделювання програмного забезпечення PTV Vissim.

4. Зміст текстової частини:

1 Дослідження поточного стану вулично-дорожньої мережі на площі героїв майдану м.Вінниця

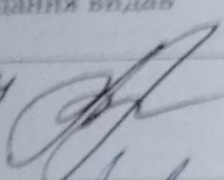
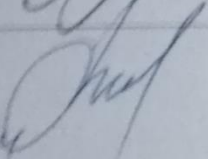
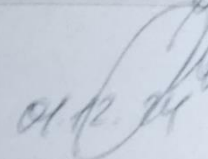
2 Наукові підходи до вдосконалення організації дорожнього руху

3 Імітаційне моделювання організації дорожнього руху на площі героїв майдану м. Вінниця

4 Визначення ефективності запропонованих заходів

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням об'єктів та їхніх креслень)
- 1-3 Тематика, мета та завдання дослідження.
 - 4 Площа Героїв Майдану як відрізок ВДМ м. Вінниця
 - 5 Дорожній перехрест на площі Героїв Майдану у м. Вінниця
 - 6 Схема організації дорожнього руху на перехресті
 - 7 Пофазові схеми роз'їзду на перехресті
 - 8 Дослідження існуючого транспортного потоку
 - 9 Аналіз складності існуючої ОДР
 - 10 Запропонований варіант реалізації удосконалення організації дорожнього руху на транспортному вузлі
 - 11 Імітаційна модель існуючої ОДР
 - 12 Імітаційна модель запропонованої ОДР
 - 13 Порівняння схем моделей
 - 14 Аналіз результатів: середня швидкість
 - 15 Аналіз результатів: час затримки
 - 16 Порівняльний аналіз схем ОДР
 - 17 Основні висновки по роботі

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ/підрозділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		*завдання видав	завдання прийняв
Розв'язання основної задачі	Кашканов В. А., доцент кафедри АТМ	18.09.24 	06.12.24 
Визначення ефективності запропонованих рішень	Макарова Т.В., доцент кафедри АТМ	18.11.24 	01.12.24 

7. Дата видачі завдання « 18 » вересня 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітки
1	Вивчення об'єкту та предмету дослідження	18.09-22.09.2024	Вик.
2	Аналіз відомих рішень, постановка задач	23.09-20.10.2024	Вик.
3	Обґрунтування методів досліджень	23.09-20.10.2024	Вик.
4	Розв'язання поставлених задач	21.10-03.11.2024	Вик.
5	Формування висновків по роботі, наукової новизни, практичної цінності результатів	04.11-17.11.2024	Вик.
6	Виконання розділу/підрозділу «Визначення ефективності запропонованих заходів»	18.11-01.12.2024	Вик.
7	Нормоконтроль МКР	02.12-06.12.2024	Вик.
8	Попередній захист МКР	09.12-11.12.2024	Вик.
9	Рецензування МКР	12.12-16.12.2024	Вик.
10	Захист МКР	20.12-23.12.2024	Вик.

Здобувач

Керівник роботи

Зьора І. Є.

Кашканов В. А.

АНОТАЦІЯ

УДК 656.11

Зьора І. Є. Удосконалення організації дорожнього руху на площі Героїв Майдану у місті Вінниці. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 275 – Транспортні технології, освітня програма Транспортні технології на автомобільному транспорті. Вінниця: ВНТУ, 2024. 124с.

На укр. Мові. Бібліогр.: 54 назв; рис.: 81; табл. 11.

В магістерській кваліфікаційній роботі було запропоновано схему реорганізації дорожнього руху на площі Героїв Майдану у м. Вінниця. У першому розділі було проведено аналіз дорожнього перетину, існуючої схеми та стану організації дорожнього руху, огляд дорожньо-транспортної ситуації та проведено натурні дослідження транспортних потоків. У другому розділі проведено теоретичні дослідження методів та підходів вдосконалення організації дорожнього руху на вулично-дорожній мережі. У третьому розділі виконано імітаційне моделювання поточного стану організації дорожнього руху, розроблено та запропоновано заходи з удосконалення схеми ОДР на досліджуваному перехресті, виконано імітаційну модель запропонованих удосконалень та проведено порівняльний аналіз отриманих моделей. У четвертому розділі виконано розрахунок ефективності запропонованих заходів.

Графічна частина складається з 17 слайдів.

Ключові слова: дорожній рух, перехрестя, конфліктні потоки, регулювання руху, PTV Vissim.

ANNOTATION

UDC 656.11

Zora I. Improvement of Traffic Organization at Heroes of Maidan Square in Vinnytsia. Master's Qualification Thesis in Specialty 275 – Transport Technologies, educational program Transport Technologies in Road Transport. Vinnytsia: VNTU, 2024. 124p.

In Ukrainian speech Bibliography: 54 titles; Fig.: 81; table 11.

The master's qualification thesis proposes a scheme for reorganizing traffic at Heroes of Maidan Square in Vinnytsia. In the first chapter, an analysis of the traffic intersection, the existing traffic scheme, and the current state of traffic organization was conducted, alongside a review of the road traffic situation and on-site studies of traffic flows. The second chapter includes theoretical research on methods and approaches to improving traffic organization within the street-road network. In the third chapter, simulation modeling of the current traffic organization was performed. Measures to enhance the traffic scheme at the studied intersection were developed and proposed. A simulation model of the proposed improvements was created, and a comparative analysis of the resulting models was carried out. The fourth chapter presents a calculation of the efficiency of the proposed measures.

The graphic part consists of 17 slides.

Key words: traffic, intersections, conflict traffic, traffic regulation, PTV Vissim.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ.....	3
ВСТУП.....	4
1 ДОСЛІДЖЕННЯ ПОТОЧНОГО СТАНУ ВУЛИЧНО-ДОРОЖНЬОЇ МЕРЕЖІ НА ПЛОЩІ ГЕРОЇВ МАЙДАНУ М. ВІННИЦЯ.....	7
1.1 Аналіз транспортного вузла.....	7
1.2 Аналіз аварійності на перехресті.....	15
1.3 Аналіз існуючої схеми організації дорожнього руху.....	21
1.4 Дослідження транспортних потоків на дорожньому перетині.....	29
1.5 Актуальність вдосконалення регулювання дорожнього руху на площі Героїв Майдану міста Вінниця.....	35
1.6 Висновки до розділу 1 і постановка задач дослідження	38
2 НАУКОВІ ПІДХОДИ ДО ВДОСКОНАЛЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ДОРОЖНЬОГО РУХУ.....	40
2.1 Основні методичні напрямки організації дорожнього руху та розведення транспортних потоків.....	40
2.2 Визначення параметрів організації дорожнього руху на перехрестях....	44
2.3 Висновки до розділу 3.....	51
3 ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ДОРОЖНЬОГО РУХУ НА ПЛОЩІ ГЕРОЇВ МАЙДАНУ М. ВІННИЦЯ.....	52
3.1 Заходи з покращення безпеки руху та вдосконалення ОДР на перехресті.....	52
3.2 Калібрування імітаційної моделі.....	57
3.3 Методологія розрахунку часу затримки для зони перетину.....	60
3.4 Аналіз отриманих результатів моделювання та імітації транспортного руху.....	66

3.5 Розробка та аналіз варіантів вдосконалення організації дорожнього руху на транспортній розв'язці.....	70
3.6 Моделювання запропонованої удосконаленої схеми організації дорожнього руху на перехресті.....	80
3.7 Аналіз отриманих результатів моделювання та порівняння з існуючою організацією дорожнього руху.....	87
3.8 Висновки до розділу 3.....	97
4 ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАПРОПОНОВАНИХ ЗАХОДІВ.....	99
4.1 Визначення витрат на впровадження технічних засобів організації дорожнього руху.....	99
4.2 Розрахунок ефекту від впровадження вдосконаленої моделі організації дорожнього руху.....	111
ВИСНОВКИ.....	115
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	117
ДОДАТКИ.....	125
Додаток А. Ілюстративна частина	
Додаток Б. Протокол перевірки магістерської кваліфікаційної роботи на плагіат	

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

АСУДР – автоматизована система управління дорожнім рухом

АТМ – Автомобілі та транспортний менеджмент

ВДМ – вулично-дорожня мережа

ВНТУ – Вінницький національний технічний університет

ДСТУ – Державні стандарти України

ДТП – дорожньо-транспортна пригода

ОДР – організація дорожнього руху

ПДР – правила дорожнього руху

ТЗ – транспортний засіб

ТМ – транспортна мережа

SUV - sport utility vehicles (практичний спортивний автомобіль)

ВСТУП

Актуальність. Україна, як країна з економікою, що розвивається, з кожним роком збільшує тенденції до урбанізації та приватної мобільності суспільства. Таке збільшення транспортного потоку призводить до того, що вже сьогодні вулично-дорожня мережа (ВДМ) більшості великих міст України не відповідає поточному рівню автомобілізації і як наслідок вимогам щодо організації, і безпеки дорожнього руху [1].

Яскравим представником такого ВДМ у м. Вінниця є перехрестя вулиць Магістратська, Театральна, Івана Богуна та Чорновола (площа Героїв Майдану). Дане перехрестя є складним, оскільки: є значним за площею, з великою кількістю конфліктних потоків транспорту, зі світлофорним регулюванням тільки на окремих перетинах, містить перетини з підвищеною аварійністю. На відрізках вулиць Театральної та В'ячеслава Чорновола пролягають маршрути міського громадського транспорту: тролейбусів, автобусів та маршрутних таксі. Через вулиці В'ячеслава Чорновола та Магістратську проходить міська магістраль, що з'єднує виїзди з міста у напрямку міст Київ (Житомир) та Хмельницький і є частиною автошляху М 21 міжнародного значення. Також даний перетин безпосередньо прилягає до одного з трьох міських мостів через річку Південний Буг. Потреба нормального функціонування даного перехрестя як інфраструктури міста може бути оцінена як критична. Утворення заторів та дорожньо-транспортних пригод на зазначеному перехресті завдає значні часові та матеріальні втрати для громади міста [2].

Мета і завдання роботи. написання даної кваліфікаційної роботи – запропонувати заходи для удосконалення ОДР на транспортній розв'язці на площі Героїв Майдану у м.Вінниця. Розробити схему організації дорожнього руху, запропонувати облаштування світлофорних об'єктів, дорожніх знаків та розмітки.

Відповідно до визначеної мети вирішувались такі завдання:

- провести аналіз дорожнього перетину, існуючої схеми та стану організації дорожнього руху, огляд дорожньо-транспортної ситуації та провести натурні дослідження транспортних потоків;

- провести теоретичні дослідження методів та підходів вдосконалення організації дорожнього руху на вулично-дорожній мережі;
- виконати імітаційне моделювання поточного стану організації дорожнього руху, розробити та запропонувати заходи з удосконалення схеми ОДР на досліджуваному перехресті, виконати імітаційну модель запропонованих удосконалень;
- виконати розрахунок ефективності запропонованих заходів.

Об'єкт дослідження – це існуючий процес ОДР на транспортній розв'язці, що розглядається.

Предмет дослідження – це методи управління транспортними потоками та ефективність засобів організації дорожнього руху.

Методи дослідження. У процесі підготовки магістерської кваліфікаційної роботи застосовувалися такі методи дослідження: натурні дослідження, аналіз конфліктних точок, системний аналіз, лінійна алгебра, чисельні методи розрахунку фізичних процесів, геометричне моделювання та комп'ютерне моделювання засобами PTV Vissim.

Практичне значення. Розроблена нова схема ОДР та імітаційна модель організації дорожнього руху на площі Героїв Майдану м. Вінниця підвищує пропускну здатність перехрестя та безпеку як транспортного так і пішохідного потоків і може бути передана для розгляду і впровадження у Департамент транспорту та міської мобільності Вінницької міської ради.

Новизна одержаних результатів. полягає у розробці комплексу заходів з організації дорожнього руху для покращення безпекових та технічних характеристик дорожнього перетину. Вперше було запропоновано методику розрахунку параметру мінімального часу затримки правил пріоритету при імітаційному моделюванні з великою точністю з урахуванням типів транспортних засобів.

Апробація результатів магістерської кваліфікаційної роботи. Результати моделювання подавалися як конкурсна робота на «Щорічний конкурс студентських робіт з транспортного моделювання 2024», організований компанією Беспалов ЛАБ

у 2024 році [3], де було отримано диплом 3го ступеня, а також доповідалися та були опубліковані на міжнародній науково-практичній інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих науковців «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2024)».

Публікації результатів магістерської кваліфікаційної роботи. За результатами виконання магістерської кваліфікаційної роботи опубліковані 2 тези доповідей [2][3].

1 ДОСЛІДЖЕННЯ ПОТОЧНОГО СТАНУ ВУЛИЧНО-ДОРОЖНЬОЇ МЕРЕЖІ НА ПЛОЩІ ГЕРОІВ МАЙДАНУ М. ВІННИЦЯ

1.1 Аналіз транспортного вузла

На сьогоднішній день у місті Вінниця є ряд елементів ВДМ які потребують значної уваги в плані реорганізації дорожнього руху (рисунок 1.1). Це спричинено тим, що існуюча інфраструктура міста, як і багатьох інших міст України, не відповідає загальноєвропейським принципам і була побудована для значно меншого рівня автомобілізації [1]. Наслідками цього є: мала питома щільність магістральних вулиць та нерозвинена мережа місцевих вулиць; низька пропускна здатність вулиць, сполучений рух масового пасажирського транспорту, легкового і вантажного руху; застосування для регулювання руху застарілих методів та технічних засобів; відсутність системи інформаційного забезпечення міського руху тощо. Все це призводить до утворення заторів на ВДМ міст України і в тому числі місті Вінниця [2].



Рисунок 1.1 – Схема пропускної здатності ВДМ м. Вінниці [48]

Одним з таких, проблемних елементів ВДМ у місті Вінниця є значний за площею перетин вулиць Магістратська, Театральна, Івана Богуна та В'ячеслава Чорновола (площа Героїв Майдану) (рисунок 1.2, 1.3). Дане перехрестя є складним, оскільки: є значним за площею, з великою кількістю конфліктних потоків транспорту, зі світлофорним регулюванням тільки на окремих перетинах, містить перетини з підвищеною аварійністю.

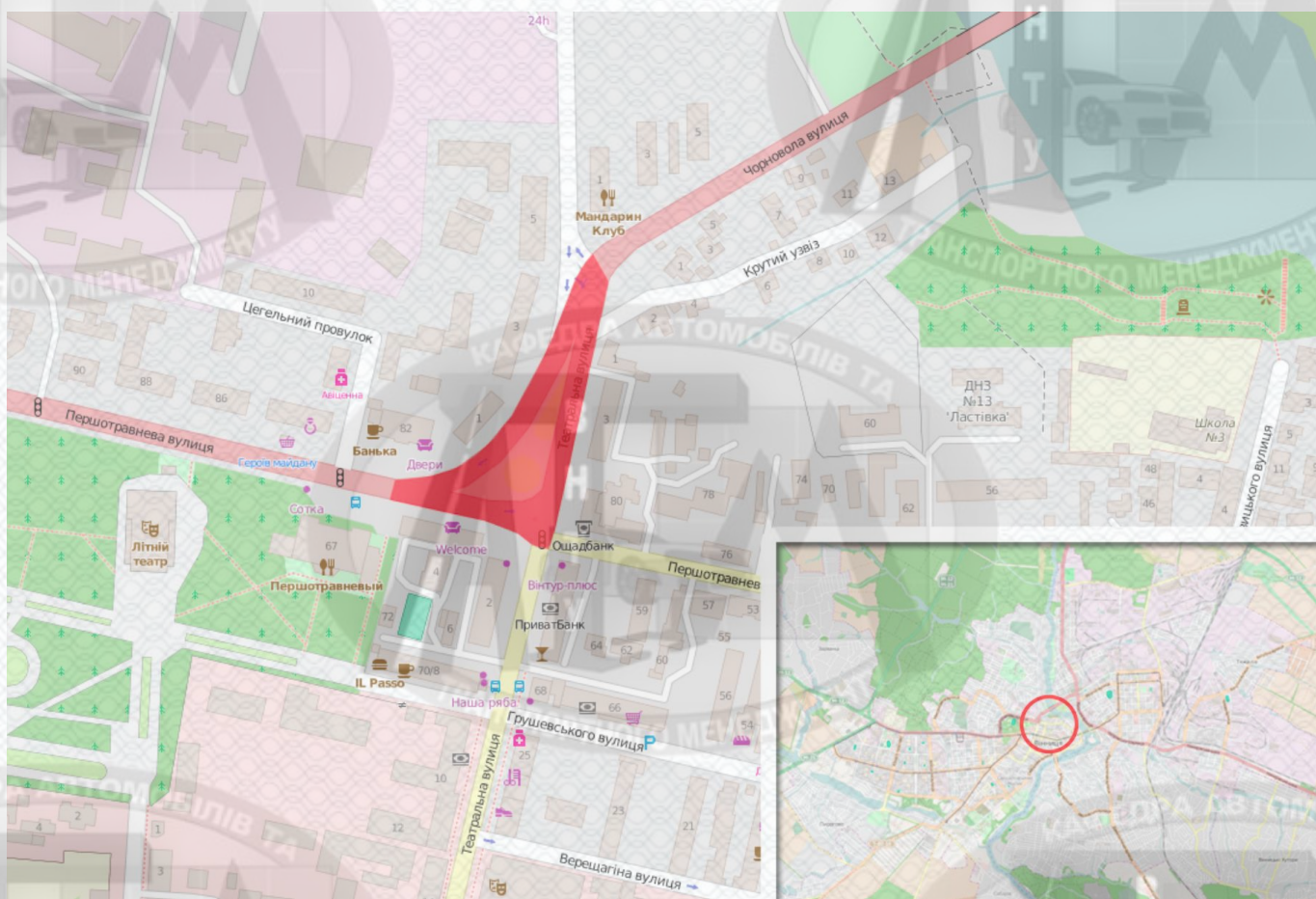


Рисунок 1.2 – Площа Героїв Майдану у м. Вінниця

Водночас дане перехрестя є одним з найбільш значущих дорожніх вузлів у місті. По вулиці В'ячеслава Чорновола воно безпосередньо прилягає до одного з 3ох мостів через річку Південний Буг. По вулиці Магістратській відбувається дорожнє з'єднання до іншого мосту (центральный міст по вулиці Соборна), що з урахуванням заборони руху механічних транспортних засобів безпосередньо по вулиці Соборній з 6:00 до 22:00 є, фактично одним з 2ох доступних маршрутів, наряду з вулицею

Князів Каріатовичів, для проїзду через центральний міст. На відрізках вулиць Театральної, Магістратська та В'ячеслава Чорновола пролягають маршрути міського громадського транспорту: тролейбусів, автобусів та маршрутних таксі. Також по вулиці Магістратській знаходиться тролейбусне депо. Через вулиці В'ячеслава Чорновола та Магістратську проходить міська магістраль, що з'єднує виїзди з міста у напрямку міст Київ (Житомир) та Хмельницький і є частиною автошляху М 21 міжнародного значення. Потреба нормального функціонування даного перехрестя як інфраструктурного об'єкта міста може бути оцінена як критична. Утворення заторів та дорожньо-транспортних пригод на зазначеному перехресті завдає значні часові та матеріальні втрати для громади міста.



Рисунок 1.3 – Супутниковий знімок дорожнього перетину на Площі Героїв Майдану у м. Вінниця

Орієнтовне фотографування нерегульованої частини перехрестя, перетину вулиць Івана Богуна, В'ячеслава Чорновола та Театральної за напрямками показано на рисунках 1.4 – 1.6.



Рисунок 1.4 – Перехрестя Площі Героїв Майдану у напрямку з вул. В'ячеслава Чорновола

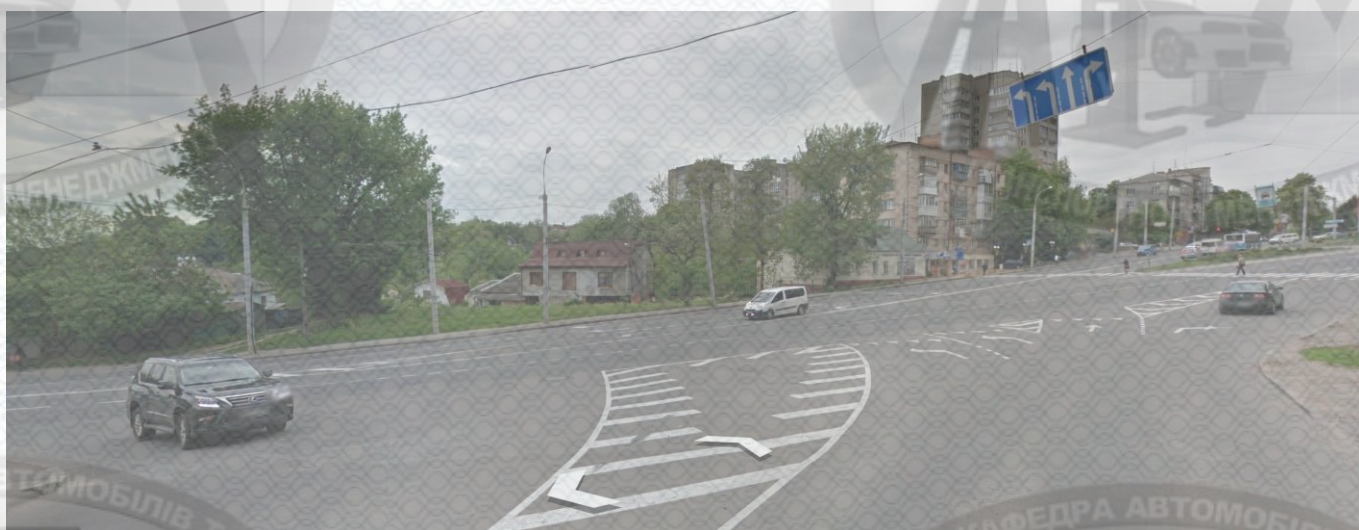


Рисунок 1.5 – Перехрестя Площі Героїв Майдану у напрямку з вул. Івана Богуна

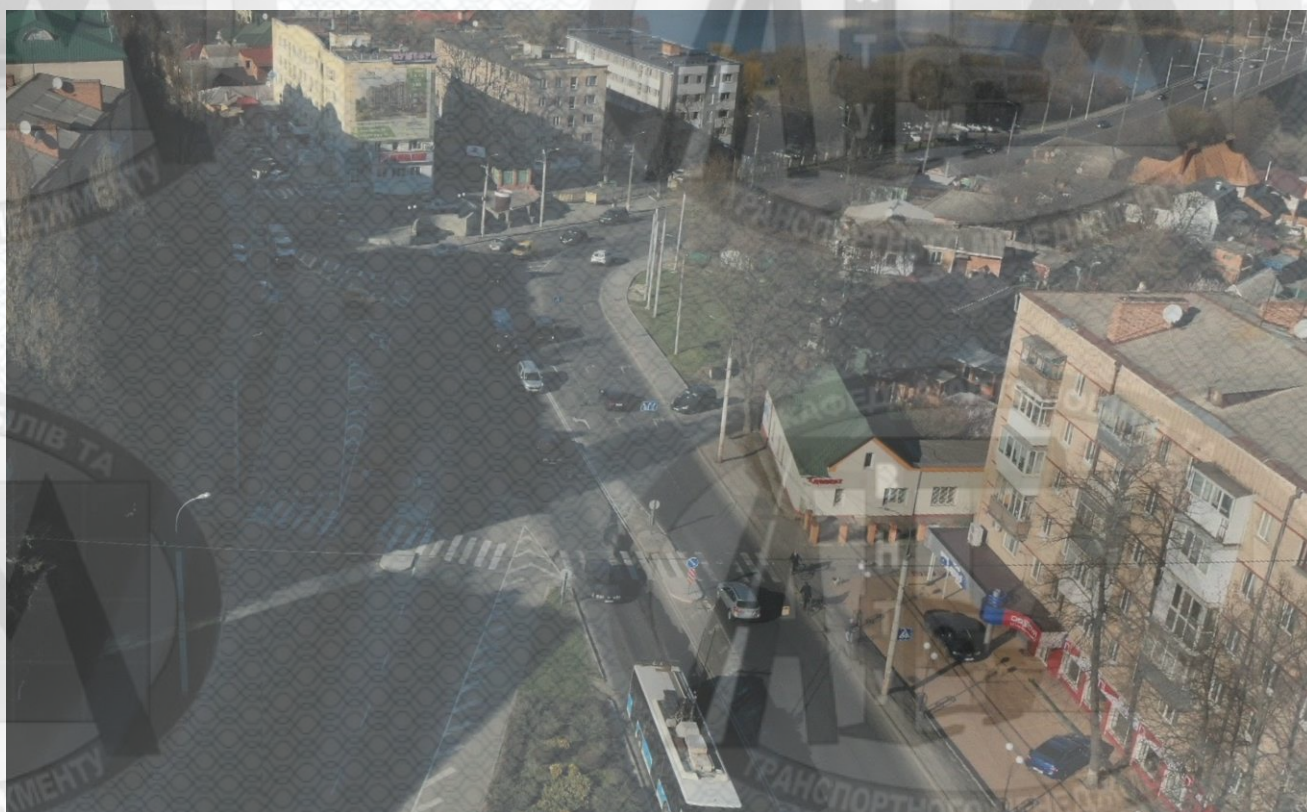


Рисунок 1.6 – Перехрестя Площі Героїв Майдану у напрямку з вул. Театральна

Орієнтовне фотографування світлофорно-регульованої частини перехрестя, перетину вулиць Магістратської та Театральної за напрямками показано на рисунках 1.7 – 1.10.



Рисунок 1.7 – Перехрестя Площі Героїв Майдану у напрямку з вул. Магістратської (від центрального мосту)



Рисунок 1.8 – Перехрестя Площі Героїв Майдану у напрямку вул. Чорновола з вул. Театральної



Рисунок 1.9 – Перехрестя Площі Героїв Майдану у напрямку вул. Чорновола з вул. Театральної



Рисунок 1.10 – Перехрестя Площі Героїв Майдану у напрямку вул. Чорновола з вул. Театральної

На рисунку 1.11 наведено загальну схему розподілення транспортних потоків на перехрещуваних частинах перехрестя. Слід зауважити, що попри те, що напрям руху I-IV та зворотній IV-I організовані як головна дорога у години пік лише транспортний потік I-IV та V-IV рухаються відносно вільно, без утворення значних заторів, навіть з урахуванням світлофорного регулювання на перетині вулиць Магістратської та провулку Цегельний. Затори для цих транспортних потоків виникають лише при порушенні правил проїзду нерегульованого перехрестя потоками V-III, V-II та V-I. Для усіх інших потоків затори у години пік є постійним явищем і спричинені, в основному пропускнуою здатністю світлофоно-регульованої частини перехрестя. Для транспортних потоків, що рухаються з напрямків II та III взаємний обмін заборонений дорожніми знаками 5.18 і при необхідності має бути здійснений на попередніх перехрестях, а саме перехресті вулиць Магістратської та

Архітектора Артинова, а також перехресті вулиць Театральної та Грушевського, відповідно.

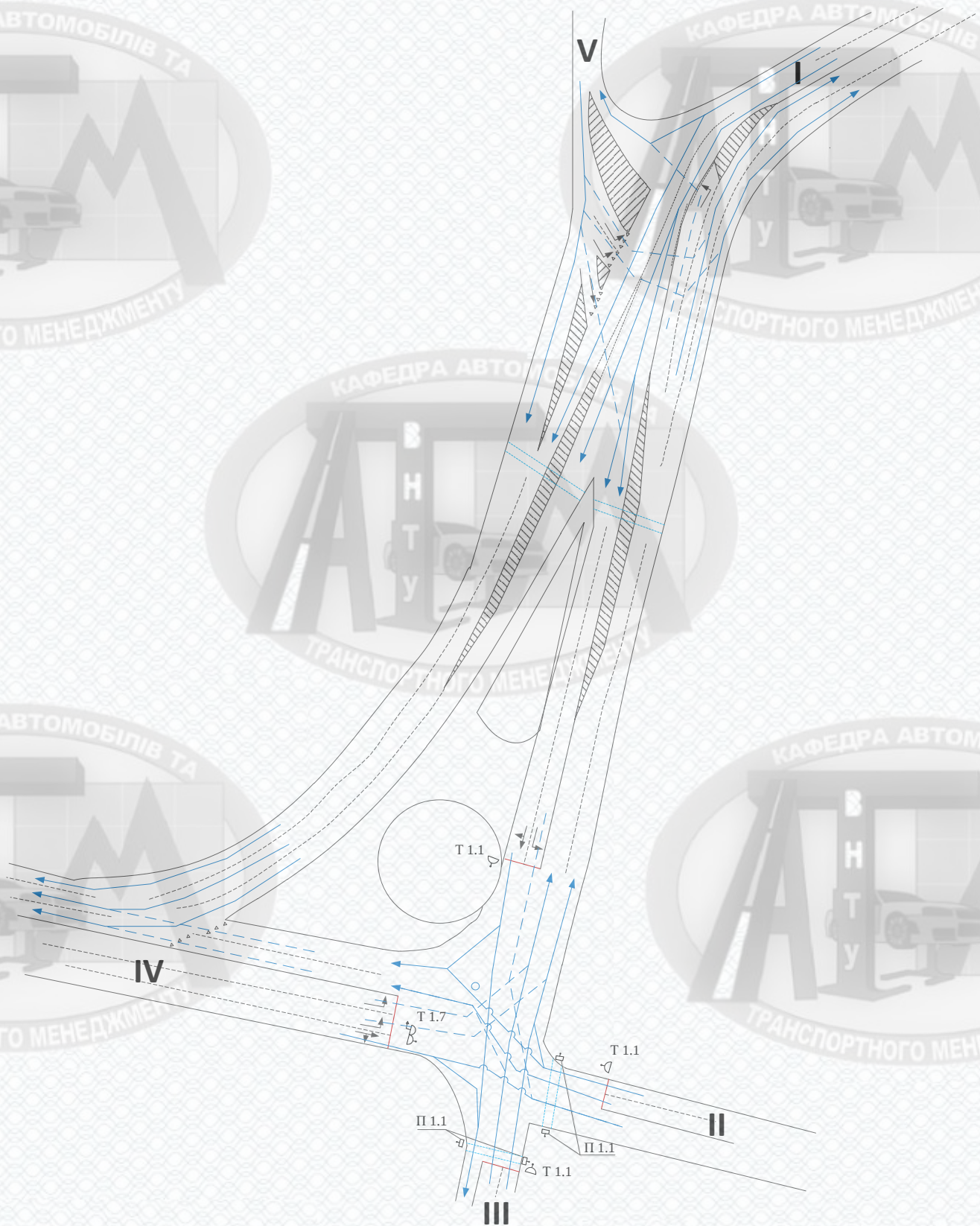


Рисунок 1.11 – Загальна схема транспортних потоків на перехресті у місцях перетинів

1.2 Аналіз аварійності на перехресті

Як було зазначено раніше, на перехресті спостерігаються доволі часті порушення ПДР, а саме розділу 16 «Проїзд перехресть».

У випадку порушень правил проїзду регульованого перехрестя, здебільшого призводить лиш до збільшення затору, через неможливість проїзду потоку на зелений дозволяючий сигнал світлофору, так як перехрестя заблоковано транспортними засобами, що здійснили виїзд на перехрестя на жовтий або, навіть червоний сигнал світлофору та не можуть його покинути через пішохідні потоки. Аналогічна ситуація виникає при порушенні потоками II та III вимог дорожніх знаків 5.18, а саме здійсненні заборонених поворотів праворуч з вулиці Театральної на вулицю Магістратську і, відповідно, ліворуч з вулиці Магістратській (від центрального мосту) на вулицю Театральну. Такі маневри призводять до повного блокування попутного транспортного потоку у зв'язку з необхідністю пропустити пішохідний потік через вулицю Магістратську при русі за маршрутом III-II (рисунок 1.12) та зустрічний транспортний потік при русі за маршрутом II-III.



Рисунок 1.12 – ТЗ заблокував рух по смузі намагаючись здійснити заборонений маневр повороту праворуч з вулиці Театральної на вулицю Магістратську

При розгляді нерегульованої частини перехрестя, а саме перетину вулиць Івана Богуна, В'ячеслава Чорновола та Театральної більшість порушень ПДР, за складністю наслідків можна розділити на три основні групи.

До результатів першої групи можна віднести погіршення транспортної обстановки та створення аварійних ситуацій без скоєння безпосередніх ДТП. У випадку вулиці Івана Богуна, при дослідженні спостерігався виїзд ТЗ на перехрестя без дотримання безпечних дистанцій руху та надання пріоритету транспортним засобам, що рухаються по головній дорозі при виїзді з другорядної, і тим самим створення аварійно небезпечної ситуації (рисунок 1.13).



Рисунок 1.13 – Аварійна ситуація на перехресті створена недотриманням безпечної відстані та правил пріоритету при виїзді з другорядної дороги одночасно декількома ТЗ

А також недотримання правил руху по смугам і використання смуги призначеної для повороту ліворуч, що регулюється розміткою 1.18 та дорожнім знаком 5.16 для проїзду прямо (рисунок 1.14). Що в свою чергу, призводить до заторів для транспортних потоків I-IV, I-III та I-II, а також згідно з статистикою [9], значно збільшує ймовірність спричинення ДТП.

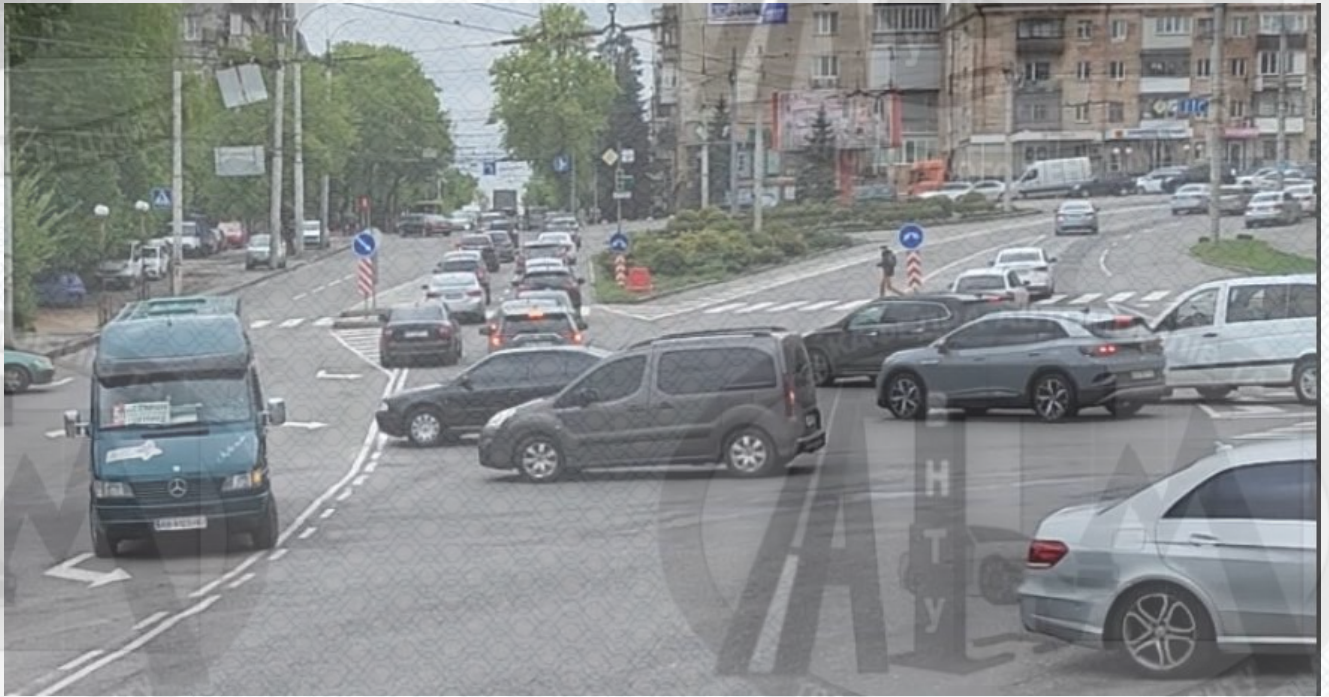


Рисунок 1.14 – Порухнення сірим SUV правил руху по смугах та використання смуги для повороту ліворуч для здійснення проїзду прямо

До другої групи можна віднести порушення ПДР, що, безпосередньо, приводять до ДТП без участі пішоходів. Саме перетин вулиць Івана Богуна, В'ячеслава Чорновола та Театральної через причини названі у попередній групі і призводять до більшості ДТП зареєстрованих на перехресті на площі Героїв Майдану.



Рисунок 1.15 – ДТП в результаті не дотримання правил пріоритету

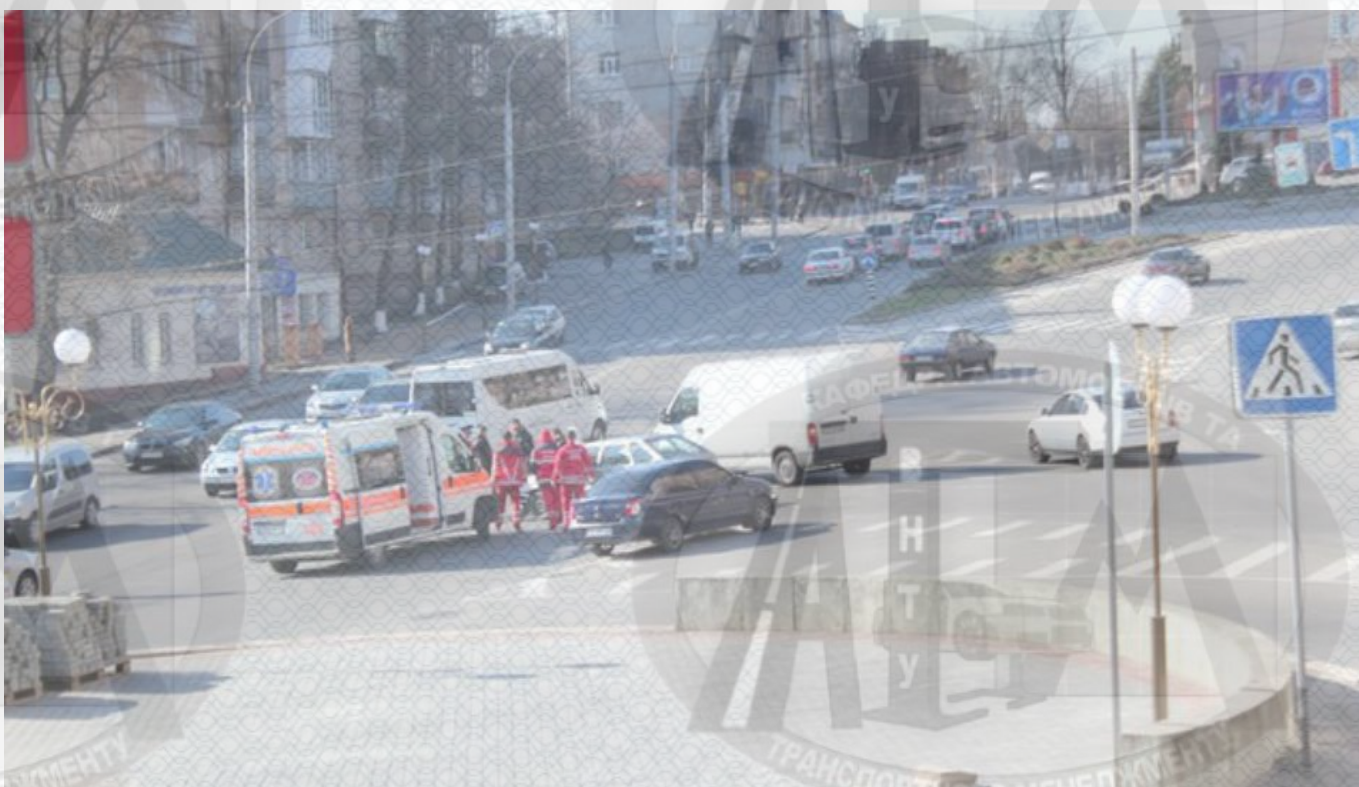


Рисунок 1.16 – Часткове блокування проїзної частини каретою швидкої допомоги у зв'язку з ДТП

Окрім порушень правил пріоритету причиною великої кількості ДТП на зазначеному перетині стає не дотримання безпечної дистанції руху, особливо при слизькому дорожньому покритті (рисунок 1.17, 1.18).



Рисунок 1.17 – ДТП в результаті не дотримання безпечної дистанції руху

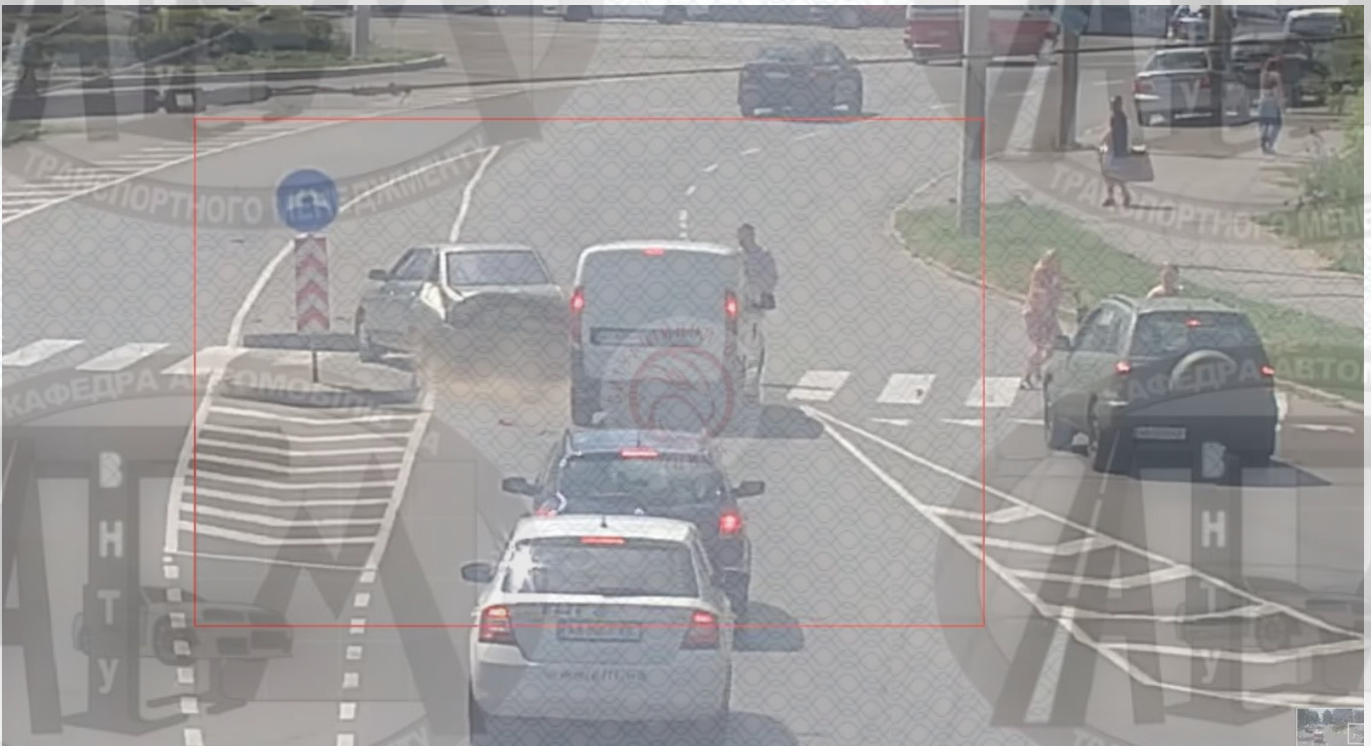


Рисунок 1.18 – ДТП в результаті не дотримання безпечної дистанції руху зі створенням небезпечної ситуації для пішоходів

Також до другої групи можна віднести ДТП скоєнні з причини втрати керування транспортним засобом на слизькій дорозі, з причини перевищення швидкості та, або скоєних у стані алкогольного чи наркотичного сп'яніння.

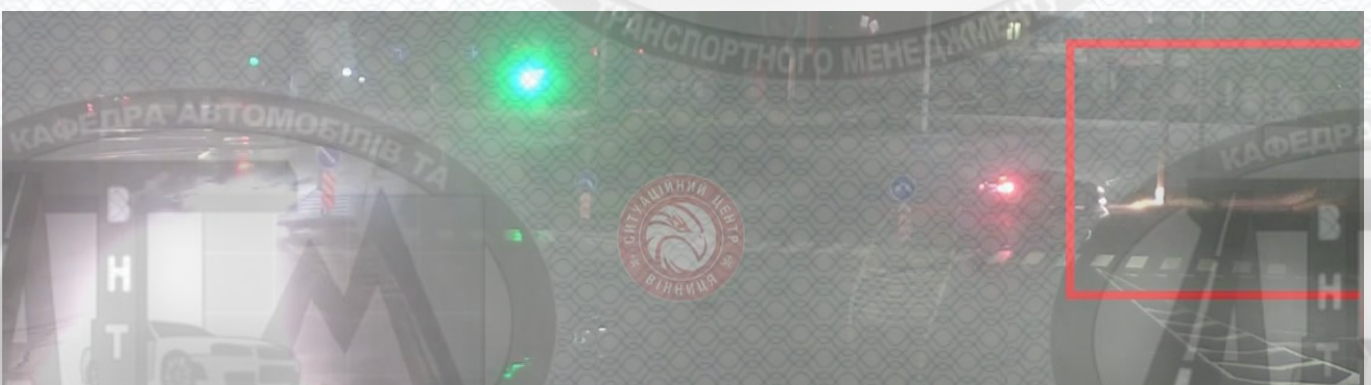


Рисунок 1.19 – ДТП в результаті порушень швидкісного режиму

Остання група це ДТП з постраждалими пішоходами. Якщо у південній, світлофорно-регульованій, частині перехрестя трапляються ДТП за участі пішоходів, то вони, як правило, не характеризуються спричиненням серйозної

шкоди пішоходам, що зумовлюється відносно невеликою швидкістю руху ТЗ після під час проїзду перехрестя у зв'язку з його конфігурацією.

На відміну від цього, нерегульований пішохідний перехід через вулицю Театральна (рисунок 1.20) характеризується більш серйозними наслідками для пішоходів при ДТП.

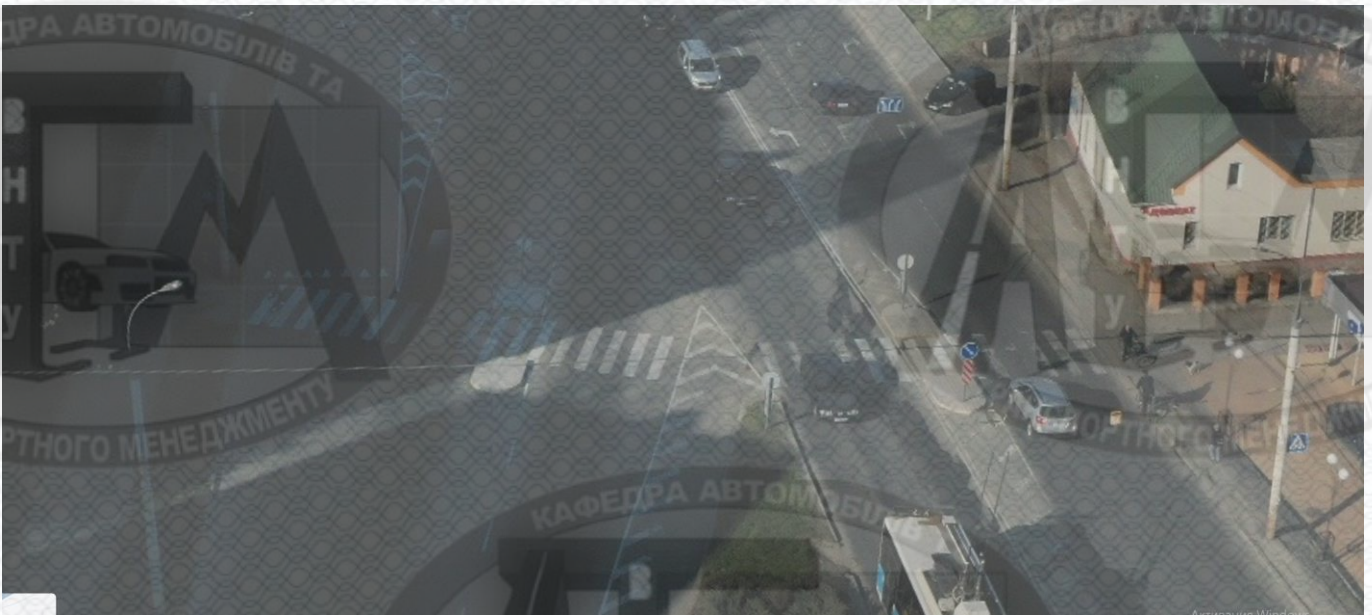


Рисунок 1.20 – Нерегульований пішохідний перехід через вулицю Театральна

Пішохідний перехід відбувається через 7 смуг руху, має загальну протяжність близько 35м та є недостатньо освітленим у темну пору доби. Висока травматичність для пішоходів у випадку ДТП, здебільшого характеризується швидкісним режимом на даній ділянці ВДМ. При русі ТЗ з вулиці В'ячеслава Чорновола рух відбувається по головній дорозі, також кут повороту смуг руху складає $\sim 160^\circ$, що дозволяє водіям виконувати проїзд зазначеної ділянки на максимально допустимій швидкості. Це, в свою чергу лишає мало часу для реакції водія при непередбачуваному маневрі ТЗ, що рухається попереду, неочікуваній появі пішохода на пішохідному переході, а тим паче велосипедиста чи кермувальника самокату, що здійснюють проїзд на пішохідному переході тим самим порушуючи ПДР та здійснені водієм маневру чи зменшення швидкості в достатній мірі для уникнення ДТП.

Слід зауважити, що з метою підвищення безпеки пішоходів у 2019 році зазначений пішохідний перехід був облаштований острівцями безпеки з метою підвищення безпеки пішохідного руху за рахунок скорочення часу перебування пішоходів, безпосередньо, на проїжджій частині.

1.3 Аналіз існуючої схеми організації дорожнього руху

Організація дорожнього руху на досліджуваному перехресті складається з дорожньої розмітки, дорожніх знаків та світлофорних об'єктів. В таблиці 1.1 зведено найменування засобів організації дорожнього руху, що використовуються на площі Героїв Майдану для регулювання транспортних та пішохідних потоків.

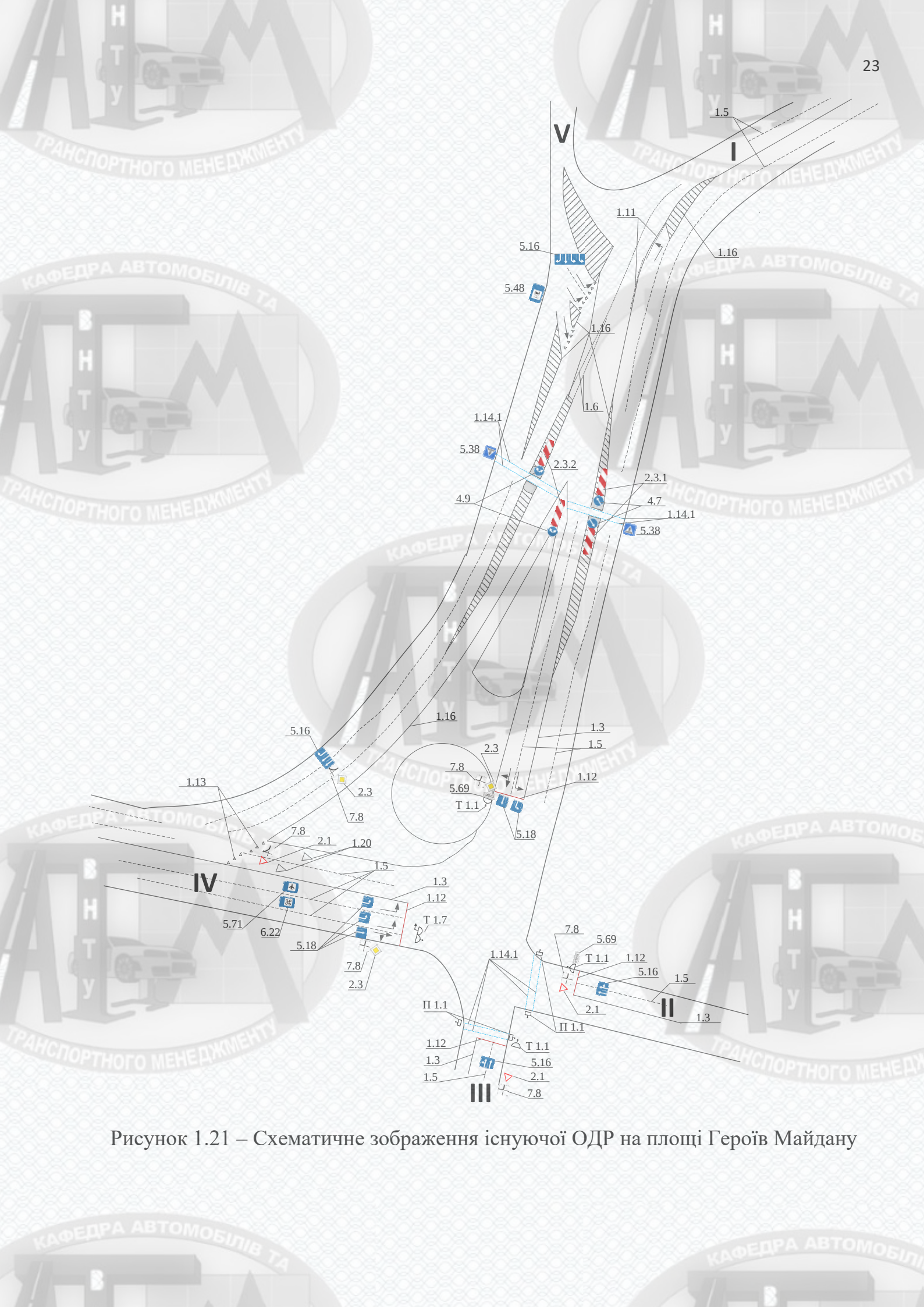
Таблиця 1.1 – Специфікація технічних засобів управління дорожнім рухом на площі Героїв Майдану у м. Вінниця

№	Позначення	Найменування	Тип
1	2	3	4
Світлофорне регулювання			
1	СД1	Світлофор транспортний	Т1.1 Основний та дублюючі
2	СД Т1.7	Світлофор транспортний	Т1.7 Основний та дублюючі
3	СП1	Світлофор пішохідний	П1.1 Основний
Дорожня розмітка			
1	1.3	Подвійна суцільна	Розмітка горизонтальна
2	1.5	Переривчаста лінія	Розмітка горизонтальна
3	1.6	Лінія наближення	Розмітка горизонтальна
4	1.7	Напрямна розмітка	Розмітка горизонтальна
5	1.11	Дозвіл перетинання лише з однієї сторони	Розмітка горизонтальна
6	1.12	Стоп-лінія	Розмітка горизонтальна
7	1.13	Дати дорогу	Розмітка горизонтальна

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4
8	1.14.1	Зебра	Розмітка горизонтальна
9	1.16	Острівці безпеки	Розмітка горизонтальна
10	1.18	Дозволені напрямки руху	Розмітка горизонтальна
11	1.20	Дати дорогу	Розмітка горизонтальна
12	2.3.1	Об'їзд перешкоди	Розмітка вертикальна
13	2.3.2	Об'їзд перешкоди	Розмітка вертикальна
Дорожні знаки			
1	2.1	Дати дорогу	Знаки пріоритету
2	2.3	Головна дорога	Знаки пріоритету
3	4.7	Об'їзд перешкоди з правого боку	Наказові знаки
4	4.9	Об'їзд перешкоди з правого або лівого боку	Наказові знаки
5	5.16	Напрямки руху по смугах	Інформаційно-вказівні знаки
6	5.18	Напрямок руху по смузі	Інформаційно-вказівні знаки
7	5.38	Пішохідний перехід	Інформаційно-вказівні знаки
8	5.48	Місце зупинки таксі	Інформаційно-вказівні знаки
9	5.69	Місце зупинки	Інформаційно-вказівні знаки
10	5.71	Аеропорт	Інформаційно-вказівні знаки
11	6.22	Визначні місця	Знаки сервісу
12	7.8	Напрямок головної дороги	Таблички до дорожніх знаків

За даними таблиці 1.1 видно, що перехрестя є насиченим технічними засобами регулювання дорожнього руху, в водночас воно не обладнане технічними засобами другої групи такими як датчики транспортних чи пішохідних потоків, та іншими

[illegible]

елементами автоматизованої системи прийняття рішень при управлінні дорожнім рухом.

Візуалізацію схеми існуючого стану та розміщення елементів організації дорожнього руху на перехресті наведено на рисунок 1.21.

Для детального розуміння схеми ОДР на світлофорно-регульованій частині перехрестя наведемо циклограму світлофорного регулювання (рисунок 1.22) та розглянемо по-фазні схеми роз'їзду транспортних потоків (рисунки 1.23-1.26) на перетині.

Світлофорно регульована частина перехрестя, а саме перетин вулиць Магістратська та Театральна, має хрестообразну конфігурацію. Регулюється перехрещувана частина за допомогою 7-ми сигнальних груп, 2і з яких відповідають за пішохідні переходи через вулицю Магістратську зі сторони центрального мосту і вулицю Театральна у напрямку вулиці Соборна.

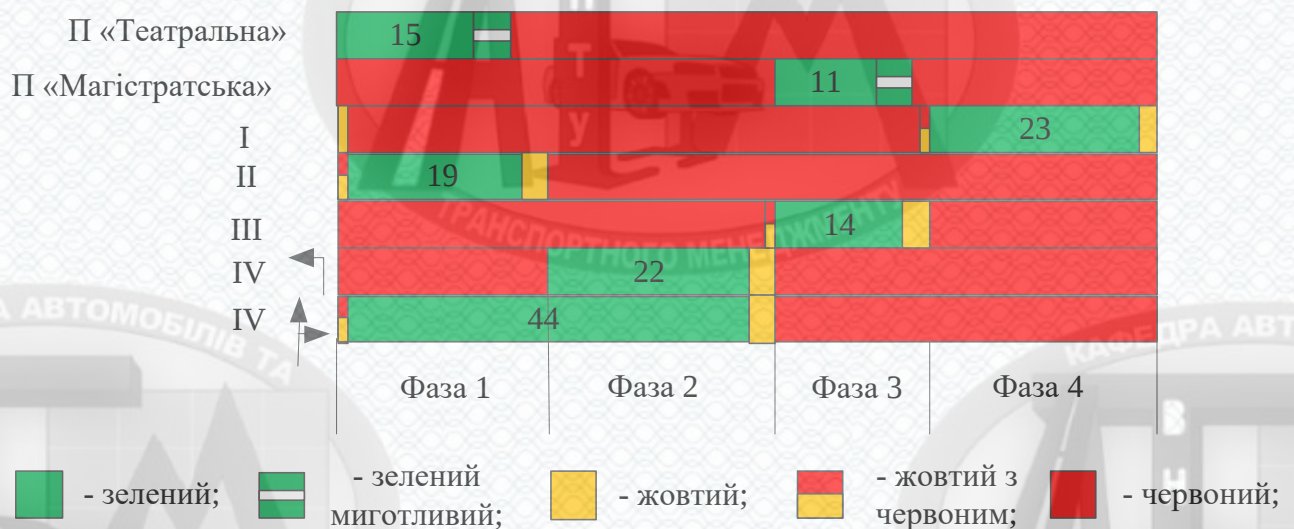


Рисунок 1.22 – Циклограма світлофорного регулювання

На досліджуваному перехресті використовується 4ох фазне світлофорне регулювання. Усі дозволяючі сигнали світлофору, окрім додаткової зеленої секції дорожнього світлофору Т1.7, починаються з переходу червоний/жовтий – зелений тривалістю 1с та закінчуються жовтим сигналом світлофору тривалістю 3 секунди. Зелений дозволяючий сигнал світлофору при русі транспортних потоків IV-III та IV-

II активний впродовж 2ох фаз, а дозволяючий сигнал для пішохідних переходів через вулицю Театральну та вулицю Магістратську частково співпадають з дозволяючими сигналами для транспортних потоків що виходять з II та III напрямків відповідно.

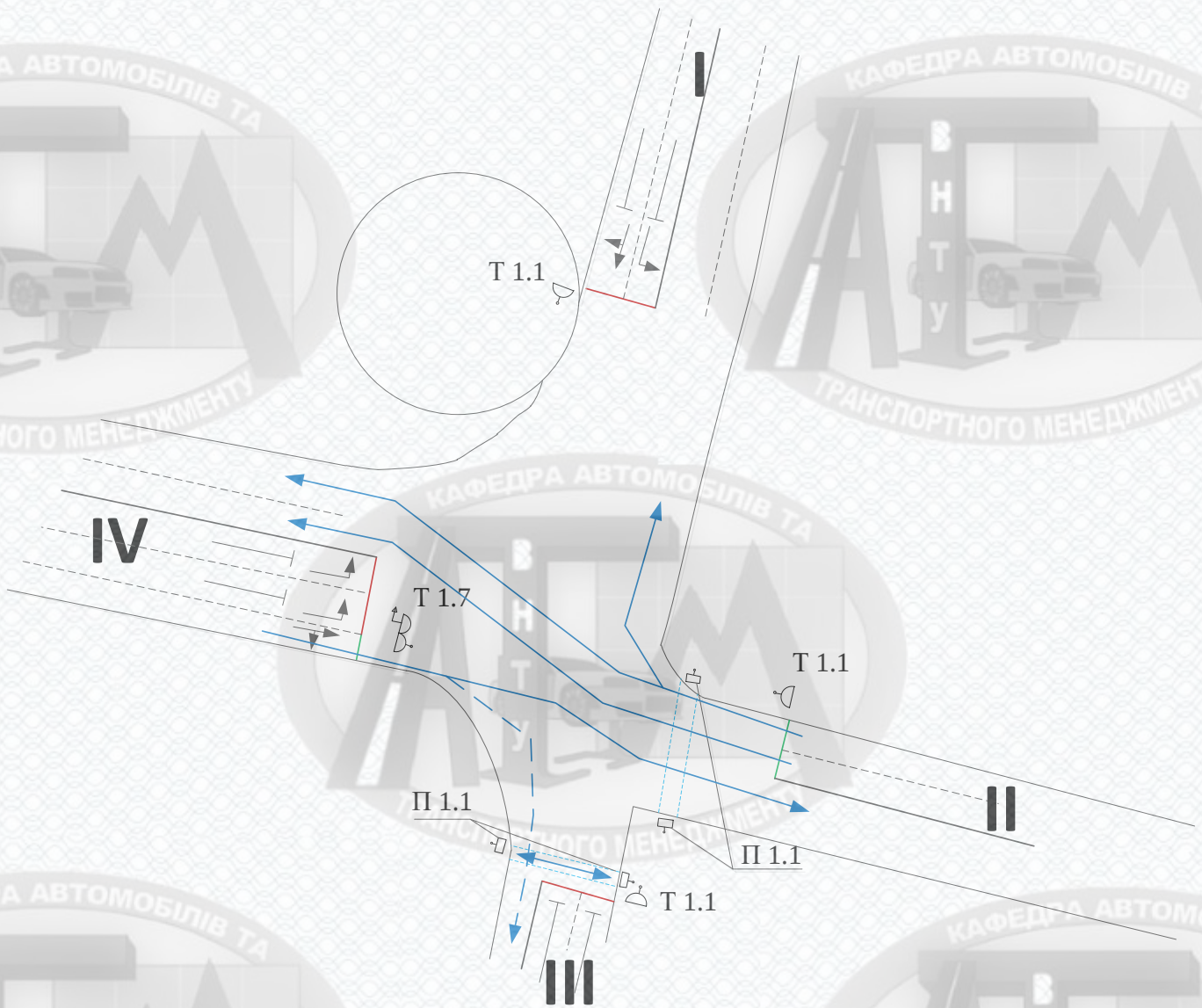


Рисунок 1.23 – Схема руху на перехресті у 1ій фазі

Тривалість 1ої фази складає 19с. Під час дії цієї фази світлофорного регулювання (рисунок 1.23) дозволеними є проїзди транспортних потоків IV-II, II-I, II-IV та при умові пропуску пішохідного потоку по вулиці Театральна, для яких в цій фазі також дозволено рух - IV-III. Дозволяючий зелений сигнал світлофору для

пішохідного потоку через вулицю театральну триває 15с та має додатково 4 с в режимі миготливого зеленого сигналу, що попереджає про завершення дозволу для руху через пішохідний перехід. Рух транспортного потоку за маршрутом II-III, поворот ліворуч з вулиці Магістратській (напрямок від центрального мосту) на вулицю Театральна, заборонений дорожнім знаком 5.18.

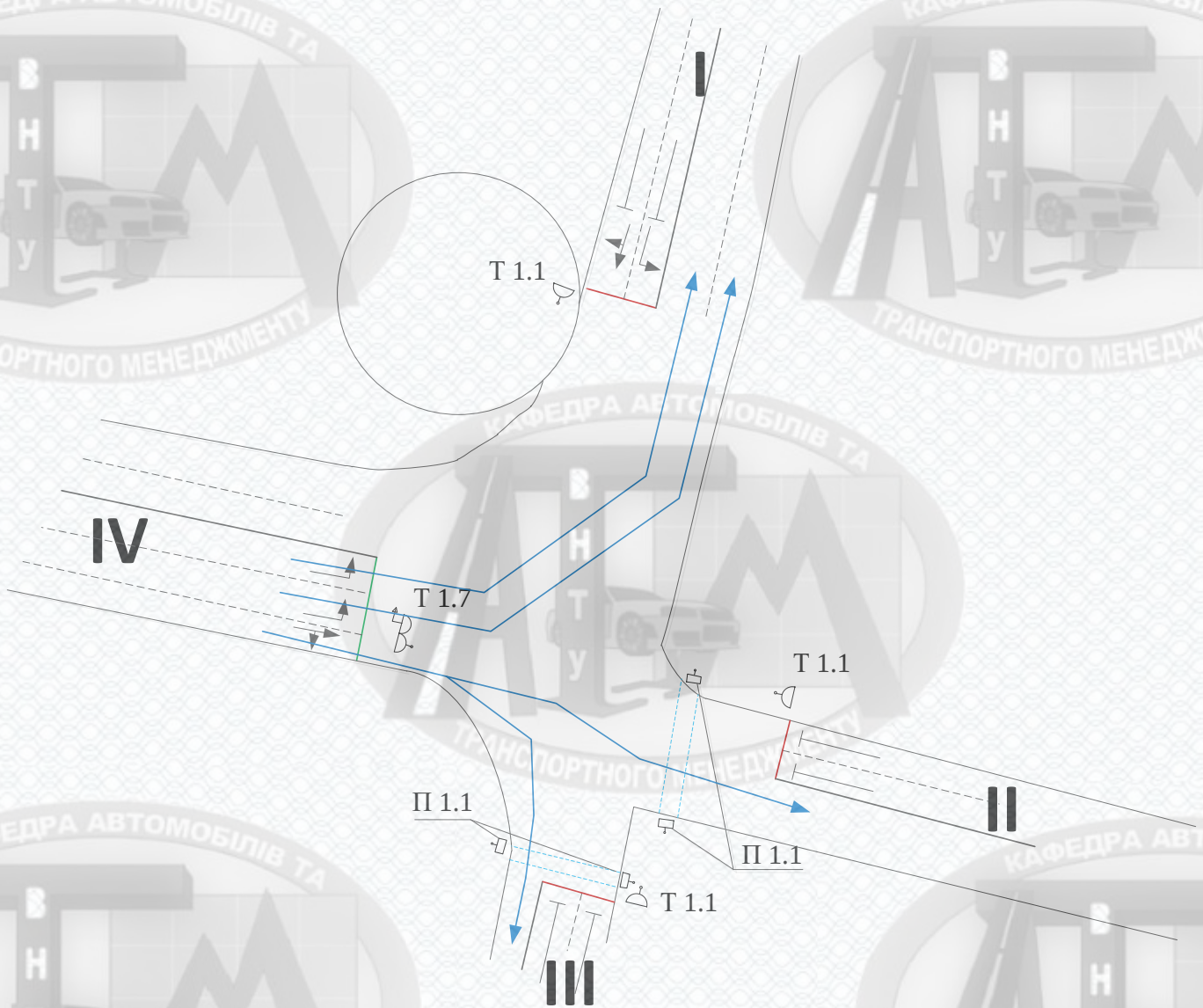


Рисунок 1.24 – Схема руху на перехресті у 2ій фазі

Під час дії другої фази, зображеної на рисунку 1.24, рух транспортних засобів за напрямком IV-II залишається дозволеним і тим самим його загальна тривалість, протягом 2ох фаз, сягає 44с. Рух за напрямком IV-III набуває пріоритетного статусу

так як рух пішоходів через вулицю Театральну у 2ій фазі заборонено. Також стає дозволений рух транспортного потоку IV-I, що триває 22с, та завершується, після 3ох секундного жовтого сигналу світлофору, одночасно з основним сигналом світлофору Т1.7, тим самим повністю забороняючи рух транспортного потоку IV.

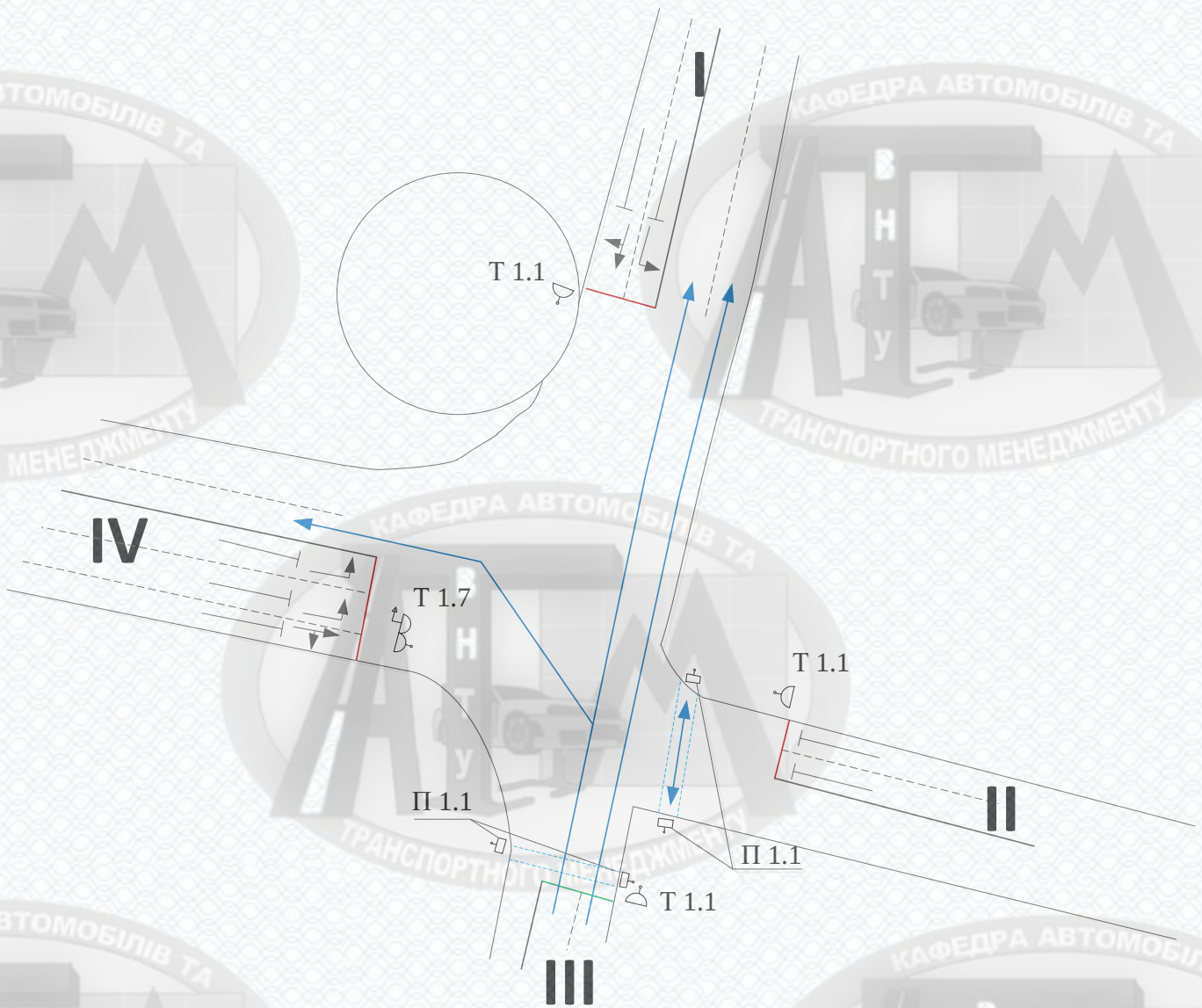


Рисунок 1.25 – Схема руху на перехресті у 3ій фазі

На рисунку 1.25 показано схему руху на перехресті під час 3ої фази світлофорного регулювання. В цей час заборонені рухи усіх потоків окрім транспортного потоку, що виходить з вулиці Театральної, а саме III-I та III-IV. Напрямок III-II заборонений інформаційно-вказівними знаками 5.16, що дозволяють

рух з лівої смуги руху, виключно прямо та ліворуч, а з правої, виключно, прямо, що забезпечує безпеку переходу пішоходів через вулицю Магістратську, та не допускає блокування руху у правій полосі транспортними засобами, що надавали б пріоритет у русі пішоходам очікуючи право на проїзд. Тривалість дозволяючого зеленого сигналу світлофора для транспортного потоку 14с. Дозволяючий сигнал світлофора для пішохідного потоку через вулицю Магістратську триває 11с.

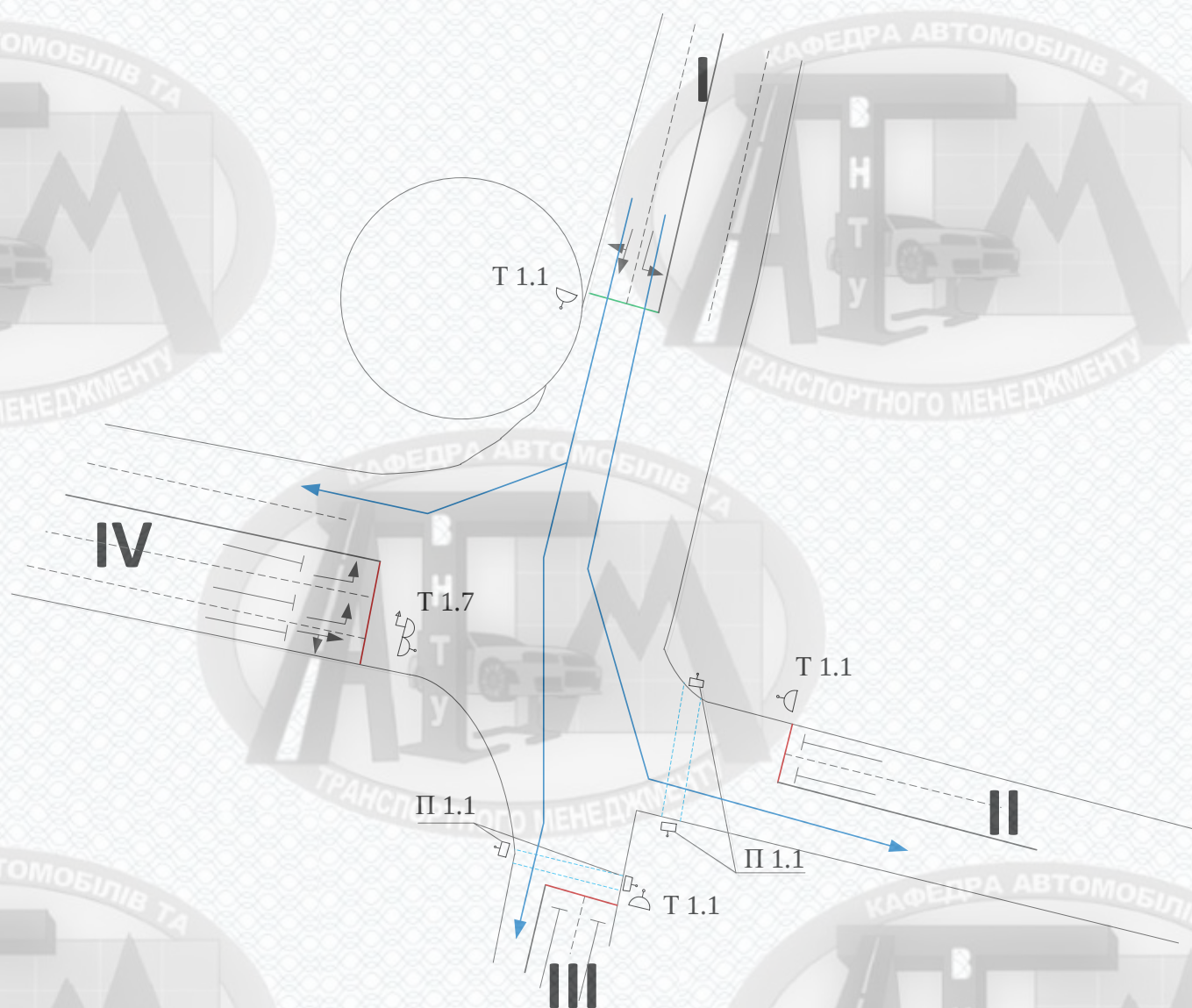


Рисунок 1.26 – Схема руху на перехресті у 4й фазі

Як видно з рисунку 1.26 під час дії 4 фази дозволено є рух, виключно, для потоку I в усіх можливих напрямках протягом 23с. При цьому згідно з дорожньою

розміткою та дорожніми знаками 5.18 рух за маршрутом I-II дозволений виключно з лівої смуги, в той же час рух за маршрутами I-III та I-IV лише з правої.

Аналізуючи вище наведене можна зробити висновок, що саме перманентна циклограма світлофорного регулювання на даному перетині, що не враховує наявність, відсутність чи щільність як транспортних так і пішохідних потоків, є однією з причин виникнення заторів на перехресті. Окрім того фази 3 та 4 є не оптимізованими і випускають можливість одночасного руху за маршрутами IV-III та II-I, відповідно, без створення конфліктних потоків.

1.4 Дослідження транспортних потоків на дорожньому перетині

Залежно від мети дослідження, можуть бути використані різні методи визначення характеристик дорожнього руху: документальні, натурні, методи моделювання [5]. Методи моделювання, в свою чергу, засновані на використанні математичних і нематематичних (фізичних, аналогових) моделей зміни параметрів транспортних потоків. Наприклад, основне рівняння транспортного потоку – математична модель, яка описує взаємозв'язок між інтенсивністю, швидкістю та щільністю потоку. У порівнянні з методами натурних обстежень, методи моделювання мають більш низьку точність. Але при цьому, вони прості в застосуванні, не потребують залучення великої кількості обліковців. Крім того методи моделювання застосовні для проєктованих об'єктів [6].

Так як поставленою задачею у даній магістерській роботі є не лише вдосконалення ВДМ на площі Героїв Майдану, а й моделювання запропонованої моделі ОДР програмними засобами PTV Vissim – доцільно буде використати моделювання поточної ОДР на перехресті для отримання частини показників транспортних потоків саме з моделі.

Для характеристики транспортних потоків використовують такі основні показники: інтенсивність транспортного потоку; щільність транспортного потоку; швидкість руху транспортного потоку; склад транспортного потоку; затримки руху транспортного потоку.

Як ефективний критерій при зіставленні різних методів і режимів регулювання руху транспорту на ділянках ВДМ використовують величину затримки транспорту. У фізичному аспекті затримка визначається як різниця між часом руху ділянкою ВДМ коли на транспортний засіб діють управляючі впливи системи регулювання дорожнього руху, та часом руху, коли управляючі впливи не діють. Час руху транспортного засобу ділянкою ВДМ складається з часу уповільнення, очікування в черзі та часу розгону. Найвагоміший внесок в значення величини затримки вносить час очікування в черзі [7].

Для даного перехрестя є характерним утворення заторів при наближенні до світлофорів та при виїзді, а отже ставлячи перед собою задачу модифікації конфігурації дорожньої розв'язки та її організації дорожнього руху з метою, не лише зменшення кількості конфліктних потоків і підвищення безпеки дорожнього руху на відрізку вулично-дорожньої мережі (ВДМ) міста, що розглядається, а й покращення при цьому показників транспортних потоків – виділимо наступні, додаткові, показники як ті що будуть використовуватися для порівняння наявної ВДМ з запропонованою:

- Інтенсивність транспортних потоків
- Час затримки ТЗ;
- Середня кількість зупинок;
- Час простою;
- Середня довжина затору;
- Час у заторі.

Склад та інтенсивність транспортних потоків планується отримати методом натурних досліджень, усі інші показники - за допомогою програмного застосунку PTV Vissim при імітаційному моделюванні перехрестя з поточною ОДР у наступних розділах.

Для аналізу дорожнього трафіку необхідно мати доступ до конкретних статистичних даних. Ці дані повинні відображати різноманіття транспортних потоків, їх кількісний склад, інтенсивність руху, а також затримки і їх напрямки. Це лише частина факторів, що впливають на ефективність організації дорожнього руху.

Найбільш дієвим способом збору таких даних є проведення натурних досліджень методом безпосередніх спостережень.

Для мінімізації похибки при визначенні параметрів транспортного потоку на перехресті, у зв'язку з розмірами перехрестя, його конфігурацією та великою інтенсивністю транспортного потоку, було виконано відео фіксацію дорожнього руху на перехресті у ранкові години пік та подальший аналіз запису для визначення показників.

Зведемо в табличному вигляді результати спостережень стосовно кількісних показників транспортного потоку на перехресті за напрямками руху (табл. 1.2).

Для наочності покажемо результати натурних досліджень у вигляді діаграми.

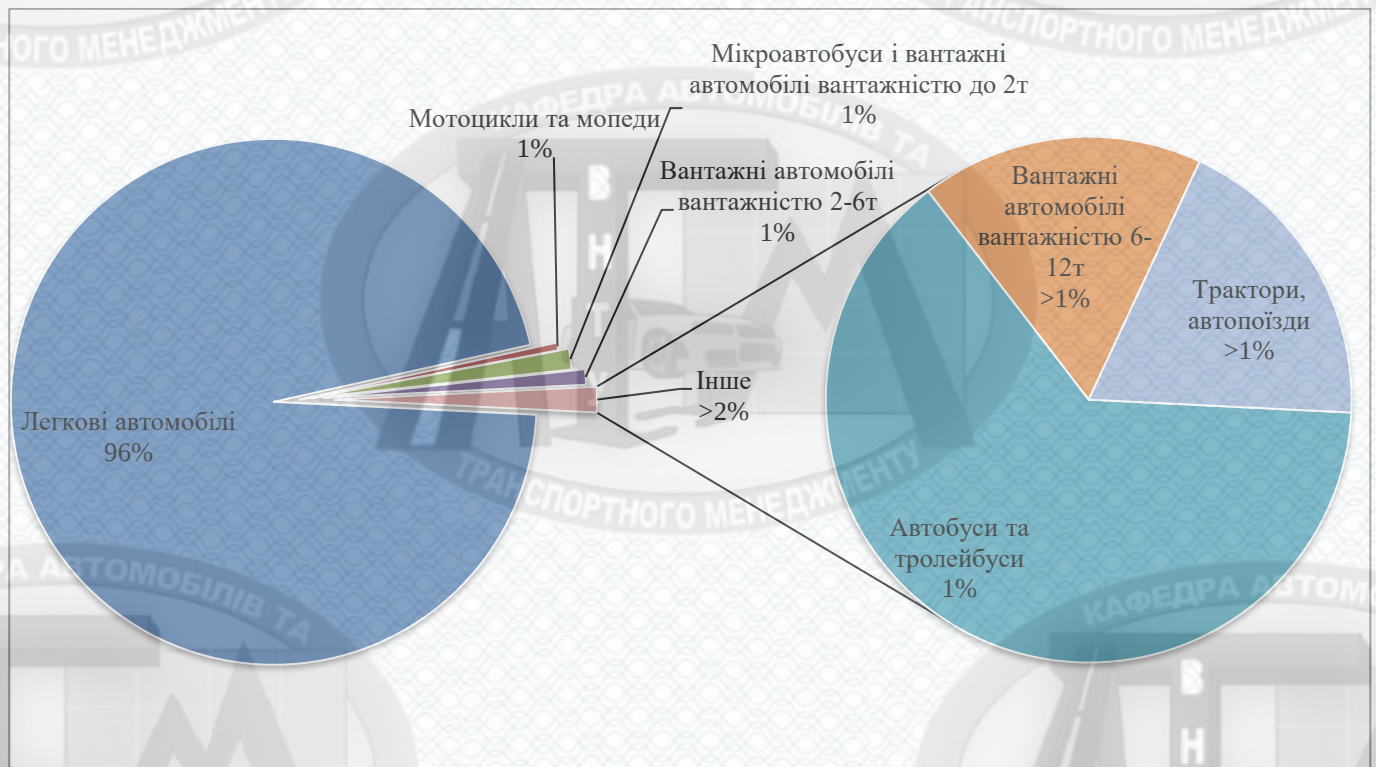


Рисунок 1.27 – Діаграма складу транспортного потоку, що рухається через площу Героїв Майдану

Як випливає з аналізу діаграми складу транспортного потоку, що рухається через досліджуване перехрестя, (рисунок 1.27) та таблиці 1.2 абсолютна більшість ТЗ, що рухаються через перехрестя це легкові автомобілі (96%). Це, частково, зумовлено обмеженням руху різних видів транспорту в центрі міста та наявною

Таблиця 1.2 – Карта обліку інтенсивності руху транспортного потоку

Вид транспортних засобів	Напрямок руху																		Всього у фізичних од./год	Всього у приведених од./год
	I-II	I-III	I-IV	I-V	II-I	II-IV	II-V	III-I	III-IV	III-V	IV-I	IV-II	IV-III	IV-V	V-I	V-II	V-III	V-IV		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Легкові автомобілі, $K_n = 1,0$	177	257	964	54	76	377	32	366	57	48	794	453	19	36	173	151	61	129	4224	4224
Мотоцикли та мопеди, $K_n = 0,5$	1	2	2	0	1	2	0	3	0	1	3	1	0	1	0	1	2	1	21	10,5
Мікроавтобуси і вантажні автомобілі вантажністю до 2т, $K_n = 1,5$	1	11	7	6	2	3	0	4	1	2	7	2	3	1	3	0	3	0	56	84

Продовження таблиці 1.2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Вантажні автомобілі вантажністю 2-6т, $K_n = 2,0$	1	2	10	2	1	2	0	1	0	0	12	4	0	2	2	0	1	2	42	84
Автобуси та тролейбуси, $K_n = 3,0$	0	18	1	0	0	0	0	17	2	1	2	0	2	0	0	0	1	0	44	132
Вантажні автомобілі вантажністю 6-12т, $K_n = 3,5$	0	1	4	1	0	0	0	1	0	0	4	0	0	0	1	0	0	0	12	42
Трактори, автопоїзди, $K_n = 4,0$	0	1	0	5	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	1	0	0	0	13	52
Всього у фізичних од./год	180	292	988	68	80	384	32	392	60	52	828	460	24	40	180	152	68	132	4412	-
Всього у приведених од./год	181	340	1012,5	90,5	81,5	386,5	32	430	64,5	54,5	874	464,5	29,5	42	189	151,5	71,5	133,5	-	4629

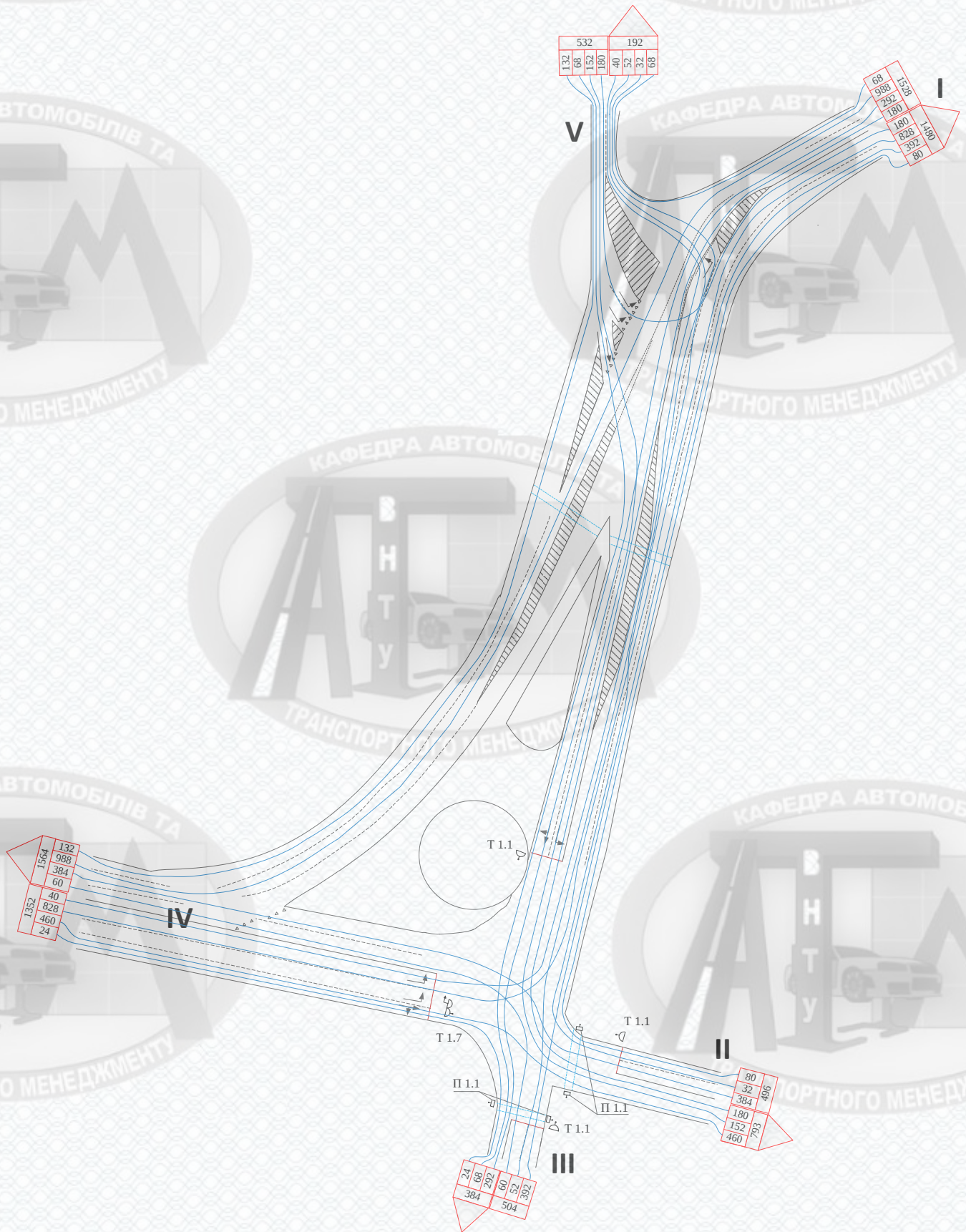


Рисунок 1.28 – Картограма транспортного потоку та досліджуваному перехресті

конфігурацією маршрутів міського пасажирського транспорту [4]. Наступною найбільшою групою варто виділити громадський транспорт, що представлений таких видах транспортних засобів як «Автобуси та тролейбуси» та, частково, «Мікроавтобуси і вантажні автомобілі вантажністю до 2т», оскільки велика частка пасажиропотоку через перехрестя, що розглядається, здійснюється, саме, за допомогою маршрутного таксі (мікроавтобуси).

На рисунку 1.28 наведено картограму транспортного потоку використовуючи значення транспортних потоків у фізичних одиницях (од./год). Виходячи з аналізу картограми транспортного потоку можна зробити висновок, що більше половини усіх транспортних засобів, що рухаються через перехрестя, рухаються з або у напрямках I та IV. Причому сумарний взаємний обмін складає 1816 од./год, що складає 41,16% від загальної інтенсивності транспортного потоку на перехресті. А отже можна зробити висновок, що напрям головної дороги на перехресті відповідає необхідності транспортного потоку та повинен бути збережений під час роботи над реорганізацією ОДР на перехресті.

Отримані значення будуть використані для подальшого аналізу та імітаційного моделювання засобами програмного забезпечення PTV Vissim.

1.5 Актуальність вдосконалення регулювання дорожнього руху на площі Героїв Майдану міста Вінниця

Нерегульована частина перехрестя на площі Героїв Майдану (перетин вулиць Театральна, В'ячеслава Чорновола та Івана Богуна) за своїм типом є нерегульованим перехрестям з позначенням пріоритету, де пріоритет надано перетину вулиць Театральної та Чорновола, а вулиця Івана Богуна є другорядною. Така конфігурація перехрестя у поєднанні з великою кількістю смуг руху по всім вулицям, що є прилеглими, утворює значну кількість конфліктних потоків. Наведемо схематичне зображення конфліктних потоків на нерегульованій частині перехрестя (рисунок 1.29).

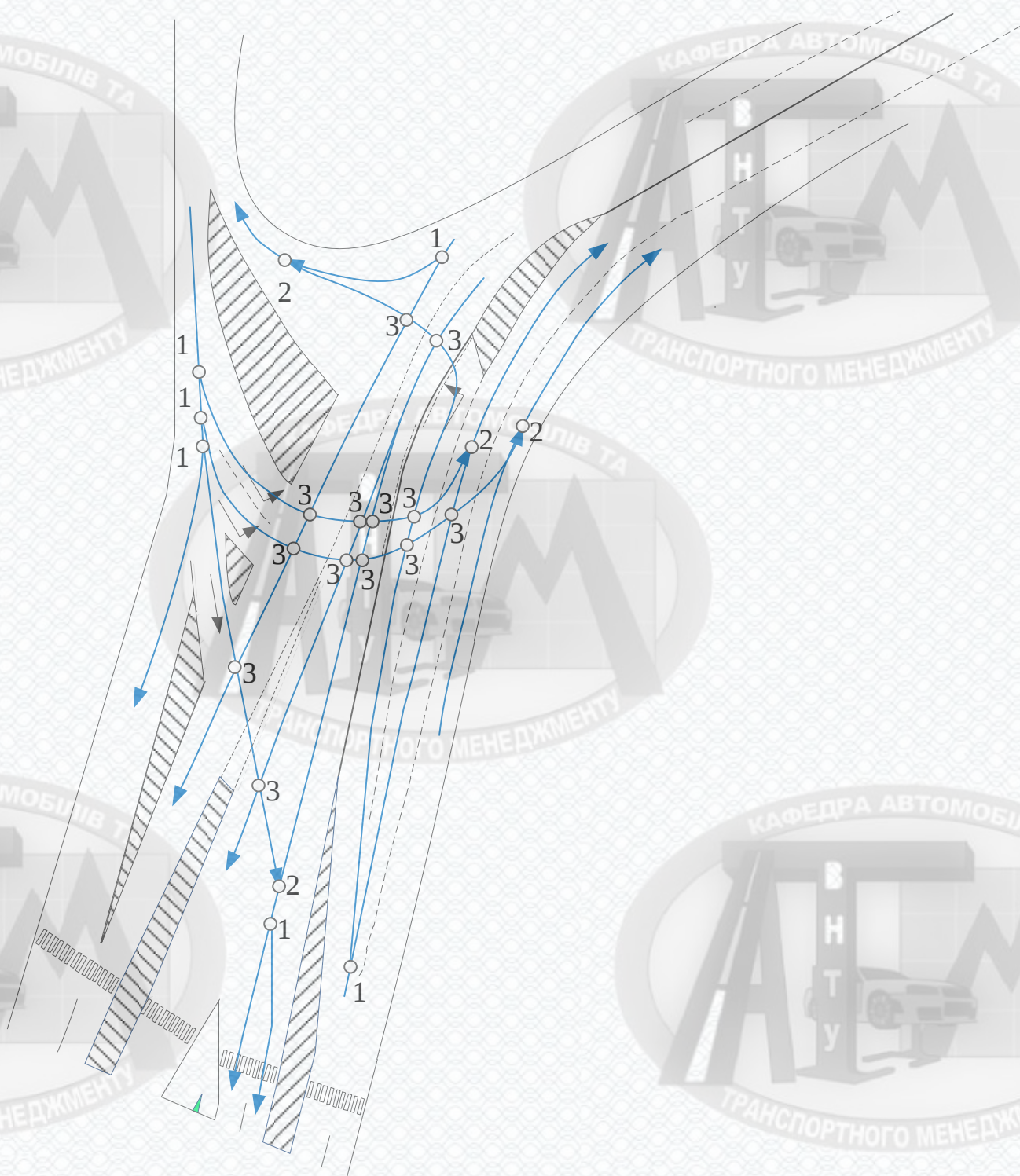


Рисунок 1.29 – Схематичне зображення конфліктних потоків та конфліктних точок відхилення (1), злиття (2) та перетину (3) на перехресті вулиць Театральна, Івана Богуна та Чорновола у м. Вінниця

На схематичному зображенні можна чітко виділити 4 конфлікти злиття, 6 конфліктів відхилення та 13 конфліктів перетинання. Дорожня безпека в цій частині

ще більше погіршується наявністю нерегульованого пішохідного переходу, що хоч і обладнаний островцями безпеки але перетинає при переході 7 смуг руху. Для порівняльної оцінки складності і потенційної небезпеки перетинань застосовують показник складності, який визначається за формулою:

$$m = n_{\text{в}} + 3n_{\text{з}} + 5n_{\text{пр}}, \quad (1.1)$$

де $n_{\text{в}}$ – кількість конфліктних точок відхилення;

$n_{\text{з}}$ – кількість конфліктних точок злиття;

$n_{\text{пр}}$ – кількість конфліктних точок перетинання [5].

Згідно формули (1.1) отримаємо наступну складність нерегульованої частини перехрестя:

$$m_1 = 6 + 3 \cdot 4 + 5 \cdot 13 = 83,$$

що дає нам підстави класифікувати цей дорожній вузол як складний.

Скориставшись загальною схемою транспортних потоків на перехресті (рисунок 1.11) розрахуємо складність інших частин та перехрестя в цілому. Для нерегульованого перетину вулиць Театральної та Магістратської у південно-західній частині перехрестя спостерігається 1 конфлікт перетинання і 2 конфлікти злиття, а отже складність цієї ділянки ВДМ буде наступною:

$$m_2 = 3 \cdot 2 + 5 \cdot 1 = 11.$$

Світлофорно-регульована частина перехрестя за конфігурацією є хрестоподібним (чотирьохстороннім) перехрестям з 15тю смугами руху та 2ма забороненими напрямками руху. Світлофорне регулювання виконане таким чином щоб мінімізувати конфлікти і, як наслідок, на перетині спостерігається лише 5 конфліктів відхилення. А отже складність перетину при робочому світлофорному регулюванні рівна:

$$m_{зсв} = 5.$$

Однак, з активізацією атак на енергетичні об'єкти України все частіше складаються несприятливі умови з енергопостачанням та все більше часу світлофорне регулювання на даному перетині не працює. В такому випадку його необхідно розглядати як нерегульоване перехрестя з позначенням пріоритету. А отже і складність зростає. При такій конфігурації на перетині можна виділити 6 конфлікти злиття, 4 конфліктів відхилення та 25 конфліктів перетинання. Загальна складність даного перетину при нерегульованій конфігурації складає:

$$m_{зпр} = 4 + 3 \cdot 6 + 5 \cdot 25 = 147,$$

що само по собі дає можливість характеризувати цей перетин як складний. Сумарна складність усього перехрестя на площі Героїв Майдану становитиме:

$$m = m_1 + m_2 + m_3 = 83 + 11 + 147 = 241,$$

що, вже, характеризує перехрестя як дуже складне. Висока складність перехрестя, висока аварійність на перехресті, включаючи підвищену небезпеку для пішоходів (що було розглянуто у розділі 1.2), важливість дорожнього вузла як інфраструктурного об'єкта міста з великою кількістю маршрутів громадського транспорту, величиною інтенсивності транспортного потоку, пролягання автошляху міжнародного значення – все це вказує на необхідність та актуальність задачі подальшого аналізу та реорганізації дорожнього руху на площі Героїв Майдану у місті Вінниця.

1.6 Висновки до розділу 1 і постановка задач дослідження

У даному розділі магістерської кваліфікаційної роботи було виконано аналіз існуючого стану організації дорожнього руху на перехресті на площі Героїв

Майдану у м. Вінниця. Було проаналізовано інтенсивність та склад транспортного потоку. Визначено конфліктні точки та розраховано складність перехрестя. Проведено аналіз аварійної ситуації в межах перехрестя та причин їх виникнення. Проведено дослідження та аналіз режимів роботи світлофорної сигналізації на досліджуваному перехресті, аналіз пофазного роз'їзду транспортних потоків та визначено недоліки існуючої системи організації дорожнього руху на перехресті.

Серед основних недоліків можна виділити наступні:

- висока складність і рівень потенційної небезпеки транспортного вузла в нерегульованій частині перехрестя;
- висока інтенсивність транспортних потоків, що в сукупності з великою кількістю вхідних потоків, смуг руху та світлофорним регулюваннями призводить до накопичення і утворення заторів у години пік;
- високий рівень небезпеки для пішоходів при перетині нерегульованого пішохідного переходу з великою кількістю смуг руху, особливу у темну пору та дощову погоду;
- систематичні порушення правил дорожнього руху пов'язані з надмірно високим часом очікування дозволеного (згідно ПДР) права на проїзд.

Виходячи з наведеного, у якості задач для подальшої роботи будемо вважати:

- навести наукові підходи до вдосконалення ОДР та розведення транспортних потоків на перехрестях;
- побудувати імітаційну модель поточного стану ОДР на перехресті;
- розробити та запропонувати удосконалену схему ОДР та побудувати її імітаційну модель;
- розрахувати бюджет встановлення нових технічних засобів організації дорожнього руху та будівельних робіт необхідних для реорганізації ОДР на перехресті;
- розрахувати економічну ефективність вдосконаленої схеми ОДР;

2 НАУКОВІ ПІДХОДИ ДО ВДОСКОНАЛЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ДОРОЖНЬОГО РУХУ

2.1 Основні методичні напрямки організації дорожнього руху та розведення транспортних потоків

Наукові дослідження та практична інженерна діяльність у сфері організації руху дозволили розробити різні методи в організації руху, які мають тісний взаємозв'язок і навіть взаємопроникнення. Можна умовно виділити сім найбільш значущих методичних напрямків і по кожному з них навести типові способи реалізації (рисунок 2.1) [5].

Розподіл руху в просторі та часі виконують одну загальну задачу різними шляхами – це скорочення числа конфліктних точок на перетинах транспортних потоків і зниження рівня завантаження доріг. Розділити рух у просторі можна шляхом каналізування на перегонах доріг і в зоні перехресть. Що є розповсюдженим методом з мінімальними витратами на реалізацію. Протилежністю цього способу є розв'язка руху в різних рівнях, оскільки це потребує вагомих капіталовкладень. Питання про її необхідність розглядається на стадіях містобудівного проектування. Для поділу потоків у просторі застосовують однобічний рух, що не завжди можливо через відсутність вулиць, які б відповідали умовам організації схем однобічного руху, або через великі перепробіги. До першого методу відносяться також влаштування обхідних шляхів транспортного руху та маршрутизація автомобільних перевезень. Недоліком даного методу є те, що при його застосуванні не зникають усі можливі конфліктні точки транспортних потоків.

Другий напрямок охоплює способи, що забезпечують, в основному, за допомогою правил та засобів регулювання дорожнього руху поділ транспортних і пішохідних потоків у часі. Завдяки цьому мінімізується конфліктність при проїзді перехресть, залізничних переїздів, вузьких місць на дорогах. Недоліком методу є те, що тут не враховується склад транспортного потоку та швидкісний режим руху.

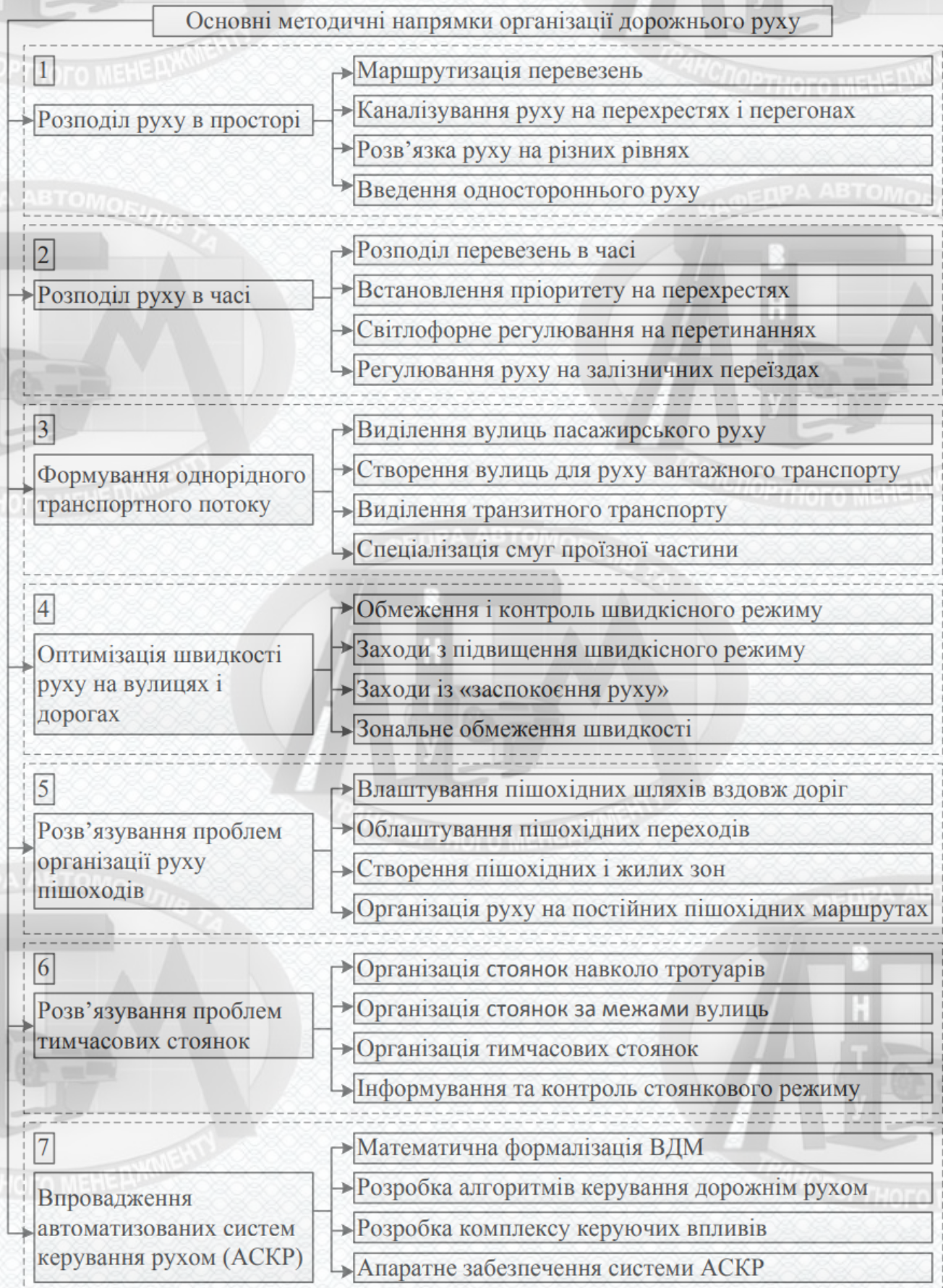


Рисунок 2.1 – Напрямки організації дорожнього руху та їх реалізація

Формування однорідного транспортного потоку сприяє вирівнюванню швидкості руху, підвищенню швидкісної здатності магістралей, а також ліквідує «внутрішні» конфлікти в потоці. Типові способи його реалізації: влаштування смуг пріоритетного руху маршрутного пасажирського транспорту, виділення вулиць вантажного руху, спеціалізація смуг на проїзній частині дороги. Недоліком методу є неможливість скорочення кількості та ступеня небезпеки конфліктних точок, керування швидкісними та стоянковими режимами. Також не беруться до уваги особливості пішохідного руху. Оптимізацію швидкісного режиму проводять для підвищення безпеки руху і пропускної здатності ВДМ шляхом зниження чи підвищення швидкісного режиму. Методом користуються, виходячи з визначених дорожніх умов і специфіки розв'язуваної задачі.

Оптимізація стоянкового режиму реалізується шляхом організації придорожніх та позавуличних стоянок, розвитку системи інформування про стоянки. Завдяки цьому методу можна збільшити пропускну здатність доріг і запобігти заторам, що виникають у наслідок поганої інформованості водіїв про місця паркування автомобілів.

Забезпечення зручності і безпеки пішохідного руху особливо актуальне при його високій інтенсивності. Правильно застосовуючи способи реалізації методу, можна домогтися підвищення безпеки пішоходів, при русі їх через проїзну частину.

Основною метою впровадження автоматизованих систем керування рухом (АСКР) є підвищення ефективності функціонування вуличнодорожньої мережі міста. Досягнення цієї мети потребує вирішення цілого комплексу технологічних, технічних та організаційних задач, пов'язаних з проектуванням, будівництвом та організацією експлуатації АСК [5].

Серед наведених напрямків ОДР, одним із перших, для випадку реорганізації існуючої системи варто виділити каналізування дорожнього руху. У якості методів каналізування дорожнього руху можна виділити наступні [49]:

1. Поділ транспортних потоків, тобто поділ дороги на різні лінії руху для різних видів транспорту або напрямків руху;

2. Світлофорне регулювання - встановлення світлофорів з пофазних регулюванням та розділенням напрямків руху;

3. Використання дорожніх знаків для регулювання дозволених напрямків руху, обмеження швидкості та пріоритетів. А також нанесення дорожньої розмітки з аналогічною метою;

4. Планування та будівництво дорожньої інфраструктури задля забезпечення плавності руху, що може включати круговий рух, дорожні роз'їзди, різнорівневі перетинання та інші елементи;

5. Управління тимчасовими обмеженнями, тобто тимчасові заходи, такі як запровадження тимчасових обмежень на рух у певних районах або у певний час доби, щоб нівелювати проблеми викликані підвищеним трафіком;

6. Використання інтелектуальних систем АСУДР для оптимізації транспортного потоку. Наприклад, системи "розумних" світлофорів та системи адаптивного керування трафіком.

Згідно з дослідженнями впровадження каналізованого руху на міських ВДМ показує середню ефективність у розмірі 30%, а також показують зменшення середньої довжини заторів при аналогічних значеннях інтенсивності руху (рисунк 2.2) [50].

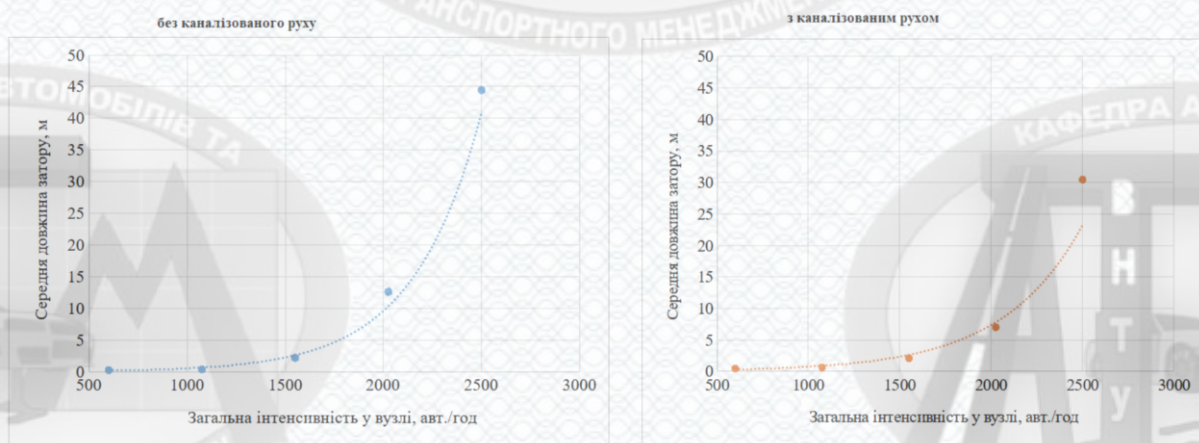


Рисунок 2.2 – Залежність середньої довжини затору при різних схемах ОДР

Другою великою групою вартою уваги є використання технологічних можливостей АСУДР для динамічного регулювання транспортними потоками в

межах існуючої ОДР на ВДМ міст. І мова йде не лише про підвищення ефективності АСУДР за допомогою імплементації методів адаптивного управління фазами світлофорного регулювання з метою оптимізації дорожнього руху, що, згідно з дослідженнями дає суттєві результати (рисунок 2.3) [32], але й про впровадження

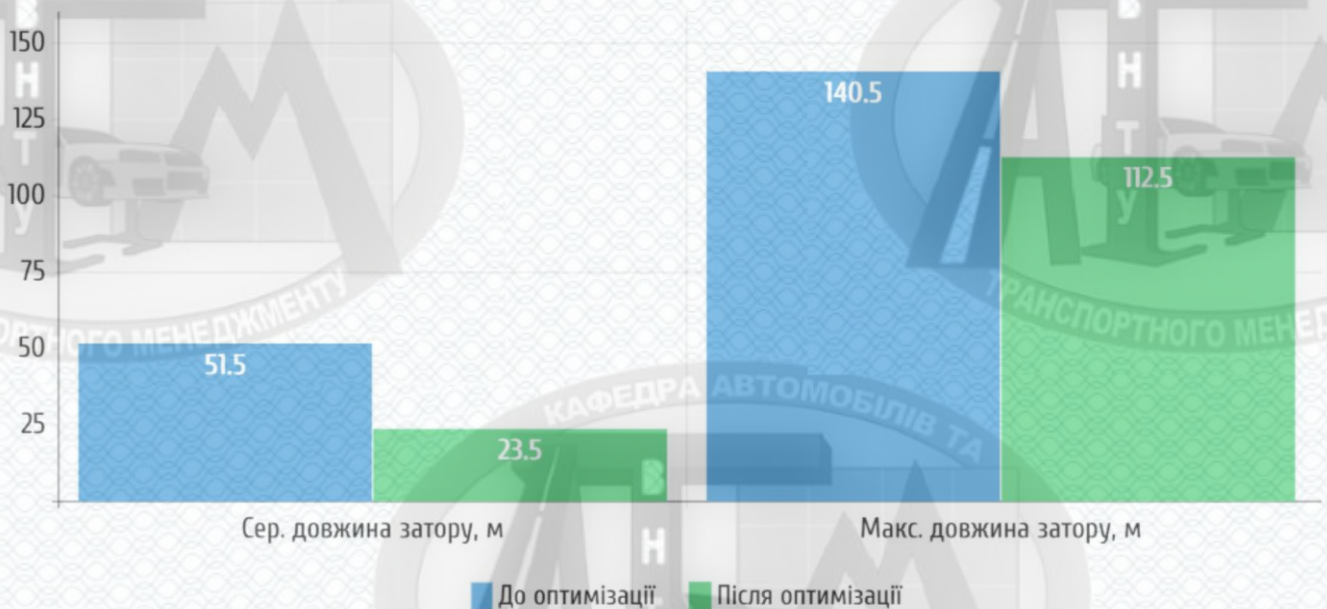


Рисунок 2.3 – Вплив оптимізації фаз світлофорного регулювання на параметри заторів під час експерименту [32]

інтелектуальних систем регулювання руху на перехрестях, які використовують нейронні мережі [51].

2.2 Визначення параметрів організації дорожнього руху на перехрестях

Планування та рішення транспортних вузлів залежать від класу магістралей, що їх утворюють та їх транспортного завантаження. Для визначення найбільш раціонального способу організації дорожнього руху необхідний розрахунок пропускної здатності та рівнів завантаження при існуючій інтенсивності транспортних потоків. В основу розрахунку пропускної здатності нерегульованих і

саморегульованих вузлів покладена теорія руху транспортних потоків, що визначає закономірності розподілу інтервалів між автомобілями в транспортному потоці.

Пропускна здатність регульованих вузлів визначається пропускну здатністю магістралі в перетині стоп-лінії, а також визначається пропускну здатністю однієї смуги, кількістю смуг руху, організацією руху на вузлі і режимом регулювання [52].

Загальне число всіх автомобілів другорядного напрямку, що пройшли за час інтервалів $\Delta t_{\text{дл}} > \Delta t_{\text{дп}}$ (таблиця 2.1), дасть пропускну здатність перетину при заданій інтенсивності головного напрямку.

Таблиця 2.1 – Величина граничного інтервалу

Швидкість руху в зоні перетинання, км/год.	Довжина лінії злиття, м.		
	35	55	130-185
	Інтервали $\Delta t_{\text{дп}}$, с		
20	9	8,4	7,8
30	7	5,8	4
40	7	4	3,5
50	9	6,4	4,5
60	12	9	6,8
70	-	12	9,2

Знаючи функцію розподілу інтервалів в основному потоці, можна визначити кількість інтервалів різної тривалості ($\Delta t_{\text{дл}}$) для пропуску i -ї кількості автомобілів i , отже, пропускну здатність другорядного напрямку за формулою [52]:

$$P_{\text{др}} = N \cdot e^{-m\Delta t_{\text{дп}}} / (1 - e^{-m\delta t}), \quad (2.1)$$

де $P_{\text{др}}$ – максимальна пропускна здатність однієї смуги руху другорядного напрямку;

N – інтенсивність руху автомобілів по головній вулиці в двох напрямках;

e – основа натурального логарифма;

m – математичне очікування числа автомобілів в даному напрямку за одиницю часу (у секунду), визначається за формулою (2.2);

δt – інтервали між автомобілями, що входять в перетин з другорядної вулиці.

$$m = N/3600. \quad (2.2)$$

Згідно з [52] δt змінюється в межах від 4,2 до 2,2 с. При збільшенні кількості легкових автомобілів δt зменшується (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Інтервали між автомобілями другорядного напрямку

Склад потоків, що перетинаються	Довжина лінії злиття, м.		
	30-40	50-75	Більше 150
	Інтервали δt , с		
100% вантажних	4,2	3,8	3,6
10% легкових	4,1	3,7	3,5
25% легкових	3,95	3,55	3,3
50% легкових	3,7	3,3	2,9
75% легкових	3,4	3,1	2,6
100% легкових	3,1	2,8	2,2

Однак наведена методологія враховує лише один фактор імпедансу при розрахунках, а саме транспортний потік другорядного напрямку. Національна Академія Наук Сполучених Штатів Америки за підтримки Національної Інженерної Академії розробила та імплементувала в методології розрахунків Адміністрації Федеральних Автомобільних доріг методи розрахунку пропускної здатності перехрестя з урахуванням імпедансу (формула 2.3) [53]:

$$C = C_p \cdot F, \quad (2.3)$$

де F - коефіцієнт коригування пропускної здатності, який враховує фактори імпедансу (приклад розрахунків наведено у таблиці 2.3);

C_p – потенційна пропускна здатність перехрестя, визначається за формулою (2.4).

Таблиця 2.3 – Приклади коригуючих коефіцієнтів для пропускної здатності перехрестя [53]

Назва	Формула	Примітка
Коефіцієнт ширини смуги	$f_w = 1 + \frac{(W - 3.6)}{9}$	W — ширина смуги (м). $W \geq 2.4$ м.
Коефіцієнт вантажних транспортних засобів	$f_{HV} = \frac{100}{100 + \%HV(E_T - 1)}$	$\%HV$ — відсоток вантажних транспортних засобів у потоці. $E_T \geq 2.0$ (приведений коефіцієнт).
Коефіцієнт нахилу	$f_g = 1 - \frac{\%G}{200}$	$\%G$ — нахил дороги (%)
Коефіцієнт для паркування	$f_p = 1 - \frac{18 \cdot N_m}{3600 \cdot N}$	N_m — кількість маневрів паркування за годину. N — кількість смуг.
Коефіцієнт блокування автобусами	$f_{bb} = 1 - \frac{14.4 \cdot N_B}{3600 \cdot N}$	N_B — кількість автобусів, що зупиняються за годину.
Тип місцевості	- Центральна ділова зона (CBD): $f_a=0.900$; - Інші території: $f_a=1$.	
Коефіцієнт використання смуги	$f_{LU} = \frac{v_g}{v_{g1} \cdot N}$	v_g — незмінена інтенсивність потоку для смуги авт./год). v_{g1} — незмінена інтенсивність потоку в найбільш завантаженій смузі.

$$C_p = \frac{3600}{t_c + t_f}, \quad (2.4)$$

де t_c — критичний час очікування та на перехресті, с (таблиця 2.4);

t_f — час затримки, с (таблиця 2.4).

Таблиця 2.4 – Основні показники критичного часу очікування та затримки на нерегульованому перехресті з позначеним пріоритетом [53]

Вид маневру	Час очікування, t_c , с.		Час затримки, t_f , с.
	Головна дорога з 2ма смугами	Головна дорога з 4ма смугами	
Лівий поворот з головної дороги	4,1	4,1	2,2
Правий поворот з головної дороги	6,2	6,9	3,3
Перетинання трафіку з другорядної дороги	6,5	6,5	4
Лівий поворот з другорядної дороги	7,1	7,5	3,5

Час затримки, з урахуванням трафіку вантажних автомобілів, розраховується для кожного другорядного маневру враховуючи процентне співвідношення вантажних автомобілів у потоці:

$$t_{f,x} = t_{f,base} + t_{f,HV} \cdot P_{HV}, \quad (2.5)$$

де $t_{f,x}$ — час затримки другорядного маневру x , с;

$t_{f,base}$ — базовий час затримки з таблиці 2.4, с;

$t_{f,HV}$ – додатковий коефіцієнт для вантажних автомобілей (0,9 для головної дороги з 2ма смугами та 1 для головної дороги з 4ма смугами);

P_{HV} – співвідношення вантажних автомобілів на другорядній дорозі.

Визначивши пропускну здатність смуги чи перехрестя в цілому наступним важливим кроком при плануванні реорганізації дорожнього руху буде розрахунок оптимальної кількості смуг при підході до перехрестя. Більшість методологій розрахунку засновані на розрахунку кількості смуг базуючись на пропускній здатності смуги руху, запланованої інтенсивності транспортного потоку та геометричних розмірах смуг і самого перехрестя. Серед відомих методологій виділимо метод запропонований, що включає у себе планування показника рівня обслуговування (LOS) (таблиця 2.5) [54].

Таблиця 2.5 – Показники рівнів обслуговування (LOS)

Рівень обслуговування (LOS)	Співвідношення v/c (обсяг/пропускна здатність)	Опис
A	0-0,6	Дуже високий рівень комфорту, практично відсутні затримки.
B	0,61-0,7	Мінімальні затримки, плавний рух без зупинок.
C	0,71-0,8	Прийнятний рівень затримок, час очікування починає зростати.
D	0,81-0,9	Потоки близькі до насичення, зростають затримки.
E	0,91-1	Максимальне використання пропускної здатності, довгі затримки.
F	>1	Рух перевантажений, затори, низька швидкість.

Метод заключається у підборі співвідношення v/c під запланований рівень LOS і відбувається методом перебору можливої кількості смуг руху в рамках геометричних розмірів запланованого перехрестя. Для цього формула пропускної здатності перехрестя (2.3) розширяється параметром кількості смуг відповідно:

$$C = S_f \cdot N \cdot F, \quad (2.6)$$

де N – кількість смуг руху;

S_f – базова пропускна здатність однієї смуги, авт./год.

Об'єм запланованого транспортного потоку v пропонується розраховувати за формулою:

$$v = P_{da} \cdot K \cdot D, \quad (2.7)$$

де P_{da} – запланована середньо-річна добова пропускна здатність, авт./день;

K – частка щоденного руху під час пікової години;

D – частка руху в піковому напрямку.

Також при плануванні рівня обслуговування нерідко звертають увагу на планування швидкісного режиму, оскільки у транспортному інжинірингу середня швидкість S тісно пов'язана з рівнем обслуговування [54]:

$$LOS = f(S, v/c). \quad (2.8)$$

Але у цьому випадку це не стільки формульна залежність скільки вплив запланованого швидкісного режиму на вибір рівня LOS , що можна звести до наступного:

- $LOS A$: Швидкість близька до максимально дозваної.
- $LOS B$: Легка знижка швидкості через незначну взаємодію.

- *LOS C*: Швидкість починає знижуватись через щільність потоку.
- *LOS D*: Відчутна втрата швидкості через насичення руху.
- *LOS E*: Середня швидкість знижується майже до мінімально допустимої.
- *LOS F*: Швидкість значно нижча за допустиму через затори.

2.3 Висновки до розділу 2

Планування організації або удосконалення організації дорожнього руху на ВДМ є комплексною та трудомісною задачею, що включає в себе інженерні, економічні та, нерідко, соціальні розрахунки. Планування схеми дорожньої розв'язки починається з аналізу місця планування та обставин для вибору оптимального методичного напрямку організації дорожнього руху виходячи з поставленої задачі, наявних обмежень та ресурсів.

Наступним етапом є обчислення технічних параметрів системи ОДР, що як показано в даному розділі є складним процесом що включає у себе як велику кількість базових параметрів для розрахунку так і неймовірно велику варіативність коефіцієнтів, що можуть впливати на розрахунки, і обираються в залежності від наявних факторів імпедансу та заданих точності розрахунків.

Цей процес можна частково спростити автоматизувавши розрахунки за допомогою програмних продуктів імітаційного моделювання. В зв'язку з цим в подальших розділах магістерської кваліфікаційної роботи планується використовувати програмне середовище PTV Vissim для імітаційного моделювання та автоматизації розрахунків параметрів транспортних потоків та системи ОДР.

3 ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ДОРОЖНЬОГО РУХУ НА ПЛОЩІ ГЕРОЇВ МАЙДАНУ М. ВІННИЦЯ

3.1 Побудова імітаційної моделі існуючого стану організації дорожнього руху засобами PTV Vissim

Метою використання імітаційного моделювання в даному розділі магістерської кваліфікаційної роботи є, в першу чергу, автоматизація великої кількості розрахунків що стосується технічних параметрів та характеристик ВДМ за рахунок технічних можливостей програмного застосунку на основі реальних даних інтенсивностей та складу транспортних потоків. По-друге, для задачі порівняння декількох схем ОДР між собою для визначення найбільш перспективної, саме імітаційне моделювання дає можливість проведення аналізу в «лабораторних» умовах, тобто за відсутності сторонніх факторів, що можуть вносити похибки в дослідження при багаторазовому їх повторенні. Також програмний застосунок PTV Vissim дозволяє проводити імітації в прискореному режимі, що дозволить отримати велику кількість циклів імітацій з мінімальними затратами часу.

Виходячи з вище наведеного фіналізованою моделлю буде вважатися виконана цифрова модель перехрестя в її геометрично вірних розмірах з урахуванням перепаду висот, з реалізованими усіма наявними, у випадку існуючого стану, елементами ОДР, та налаштованими правилами пріоритету та роз'їзду на всіх можливих перетинах та конфліктних точках перехрестя. Модель має включати вірно налаштовані, згідно з натурними дослідженнями напрямки, інтенсивності та склад як транспортних так і пішохідних потоків, оскільки вони мають безпосередній вплив на дорожню обстановку і пропускну здатність ВДМ особливо на нерегульованих пішохідних переходах. При налаштуванні імітаційної моделі можливість налаштування відносного відсотка та типів порушень ПДР як водіями так і пішоходами буде знехтувана, оскільки це внесе значний відсоток невизначеності в результати імітаційного моделювання, що не відповідає поставленій задачі визначення найбільш ефективної моделі ОДР при порівнянні.

З метою отримання геометрично вірних параметрів перетину у якості фону було використано супутниковий знімок площі з програми GoogleEarth (рисунок 3.1) [8].



Рисунок 3.1 – Створена дорожня розмітка засобами програмного забезпечення PTV Vissim накладена на фонове зображення супутникового знімку перехрестя

З метою отримання максимально наближених до реальних результатів використамо отримані шляхом натурних досліджень інтенсивності (рисунок 3.2) та склад транспортних потоків (рисунок 3.3).

No	Name	Link	Volume(0-M...	VehComp(0-MAX)
1	chornovola	3: chornovola_out	1528,0	1: Chornovola
2	Magistratska	10: Mgistratska-out	1352,0	2: Magistratska
3	Magistratska-mist	8: Mgistratska-most-out	496,0	4: Magistratska-mist
4	Teatralna	5: Teatralna-out	504,0	5: Teatralna
5	Boguna	2: Boguna_in	532,0	3: Boguna

Рисунок 3.2 – Введені в цифрову модель ВДР інтенсивності транспортних потоків

Number: 10 No	Name	Number: 4 VehType	DesSpeedDistr	RelFlow
1	1 Chornovola	1 100: Car	50: 50 km/h	0,950
2	2 Magistratska	2 200: HGV	50: 50 km/h	0,034
3	3 Boguna	3 300: Bus	50: 50 km/h	0,013
4	4 Magistratska-mist	4 610: Bike Man	50: 50 km/h	0,003

Number: 10 No	Name	Number: 4 VehType	DesSpeedDistr	RelFlow
1	1 Chornovola	1 100: Car	50: 50 km/h	0,961
2	2 Magistratska	2 200: HGV	50: 50 km/h	0,030
3	3 Boguna	3 300: Bus	50: 50 km/h	0,006
4	4 Magistratska-mist	4 610: Bike Man	50: 50 km/h	0,003

Number: 10 No	Name	Number: 4 VehType	DesSpeedDistr	RelFlow
1	1 Chornovola	1 100: Car	50: 50 km/h	0,967
2	2 Magistratska	2 200: HGV	50: 50 km/h	0,023
3	3 Boguna	3 300: Bus	50: 50 km/h	0,002
4	4 Magistratska-mist	4 610: Bike Man	50: 50 km/h	0,008

Number: 10 No	Name	Number: 3 VehType	DesSpeedDistr	RelFlow
1	1 Chornovola	1 100: Car	50: 50 km/h	0,976
2	2 Magistratska	2 200: HGV	50: 50 km/h	0,016
3	3 Boguna	3 610: Bike Man	50: 50 km/h	0,008

Number: 10 No	Name	Number: 4 VehType	DesSpeedDistr	RelFlow
1	1 Chornovola	1 100: Car	50: 50 km/h	0,944
2	2 Magistratska	2 200: HGV	50: 50 km/h	0,014
3	3 Boguna	3 300: Bus	50: 50 km/h	0,035
4	4 Magistratska-mist	4 610: Bike Man	50: 50 km/h	0,007

Рисунок 3.3 – Введений в цифрову модель ВДР склад транспортних потоків

Окрім інтенсивності та складу відповідних потоків для коректної роботи моделі необхідно задати маршрути транспортних потоків з урахуванням можливих розгалужень та типів ТЗ. Так, до прикладу, по вулиці Магістратській у напрямку центрального мосту не пролягає жодного автобусного чи тролейбусного маршруту. Єдиний автобусний маршрут з мікрорайону «П'ятничани» слідує (у межах перехрестя) з вулиці Івана Богуна до вулиці Театральна і у зворотному напрямку відповідно. Тролейбуси що рухаються з вулиць В'ячеслава Чорновола та

Театральної у напрямку вулиці Магістратська прямують лише у тролейбусне депо і виїжджають з депо у зворотному напрямку відповідно. А отже процентне співвідношення останніх до тролейбусів що курсують між вулицями Театральною та Чорновола є малим. Наведемо список передбачених маршрутів слідування ТЗ на перехресті на рисунку 3.4.

Number: 26	No	Name	Link	Pos	AllVehTypes	VehClasses	RouteChoice...
1	1	Чорновола(Автоб.,Тролей.)	3: chornovola_out	29,444	☐	30	Static
2	3	Магістрацька	10: Mgistratska-out	11,208	☒		Static
3	4	Магістрацька(міст)	8: Mgistratska-most-out	12,329	☒		Static
4	6	Івана Богуна	2: Boguna_in	21,759	☒		Static
5	7	Чоновола	3: chornovola_out	43,997	☒	10,20,60	Static
6	8	Магістрацька(Автоб.,Тролей.)	10: Mgistratska-out	3,209	☐	30	Static
7	9	Театральна(Автоб.,Тролей.)	5: Teatralna-out	4,305	☐	30	Static
8	10	Театральна	5: Teatralna-out	7,793	☒		Static
9	11	Івана Богуна(Автоб.)	2: Boguna_in	14,454	☐	30	Static

Рисунок 3.4 – Статичні транспортні маршрути передбачені в моделі PTV Vissim

Під час аналізу даних отриманих натурним дослідженням було проаналізовано і пораховано не лише інтенсивність транспортного потоку за напрямками в цілому (табл. 1.2), але й абсолютні значення та процентні співвідношення інтенсивності транспортних потоків за типами ТЗ по маршрутам з урахуванням розгалужень. Отримані дані будуть використані для встановлення процентного співвідношення при налаштуванні рішень на маршрутах транспортних потоків у цифровій моделі ТМ (рисунки 3.5 – 3.12).

Number: 2	VehRoutDec	No	Na...	Formula	DestLink	DestPos	RelFlow(0-MAX)
1	1: Чорновола(Автоб.,Тролей.)	1			15: chornovola_out	144,170	0,050
2	1: Чорновола(Автоб.,Тролей.)	2			6: Teatralna-in	15,867	0,950

Рисунок 3.5 – Рішення статичного автобусно-тролейбусного маршруту з вулиці В'ячеслава Чорновола (І)

Number: 4	VehRoutDec	No	Na...	Formula	DestLink	DestPos	RelFlow(0-MAX)
1	7: Чоновола	1			1: Boguna_in	23,217	0,040
2	7: Чоновола	2			15: chornovola_out	134,819	0,650
3	7: Чоновола	3			6: Teatralna-in	16,916	0,190
4	7: Чоновола	4			7: Mgistratska-most-in	59,052	0,120

Рисунок 3.6 – Рішення статичного маршруту з вулиці В'ячеслава Чорновола (за виключенням автобусів та тролейбусів)

Number: 2	VehRoutDec	No	Na...	Formula	DestLink	DestPos	RelFlow(0-MAX)
1	8: Магістратська(Автоб.,Тролей.)	1			13: teatralna-mist-in	197,727	0,500
2	8: Магістратська(Автоб.,Тролей.)	2			6: Teatralna-in	9,868	0,500

Рисунок 3.7 – Рішення статичного автобусно-тролейбусного маршруту з вулиці Магістратська (IV)

Number: 4	VehRoutDec	No	Na...	Formula	DestLink	DestPos	RelFlow(0-MAX)
1	3: Магістратська	1			6: Teatralna-in	12,219	0,020
2	3: Магістратська	2			7: Mgistratska-most-in	65,417	0,340
3	3: Магістратська	3			13: teatralna-mist-in	200,950	0,610
4	3: Магістратська	4			1: Boguna_in	34,623	0,030

Рисунок 3.8 – Рішення статичного маршруту з вулиці Магістратська (за виключенням автобусів та тролейбусів)

Number: 3	VehRoutDec	No	Na...	Formula	DestLink	DestPos	RelFlow(0-MAX)
1	9: Театральна(Автоб.,Тролей.)	1			15: chornovola_out	136,069	0,050
2	9: Театральна(Автоб.,Тролей.)	2			13: teatralna-mist-in	204,414	0,900
3	9: Театральна(Автоб.,Тролей.)	3			1: Boguna_in	41,920	0,050

Рисунок 3.9 – Рішення статичного автобусно-тролейбусного маршруту з вулиці Театральна (III)

Number: 3	VehRoutDec	No	Na...	Formula	DestLink	DestPos	RelFlow(0-MAX)
1	10: Театральна	1			13: teatralna-mist-in	204,682	0,780
2	10: Театральна	2			15: chornovola_out	132,175	0,120
3	10: Театральна	4			1: Boguna_in	31,346	0,100

Рисунок 3.10 – Рішення статичного маршруту з вулиці Театральна (за виключенням автобусів та тролейбусів)

Number: 3	VehRoutDec	No	Na...	Formula	DestLink	DestPos	RelFlow(0-MAX)
1	4: Магістратська(міст)	1			1: Boguna_in	36,891	0,070
2	4: Магістратська(міст)	2			15: chornovola_out	138,481	0,770
3	4: Магістратська(міст)	3			13: teatralna-mist-in	202,890	0,160

Рисунок 3.11 – Рішення статичного маршруту з вулиці Магістратська (II)

Number: 5	VehRoutDec	No	Na...	Formula	DestLink	DestPos	RelFlow(0-MAX)
1	6: Івана Богуна	1			15: chornovola_out	122,902	0,240
2	6: Івана Богуна	2			6: Teatralna-in	11,055	0,130
3	6: Івана Богуна	3			10008: Boguna-Chor...	53,539	0,140
4	6: Івана Богуна	4			10007: Boguna-Cher...	49,181	0,200
5	6: Івана Богуна	5			7: Mgristratska-most-in	67,177	0,290

Рисунок 3.12 – Рішення статичного маршруту з вулиці Івана Богуна (за виключенням автобусів)

3.2 Калібрування імітаційної моделі

Введення наведених вище даних дозволить отримати транспортні потоки аналогічні за складом та інтенсивністю до фактичних. Але наявність цих даних та змодельованої дорожньої розмітки не достатньо для відкаліброваної і коректно працюючої моделі. Усі ТЗ в мережі налаштовані на рух зі швидкістю 50 км/год, програмне середовище PTV Vissim при імітації моделі по замовчуванню розраховує кути поворотів і наближення до світлофорних об'єктів для зменшення швидкості ТЗ в моделі. Однак для більш точної роботи моделі слід примусово зазначити зони гальмування та зменшення швидкісного режиму, що відповідають фактичним даним на перетині та отримані під час спостережень, для підвищення коректності роботи моделі (рисунок 3.13).

Особливість імітаційної моделі PTV Vissim полягає в тому що розрахунок положення ТЗ при імітації для дотримання розрахунково вірної безпечної дистанції між ними здійснюється лише при імітації руху ТЗ в межах одного маршруту. Якщо виникає перетин маршрутів слідування ТЗ при імітації, по замовчуванню, фізичні параметри автомобілів що слідують схрещуваними маршрутами, будуть ігноруватися [10]. Це призведе до, так званого, ефекту «прозорості» 3-ох вимірному об'єкту і при імітації транспортні засоби будуть проїжджати один скрізь одного, замість очікування і проїзду згідно правил пріоритету, що хибно завищить показники транспортних потоків цифрової моделі [11].

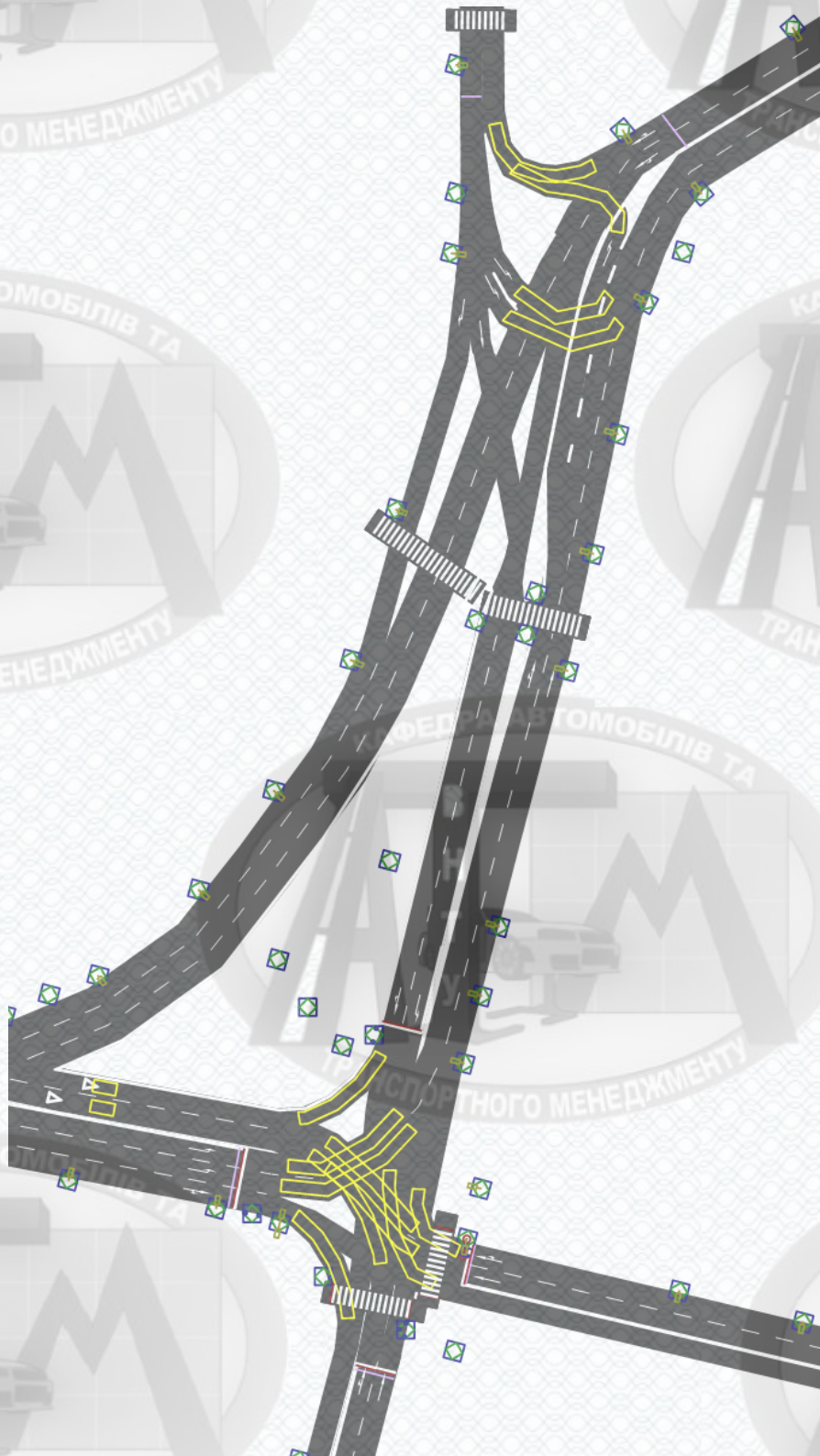


Рисунок 3.13 – Зони гальмування та зменшення швидкісного режиму

З метою уникнення подібних хибних даних необхідно скористатися двома доступними, у програмному середовищі PTV Vissim, інструментами, а саме налаштуванням конфліктних зон (рисунок 3.14) та правил пріоритету (рисунок 3.16).

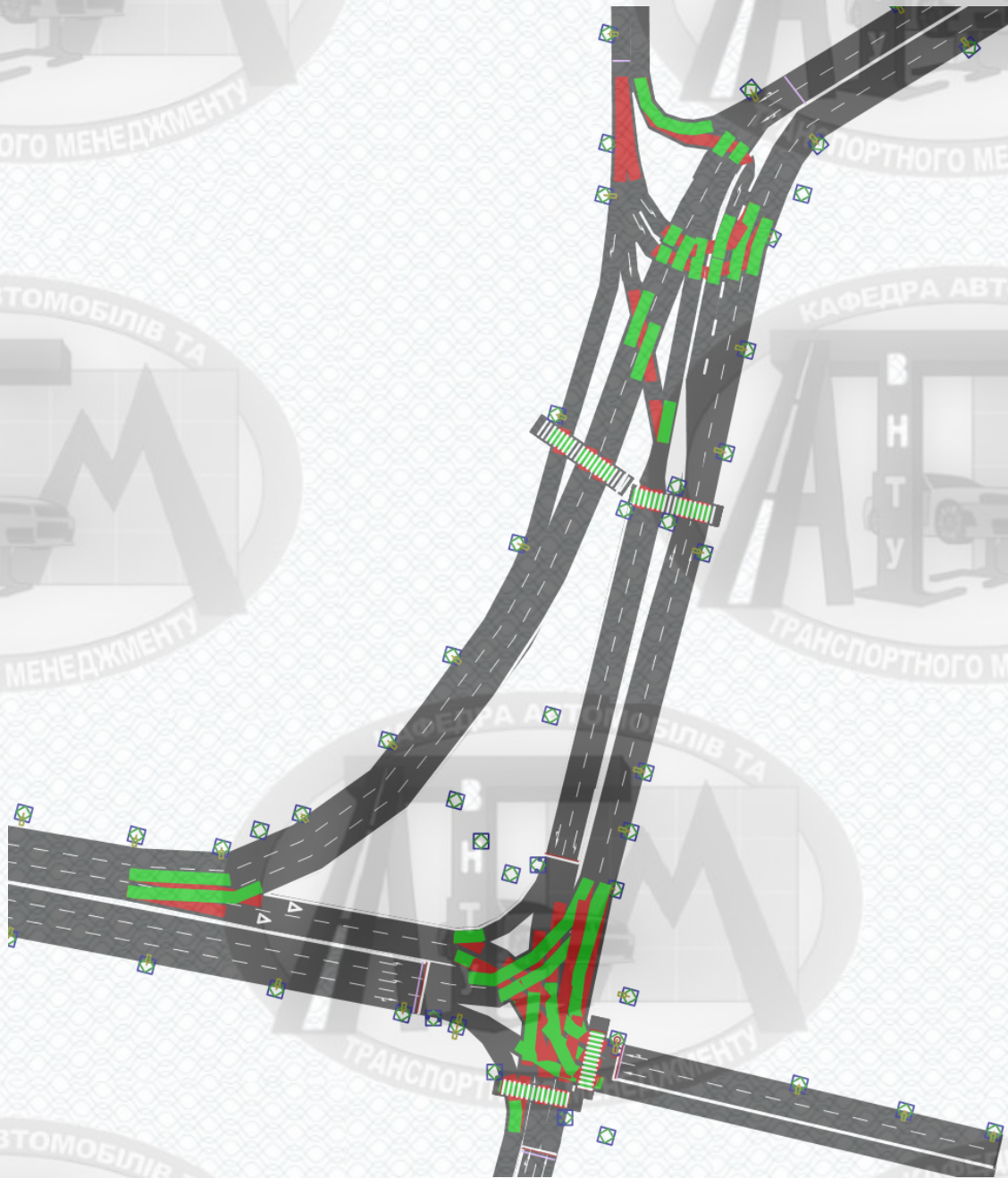


Рисунок 3.14 – Зображення конфліктних зон при моделюванні у програмному середовищі PTV Vissim

Налаштування конфліктних зон з вказаними правилами черговості проїзду є достатніми при моделюванні транспортної розв'язки з геометрично вірними формами або при малій кількості конфліктних потоків. У разі ускладнення геометричних форм смуг руху ТЗ та накладанні великої кількості конфліктних потоків, як у випадку з перетином вулиць Театральна, Івана Богуна та В'ячеслава Чорновола (рисунок 2.15), може виникнути ефект «прозорості» ТЗ [13].

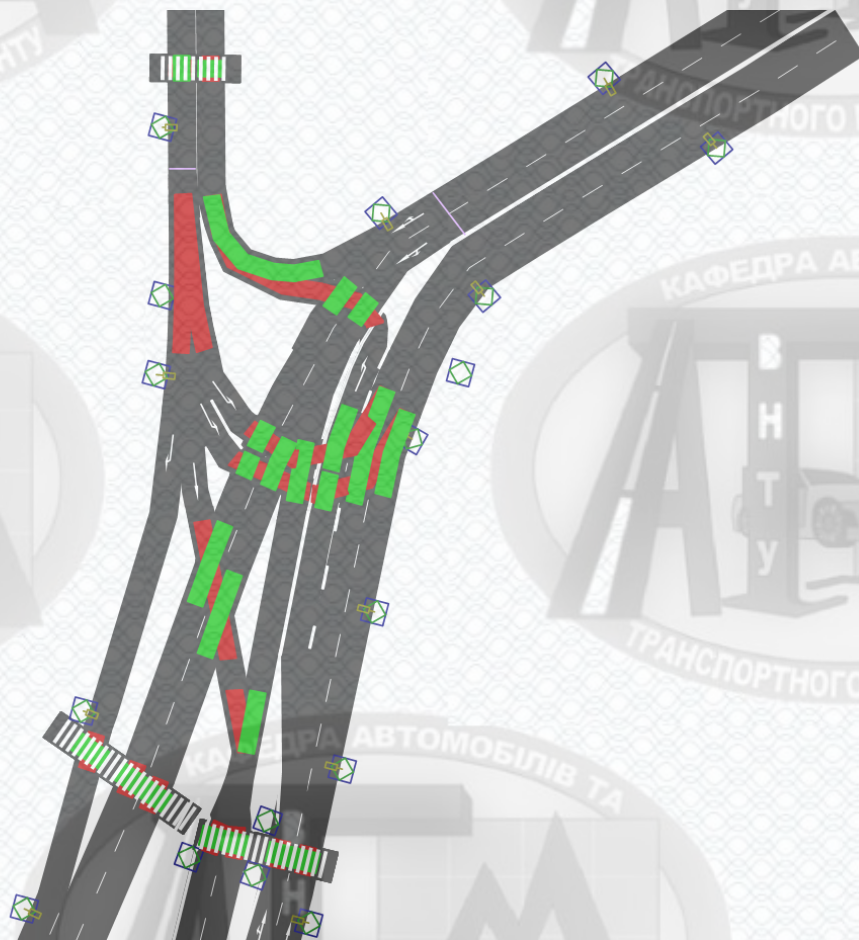


Рисунок 3.15 – Конфліктні зони на перетині вулиць Театральна, Івана Богуна та В'ячеслава Чорновола

У такому випадку для підвищення достовірності імітаційної моделі необхідно використовувати, додатково, на цих самих ділянках правила пріоритету. Для кожного окремо взятого перетину потоків необхідно створити правила пріоритету для транспортних засобів що наближаються до перетину з другорядної смуги руху.

3.3 Методологія розрахунку часу затримки для зони перетину

При роботі з інструментом «зони затримки» встановлення безпосередньо зони з визначенням головної та другорядної дороги є недостатнім, для вирішення проблеми функціональної точності, так як у цьому випадку спостерігається накладання моделей автомобілей які не встигли покинути зону перетину через свої габарити чи швидкість руху. У випадку з ТЗ які рухаються зі швидкостями ≥ 20

км/год рекомендується скористатися налаштуваннями «Minimum clearance», що дозволяє заборонити виїзд транспортному засобу з другорядної смуги на перетин [12]. Але цей метод не підходить у випадку коли ТЗ на головній дорозі рухається з більшою швидкістю, адже водії, що рухаються по другорядній не стануть зменшувати швидкість чи гальмувати до повної зупинки в очікуванні проїзду зони перетину першим авто. Замість цього водій автомобіля на другорядній смузі руху буде розраховувати, що перший автомобіль покине зону перетину за рахунок своєї швидкості до моменту підїзду, і лиш відрегулює швидкість свого ТЗ засновуючись на своєму досвіді та розумінні технічних характеристик автомобілів.

У цьому і полягає основна задача поточного етапу моделювання. А саме визначення необхідного значення для налаштування параметру «Minimum gap time». Якщо поставленою задачею є побудова спрощеної моделі ціль якої просто візуалізувати ОДР на дорожньому вузлі – то достатньо буде вирахувати час за який ТЗ проїде відстань рівну суммі ширині смуги перетину та довжині самого транспортного засобу (так як необхідно не лише перетнути смугу, але й повністю її покинути) при певній швидкості руху. Отже, формула розрахунку часу затримки буде мати наступний вигляд:

$$t = \frac{(S + L) \cdot 3,6}{V}, \quad (3.1)$$

де t – час необхідний ТЗ, щоб покинути зону перетину, с;

S – ширина смуги перетину, м;

L – довжина ТЗ, що рухається головною смугою руху, м;

V – швидкість руху ТЗ, що рухається головною смугою руху, км/год.

Однак ця формула має декілька важливих недоліків. По-перше, вона враховує лише випадки перетину смуги під прямим кутом (рисунк 3.16). По-друге, вона позбавлена врахування людського фактору, а отже не може використовуватися при моделюванні з метою аналізу ефективності ОДР, так як буде відображати лиш «лабораторні умови» імітаційної моделі.

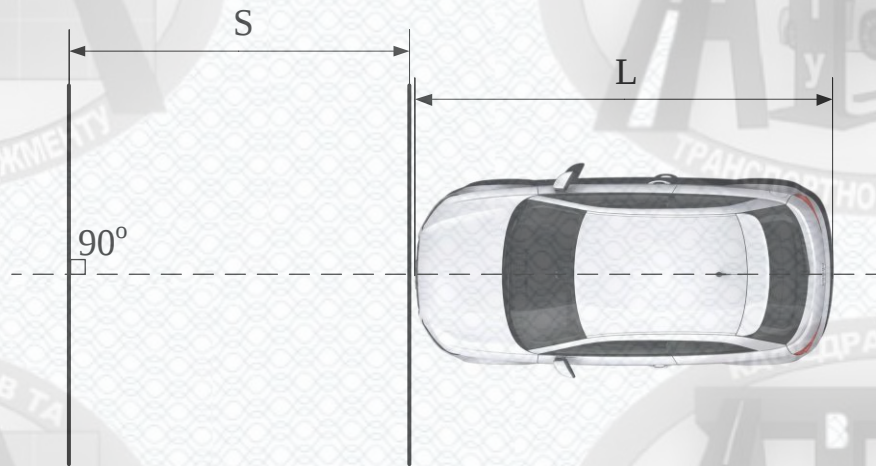


Рисунок 3.16 – Схема перетину смуги руху перпендикулярно по відношенню до вісі смуги

Для підвищення точності моделювання пропонується, перш за все, врахувати можливу зміну кута перетину. Це, в першу чергу, призведе до збільшення шляху необхідного для проходження транспортним засобом зони перетину, а також і до зміни геометричної форми транспортного засобу по відношенню до наглядача (водія автомобіля, що рухається по другорядній смузі). Тобто в залежності від кута під яким перетинаються головна і другорядна смуги руху величина L буде варіюватися. Збільшуватися від значення рівного довжині транспортного засобу до його діагоналі при зміні кута перетину смуг руху від 90° до 68° , та зменшуватися від величини діагоналі ТЗ наближаючись до величини ширини автомобіля при зменшенні кута від 68° (розрахунки кутів наведені для середніх значень легкових ТЗ і будуть відрізнятися в залежності від габаритів [14]). Отже враховуючи вірогідність перетину не лише перпендикулярно значення відстані, яке необхідно проїхати автомобілю щоб подолати смугу перетину (рисунок 3.17), можна вирахувати за наступною формулою:

$$S = \frac{b}{\sin \alpha}, \quad (3.2)$$

де b – ширина смуги, що перетинається ТЗ з головної дороги;

α – кут перетину головної і другорядної доріг.

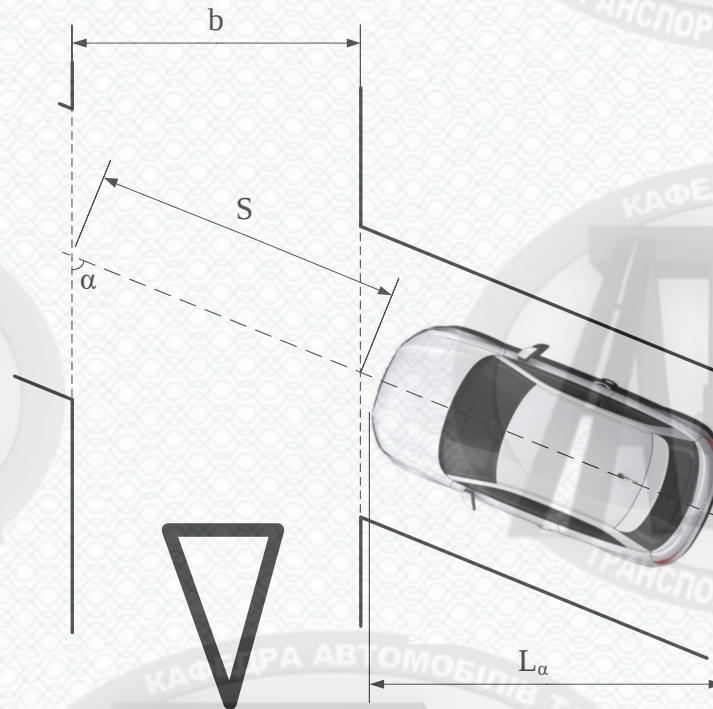


Рисунок 3.17 – Схема перетину смуги руху під кутом по відношенню до вісі смуги

Відстань яку необхідно подолати ТЗ щоб покинути зону перетину, в свою чергу теж зміниться в залежності від кута L_α . Розглянемо ТЗ як умовний прямокутник, що знаходиться під кутом по відношенню до нормалі (рисунок 3.18).

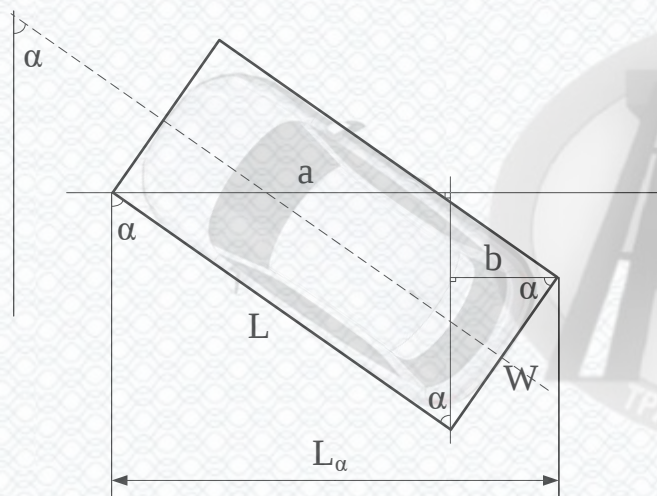


Рисунок 3.18 – Схема визначення розміру автомобіля, що знаходиться під кутом до нормалі

Як видно з рисунку 3.18 L_α рівний сумі катетів a і b двох прямокутних трикутників, гіпотенузами яких є довжина L та ширина W транспортного засобу відповідно. Виходячи з цього формула визначення відстані яку необхідно подолати ТЗ щоб покинути смугу перетину прийме наступний вигляд:

$$L_\alpha = \sin \alpha \cdot L + \cos \alpha \cdot W, \quad (3.3)$$

де L – довжина ТЗ, що рухається головною дорогою;

W - ширина ТЗ, що рухатиметься головною дорогою;

α – кут перетину головної і другорядної доріг.

Відповідна підміна значень з формул (3.2) та (3.3) у формулу (3.1) надасть можливість розрахунку часу необхідного для проїзду транспортним засобом зони перетину з урахуванням кута між смугами, що перетинаються, однак вона все ще буде відповідати «лабораторним умовам» і не враховувати людський фактор. Для нівелювання останнього недоліку пропонується розширити формулу визначення необхідного часу параметром, що буде відображати час реакції водія. Тобто час який буде використовуватися для розрахунку параметру «Minimum gap time» для кожного окремого перетину смуг руху пропонується розраховувати за формулою:

$$t = t_{p.v.} + \frac{(b/\sin \alpha + \sin \alpha \cdot L + \cos \alpha \cdot W) \cdot 3,6}{V}, \quad (3.4)$$

де $t_{p.v.}$ – час реакції водія, с;

b – ширина смуги руху, що перетинається, м;

L – довжина ТЗ, що рухається головною дорогою;

W - ширина ТЗ, що рухатиметься головною дорогою;

α – кут перетину головної і другорядної доріг.

З урахуванням того, що виконується моделювання дорожнього загального використання, то значення часу реакції водія можна прийняти за константу використовуючи середнє значення цього параметру – 2с [13]. Отже остаточною формулою яка буде використовуватися для розрахунку часу розриву і буде використовуватися при моделюванні для визначення параметру «Minimum gap time» для різних типів ТЗ, приймає наступний вигляд:

$$t = 2 + \frac{(b/\sin \alpha + \sin \alpha \cdot L + \cos \alpha \cdot W) \cdot 3,6}{V}, \quad (3.5)$$

Використаємо отриману формулу для визначення значення часу розриву для усіх доступних в моделі типів транспортних засобів з урахуванням руху ТЗ на головній дорозі зі швидкістю 45 км/год та середніх значень для відповідних типів ТЗ [14-17]. Приклади наведено для розрахунку часу затримки необхідно для проїзду перетину вулиць Чорновола та Театральної де кут повороту головної дороги знаходиться в межах 140° – 160°, що дозволяє виконувати проїзд майже на максимально дозволений швидкості руху, при цьому одна із смуг перетинання при виїзді з другорядної вулиці Івана Богуна знаходиться під кутом 62°.

$$t_{\text{л}} = 2 + \frac{(3,5/\sin 62 + \sin 62 \cdot 4,5 + \cos 62 \cdot 1,8) \cdot 3,6}{45} = 2 + \frac{31,6152}{45} = 2,7 \text{ (с)}$$

$$t_{\text{вант.}} = 2 + \frac{(3,5/\sin 62 + \sin 62 \cdot 12 + \cos 62 \cdot 2,5) \cdot 3,6}{45} = 3,3 \text{ (с)}$$

$$t_{\text{автоб.}} = 2 + \frac{(3,5/\sin 62 + \sin 62 \cdot 9,5 + \cos 62 \cdot 2,4) \cdot 3,6}{45} = 3,1 \text{ (с)}$$

У випадку з мототранспортом ширина є настільки незначною, що нею можна знехтувати при розрахунках, а отже час необхідний для мототранспорту буде мати значення:

$$t_{\text{мото}} = 2 + \frac{(3,5/\sin 62 + \sin 62 \cdot 2,2) \cdot 3,6}{45} = 2,5 \text{ (с)}$$

Використаємо отримані від розрахунків дані при моделюванні.

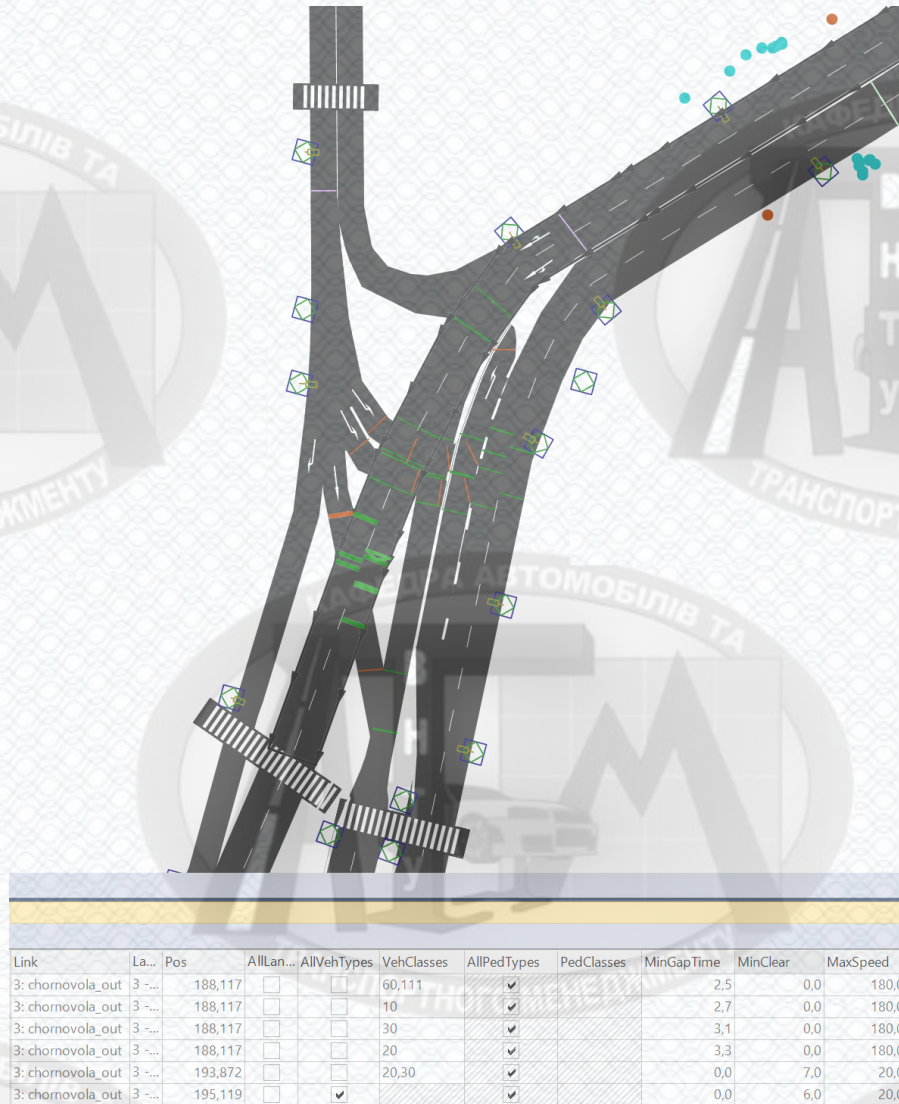


Рисунок 3.19 – Схематичне зображення та вікно налаштувань привил пріоритету при моделюванні у програмному середовищі PTV Vissim

3.4 Аналіз отриманих результатів моделювання та імітації транспортного руху

Для переходу до імітації та аналізу імітаційних даних модель доповнюється налаштуваннями світлофорно-регулювальних груп (рисунок 1.22), розміщенням відповідних стоп-ліній та доповнюється, при необхідності, 3-ох та 2-ох вимірними

об'єктами та елементами довколишнього середовища, або об'єктів, що надасть моделі презентабельності та глибини. При роботі з ВДМ в яких наявні елементи ОДР обмежуються виключно світлофорним регулюванням наведених кроків достатньо для отримання відкаліброваної та достовірної імітаційної моделі.

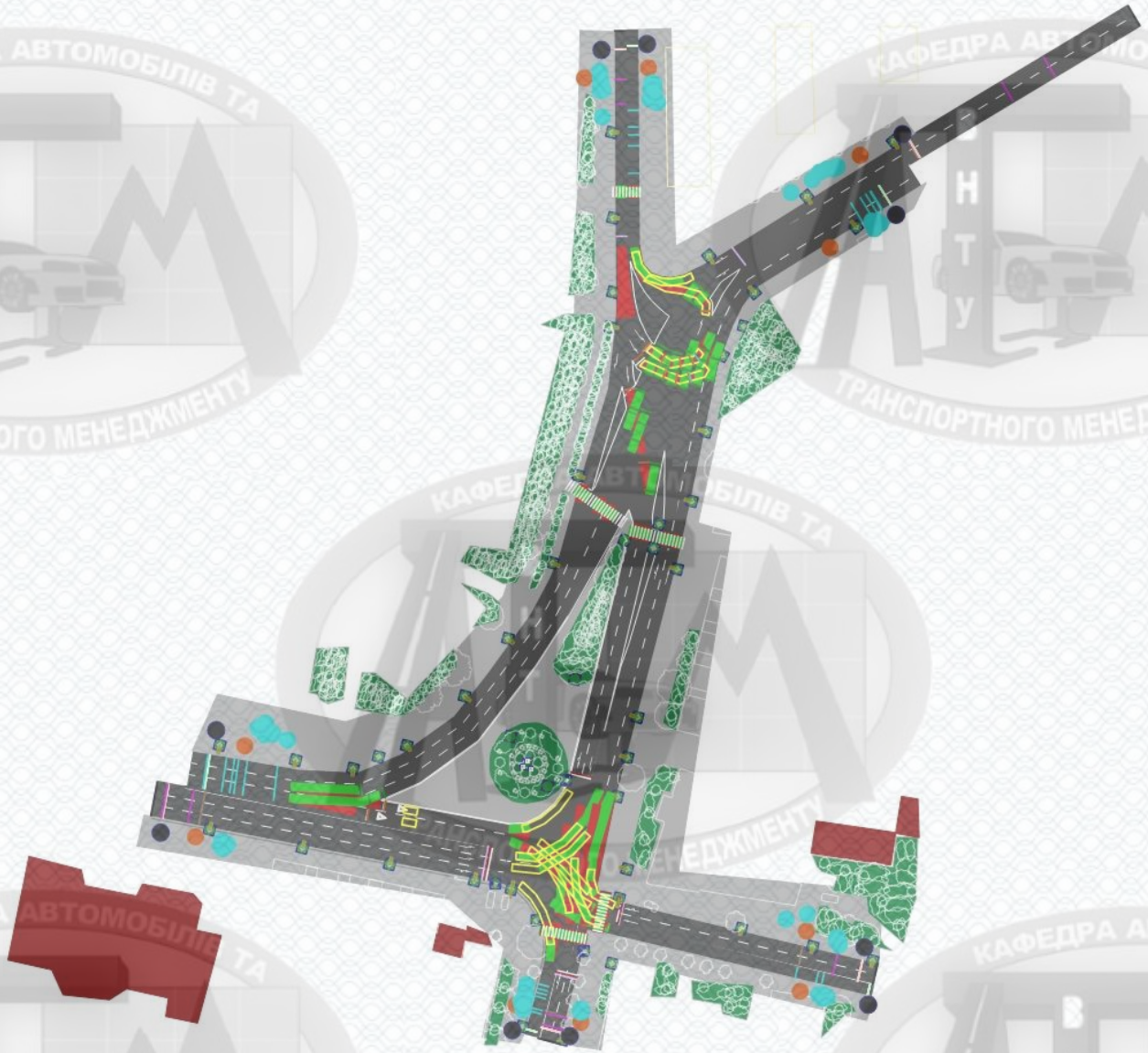


Рисунок 3.20 – Модель ВДМ на площі Героїв Майдану м. Вінниця виконана засобами PTV Vissim

Але у випадку з ВДМ на площі Героїв Майдану присутній ще один елемент який впливає на пропускну здатність, а саме нерегульований пішохідний перехід. Для достовірності роботи моделі необхідно не лише фізично змодельовати перехід та вказати правила пріоритету для руху пішохідного та транспортного потоків, але й

додати у модель самі пішохідні потоки що будуть переривати транспортний потік. Проаналізувавши результати натурних досліджень та розширивши цифрову модель наявними пішохідними потоками отримаємо остаточну імітаційну модель дорожнього перетину на площі Героїв Майдану м. Вінниця.

Для отримання більш достовірних результатів моделювання буде виконано декілька циклів імітації. Імітація створеної моделі триває годину (тобто імітує 3600 секунд трафіку на перехресті), але завдяки зручному коефіцієнту прискорення дозволяє отримати результати годинної імітації значно швидше. Система знімає результати кожний 20-секундний інтервал моделювання, генеруючи 180 значень для загальної тривалості моделювання. Час у дорозі використовувався для спостереження за затримкою, а затримку в черзі було отримано шляхом встановлення точок збору даних для кожного підходу до перехрестя.



Рисунок 3.21 – 3D модель ВДМ на площі Героїв Майдану м. Вінниця виконана засобами PTV Vissim

Зведемо в таблицю отримані показники транспортних потоків отримані шляхом об'єднання даних з налаштованих вимірювальних пунктів за розташуванням

вихідних точок транспортних потоків таким чином, щоб отримувати середні значення показників по всіх наявних можливих розгалуженнях маршрутів, та порівнюємо змодельовану інтенсивність потоку з отриманою методом натурних досліджень:

Таблиця 3.1 – Показники транспортних потоків

Вулиця Показник	Чорновола (I)	Магістратська (IV)	Театральна (III)	Магістратська (II)	Івана Богуна (V)
Середня довжина затору (м)	1,24	85,25	14,72	53,11	47,51
Час у заторі (с)	0,1	27,49	9	22,22	16,45
Час простою (с)	12,34	122,29	36,62	95,77	165,4
Час затримки ТЗ (с)	22,68	166,92	53,29	123,43	209,03
Кількість ТЗ/год (змодельована інтенсивність)	1501	824	473	468	285
Фактична інтенсивність транспортного потoku	1528	1352	504	496	532

Похибка між експериментально підрахованими та змодельованими значеннями інтенсивності транспортних потоків для вулиць Чорновола, Магістратської та Театральної, що знаходиться в межах 1,76 – 5,64% пояснюється тим, що збір даних при натурному дослідженні проводився в умовах реального трафіку, а імітація починається з наповнення порожньої дорожньої мережі транспортними засобами.

У випадку з вулицями Магістратською (у напрямку вулиць Театральна та Чорновола) та Івана Богуна, окрім вище згаданої похибки, на різницю впливає людський фактор не закладений в моделі. А саме систематичні порушення правил дорожнього руху, описані в розділі 1.4, особливо при виїзді з вулиці Івана Богуна, що і відображає різниця між даними отриманими методами натурних досліджень та імітаційного моделювання.

Враховуючи наведене, в подальшій роботі в якості основи для порівняння та аналізу ефективності запропонованої ОДР будуть використані саме дані імітаційної моделі. Доцільність цього також підтверджується тим фактом, що отримані за однією і тією ж методологією дані краще висвітлять різницю між об'єктами дослідження, що порівнюються. Отже отримані результати моделювання та відкалібрована імітаційна модель будуть використані як основа, при розробці схеми удосконалення організації дорожнього руху та моделюванні реорганізованої ОДР на площі Героїв Майдану, та аналізу зміни показників транспортних потоків для визначення ефективності запропонованої моделі.

3.5 Розробка та аналіз варіантів вдосконалення організації дорожнього руху на транспортній розв'язці

Однією з основних задач, поставлених у кваліфікаційній роботі, при удосконаленні організації дорожнього руху на площі Героїв Майдану у м. Вінниця є підвищення безпеки руху як для транспортних засобів так і для пішоходів.

У 2019 році в Україні зареєстровано 160675 дорожньо-транспортних пригод, із них 26052 - із загиблими та/або травмованими особами (загинуло 3454 особи і травмувалося 32736 осіб). Понад 33 відсотки загиблих та/або травмованих у дорожньо-транспортних пригодах є пішоходами (1261 особа загинула і 8005 осіб травмовані). На дорогах України загинуло 164 дитини та травмовано 4435 дітей віком до 18 років [19]. Схожі дані, у процентному співвідношенні, фіксуються та підтверджуються починаючи з середини 2000-их років державними дослідницькими центрами з питань безпеки дорожнього руху Сполучених Штатів Америки та Нової

Зеландії, Всесвітньою організацією охорони здоров'я, та низкою інших недержавних організацій, що займаються дослідженнями та аналітикою у сфері транспорту [20-25].

Детальне дослідження питання в області безпеки на пішохідних переходах показали, що наявність лише наземного пішохідного переходу без інших додаткових засобів організації дорожнього руху в середньому збільшує ймовірність виникнення ДТП за участю пішоходів на 28 % [26].



Рисунок 3.22 – Типи організації пішохідних переходів (нерегульований, регульований, піднятий, підземний, надземний)

Отже, першочерговою задачею будемо вважати підвищення рівня безпеки пішохідного переходу по вулиці Театральна. Даний пішохідний перехід є нерегульованим та перетинає 7 смуг руху ТЗ. У якості можливих заходів з підвищення безпеки пішохідного руху можна розглянути наступні варіанти:

- організація регульованого пішохідного переходу;
- організація піднятого пішохідного переходу;
- організація надземного переходу;
- організація підземного переходу;

Організація регульованого та піднятого пішохідного переходу мають, аналогічних до нерегульованого, суттєвий недолік. А саме, його організація призводить до затримок транспортних засобів і в певних умовах може, навіть, призвести до утворення заторів [27,28]. Отже, з міркувань безпеки, а також задаючись ціллю покращити показники транспортних потоків на перехресті, в подальшому будуть розглядатися саме схеми надземного або підземного пішохідного переходу. Оскільки технічна реалізація обох обраних схем організації пішохідних переходів на даному відрізку ВДМ вбачається можливою, а порівняльна характеристика економічних проєктів реалізації переходів, яка варіюється та залежить від вартості виконуваних робіт, складності проєкту та матеріалів, що використовуються, на є темою даного розділу кваліфікаційної роботи – то для подальшої розробки буде використана схема саме підземного переходу. Вибір здебільшого заснований соціологічному експерименті який підтвердив, що по причині ряду переваг та причин (шум, безпека, боязнь висоти) пішоходи віддаються перевагу саме підземному переходу [29].

При розгляді питання підвищення безпеки транспортного руху на перехресті першочергово необхідно розглянути та запропонувати зміни ОДР на перетині вулиць В'ячеслава Чорновола, Театральної та Івана Богуна. Саме на цьому перетині відбувається більша частина порушень ПДР та аварій, що спостерігаються на перехресті [9].

Найпростішим вирішенням питання організації дорожнього руху на даному відрізку ВДМ може здаватися встановлення світлофорного регулювання [30]. Однак

такі зміни в ОДР можуть мати великі негативні наслідки. Як згадувалося раніше через вулиці В'ячеслава Чорновола та Магістратську проходить міська магістраль, що є частиною автошляху М 21. Інтенсивність руху між цими вулицями на перетині є високою [2]. А отже встановлення світлофорного регулювання на такій ділянці ВДМ, що є критичною для громади міста, може призвести до потенційних фінансових втрат через утворення заторів, при низькій інтенсивності чи навіть повній відсутності другорядного руху, підвищення безпеки якого переслідують подібні зміни.

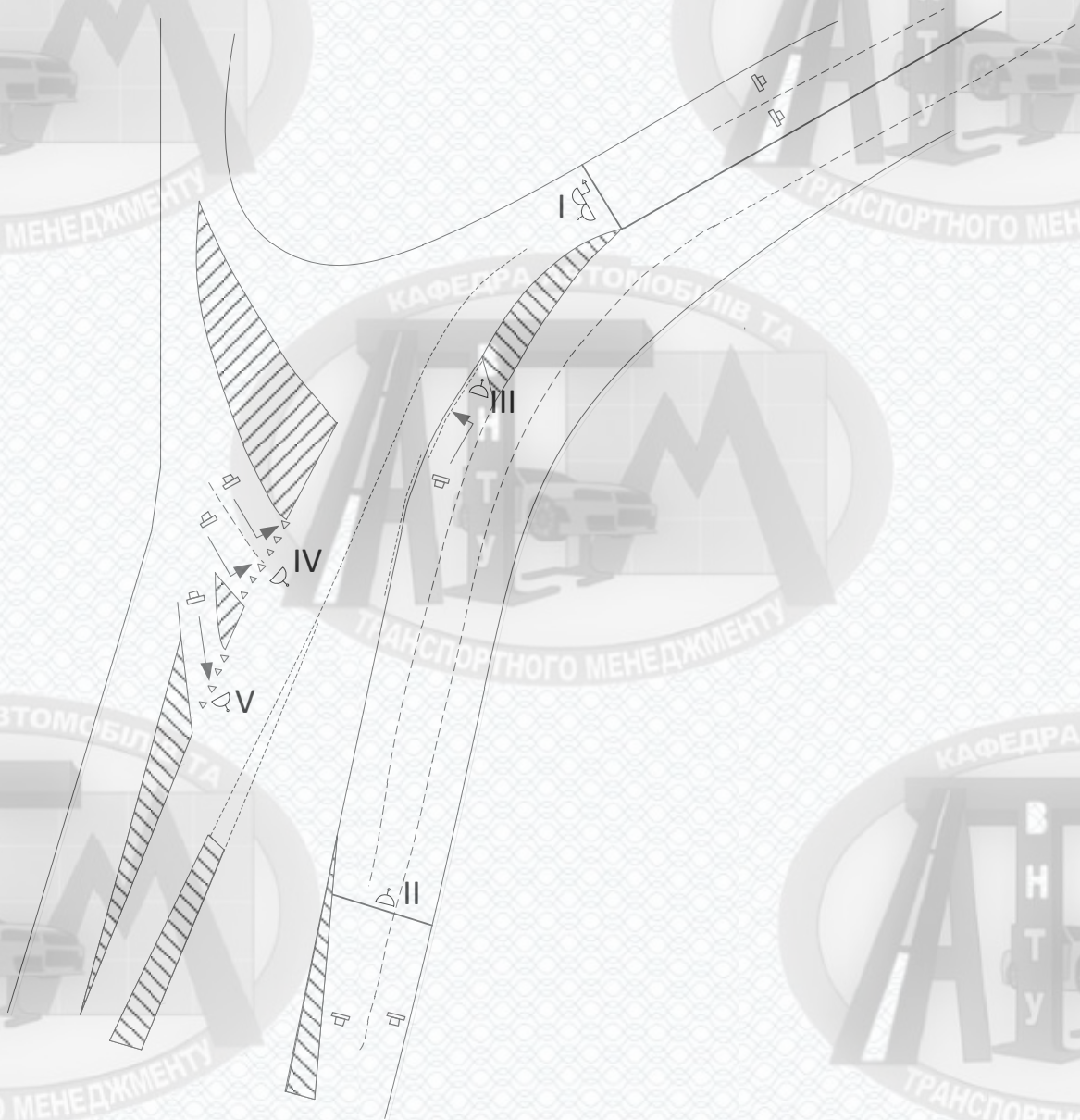


Рисунок 3.23 – Схема запропонованої ОДР на перетині вулиць Театральної, В'ячеслава Чорновола та Івана Богуна

Якщо не повністю вирішити цей недолік, то принаймні мінімізувати його дозволить використання АСУДР, тобто встановлення не лише світлофорного регулювання яке буде працювати на основі незмінної циклограми, а, натомість обладнання на перехресті цілого комплексу що буде включати у себе безпосередньо світлофори, датчики транспортних потоків та інше обладнання необхідне для передачі інформації та прийняття рішень автоматизованою системою управління дорожнього руху [31]. Наведемо схематичне зображення можливого виконання АСУДР (рисунок 3.23) та циклограми світлофорного регулювання (рисунок 3.24) на перетині вулиць, що розглядається.

I, II		10	5	15	5	90
III, IV, V		10	5	15	5	90
	Фаза спокою	Фаза зворотнього відліку	Фаза закінчення проїзду	Фаза пропуску другорядних напрямків	Фаза закінчення проїзду	Фаза пропуску головної дороги

Рисунок 3.24 – Циклограма запропонованого світлофорного регулювання на перетині вулиць Театральної, В'ячеслава Чорновола та Івана Богуна

Окрім того комплекс вже запропонованих рішень можна розширити методами адаптивного управління фазами світлофорів, що набирає популярності з впровадженням більш точних та складних АСУДР, та показує суттєві результати при впровадженні [32].

Однак навіть при впровадженні висвітленого комплексу рішень ОДР можливі наступні ситуації:

- інтенсивність по другорядній дорозі низка і перемикання світлофорів відбувається при під'їзді одного автомобіля, при цьому відбувається переривання основного потоку на час, що перевищує мінімально необхідний;
- інтенсивність транспортного потоку на другорядній дорозі велика і утворюється черга, що викликає постійне перемикання сигналів світлофора і зупинку основного транспортного потоку по головній дорозі, що викликає збільшення затримок на перехресті.

Отже, необхідне проведення комплексу складних розрахунків та моделювання для визначення таких параметрів світлофорного регулювання, щоб при заданих значеннях основних тактів сумарні затримки на перехресті були мінімальні [31]. Або ж відмовитися від схеми світлофорного регулювання, в цілому, на користь іншого методу організації дорожнього руху, що позбавлений вказаних недоліків і при цьому має допустимі показники безпеки.

Схемою організації дорожнього руху, що якнайкраще відповідає поставленим вимогам є схема організації кругового руху на перетинаннях. Ця схема є розвитком методу організації одностороннього руху на перегонах вулиць і доріг. При цьому головним результатом такої організації є ліквідація конфліктних точок перетину і конфлікту зустрічних потоків. Іншим позитивним фактором є вплив на водія відцентрової сили при русі по круговій траєкторії, в результаті чого він автоматично знижує швидкість. На правильно спроектованих розв'язках такого типу швидкість вільного руху легкових автомобілів складає 40–45 км/год (не більше), що забезпечує високий ступінь ймовірності ліквідувати будь-яку конфліктну ситуацію. Висока безпека на розв'язках кругового типу (які застосовуються як в міських умовах, так і на автомобільних дорогах) підтверджується вітчизняною та зарубіжною статистикою ДТП [5,33-35]. Окрім того перехрестя з круговим рухом мають унікальні особливості та характеристики, такі як: екологічні фактори, просторові вимоги, витратами на експлуатацію та утримання, заспокоєння руху, естетика та управлінням доступом тощо.

Габаритні розміри проїжджої частини на площі Героїв майдану дозволяють організувати як декілька кругових перетинів одночасно так і облаштувати одне, більш складне за формою і функціональними можливостями кільце [36].

При плануванні кругового руху перш за все необхідно враховувати високу інтенсивність транспортних потоків між вулицями В'ячеслава Чорновола і Магістратської (зі сторони вулиці Хмельницьке шосе). Саме транспортний обмін між цими двома напрямками наразі є головним на перехресті. Величина транспортного потоку наряду з геометрично малими розмірами (у порівнянні з усією площею) та близькістю роз положення виїздів з вулиці Театральної та

Магістратської (зі сторони центрального мосту) може призвести до блокування транспортних потоків, що будуть виїжджати з цих напрямків. Отже необхідно передбачити розділення цих потоків, а також, можливі зони акумуляції транспортних засобів, що виїжджають з цих напрямків перед їх в'їздом безпосередньо на круг. Тобто круговий рух не має безпосередньо прилягати до вказаних вулиць, таким чином основний потік, що рухається у напрямку вулиці Чорновола не буде мати жодного впливу на обумовленні виїзди. Це, в свою чергу, дозволяє змінити поточну, світлофорно-регульовану, частину перехрестя, спростивши його складність, за рахунок реконфігурації двох з чотирьох напрямків на дороги з одностороннім рухом зі збереженням головного напрямку зі сторони вулиці Магістратської (Хмельницьке шосе).

З метою збереження показників безпеки пішохідного руху на даному перетині пропонується зберегти світлофорно-регульовані пішохідні переходи, з одночасним удосконаленням системи ОДР та АСУДР, а саме:

- обидва пішохідні переходи облаштовуються кнопкою ініціації для світлофорів, або, у випадку технічної можливості, відповідними сенсорами пішохідного потоку, що показують вищу ефективність [37];
- при тривалій відсутності пішохідного потоку регулювання транспортних потоків переходить в режим нерегульованого перехрестя зі знаками пріоритету (циклограми світлофорів переходять у фази спокою, режим миготіння сигналу жовтого);
- виїзд з вулиці Магістратської (міст) реорганізувати лише через круговий рух, що дозволить змінити кількість смуг руху, одна на виїзд і 2 на в'їзд;
- за рахунок попереднього пункту стає можливим відновлення маневру повороту праворуч з вулиці Театральної на вулицю Магістратську (міст);
- розділити систему управління світлофорним рухом на 2 напівзалежні системи, що дозволить більш гнучке управління транспортними потоками. А саме при активації зеленого світла для пішохідного переходу по вулиці Театральній забороняти лише виїзд з цієї вулиці та рух вхідного потоку на вулицю Театральну, що рухається з кругового руху, при цьому залишивши

дозволеним проїзд на вулицю Магістратську по напрямку до центрального мосту. При активації пішохідного переходу по вулиці Магістратській заборонити маневр праворуч при виїзді з вулиці Театральної та проїзд на вулицю Магістратську при виїзді з кільця, але залишити дозволеним виїзди з вулиці Театральної на круг та виїзд з кругу на вулицю Театральну;

- з метою підвищення безпеки пішохідного руху, а також для отримання простору для акумуляції ТЗ, що виїхали на перехрестя, але не встигли покинути його до активації червоного сигналу світлофора поза перехрещуванню частиною пропонується змістити пішохідний перехід по вулиці Магістратській далі від перехресті.

Розглянемо варіант організації кругового руху на площі Героїв Майдану, що враховує вище наведені зміни та наведемо можливі циклограми світлофорного регулювання (рисунок 3.25). Наведена схема хоч і вирішує більшу кількість поставлених задач але має значний недолік. А саме, транспортні потоки, що рухаються з вулиці Івана Богуна у напрямку вулиці Чорновола, з вулиці Театральної у напрямку вулиці Магістратської (Хмельницьке шосе) та вулиці Магістратської (міст) у напрямку вулиць Магістратської (Хмельницьке шосе) та Театральної вимушені виконати проїзд майже по повній окружності кругового перехрестя, що негативно вплине як на ці потоки, безпосередньо, так і на головні входні потоки через блокування в'їзду.

Відповідно необхідно внести зміни, що передбачають більш коротку траєкторію руху для вказаних потоків. Також, пропонується, зменшити радіус північної окружності кругового перехрестя з метою покращення безпеки [38]. Такі зміни дозволять, додатково, розділити транспортний потік на виїзді з вулиці Івана Богуна за рахунок реорганізації простору (рисунок 3.26)

Отриману схему пропонується використати за онову при подальшому моделюванні засобами програмного забезпечення PTV Vissim для аналізу та формування остаточних рекомендацій з удосконалення організації дорожнього руху на площі Героїв Майдану.

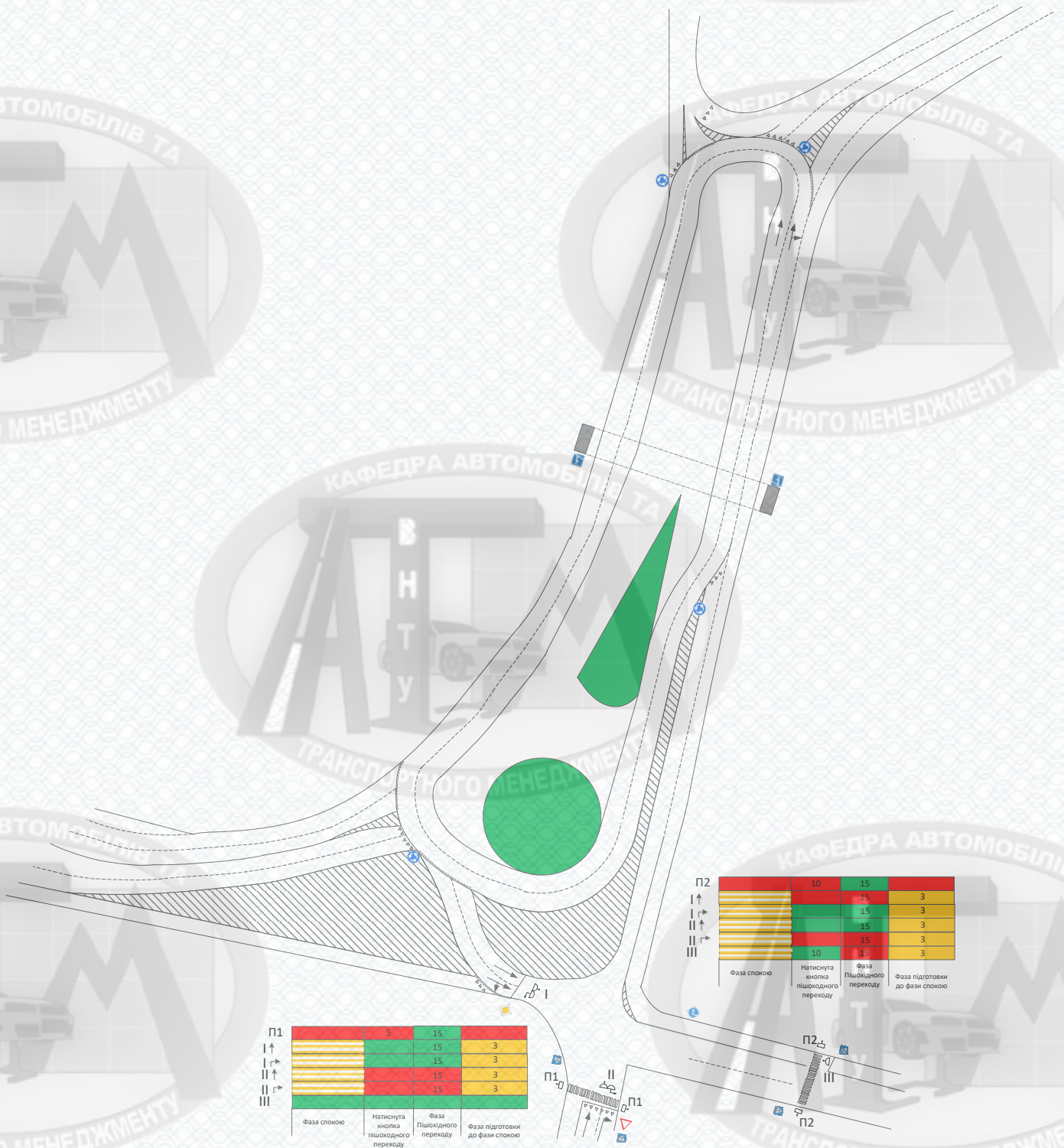


Рисунок 3.25 – Схематичне зображення перетину та циклограми світлофорного регулювання на площі Героїв Майдану у м. Вінниця

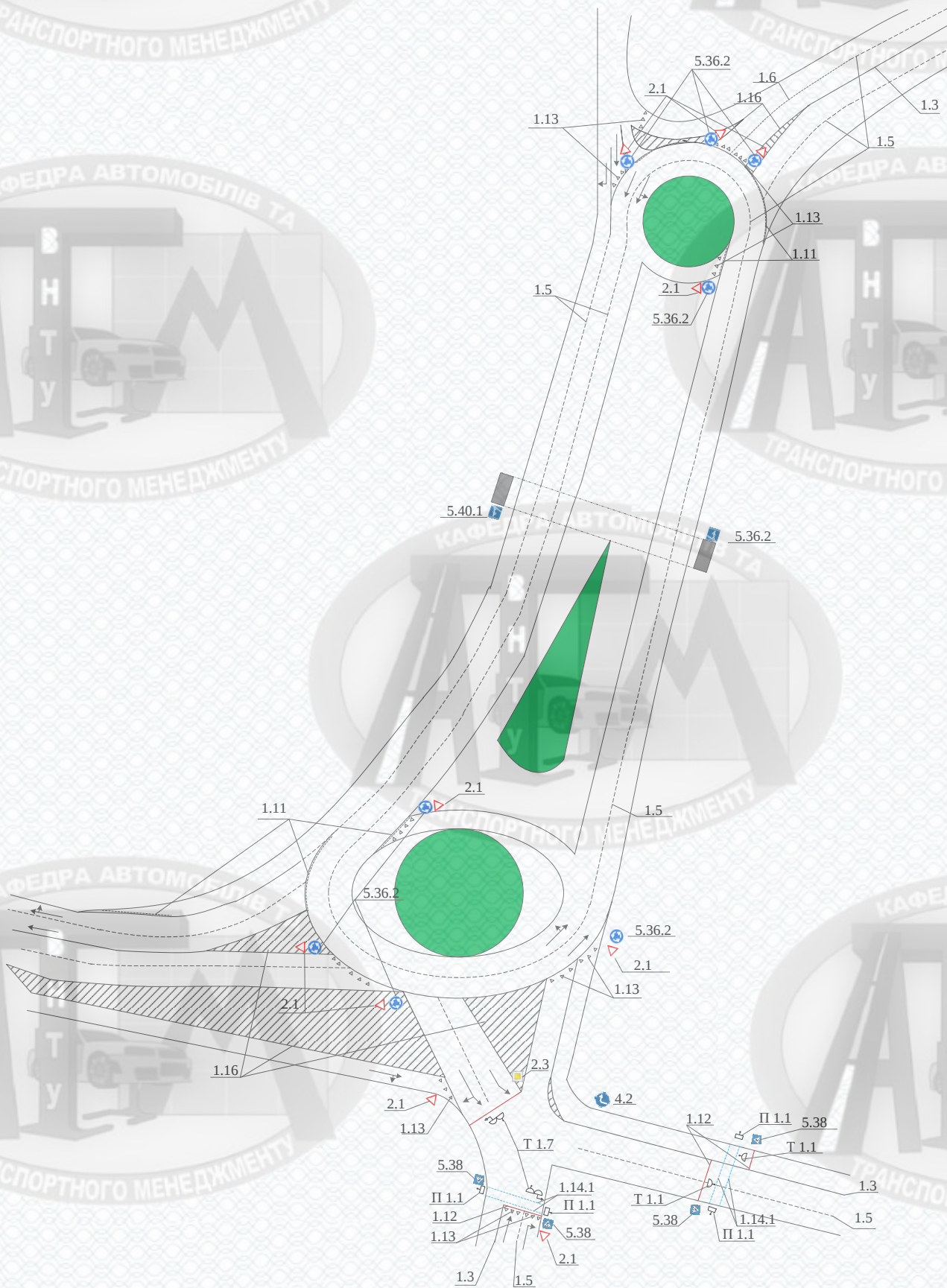


Рисунок 3.26 – Схематичне зображення перетину вулиць Магістратська, Театральна, Івана Богуна та Чорновола у м. Вінниця

3.6 Моделювання запропонованої удосконаленої схеми організації дорожнього руху на перехресті



Рисунок 3.27 – Модель удосконаленої ОДР, що включає в себе смуги руху, пішохідні переходи та світлофорні об'єкти

За основу при моделюванні буде використовуватися схема ОДР зображена на рисунку 3.26 та налаштування транспортних потоків зображених на рисунках 3.2, та 3.3. Виконаємо побудову відрізка ВДМ засобами програмного забезпечення PTV Vissim (рисунок 3.27).

Як видно з наведеної моделі, під час моделювання було внесено подальші зміни. Тестові запуски, що здійснювалися для перевірки правильності з'єднання відрізків ВДМ показали, що пропускна здатність виїзду на кругове перехрестя з вулиці В'ячеслава Чорновола, у запланованій схемі, є недостатньою для об'єму вхідного транспортного потоку. Було прийнято рішення збільшити кількість смуг на

цьому в'їзді, а також удосконалити кругове перехрестя, в цілому, елементами турбо-кругового перехрестя [39].

Перетин вулиць Театральної та Магістратська залишився без змін відносно запланованого. Для коректної роботи схеми світлофорного керування описаного у розділі 3.5 замість фіксованих циклограм роботи було створено, передбачений програмним застосунок PTV Vissum, контролер сигналів світлофорів типу «пішохідний перехід», що дозволяє змодельовати систему з детектором пішохідного потоку. Для моделювання запланованої АСУДР було створено 2і аналогічні сигнальні групи.

Signal Controller

No.: 27 Name:

Type: Pedestrian Crossing ☒ Active

Cycle Time

☐ Fixed: 0 Offset: 0 s

☒ variable

Signal Times Table Detector Record Signal groups

☒ Configure signal times table automatically

Number: 3	ConfigName	VarNo	Label
1	SIGGRP	1	SG 1
2	SIGGRP	2	SG 2
3	DETEKT	1	det 1

Рисунок 3.28 – Налаштування контролера сигналів світлофорного руху, що включає детектор, а також сигнальні групи для пішохідного та транспортного потоків

Signal Controller

No.: 26 Name:

Type: Pedestrian Crossing ☒ Active

Cycle Time

☐ Fixed: 0 Offset: 0 s

☒ variable

Signal Times Table Detector Record Signal groups

☒ Configure signal times table automatically

Number: 2	No	Name	MinGreen	MinRed	RedAmber	Amber	Type	ActuationType	ClearTm	CallDetPortNo	ChkOutDetPort...
1	1		60,0	0,0	0,0	1,0	3,0 Normal	Default Signal Group	2,0	0	0
2	2		15,0	0,0	0,0	0,0	0,0 Normal	Calling Signal Group	2,0	1	0

Рисунок 3.29 – Налаштування сигнальних груп для пішохідного та транспортного потоків

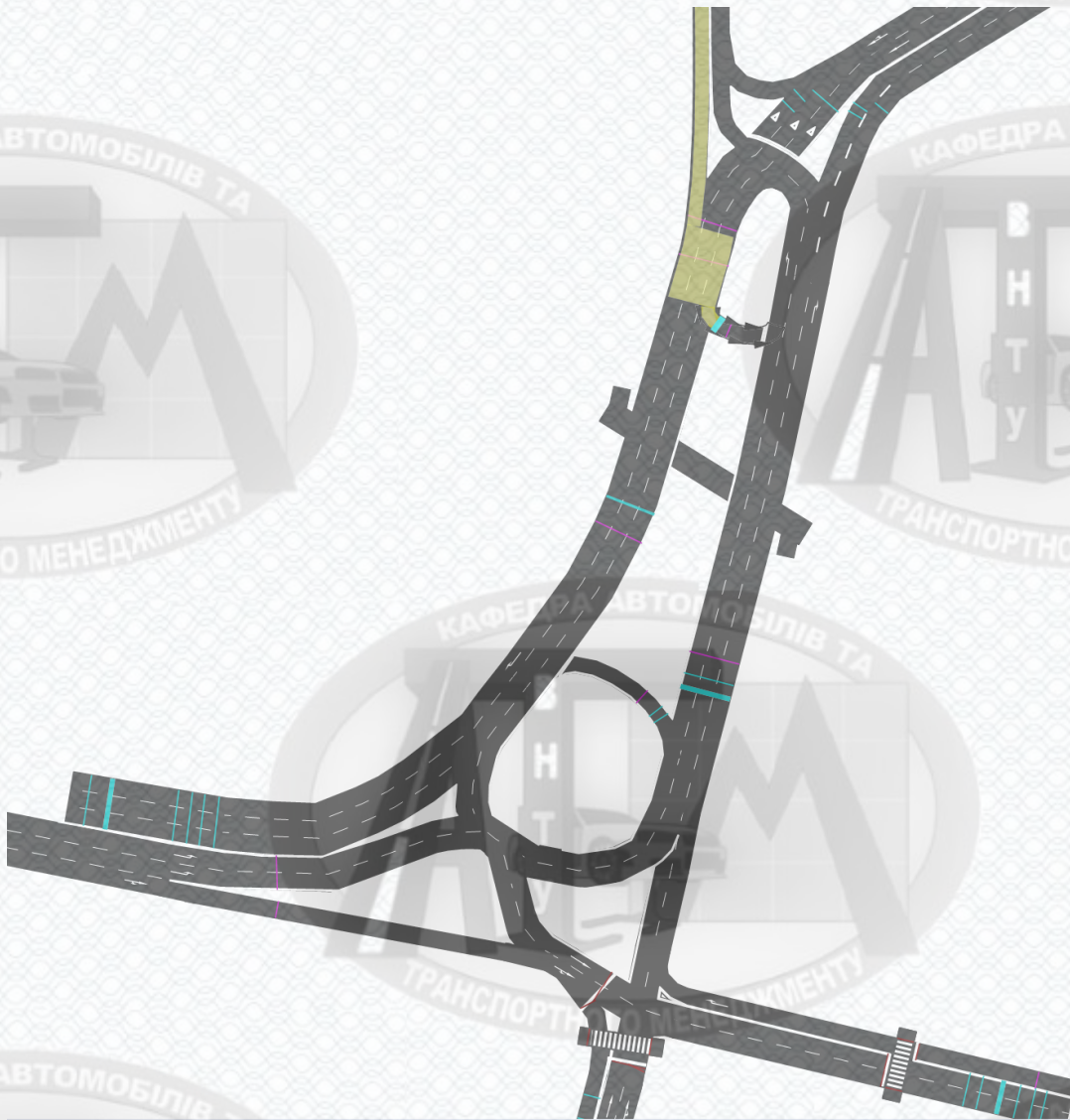


Image Network Editor

Vehicle Routing Decisions / Static vehicle routes

Static vehicle routes

Order	No	Name	Link	Pos	AllVehTypes	VehClasses	RouteChoiceMet
11	14	62: Mgistratska-out	12,342	☒			Static
12	15	60: Mgistratska-most-out	7,845	☒			Static
13	17	54: Boguna_in	17,633	☒			Static
14	18	55: chornovola_out	14,217	☒	10,20,111		Static
15	19	62: Mgistratska-out	5,240	☐	30		Static
16	20	57: Teatralna-out	1,501	☐	30		Static
17	21	57: Teatralna-out	4,871	☒			Static
18	22	54: Boguna_in	12,458	☐	30		Static

Number	5	VehRouteDec	No	Name	Formula	DestLink	DestPos	RelFlow(0-MAX)
1	17	1				63: chornovola_out	24,278	0,240
2	17	2				58: Teatralna-in	14,530	0,130
3	17	3				59: Mgistratska-m...	67,927	0,290
4	17	4				68: teatralna-mist-in	24,649	0,100
5	17	5				10055	4,396	0,240

Рисунок 3.30 – Налаштування статичних транспортних маршрутів

Надалі на модель удосконаленого перехрестя наносяться статичні маршрути транспортних засобів, аналогічні за своїми налаштуваннями до описаних у розділі 3.1 з урахуванням модифікацій зазначених у розділі 3.5.



Рисунок 3.31 – Розміщення та налаштування конфліктних зон та прави пріоритету на цифровій моделі перетину

А саме, транспортні потоки, за винятком автобусів та тролейбусів, що рухаються з вулиць Івана Богуна, Театральної та Магістратської (міст) у напрямку Чорновола та Магістратської (Хмельницьке шосе), відповідно, частково розділяються та використовують більш короткий маршрут.

Надалі на етапі калібрування, аналогічно до моделі поточної ОДР, виконується налаштування зон зменшення швидкості, конфліктних зон та правил пріоритету.

Оскільки, при імітації, модель працює не коректно при використанні налаштувань конфліктних зон на кругових відрізках ВДМ то всю роботу з калібрування на цих відрізках необхідно виконати лише за рахунок правил пріоритету [11, 12]. При встановлені та налаштуванні конфліктних зон використовуються розрахунки мінімального часу затримки на основі формули 3.5 запропонованої у розділі 3.3 для кожного окремого перетину смуг. Тобто, наприклад, при виїзді на круговий перетин з крайньої лівої смуги необхідний окремо розрахувати параметри перетину усіх смуг, що проїде ТЗ до того як займе відповідну смугу руху, включно.



Рисунок 3.32 – Модель підземного переходу через вулицю Театральна на площі Героїв Майдану

Налаштування пішохідних потоків та маршрутів копіюється з моделі поточної ОДР, за одним виключенням. В ході розробки рекомендацій з удосконалення ОДР

було прийнято рішення на заміну нерегульованого пішохідного переходу через вулицю Театральна на підземний перехід. Моделювання підземного переходу виконується шляхом створення об'єктів типу «Рампи та Сходи» початкова висота яких знаходиться на рівні пішохідної зони, а кінцева має від'ємне значення, тобто уходить під землю. Ці 2 об'єкти об'єднуються звичайною смугою, налаштованою для 100% пішохідного трафіка, яка також розміщена «під землею» на відповідній висоті (рисунок 3.32) [11].

Надалі модель доповнюється 3D об'єктами, що здійснюється не лише з метою декорування як-то використання простору, що звільнився посеред площі для зелених насаджень, але й з метою планування розміщення дорожніх знаків, світлофорних об'єктів та інших елементів, що можуть впливати на транспортні та пішохідні потоки.



Рисунок 3.33 – Організація світлофорних об'єктів на в'їзді до площі Героїв
Майдану з вулиці Театральна

Так, наприклад при розміщенні світлофорних об'єктів на перетині вулиць Театральної та Магістратської було сплановано реалізацію запланованої АСУДР. З метою збереження другорядності вулиці Театральної на перетині пропонується використати світлофорні об'єкти ТЗ.4 (рисунок 3.33), основна секція яких завжди буде світитися червоним (окрім фаз спокою), а для дозволу руху буде вмикатися відповідна додаткова секція, що дозволяє рух прямо. Маневр повороту праворуч з вулиці Театральної на вулицю Магістратську (міст) пропонується реалізувати застосувавши розробку комунального підприємства "Вінницька спеціалізована монтажно-експлуатаційна дільниця з організації дорожнього руху", а саме інноваційну керовану табличку зі стрілкою зеленого кольору, що з точки зору ПДР відповідає пункту 8.7.3 пункт «е» (Стрілка зеленого кольору на табличці, встановлений на рівні червоного сигналу світлофора з вертикальним розташуванням сигналів, дозволяє рух у зазначеному напрямку при ввімкненому червоному сигналі світлофора з крайньої правої смуги руху (або крайньої лівої смуги руху на дорогах з одностороннім рухом) за умови надання переваги в русі іншим його учасникам, які рухаються з інших напрямків на сигнал світлофора, що дозволяє рух;) [40].

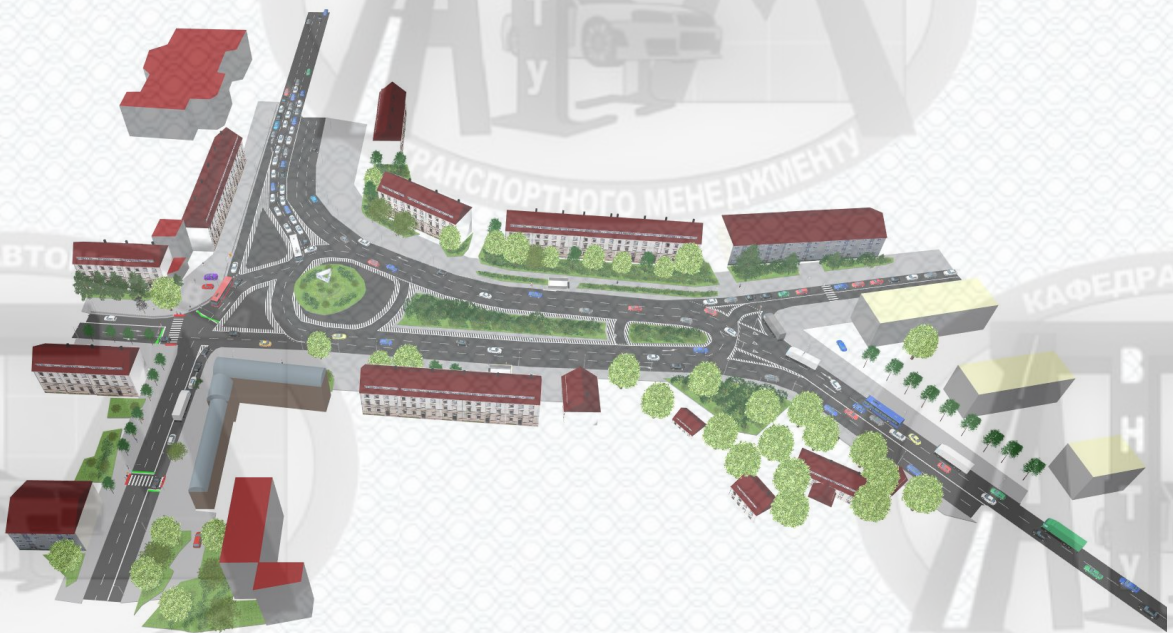


Рисунок 3.34 – 3D модель організації дорожнього руху на площі Героїв

Майдану у м. Вінниця

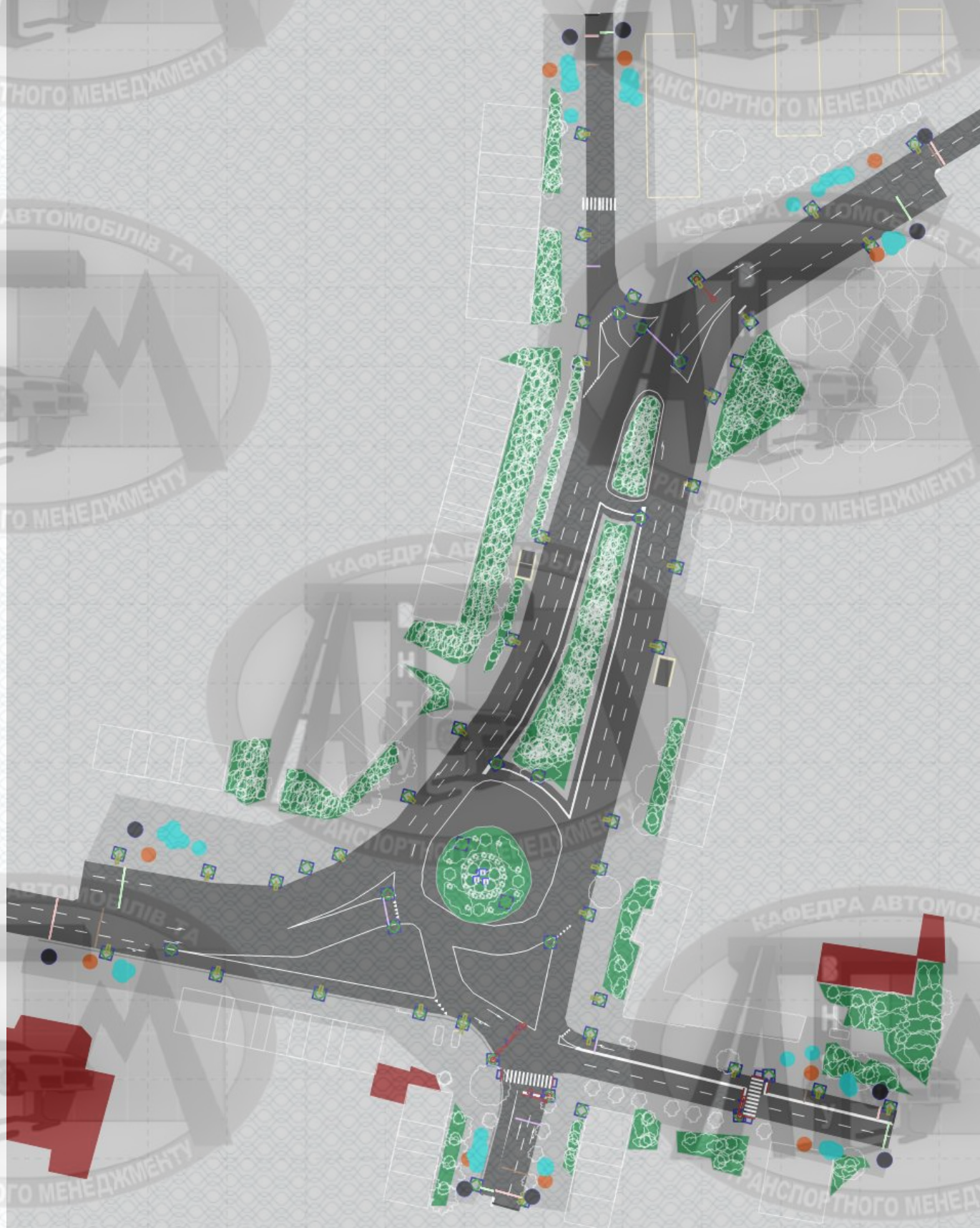


Рисунок 3.35 – 2D модель організації дорожнього руху на площі Героїв
Майдану у м. Вінниця

Після остаточного розміщення світлофорних об'єктів, дорожніх знаків та інших 3D об'єктів модель удосконаленої організації дорожнього руху на перехресті є завершеним і набуває завершеного вигляду (рисунки 3.34, 3.35).

Аналогічно то дій з цифровою моделлю поточної ОДР на перехресті виконаємо декілька циклів імітації та зведемо результати у таблицю.

Таблиця 3.2 – Показники транспортних потоків

Показник \ Вулиця	Чорновола (I)	Магістратська (IV)	Театральна (III)	Магістратська (II)	Івана Богуна (V)
Середня довжина затору (м)	42,9	87,68	11,21	2,78	49,73
Час у заторі (с)	2,66	78,98	3,47	1,7	9,96
Час простою (с)	5,2	47,01	15,37	5,05	67,48
Час затримки ТЗ (с)	25,66	86,11	33,25	21,97	125,97
Кількість ТЗ/год (змодельована інтенсивність)	1568	1059	590	518	329

3.7 Аналіз отриманих результатів моделювання та порівняння з існуючою організацією дорожнього руху

З метою аналізу отриманих результатів та більш об'єктивного порівняння запропонованої удосконаленої ОДР на перехресті з поточною, зведемо дані отримані при імітації обох моделей та наведених у таблицях 3.1 та 3.2, відповідно, в одну таблицю (таблиця 3.3).

Таблиця 3.3 – Зведені показники транспортних потоків

Показник \ Вулиця	В'ячеслава Чорновіла (I)		Магістратська (IV)		Театральна (III)		Магістратська (II)		Івана Богуна (V)	
	Пото- чна	Удо- скона- лена	Пото- чна	Удо- скона- лена	Пото- чна	Удо- скона- лена	Пото- чна	Удо- скона- лена	Пото- чна	Удо- ско- нале- на
Середня довжина затору (м)	1,24	42,9	85,25	87,68	14,72	11,21	53,11	2,78	47,51	49,73
Час у заторі (с)	0,1	2,66	27,49	78,98	9	3,47	22,22	1,7	16,45	9,96
Час простою (с)	12,34	5,2	122,29	47,01	36,62	15,37	95,77	5,05	165,4	67,48
Час затримки ТЗ (с)	22,68	25,66	166,92	86,11	53,29	33,25	123,43	21,97	209,03	125,97
Кількість ТЗ/год (змодельо- вана інтенсив- ність)	1501	1568	824	1059	473	590	468	518	285	329

Перш за все, слід зауважити, що згідно з аналізу зведеної таблиці можна констатувати збільшення пропускної здатності перехрестя в межах від 4% до 28%, в залежності від напрямку. Так само спостерігається покращення показників часу

простою від 38% до 95%. Слід зауважити збільшення параметрів довжини та часу у заторі для ТЗ, що рухаються з вулиці В'ячеслава Чорновола. Однак такі зміни були очікуваними, оскільки раніше безперешкодний проїзд по головній дорозі був фактично замінений на другорядну дорогу по відношенню до руху по колу. Попри це зменшення часу простою та реконфігурація ОДР в результаті призвело до покращення пропускної здатності.

Скористаємося технічними можливостями програмного застосунку PTV Vissim для більш детального аналізу та порівняння поточної та удосконаленої ОДР.

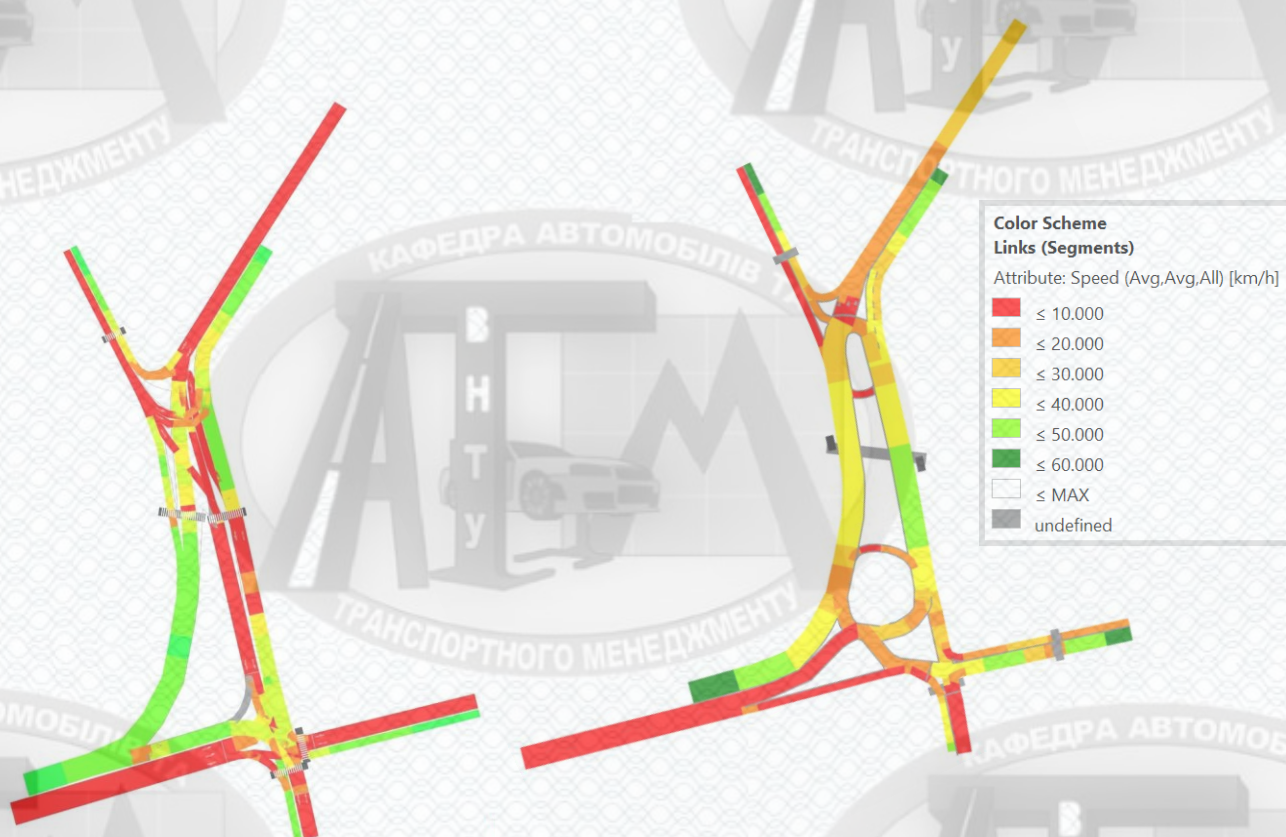


Рисунок 3.36 – Середня швидкість транспортних потоків змодельована засобами PTV Vissim

Як видно зі схематичного зображення середньої швидкості ТЗ на відрізках ВДМ (рисунок) при удосконаленні ОДР на перехресті вдалося зменшити вплив світлофорного регулювання, що утворювало затор при виїзді з вулиці В'ячеслава

Чорновола в сторону вулиці Театральної. Аналогічна ситуація спостерігається на виїзді з вулиці Магістратської (зі сторони центрального мосту). Рух з цього напрямку хоч і має відносно невелику середню швидкість, що зумовлена зменшенням швидкості спочатку перед пішохідним переходом а потім безпосередньо перед поворотом, однак є майже повністю безперешкодним і позбавленим заторів після удосконалення.

Також за рахунок заміни нерегульованого переходу по вулиці Театральній на підземний пішохідний перехід вдалося досягти значного покращення швидкісного режиму при проїзді перехрестя.

Для наочності візуалізуємо зміни параметра щільності транспортних потоків (рисунок 3.37).

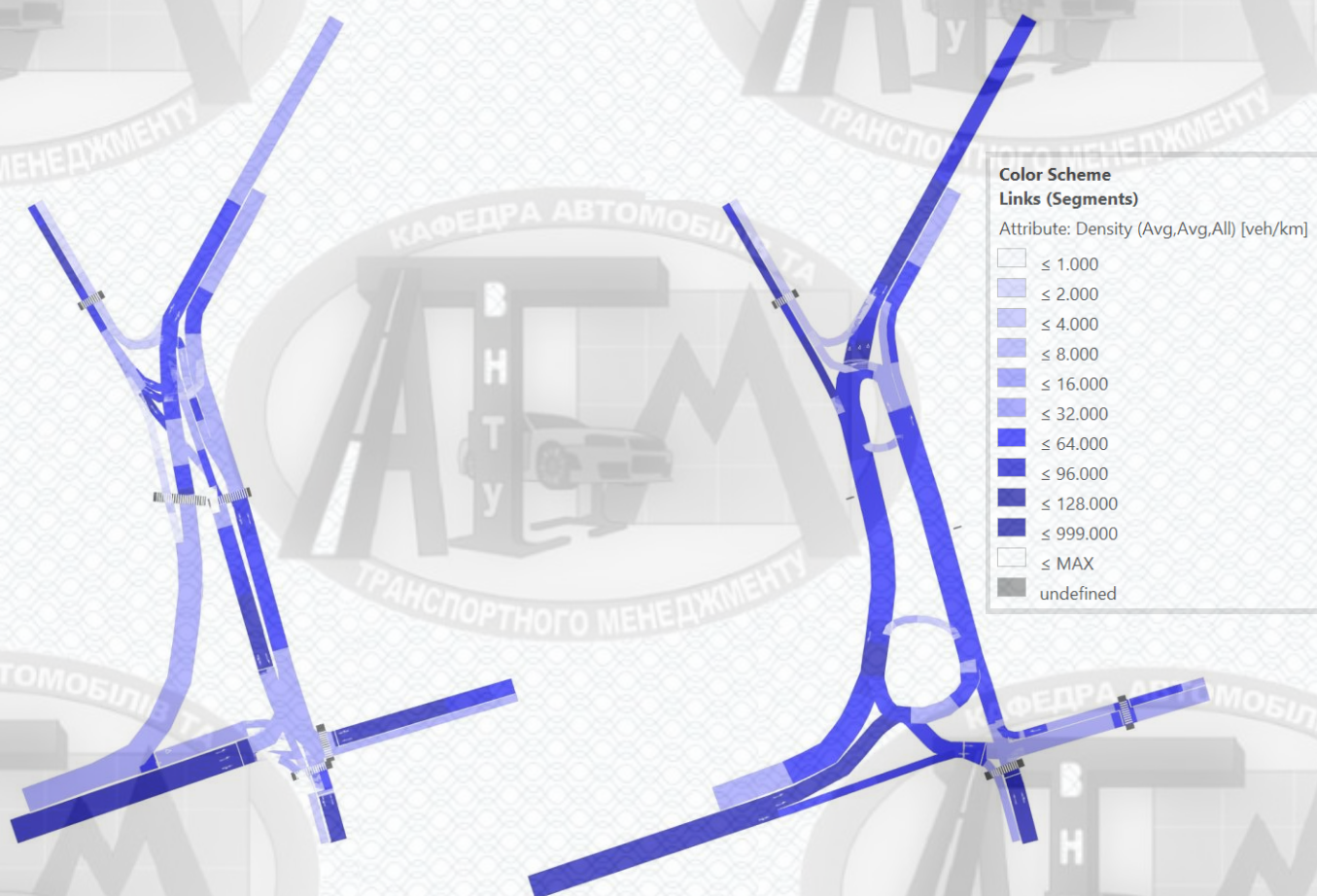


Рисунок 3.37 – Середня щільність транспортних потоків змодельована засобами PTV Vissim

У таблицях 3.1, 3.2 та 3.3 одним із параметрів, що досліджуються є час затримки, та його значення подане як середнє значення для всіх транспортних засобів, що рухаються з відповідного напрямку. З метою більш детальної візуалізації цього параметру, по відрізкам, скористаємося можливостями програмного застосунку та сформуємо візуальне подання часу затримки для поточної та удосконаленої ОДР (рисунок 3.38).

Як видно з рисунку 3.38 при удосконаленні ОДР вдалося не лише зменшити час затримки на окремих під'їздах до перехрестя але й звести до мінімуму час затримки транспортних засобів безпосередньо на перехресті, що позитивно впливає на його пропускну здатність.

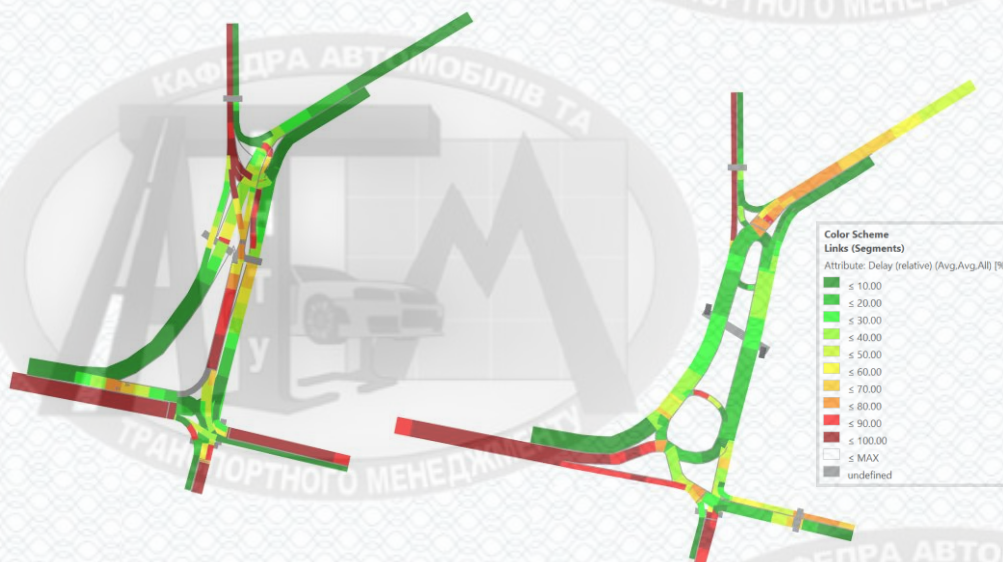


Рисунок 3.38 – Відносний час затримки ТЗ змодельований засобами PTV Vissim

Проаналізуємо зміни, яких вдалося досягти при удосконаленні перехрестя, розглянувши кожний транспортний потік окремо. Для цього візуалізуємо через діаграми порівняння параметрів кількості ТЗ, відстані що їм довелося подолати за своїм маршрутом, часу затримки та простою, згрупувавши їх в залежності від початкової вулиці маршруту та розмістивши поряд показники поточної та удосконаленої кругової схеми ОДР (відміченою на рисунках індексом «(к)»).

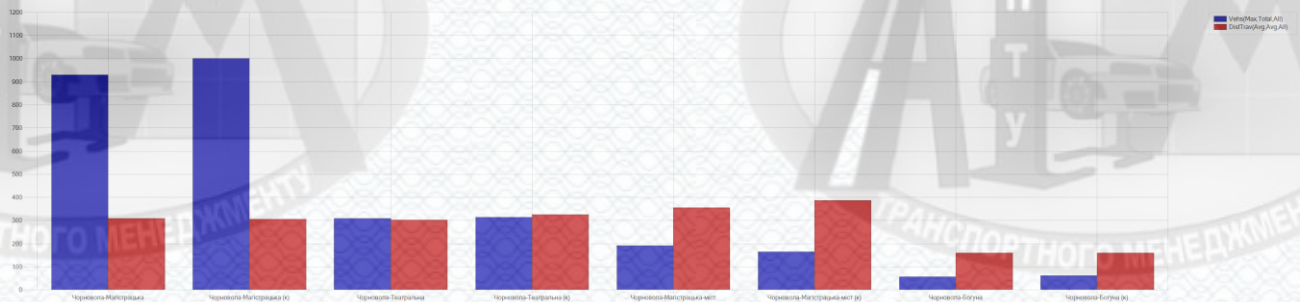


Рисунок 3.39 – Порівняльна діаграма кількості ТЗ та відстані що вони проїхали для досягнення кінцевої точки при виїзді з вулиці В'ячеслава Чорновола

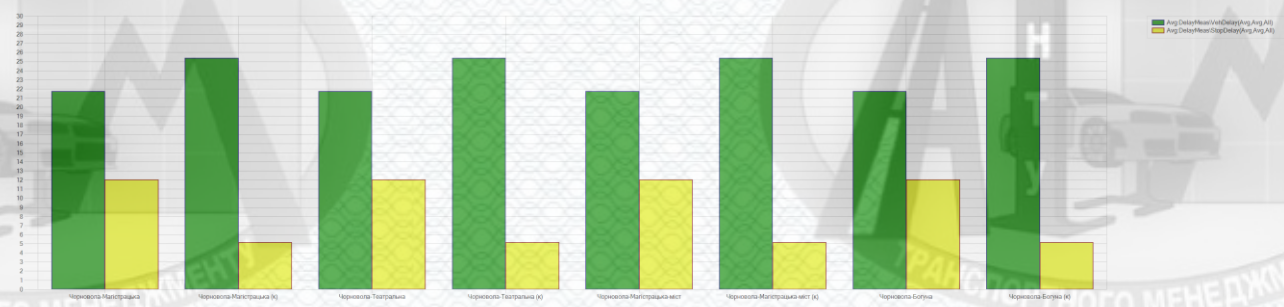


Рисунок 3.40 – Порівняльна діаграма часу затримки та простою ТЗ що виїжджають з вулиці В'ячеслава Чорновола

З рисунку 3.37 та 3.40 чітко видно, що для ТЗ що рухаються з вулиці В'ячеслава Чорновола майже не відбулося зміни у відстані до їх кінцевої точки маршруту в межах перехрестя, однак при цьому спостерігається незначне збільшення кількості ТЗ, що мали змогу проїхати перехрестя за той самий час, в переважній більшості у напрямку вулиці Магістратській в сторону вулиці Хмельницьке шосе. Також спостерігається збільшення часу затримки ТЗ, що нівелюється зменшенням часу простою по всіх напрямках руху.

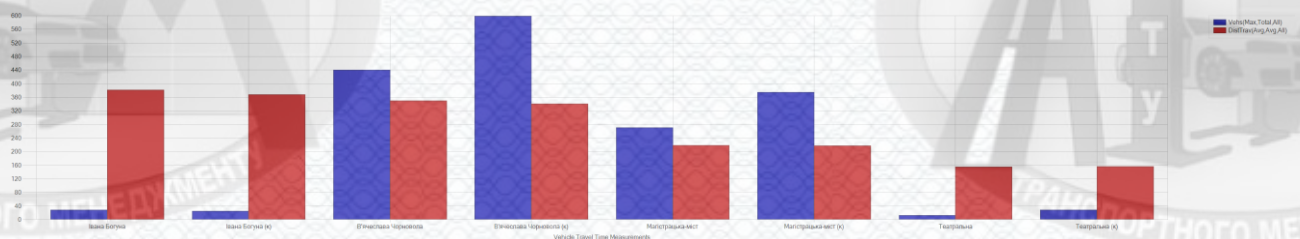


Рисунок 3.41 – Порівняльна діаграма кількості ТЗ та відстані що вони проїхали для досягнення кінцевої точки при виїзді з вулиці Магістратської

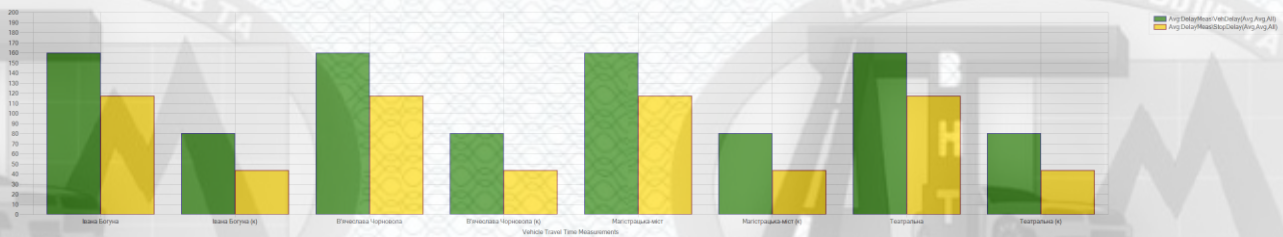


Рисунок 3.42 – Порівняльна діаграма часу затримки та простою ТЗ що виїжджають з вулиці Магістратській

Аналіз даних для транспортного потоку з вулиці Магістратської (Хмельницьке шосе) показує картину схожу до аналізу напрямку з вулиці Чорновола, однак у цьому випадку спостерігається більш суттєве зростання транспортних засобів, що рухаються у напрямку вулиць Чорновола та Магістратської (центральный міст), а також зменшення обох параметрів (час затримки та простою) для всіх напрямків руху.

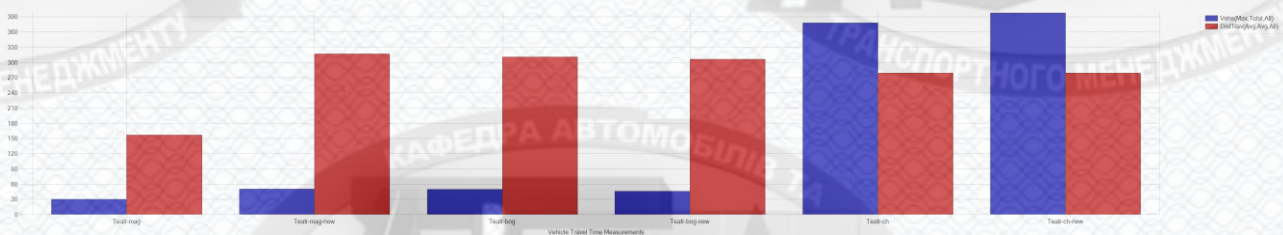


Рисунок 3.43 – Порівняльна діаграма кількості ТЗ та відстані що вони проїхали для досягнення кінцевої точки при виїзді з вулиці Театральна

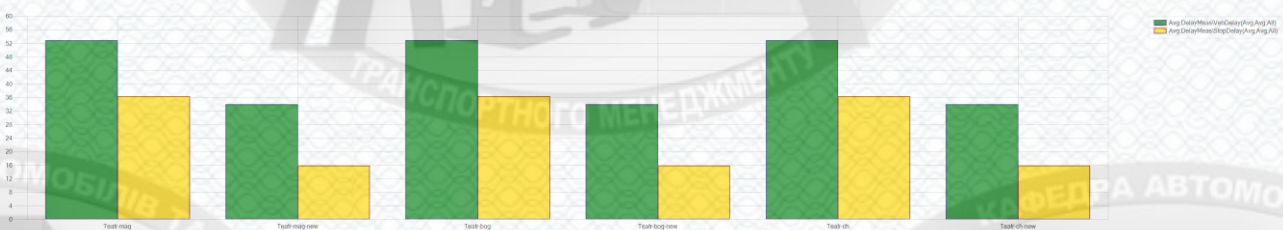


Рисунок 3.44 – Порівняльна діаграма часу затримки та простою ТЗ що виїжджають з вулиці Театральна

Для транспортного потоку, що рухається з вулиці Театральної у напрямку вулиці Магістратської (Хмельницьке шосе) спостерігається збільшення відстані, що

необхідно подолати ТЗ вдвічі, оскільки для досягнення кінцевої точки маршруту необхідно здійснити об'їзд по колу. Передбачається, що цей показник буде плаваючим, оскільки при меншій інтенсивності транспортного потоку більше ТЗ будуть користуватися додатковою смугою для швидкого переїзду. Однак при збільшенні інтенсивності потоку все більше водіїв будуть надавати перевагу саме об'їзду по колу, що хоч і збільшить відстань та зекономить ймовірну затримку при виїзді з додаткової смуги, так як вона є другорядною по відношенню до руху по колу.

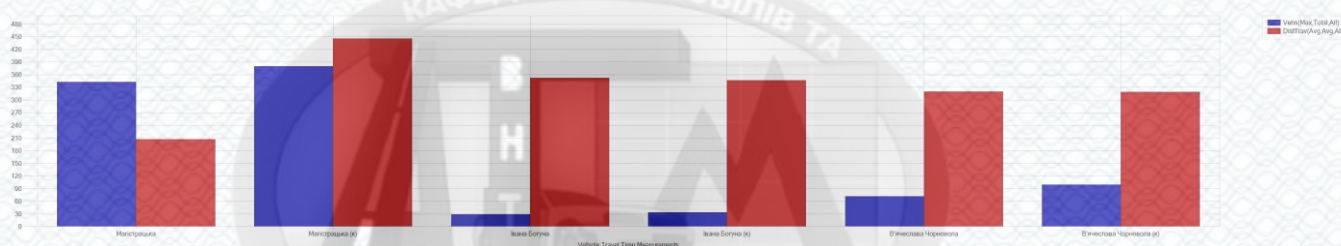


Рисунок 3.45 – Порівняльна діаграма кількості ТЗ та відстані що вони проїхали для досягнення кінцевої точки при виїзді з вулиці Магістратська (II)

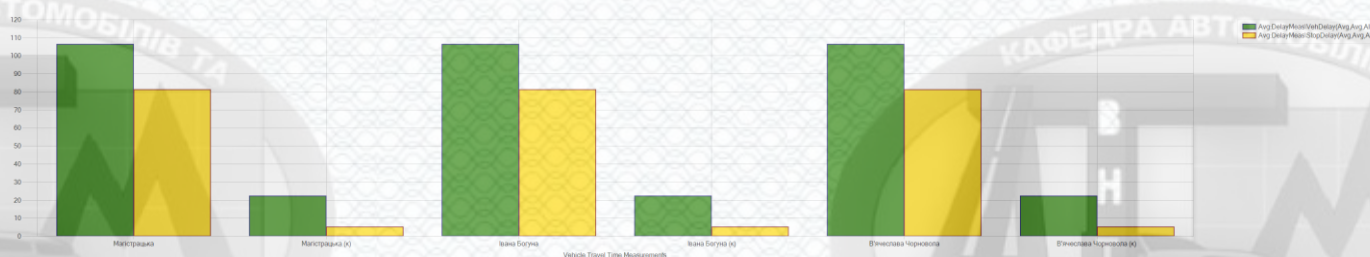


Рисунок 3.46 – Порівняльна діаграма часу затримки та простою ТЗ що виїжджають з вулиці Магістратська (II)

Аналіз транспортних потоків, що виходять з вулиці Магістратської (міст) показують значне зменшення часу затримки та простою по всіх напрямках, а також схожу ситуацію з відстанню проїзду для продовження руху по вулиці Магістратській у напрямку вулиці Хмельницьке шосе.

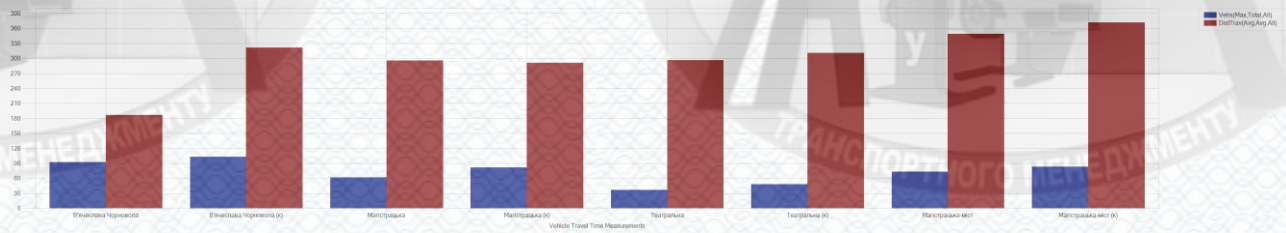


Рисунок 3.47 – Порівняльна діаграма кількості ТЗ та відстані що вони проїхали для досягнення кінцевої точки при виїзді з вулиці Івана Богуна

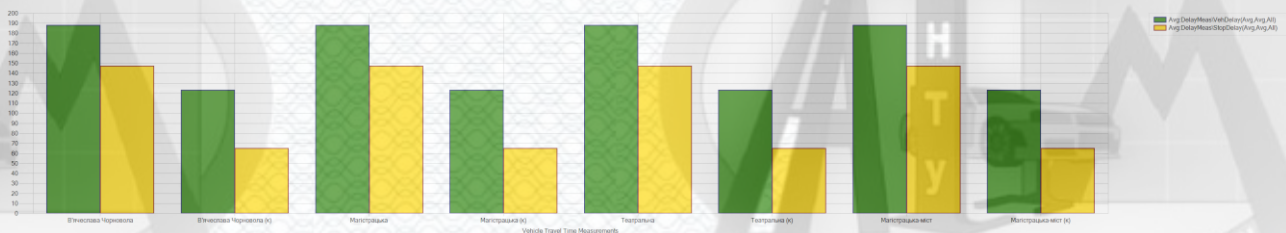


Рисунок 3.48 – Порівняльна діаграма часу затримки та простою ТЗ що виїжджають з вулиці Івана Богуна

Транспортні потоки, що беруть свій початок на вулиці Івана Богуна також стикаються з фактом збільшення відстані необхідної для проїзду перехрестя, але при цьому спостерігається як зменшення часу затримки та простою по всіх напрямках, так і незначне збільшення пропускної здатності.

Для звершення порівняльного аналізу зведемо у діаграму показники середньої арифметичної та гармонійної швидкостей (рисунок 3.49). З рисунку видно, що, за винятком транспортних потоків з вулиці Театральної та Магістратської (Хмельницьке шосе), середні швидкості ТЗ при проїзді перехрестя зменшилися. Сам по собі цей показник можна було б, хибно, оцінити як негативний, але в сукупності з показниками, що було розглянуто раніше, а саме збільшення пропускної здатності в усіх напрямках, зменшення часу простою, та часу затримки (для більшості транспортних потоків) варто розглядати, скоріше, як позитивну зміну. Адже зменшення швидкості при проїзді кругового перехрестя буде мати позитивний вплив на безпеку дорожнього руху на ньому.

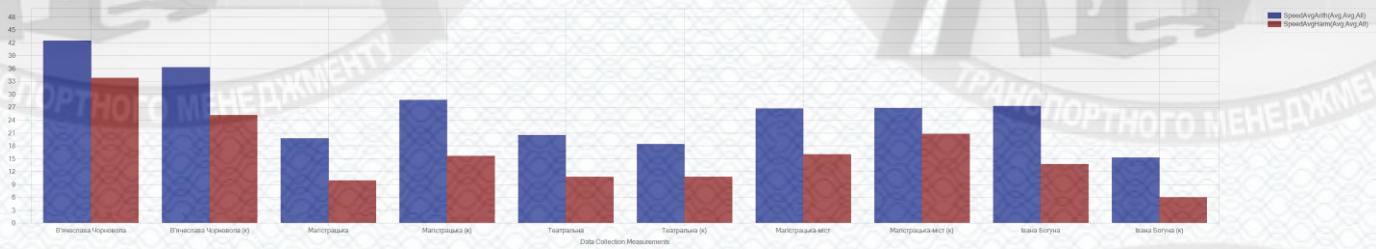


Рисунок 3.49 – Порівняльна діаграма середньої арифметичної та середньої гармонійної швидкості ТЗ що рухаються на перехресті

3.8 Висновки до розділу 3

В ході роботи над даним розділом магістерської кваліфікаційної роботи було розроблено імітаційну модель існуючого стану ОДР на площі Героїв Майдану у м.Вінниця засобами програмного забезпечення PTV Vissim. Для підвищення функціональної точності моделі було розроблено та запропоновано метод розрахунку параметру часу затримки імітаційної моделі при рішенні правил пріоритету роз'їзду, що враховує геометричні розміри ТЗ, смуг руху та взаєморозміщення головної та другорядної смуг руху.

Було розроблено та запропоновано заходи з удосконалення ОДР на перехресті. На основі моделі існуючого стану ОДР та запропонованих заходів з удосконалення було побудовано імітаційну модель удосконаленої схеми організації дорожнього руху, та проведено порівняльний аналіз двох схем ОДР.

На основі проведеного аналізу можна заключити досягнення поставлених цілей при удосконаленні ОДР на площі Героїв Майдану у м. Вінниця, а саме:

- підвищення безпеки пішохідного руху, за рахунок:
 - заміни нерегульованого пішохідного переходу через вулицю Театральна на підземний пішохідний перехід;
 - зміщення пішохідного переходу по вулиці Магістратській вглиб від перехрестя, що дає пішоходам кращий огляд ТЗ, що наближаються до пішохідного переходу;
 - зменшення кількості транспортних потоків, що перетинають світлофорно врегульований пішохідний перехід через вулицю Театральну;

- підвищення безпеки транспортного руху, за рахунок:
 - зменшення середньої швидкості руху на перехресті;
 - заміни конфліктів перетинання на більш безпечні конфлікти злиття та відхилення;
 - реорганізації руху на перехресті на рух по колу;
- покращення технічних показників перехрестя, таких як:
 - пропускна здатність;
 - час затримки ТЗ;
 - час простою ТЗ;
 - час у заторі (для деяких транспортних потоків).

4 ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАПРОПОНОВАНИХ ЗАХОДІВ

4.1. Визначення витрат на впровадження технічних засобів організації дорожнього руху

Витрати на впровадження змін в моделі організації дорожнього руху включають у себе комплекс витрат, а саме: витрати на демонтаж існуючих елементів ОДР та АСУДР; витрати пов'язані з земельними роботами з метою прокладання підземного переходу; затрати на асфальтування; витрати на закупівлю та монтаж елементів АСУДР, дорожніх знаків та нанесення дорожньої розмітки. Відповідно для формування кошторису робіт по впровадженню удосконаленої ОДР необхідно зробити підрахунок вартості всіх видів робіт закупівельних матеріалів.

Для початку необхідно виконати демонтажні роботи, а саме демонтувати 5 світлофорних об'єктів та ряд дорожніх знаків. А саме "Дати дорогу" (2.1) 2 шт, "Головна дорога" (2.3) 2 шт, "Об'їзд перешкоди з правого боку" (4.7) 2 шт, "Об'їзд перешкоди з правого або лівого боку" (4.9) 2 шт, "Напрямки руху по смугах" (5.16) 3 шт, "Напрямок руху по смузі" (5.18) 7шт, "Пішохідний перехід" (5.38) 4шт, "Місце зупинки" (5.69) 2 шт, "Напрямок головної дороги" (7.8) 2 шт, 4 елементи вертикальної дорожньої розмітки 2.3.1 та 2.3.2, разом 26 шт. Частина з цих знаків є вмонтованими на стійках і буду потребувати не лише робочого персоналу для демонтажу але й залучення землерийної техніки, інша ж частина, ті що вмонтовані на стовпах чи розтяжках будуть потребувати залучення автовишки для виконання демонтажних робіт. Згідно СОУ 42.1-37641918-098:201X для робіт такого типу виділяються 2 робітника не нижче 3го розряду відповідна техніка і машиніст, а роботи норми роботи складають 0,35 люд.год. на одиницю [41].

Окрім демонтажу дорожніх знаків необхідний демонтаж асфальтового покриття та риття траншеї під підземний пішохідний перехід. Для вибору типу залученої техніки та розрахунку часо-затрат та вартості робіт необхідно визначитися з об'ємом земельних робіт. Довжина запланованого підземного переходу складає 40м. Згідно ДБН В.2.3-5:2018 мінімальна висота та ширина підземного пішохідного

переходу має становити 2,2 та 2,5 м відповідно. Для розрахунку приймемо ширину траншеї 3м (що включатиме в себе залізобетонні стіни) та глибину 3,5 м. Отже остаточний об'єм земельних робіт складатиме:

$$40 \cdot 3 \cdot 3,5 = 420 \text{ м}^3.$$

При використанні екскаватора з місткістю ковша 1 м^3 норми часо-затрат на 100 м^3 складають 1,56 людино-годин [41]. Відповідно витрати в люд.год. на земельні роботи складатимуть:

$$\frac{420}{100} \cdot 1,56 = 6,55 \text{ люд. год.}$$

Оскільки викопана земля не буде використовуватися повторно, необхідно розрахувати витрати на її вивезення. Виходячи з припущення присутності змішаних ґрунтів (чорнозем, глина, суглинок) масу кубу землі, для розрахунку, приймемо $1,6 \text{ т/м}^3$ [42]. Для визначення типу транспорту і, відповідно, кількості рейсів визначимо необхідно розрахувати яке обмеження буде досягнуте першим, обмеження по вазі чи обмеження по об'єму кузова. Для розрахунків візьмемо самоскид вантажопід'ємністю 30т. Середній об'єм кузова подібних вантажних автомобілів складає 20 м^3 . Проведемо розрахунки

$$20 \cdot 1,6 = 32 \text{ т.}$$

Оскільки вага повного кузова ґрунту перевищує вантажобід'ємність автомобіля, то для розрахунку кількості рейсів, і як результат, вартості вивезення, за основу буде прийнято саме обмеження по вантажопід'ємності. Відповідно переведемо загальний об'єм ґрунту у вагу:

$$420 \cdot 1,6 = 672 \text{ т.}$$

Отже для вивозу усього ґрунту, що буде викопано для прокладання підземного переходу, при застосуванні самоскидів вантажопід'ємністю 30т буде необхідно виконати наступну кількість рейсів:

$$\frac{672}{30} = 22,4 \approx 23.$$

Для формування підземного переходу, не враховуючи витрат на облицювальні матеріали, в якості несучої конструкції, згідно ДБН В.2.3-5:2018, використовуються залізо-бетонні плити. Для розрахунку необхідної кількості залізобетонних плит для стін та підлоги підземного переходу будемо використовувати плити довжиною 10м та шириною 1м. З урахуванням довжини, ширини та висоти підземного переходу необхідно буде 36 шт. Так як для накриття підземного переходу краще використати поперечно розміщені плити – їх виведемо окремою статтею матеріалів. При використанні плит перекриття розміром 3,5х1 м необхідно буде 40 шт. відповідно. Окрім того необхідні будуть сходові марші із розрахунку 4 шт. на вхід, а отже 8 шт. Згідно нормативів встановлення конструкції подібних розмірів необхідно буде 30,4 люд.год. та 7,6 машино-годин крану.

По завершенні земельних робіт необхідно буде відновлення дорожнього покриття на площі 140 м². Уся інша площа перехрестя з асфальтованим покриттям повністю покривають необхідну площу згідно запропонованої удосконаленої схеми ОДР, а отже не потребують змін (організація клумб і зелених насаджень не враховуються при розрахунках).

До технічних засобів організації ДР належать: Дорожні знаки, вказівники і табла повинні відповідати чотирьом типорозмірам згідно з ДСТУ 4100-2002 "Знаки дорожні. Загальні технічні умови. Правила застосування". Вартість цих знаків переважно залежить від якості виготовлення їх передньої поверхні (світловідбиття) і вартості конструкції та їх установки. Маркування на дорозі може бути стійким або тимчасовим за вимогами ДСТУ 2587-2010 "Маркування дорожнє. Технічні умови. Методи контролю. Правила застосування". Це може бути виконано за допомогою

фарб, термопластичних фарб або інших матеріалів, які відзначаються стійкістю до зносу та мають властивості відбиття світла, що впливає на їхню вартість. Світлофори дорожні – транспортні, пішохідні та спеціальні (виконуються певного типу відповідно ДСТУ 4092-2002 «Світлофори дорожні. Загальні технічні умови, правила застосування та вимоги безпеки»); дорожні огородження і напрямні пристрої (виконуються відповідно ДСТУ 2735-94 «Огороження дорожні та напрямні пристрої»). Згідно з запропонованою схемою ОДР буде необхідний монтаж наступних елементів АСУДР: 4 датчики пішохідного потоку; 3 світлофори типу Т 1.3; 4 світлофорні об'єкти типу Т 1.9, 1 додаткова регулюєма стрілка зеленого кольору, для простоти розрахунків, так як інформації про вартість цього об'єкту немає в загальному доступі приймемо її аналогічною до різниці вартості світлофорних об'єктів Т 1.9 та Т 1.3. Також при розрахунках не буде враховуватися необхідність закупки контролерів АСУДР за рахунок можливості переналаштовування тих, що використовуються у поточній системі. Роботи по монтажу світлофорних об'єктів буде встановлено на рівні 20% від вартості обладнання.

Відповідно до запропонованої схеми ОДР на перехресті необхідний монтаж наступних дорожніх знаків:

- "Дати дорогу" (2.1) 12 шт;
- "Головна дорога" (2.3) 2 шт;
- "Рух праворуч" (4.2) 1 шт;
- "Об'їзд перешкоди з правого або лівого боку" (4.9) 2 шт;
- "Круговий рух" (4.10) 7 шт;
- "Напрямки руху по смугах" (5.16) 2 шт;
- "Початок додаткової смуги руху" (5.20) 1 шт;
- "Пішохідний перехід" (5.38) 4 шт;
- "Підземний пішохідний перехід" (5.40) 4 шт.

А також 2 елементи вертикальної дорожньої розмітки 2.3.2, разом 36 шт.

Таблиця 4.1 - Розрахунок бюджету на встановлення технічних засобів організації дорожнього руху та будівельні роботи

1. Витрати на демонтаж дорожніх знаків та елементів АСУДР							
№ Елемента	Назва знаку	К-сть знаків, шт.	Норма часу робітників в, люд.год.	Вартість роботи робітників, грн./год.	Норма роботи техніки, маш.год.	Вартість оренди техніки, грн./год.	Загальна вартість робіт, грн.
1	2	3	4	5	6	7	8
2.1	Дати дорогу	2	0,35	27,9	0,35	600	439,53
2.3	Головна дорога	2	0,35	27,9	0,35	600	439,53
4.7	Об'їзд перешкоди з правого боку	2	0,35	27,9	0,35	600	439,53
4.9	Об'їзд перешкоди з правого або лівого боку	2	0,35	27,9	0,35	600	439,53
5.16	Напрямки руху по смугах	3	0,35	27,9	0,35	600	659,3
5.18	Напрямок руху по смузі	7	0,35	27,9	0,35	600	1 538,36
5.38	Пішохідний перехід	4	0,35	27,9	0,35	600	879,06
5.69	Місце зупинки	2	0,35	27,9	0,35	600	439,53
7.8	Напрямок головної дороги	2	0,35	27,9	0,35	600	439,53
2.3.1	Вертикальна дорожня розмітка	2	0,35	27,9	0,35	600	439,53

1	2	3	4	5	6	7	8
2.3.2	Вертикальна дорожня розмітка	2	0,35	27,9	0,35	600	439,53
СД Т1.3 ТВЧ-СС	Світлофор дорожній світлодіодний	3	0,35	27,9	0,35	600	659,3
СД П1.1- СС	Світлофор пішохідні з відліком часу	2	0,35	27,9	0,35	600	439,53

Всього за статтею витрат «демонтаж дорожніх знаків та елементів АСУДР», грн.

6153,43

2. Витрати на роботи пов'язані з підземним переходом

Найменування робіт	Норма часу робітників, люд.год.	Вартість роботи р-ків, грн./год.	Норма роботи техніки, маш.год.	Вартість оренди техніки, грн./год.	Загальна вартість робіт, грн.
1	2	3	4	5	6
Демонтаж асфальтового покриття та земельні роботи екскаватором	6,55	48	6,55	600	4 244,4
Монтаж залізобетонних конструкцій	30,4	27,9	7,6	350	3 508,16

Найменування робіт	Одиниці вимірювання у.о. виконуваних робіт	Кількість умовних одиниць виконуваних робіт	Вартість одиниці виконуваних робіт, грн.	Загальна вартість робіт, грн.
1	2	3	4	5
Вивіз ґрунту	рейс	23	3500	80 500
Асфальтування	м ²	140	900	126 000
Всього за статтею витрат «роботи пов'язані з підземним переходом», грн.				214 252,56
3. Витрати на матеріали для підземного переходу				
Назва	Маркування	Кількість	Ціна за одиницю, грн.	Загальна вартість, грн.
1	2	3	4	5
Залізобетонна плита перекриття	ПБ 100.10.32-8К7В(320/БК)П	36	16581	596 916
Залізобетонна плита перекриття	ПБ 35.10,7.22-8К7(А1К)П	40	3324	132 960
Сходовий марш	2ЛМФ 36.12.15	8	5140	41 120
Всього за статтею витрат «матеріали для підземного переходу», грн.				770 996

4. Витрати на встановлення дорожніх знаків

№ знаку	Назва знаку	Необ- хідна к-ть знаків, шт.	Наявна к-ть знаків, шт.	Ціна за знак, грн.	Необ- хідна к- ть стійок, шт.	Ціна за стійку, грн.	Нормо- години мон- тажних робіт, люд.год	Вар- тість роботи робіт- ників, грн./год.	Загальна вартість, грн.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.1	Дати дорогу	12	2	925	8	542,17	0,52	27,9	13761,456
2.3	Головна дорога	2	2	675	-	-	0,52	27,9	29,016
4.2	Рух праворуч	1	-	675	-	-	0,52	27,9	689,508
4.9	Об'їзд перешкоди з правого або лівого боку	2	2	700	2	542,17	0,52	27,9	1113,356
4.10	Круговий рух	7	-	850	-	-	0,52	27,9	6051,556
5.16	Напрямки руху по смугах	2	-	3514	-	-	0,52	27,9	7057,016
5.20	Початок додаткової смуги руху	1	-	800	-	-	0,52	27,9	814,508
5.38	Пішохідний перехід	4	4	750	-	-	0,52	27,9	58,032
5.40	Підземний пішохідний перехід	4	-	750	-	-	0,52	27,9	3058,032

6. Витрати на елементи АСУДР

Тип об'єкту	Найменування	Необхід- на к-сть, шт.	Наявна к- сть, шт.	Ціна за одиницю, грн.	Загальна вартість, грн.
1	2	3	4	5	6
Світлофор транспортний	СД Т1.3 ТВЧ-СС	3	3	607	0
Світлофор транспортний	СД Т1.9 ТВЧ-СС	4	-	924	3 696
Керована табличка зі стрілкою зеленого кольору	-	1	-	317	317
Світлофор пішохідний	СД П1.1-СС	2	2	414	0
Датчик пішохідний		4	-	16636,12	66 544,48
Дорожній знак прямокутник	Знак прямокутник відповідно до ДСТУ 4100:2021	4	-	4050	16200
Вартість монтажних робіт (20% від вартості обладнання), грн.					17881,3
Всього за статтею витрат «витрати на елементи АСУДР», грн.					100942,78

7. Витрати на дорожню розмітку										
№ розмітки	Довжина розмітки, м.	Площа розмітки, м ²	Витрати фарби, л/м ²	Загальний об'єм фарби, л.	Вартість фарби, грн./л.	Норми часу із розрахунку на 1000м (або 1м ²)		Вартість роботи робітників, грн./год.	Вартість оренди техніки, грн./год.	Загальна вартість, грн.
						Робітники в, люд.год.	Техніки, маш.год.			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1.3	43,3	8,66	0,6	5,196	37,41	3,28	1,64	27,9	771	253,1
1.5	311,28	15,57	0,6	9,342	37,41	1,64	0,82	27,9	771	560,53
1.7	43,56	2,18	0,6	1,308	37,41	1,64	0,82	27,9	771	78,47
1.12	17,5	3,54	0,6	2,124	37,41	0,22 (м ²)	0,11 (м ²)	27,9	771	401,42
1.13	45	11,25	0,6	6,75	37,41	0,22 (м ²)	0,11 (м ²)	27,9	771	1275,68
1.14.1	10,5	12	0,6	7,2	37,41	0,22 (м ²)	0,11 (м ²)	27,9	771	1360,73
1.16	-	308,86	0,15	46,329	37,41	0,22 (м ²)	0,11 (м ²)	27,9	771	29823,37
1.18	-	18	0,6	10,8	37,41	0,22 (м ²)	0,11 (м ²)	27,9	771	2041,09

[illegible]

Деталі з розрахунком бюджету на встановлення технічних засобів організації дорожнього руху, витрат на демонтаж існуючих елементів ОДР та АСУДР, земельні роботи та відповідні будівельні роботи наведені у таблиці 4.1.

4.2. Розрахунок ефекту від впровадження вдосконаленої моделі організації дорожнього руху

Розрахунок ефектів від змін в ОДР на перехрестях та елементах ВДМ охоплює широкий спектр факторів, включаючи економічні, екологічні, технічні, соціальні та юридичні аспекти. Цей комплексний підхід дозволяє оцінити не лише вигоди від покращення руху та безпеки, а й потенційні витрати та негативні наслідки для суспільства. Розрахунок юридичного, технічного та екологічного ефектів не розглядаються в даній кваліфікаційній роботі.

Розрахунок соціального ефекту від змін в ОДР на перехрестях включає оцінку зниження аварійності, травматизму, екологічних і економічних факторів, а також впливу на якість життя громадян.

Соціальний ефект від впровадження нової моделі ОДР полягає у взаємодії набору показників та ефектів, таких як зниження кількості дорожньо-транспортних пригод, зменшення травматизму та смертності, покращення якості життя, тощо. Для отримання математичного відображення величини зміни цих показників необхідно володіти не лише поточними значеннями, як то кількість ДТП у розрахунку на одиниці ТЗ, що користуються ВДМ, число ДТП за рік із загибеллю, травмуванням і матеріальним збитком, але й аналогічними показниками після впровадження змін в ОДР. Оскільки дана кваліфікаційна робота не має практичної реалізації то подібні розрахунки можливі лише в області прогнозування і будуть мати похибки при розрахунках. У зв'язку з чим пропонується зупинитися саме на розрахунку економічного ефекту.

При розрахунку економічної ефективності беруться до уваги витрати, як експлуатаційні, так і капітальні, безпосередньо пов'язані з впровадженням організаційних і технічних заходів, з покращенням ОДР. Ефективність капітальних

вкладень у проведення заходів з організації дорожнього визначається співвідношенням економії коштів, що сталася після впровадження заходів, з капітальними витратами, необхідними для здійснення цих заходів.

Оцінка економічної ефективності запропонованих заходів ґрунтується на абсолютній величині економічного ефекту:

$$E_{\Pi} = E_B - E_H \cdot K_H, \quad (4.1)$$

де E_B - очікувана економія в результаті впровадження організаційних і технічних заходів, грн;

E_H - основні вкладення на реконструкцію і модернізацію ділянки ВДМ, грн;

K_H - нормативний коефіцієнт ефективності основних вкладень.

Очікувана економія від впровадження організаційних і технічних заходів визначається наступним чином:

$$E_B = \Delta\Pi_{\text{пр}} \cdot B_{\text{пр}}, \quad (4.2)$$

де $\Delta\Pi_{\text{пр}}$ - зміна загальної величини простоїв на перехресті, год;

$B_{\text{пр}}$ - ціна 1 години простоїв транспортних засобів, грн.

А також на зіставленні абсолютної величини економічного ефекту із витрати на проведення запропонованих заходів (K), або на визначені терміну окупності собівартості ($T_{\text{ок}}$):

$$T_{\text{ок}} = K/E_{\Pi}, \quad (4.3)$$

Для розрахунків використаємо дані затримок одержані з імітаційної моделі:

- Кількість затримок ТЗ до впровадження заходів – 43293,73 год/рік;
- Кількість затримок авто-год після впроваджених заходів – 18065,61 год/рік.

Для визначення середньої вартості затримки 1 ТЗ за одну годину, що є комплексним показником, врахуємо середнє значення витрат палива для легкових та вантажних автомобілів, що складає 1,7 л/год, середню вартість палива 55 грн/л та середню погодину ставку водія в розмірі 42,6 грн/год [43][44]. Для спрощення розрахунків затримки пішоходів і пасажирів громадського транспорту не будуть враховані у зв'язку з відсутністю відповідних даних.

Отже розрахункови вартість простою 1 ТЗ за годину складатиме 136,1 грн/год.

Розрахуємо очікувану економію від впровадження організаційних і технічних заходів:

$$E_B = (43293,73 - 18065,61) \cdot 136,1 = 3\,433\,547,13 \text{ грн/рік}$$

Тоді абсолютна величина економічного ефекту, з урахуванням коефіцієнту ефективності капіталовкладень у розмірі 0,15 [45] [46], складатиме:

$$E_{\Pi} = 3\,433\,547,13 - 1\,167\,312,08 \cdot 0,15 = 3\,258\,450,32 \text{ грн}$$

А отже термін окупності собівартості капітальних вкладень для перехрестя, що розглядається буде менше 1-го року, а саме:

$$T_{\text{ок}} = \frac{1\,167\,312,08}{3\,258\,450,32} = 0,36 \text{ року}$$

Виходячи з розрахунків наведених вище можна зробити однозначний висновок про величину капітальних вкладень, що згідно розрахунків складають 1 167 312,08 грн., і неопосередковано підтверджують масштабність змін. Однак величина розрахованої очікуваної економії від впровадження організаційних та технічних змін удосконаленої ОДР та, як результат малий термін окупності капітальних вкладень, що зумовлені значним зменшенням часу затримок ТЗ та загальною величиною транспортного потоку на перехресті, говорять про економічну

ефективність запропонованих заходів та доцільність розгляду проекту для впровадження.

ВИСНОВКИ

В магістерській кваліфікаційній роботі було виконано аналіз існуючого стану організації дорожнього руху на перехресті на площі Героїв Майдану у м. Вінниця. Методом натурних досліджень було зібрано та проаналізовано показники інтенсивності та складу транспортного потоку. Визначено конфліктні точки та, на їх основі, розраховано складність перехрестя. Проведено аналіз аварійної ситуації в межах перехрестя та причин їх виникнення. Проведено дослідження та аналіз режимів роботи світлофорної сигналізації на досліджуваному перехресті, аналіз пофазного роз'їзду транспортних потоків та визначено недоліки існуючої системи організації дорожнього руху.

З урахуванням найбільш насичених напрямків транспортних потоків, а саме IV-I та I-IV, тобто взаємообмін транспортними потоками між вулицями В'ячеслава Чорновола та Магістратською, а також напрямками організації дорожнього руху, моделями та підходами розведення транспортних потоків було розроблено декілька схем удосконалення ОДР на перехресті, з яких було обрано найперспективнішу для подальшого аналізу, а саме модель кільцевої розв'язки з елементами турбокільця.

Було розроблено імітаційну модель існуючого стану ОДР на площі Героїв Майдану у м.Вінниця засобами програмного забезпечення PTV Vissim. Для підвищення функціональної точності моделі було розроблено та запропоновано метод розрахунку параметру часу затримки імітаційної моделі при рішенні правил пріоритету роз'їзду, що враховує геометричні розміри ТЗ, смуг руху та взаєморозміщення головної та другорядної смуг руху. На основі моделі існуючого стану ОДР та запропонованих заходів з її удосконалення було побудовано імітаційну модель удосконаленої схеми організації дорожнього руху, та проведено порівняльний аналіз.

Згідно з проведеним аналізом запропонована вдосконалена модель організації дорожнього руху на площі Героїв Майдану у м.Вінниця дозволяє досягти збільшення пропускної здатності перехрестя в межах від 4% до 28%, в залежності від напрямку. Також було покращено показники часу простою від 38%, для вулиці

Магстратської з напрямку IV, до 95%, для вулиці Магстратської з напрямку II. В цілому за рахунок впровадження рекомендованої схеми ОДР вдалося досягти покращення пропускної здатності перехрестя на 14,5%. Що доводиться порівняльним аналізом створених імітаційних моделей існуючої та запропонованої схеми ОДР реалізованої засобами програмного забезпечення PTV Vissim.

Згідно розробленої удосконаленої схеми організації дорожнього руху було проведено розрахунок економічної ефективності запропонованих заходів. Розрахунок необхідних капіталовкладень за кошторисом витрат на технічні засоби організації дорожнього руху склав 1 167 312,08грн. Однак термін окупності, який згідно з розрахунками, склав 0,36 року за рахунок зменшення більш ніж на 50% річного показника часу простою на перехресті говорить про економічну доцільність таких капіталовкладень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кашканов В.А., Осьмірко С.О.. Дослідження руху транспортного потоку на вуличнодорожній мережі міста. // Матеріали X-ої міжнародної науково-технічної інтернетконференції «Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту», 14-15 квітня 2022 року: збірник наукових праць, Вінниця: ВНТУ, 2022. 331с. URL: <https://press.vntu.edu.ua/index.php/vntu/catalog/view/683/1213/2431-1>
2. Кашканов В. А. , Зьора І. Є.. Актуальність удосконалення регулювання дорожнього руху на перехресті вулиць Івана Богуна та В'ячеслава Чорновола міста Вінниця. // Матеріали LIII науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 20-22 березня 2024 р., Вінниця: ВНТУ, 2024. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2024/paper/view/20512>
3. Кашканов В. А. , Зьора І. Є.. Модель інженерно-технічного рішення покращення дорожньої розв'язки на площі героїв майдану у м. Вінниця засобами PTV VISSIM.// Матеріали міжнародної науково-практичної інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих науковців «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2024)» , 20 травня 2024 р. Вінниця: ВНТУ, 2024. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2024/paper/viewFile/21522/17842>
4. Системологія на транспорті: Кн. IV: Організація дорожнього руху / Гаврилов Е.В., Дмитриченко М.Ф., Доля В.К. та ін. – К.: Знання України, 2007. 452с.
5. Кашканов А. А., Кужель В. П.. Організація дорожнього руху / ВНТУ – Вінниця, 2017. 125 с.
6. Лобашов О. О. Практикум з дисципліни «Організація дорожнього руху» : навч. посіб. Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х. : ХНАМГ, 2011. 221 с.
7. Толок О. В., Волошин С. О.. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Технічні засоби організації дорожнього руху» (для студентів денної і заочної форм навчання напряму підготовки 6.070101). Горлівка: ДВНЗ «ДонНТУ» АДІ, 2013. 79с.
8. Кашканов В. А.. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни «Технологія проектування організації дорожнього руху» для студентів

магістерського рівня вищої освіти за спеціальністю 275 – «Транспортні технології (за видами)». Вінниця : ВНТУ, 2023. 88 с.

9. Офіційний портал головного управління Національної поліції у Вінницькій області: веб-сайт. URL: <https://vn.npu.gov.ua/> (дата звернення: 16.12.2024)

10. Training PTV Vissim. Basic course. © 2015 PTV Planung Transport Verkehr AG, Karlsruhe, Germany, 2015. 57p.

11. Manual PTV Vissim 2024. © 2023 PTV Planung Transport Verkehr GmbH, Karlsruhe, Germany, 2023. 1248p.

12. Getting to Know PTV Vissim. PTV Vissim Self-Training Modul. : веб-сайт. URL: <https://us-resources.ptvgroup.com/en-us/ptv-academy/getting-to-know-ptv-vissim> (дата звернення: 16.12.2024)

13. Кашканов А. А., Кашканова А. А.. Невизначеність довідкових значень часу реакції водія в розслідуванні дорожньо-транспортних пригод. // Матеріали V міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту», 13-14 квітня 2017 р. Вінниця : ВНТУ, 2017. С. 50-55. URL: <http://atmconf.vntu.edu.ua/materialy2017.pdf>

14. Кишун В. А.. Класифікація дорожніх легкових автомобілів // Наукові нотатки. Вип. 36, 2012. С. 137-143. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nn_2012_36_30

15. Вступ до фаху. Транспортні технології (автомобільний транспорт) : навчальний посібник. 2-ге вид. перероб. і доп. / Біліченко В. В., Кужель В. П., Кашканов А. А., Романюк С. О. Вінниця : ВНТУ, 2019. 121 с.

16. Асоціація міжнародних автомобільних перевізників України. Допуски ватажного транспорту : веб-сайт. URL: http://www.asmap.org.ua/info/dan_par.pdf (дата звернення: 16.12.2024)

17. PowerSportsGuide. Motorcycle Dimension Chart: веб-сайт. URL: <https://powersportsguide.com/average-motorcycle-dimensions/> (дата звернення: 16.12.2024)

18. Хітров І. О.. Дослідження безпечності перехрестя з круговим рухом. // Вісник машинобудування та транспорту Т.9, №2, 2023, С. 175-182. URL: <https://doi.org/10.31649/2413-4503-2023-18-2-175-182>

19. Про схвалення Стратегії підвищення рівня безпеки дорожнього руху в Україні на період до 2024 року. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 21 жовтня 2020р. №1360-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1360-2020-%D1%80> (дата звернення: 16.12.2024)

20. Pedestrian planning and design guide. NZ Transport Agency. 2009. 187p. URL: <https://www.nzta.govt.nz/assets/resources/pedestrian-planning-guide/docs/pedestrian-planning-guide-superseded.pdf>

21. Global status report on road safety: time for action. Geneva, World Health Organization, 2009. URL: https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/44122/9789241563840_eng.pdf

22. European facts and the Global status report on road safety. 2015. URL: http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0006/293082/European-facts-Global-StatusReport-road-safety-en.pdf

23. European Commission (2021) Road safety thematic report – Speeding. European Road Safety Observatory. Brussels, European Commission, Directorate General for Transport., 2021. URL: https://road-safety.transport.ec.europa.eu/system/files/2021-07/road_safety_thematic_report_speeding.pdf

24. ITF (2022), Road Safety Annual Report 2022, OECD Publishing, Paris, 2022. URL: <https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/irtad-road-safety-annual-report-2022.pdf>

25. Pedestrians: 2022 data (Traffic Safety Facts. Report No. DOT HS 813 590). National Center for Statistics and Analysis. National Highway Traffic Safety Administration. U.S. Department of Transportation, 2024. URL: <https://crashstats.nhtsa.dot.gov/Api/Public/ViewPublication/813590>

26. Нагребельна Л. П., Беленчук О. В., Кононенко А. О.. Підняті пішохідні переходи, як засіб забезпечення безпеки пішоходів // Науково-виробничий журнал "Автошляховик України", № 2. 2018. С. 47-50. URL: http://journal.insat.org.ua/wp-content/uploads/2022/10/2_2018.pdf

27. Грицунь О. М., Вельган А. І.. Дослідження тривалості затримок транспортних засобів при проїзді нерегульованого пішохідного переходу // Сучасні

технології в машинобудуванні та транспорті, 2(19). Львів: аціональний університету «Львівська політехніка», 2022. С. 72-80. URL:

<https://doi.org/10.36910/automash.v2i19.905>

28. Гілевич В. В., Могила І. А., Міхоцький О. С.. Визначення граничних меж влаштування нерегульованих пішохідних переходів за критерієм затримки транспортних засобів // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Динаміка, міцність та проектування машин і приладів, № 838. 2016. С. 146-152. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VNULPDM_2016_838_23

29. Paulo R. A., Peter J., Estimating preferences for different types of pedestrian crossing facilities // Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour Volume 52, January 2018. P. 222-237. URL: <https://doi.org/10.1016/j.trf.2017.11.025>

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

31. Очеретенко С. В., Огульчанська Д. С.. Підвищення ефективності світлофорного регулювання на перехресті // Системи управління, навігації та зв'язку. Збірник наукових праць. Полтава: ПНТУ, Т. 2 (60), 2020. С. 51-55. URL: <https://doi.org/10.26906/SUNZ.2020.2.051>

32. А.А. Кашканов, О.В. Пальчевський. Ефективність методів адаптивного управління фазами світлофорного регулювання при оптимізації дорожнього руху. // Матеріали XVI-ої Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту», 23-25 жовтня 2023 р. Збірник наукових праць, Вінниця : ВНТУ, 2023. С.-157-159. URL: <https://press.vntu.edu.ua/index.php/vntu/catalog/view/802/1398/2667-1>

33. Roundabouts: An Informational Guide – Second Edition. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, Washington, DC: The National Academies Press, 2010. URL: <https://doi.org/10.17226/22914>.

34. Parikh G., Hourdos J.. Evaluation of safety and mobility of two-lane roundabouts : final report. Minnesota Traffic Observatory;University of Minnesota. Dept. of Civil,

Environmental, and Geo-Engineering, 2017. URL:

<https://rosap.ntl.bts.gov/view/dot/32617>

35. Kennedy J., Peirce J., Summersgill I.. Review of accident research at roundabouts // Transportation research circular 2005.E-C083, 2005. 14 p. URL:

https://onlinepubs.trb.org/Onlinepubs/circulars/ec083/14_Kennedypaper.pdf

36. NCHRP report 672. Roundabouts: An Informational Guide. Washington: National Academy of Sciences, 2010. 407 p. URL:

<https://nacto.org/docs/usdg/nchrprpt672.pdf>

37. Sulmicki M.. Don't Push the Red Button: A Case Against Manual Pedestrian Detection in Urban Areas // Transportation Research Procedia, Volume 14, 2016. P. 4314-4323. URL: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.05.353>

38. Alshannaq M., Imam R.. Evaluating the safety performance of roundabouts. // Transport Problems, 15(1), 2020. P. 141–152. DOI:10.21307/TP-2020-013

39. Gallelli V., Vaiana R.. Safety Improvements by Converting a Standard Roundabout with Unbalanced Flow Distribution into an Egg Turbo Roundabout: Simulation Approach to a Case Study. Sustainability. № 11(2), Department of Civil Engineering, University of Calabria, Italy, 2019. 466p. URL:

<https://doi.org/10.3390/su11020466>

40. Вінницькі комунальники розробили "розумний" світлофор. ДержВінниця : веб-сайт. URL: <https://vn.depo.ua/ukr/vn/vinnitski-komunalniki-rozrobili-rozumniy-svitlofor-10062016145000> (дата звернення: 16.12.2024).

41. Норми часу на ремонтно-будівельні роботи. Автомобільні дороги та мости / Безуглий А. О., Ілляш С. І., Нагайчук В. М., Ракович І.В.. Державне агентство автомобільних доріг України (Укравтодор) Київ/ 201X. 174с.

42. Інженерна геологія : навч. посіб. для студ. природознавчих, будівельних та екологічних спец. вищ. навч. закладів / Стріжельчик Г. Г., Єгупов В. Ю., Храпатова І. В., Сухов В. В.. Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2018. 440 с.

43. Про умови оплати праці робітників, зайнятих обслуговуванням органів виконавчої влади, місцевого самоврядування та їх виконавчих органів, органів прокуратури, судів та інших органів. : наказ М-ва розвитку економіки, торгівлі та

сільського господарства України від 23.03.2021 р. № 609. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0474-21> (дата звернення: 16.12.2024).

44. Міжгалузева угода №57. Федерація роботодавців комунальної інфраструктури, енергетики та житлово-комунального господарства України : веб-сайт. URL: <https://fru-gkh.com/sites/agreement/10> (дата звернення: 16.12.2024).

45. Оцінка економічної ефективності капітальних вкладень // Підручники онлайн. : веб-сайт. URL: https://pidru4niki.com/80400/ekonomika/otsinka_ekonomichnoyi_efektivnosti_kapitalnih_vkladen (дата звернення: 25.11.2024).

46. Нікіфорова Л. О.. Економіка та організація виробництва. Електронний навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2015. 132 с. URL: https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/fmib/18nikiforova_ekonomika_organizaciya_vyrobnytva/p8.html

47. Методичні вказівки до виконання магістерських кваліфікаційних робіт для студентів спеціальності 275 «Транспортні технології (за видами) спеціалізації 275.03 «Транспортні технології (на автомобільному транспорті)» [Електронний ресурс] / Уклад. В. В. Біліченко, С. В. Цимбал, В. П. Кужель. Вінниця: ВНТУ, 2024. 82 с.

48. Швець В. В. Кашканов В. А., Галіброда В. В.. Оцінка функціонування вулично-дорожньої мережі м. Вінниці. // Вісник машинобудування та транспорту. Науковий журнал. Вінниця: ВНТУ, №1(7). 2018. С. 120-126.

49 Praktychnyi posibnyk dlia audytoriv ta inspektoriv bezpeky avtomobilnykh dorih. Spetsialne vydannia posibnyka, adaptovane do umov bezpeky avtomobilnykh dorih Ukrainy, finansovane hlobalnym fondom bezpeky dorozhnoho rukhu Svitovoho banku v ramkakh initsiatyvy hlobalnoi bezpeky avtomobilnykh dorih blahodiinoho fond Blumberha. Belhrad: Avto-moto asotsiatsiia Serbii, Tsentr avtotransportu, 2022. 74 p.

50 Бугайов І.С., Холодова О.О., Бугайова М.О.. Оцінка ефективності застосування методів каналізування руху на вулично-дорожній мережі міста. // Сучасні технології в машинобудування та транспортні, №2(21). 2023. С.-40-50. DOI: 10.36910/automash.v2i21.1207

51 Тягунова М. Ю., Карнаух Д.М.. Доцільність розробки інтелектуальних систем регулювання руху на перехрестях. // Наукові праці ДонНТУ Серія “Інформатика, кібернетика та обчислювальна техніка”, №1(38), 2024. С. 71-76. DOI: 10.31474/1996-1588-2024-1-38-71-76

52 Лобашов О. О., Прасоленко О. В.. Практикум з дисципліни «Організація дорожнього руху»: навч. посіб. Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. Х. : ХНАМГ, 2011. 221 с.

53 Highway Capacity Manual 7th Edition: A Guide for Multimodal Mobility Analysis. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. Washington, DC: The National Academies Press. 2022. URL: <https://doi.org/10.17226/26432>.

54 Sigua R. G.. Fundamentals of traffic engineering. Quezon City: The University of the Philippines Press. 2008. 346p.

ДОДАТКИ

Додаток А
(обов'язковий)

ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

до магістерської кваліфікаційної роботи на тему:

**«Вдосконалення організації дорожнього руху транспортної розв'язки на площі
Героїв Майдану в місті Вінниці»**



Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту
Кафедра автомобілів та транспортного менеджменту

ВДОСКОНАЛЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ДОРОЖНЬОГО РУХУ ТРАНСПОРТНОЇ РОЗВ'ЯЗКИ НА ПЛОЩІ ГЕРОЇВ МАЙДАНУ В МІСТІ ВІННИЦІ

Графічна частина
До магістерської кваліфікаційної роботи
зі спеціальності 275 – Транспортні технології

Розробив студент гр. ІТТ-23м
Керівник к.т.н., доцент

Зьора І. Є.
Кашканов В. А.

Вінниця ВНТУ 2024

Мета дослідження - запропонувати заходи для удосконалення ОДР на транспортній розв'язці на площі Героїв Майдану у м.Вінниця. Розробити схему організації дорожнього руху, запропонувати облаштування світлофорних об'єктів, дорожніх знаків та розмітки.

Завдання дослідження

- провести аналіз дорожнього перетину, існуючої схеми та стану організації дорожнього руху, огляд дорожньо-транспортної ситуації та провести натурні дослідження транспортних потоків;
- провести теоретичні дослідження методів та підходів вдосконалення організації дорожнього руху на вулично-дорожній мережі;
- виконати імітаційне моделювання поточного стану організації дорожнього руху, розробити та запропонувати заходи з удосконалення схеми ОДР на досліджуваному перехресті, виконати імітаційну модель запропонованих удосконалень;
- виконати розрахунок ефективності запропонованих заходів.

Методи досліджень

У процесі підготовки магістерської кваліфікаційної роботи застосовувалися методи натурного дослідження, аналіз конфліктних точок, системний аналіз, лінійна алгебра, чисельні методи розрахунку фізичних процесів, геометричне моделювання та комп'ютерне моделювання засобами PTV Vissim.

Об’єкт дослідження – це існуючий процес ОДР на транспортній розв’язці, що розглядається.

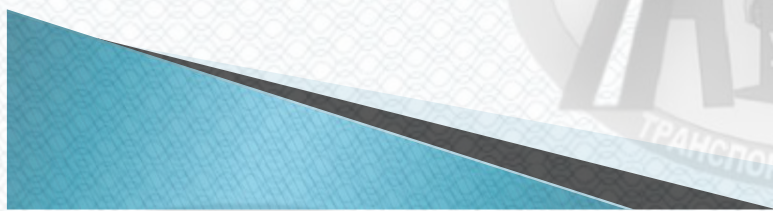
Предмет дослідження – це методи управління транспортними потоками та ефективність засобів організації дорожнього руху.

Новизна одержаних результатів.

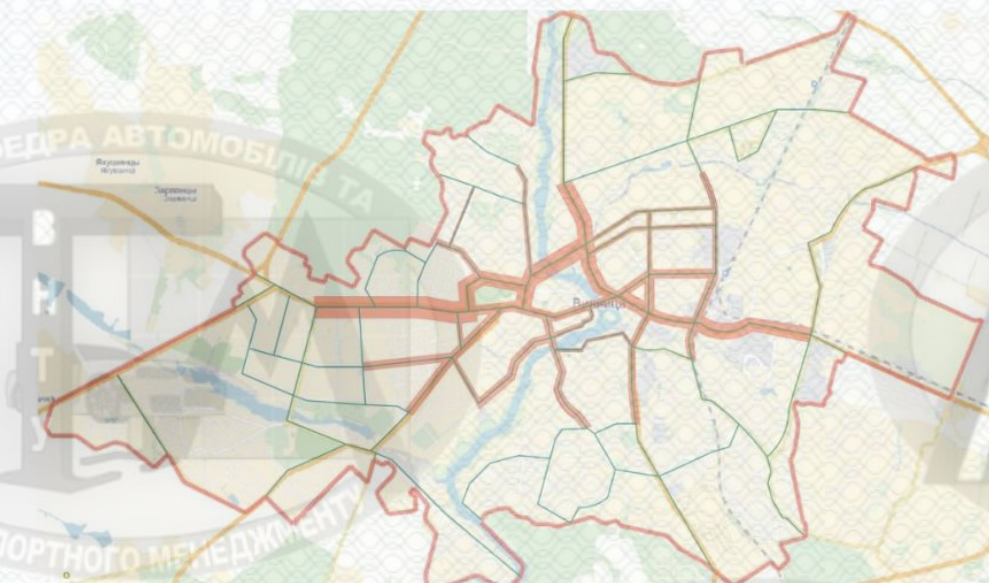
Полягає у розробці комплексу заходів з організації дорожнього руху для покращення безпекових та технічних характеристик дорожнього перетину. Вперше було запропоновано методику розрахунку параметру мінімального часу затримки правил пріоритету при імітаційному моделюванні з великою точністю з урахуванням типів транспортних засобів.

Практичне значення.

Розроблена нова схема ОДР та імітаційна модель організації дорожнього руху на площі Героїв Майдану м. Вінниця підвищує пропускну здатність перехрестя та безпеку як транспортного так і пішохідного потоків і може бути передана для розгляду і впровадження у Департамент транспорту та міської мобільності Вінницької міської ради.

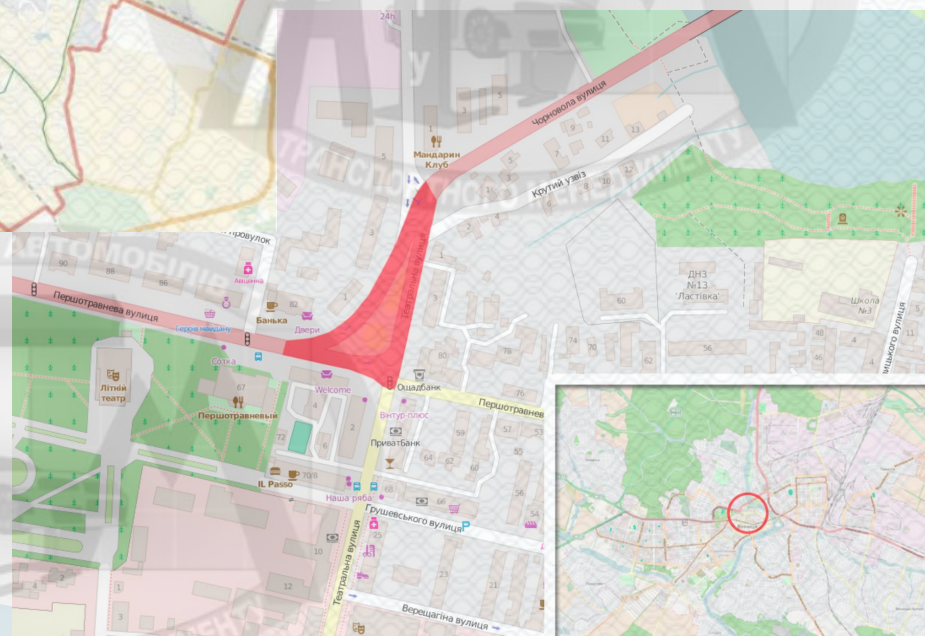


Площа Героїв Майдану як відрізок ВДМ м. Вінниці



- Знаходиться в центральній частині міста
- Прилягає до одного з 3 мостів через р. Південний Буг

- Велика кількість маршрутів громадського транспорту
- Є частиною автошляху М 21

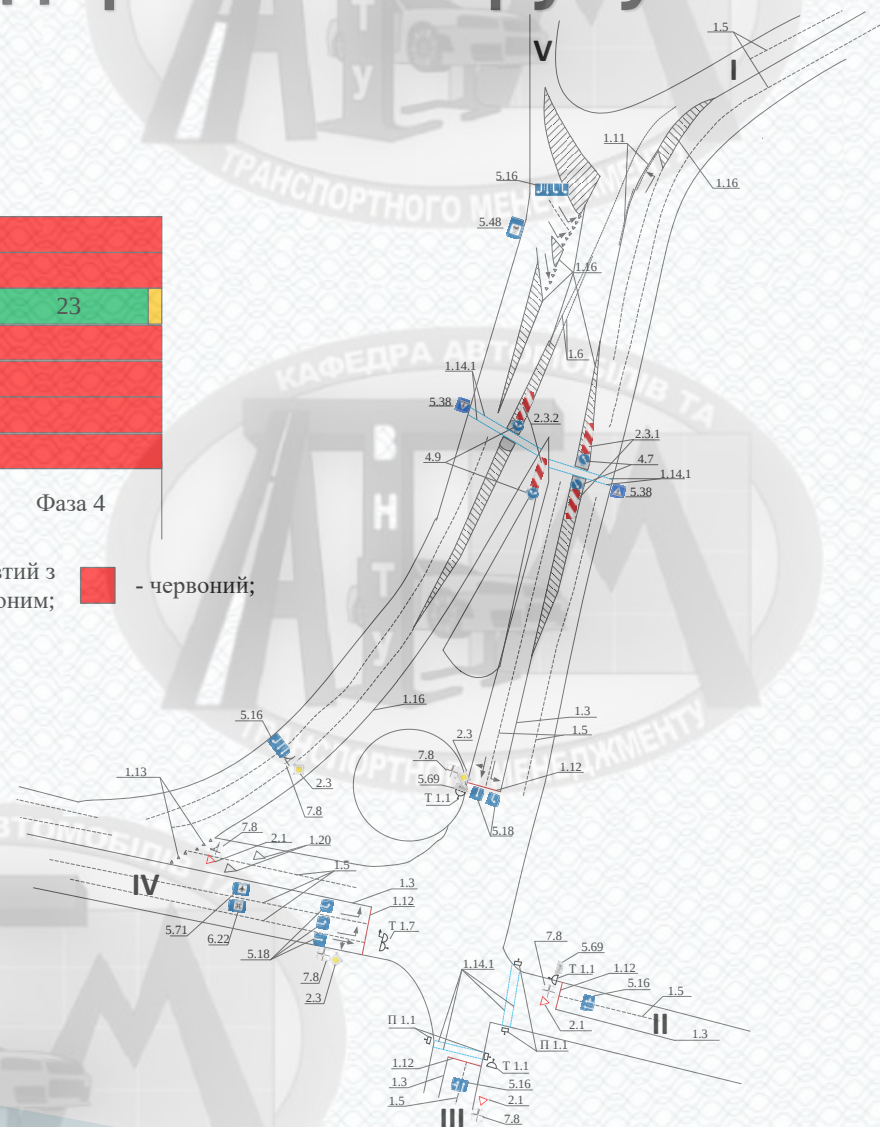
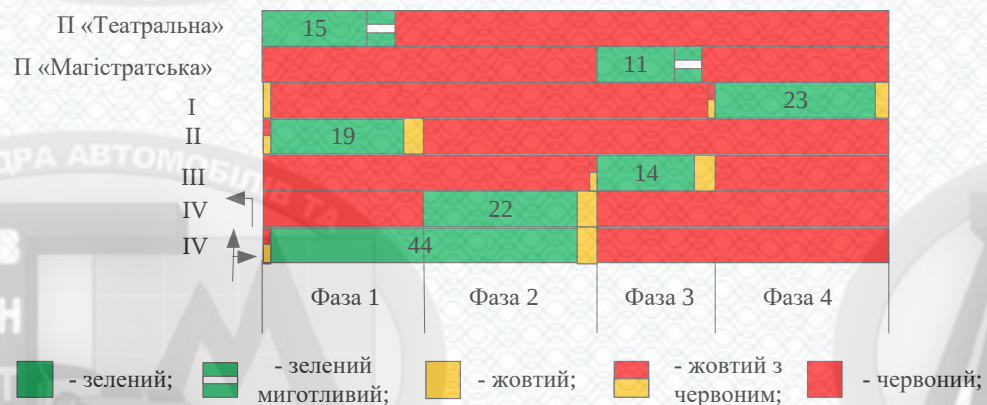


Дорожній перетин на площі Героїв Майдану у м. Вінниця



Схема організації дорожнього руху на перехресті

6



Пофазові схеми роз'їзду на перехресті

7

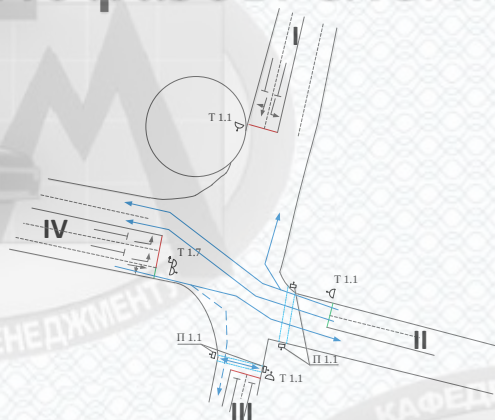


Схема руху на перехресті у 1й фазі

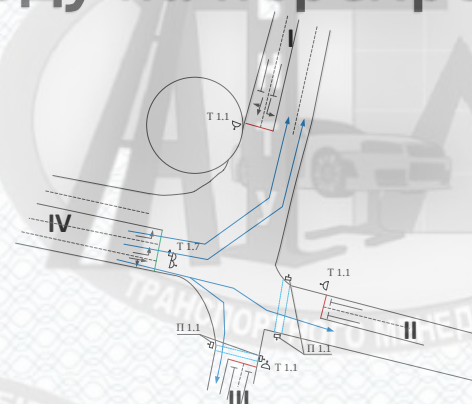


Схема руху на перехресті у 2й фазі

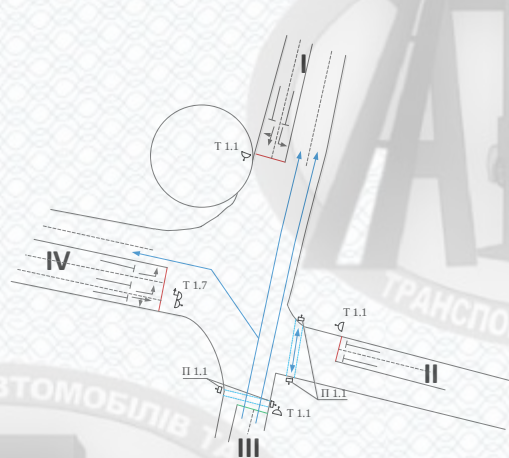


Схема руху на перехресті у 3й фазі

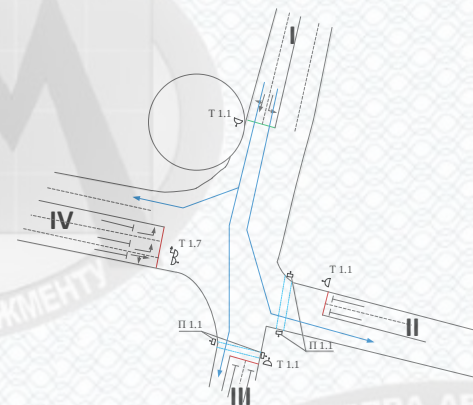
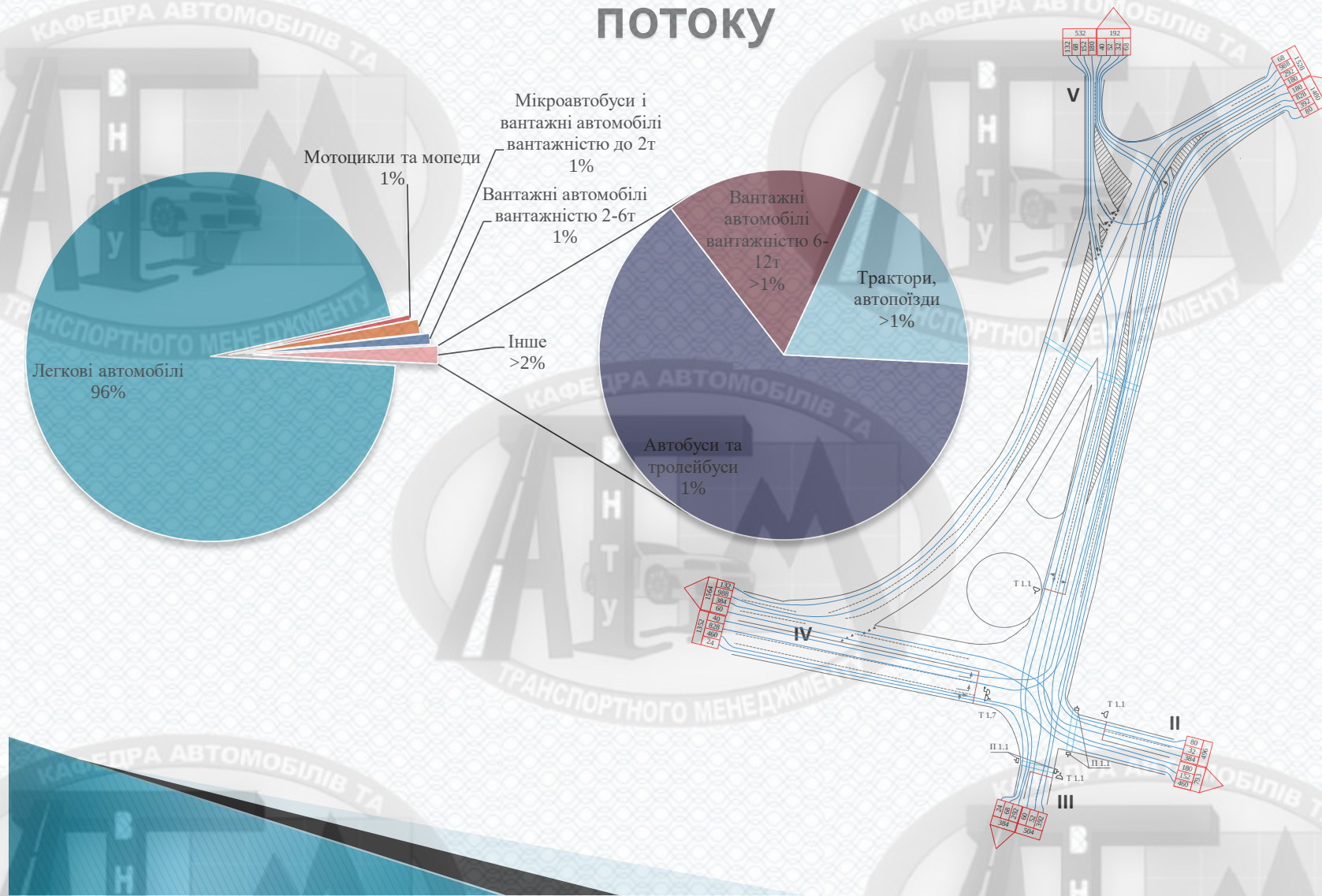


Схема руху на перехресті у 4й фазі

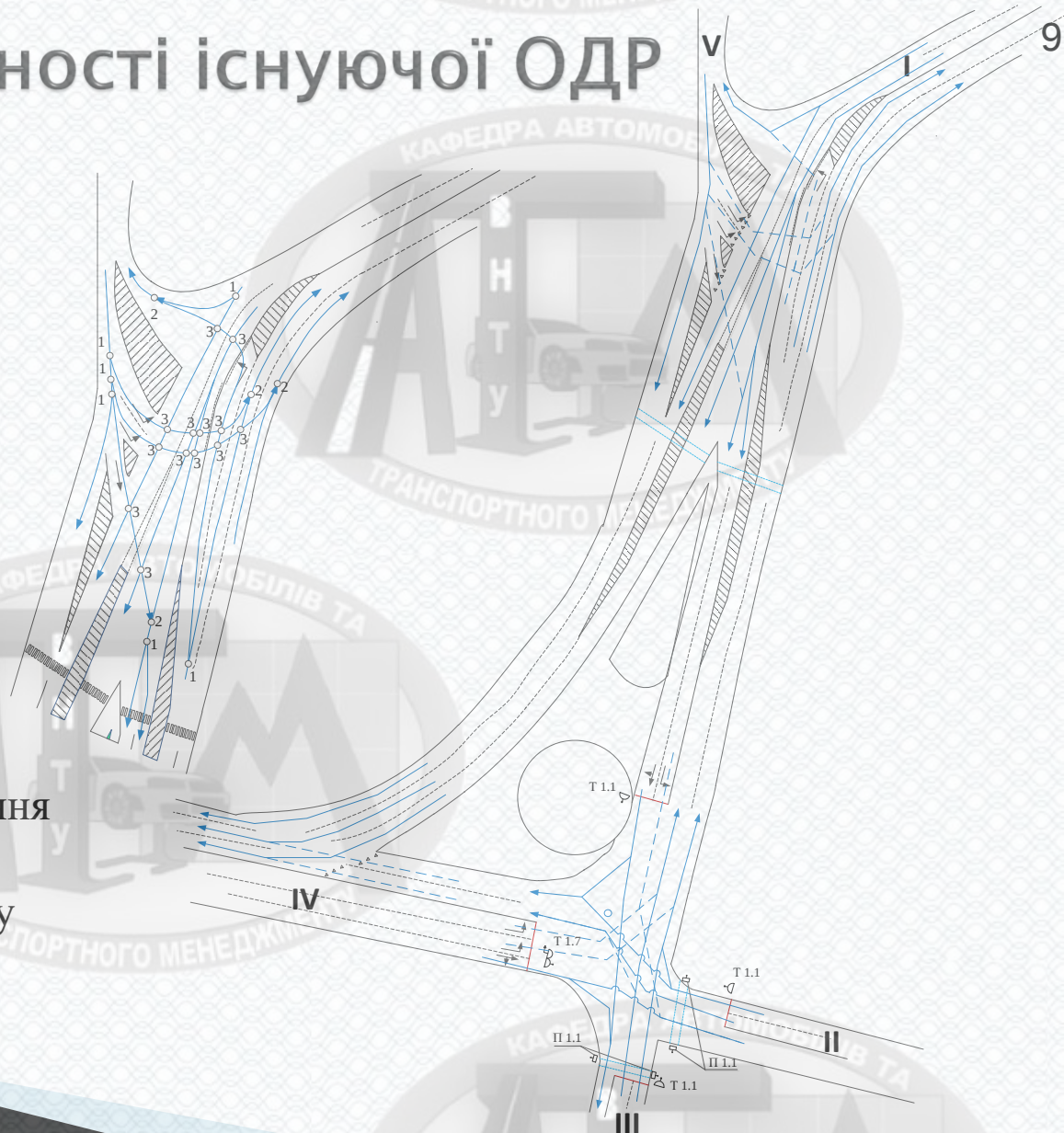


Дослідження існуючого транспортного потоку



Аналіз складності існуючої ОДР

- 1 – конфлікти відхилення
- 2 – конфлікти злиття
- 3 – конфлікти перетину

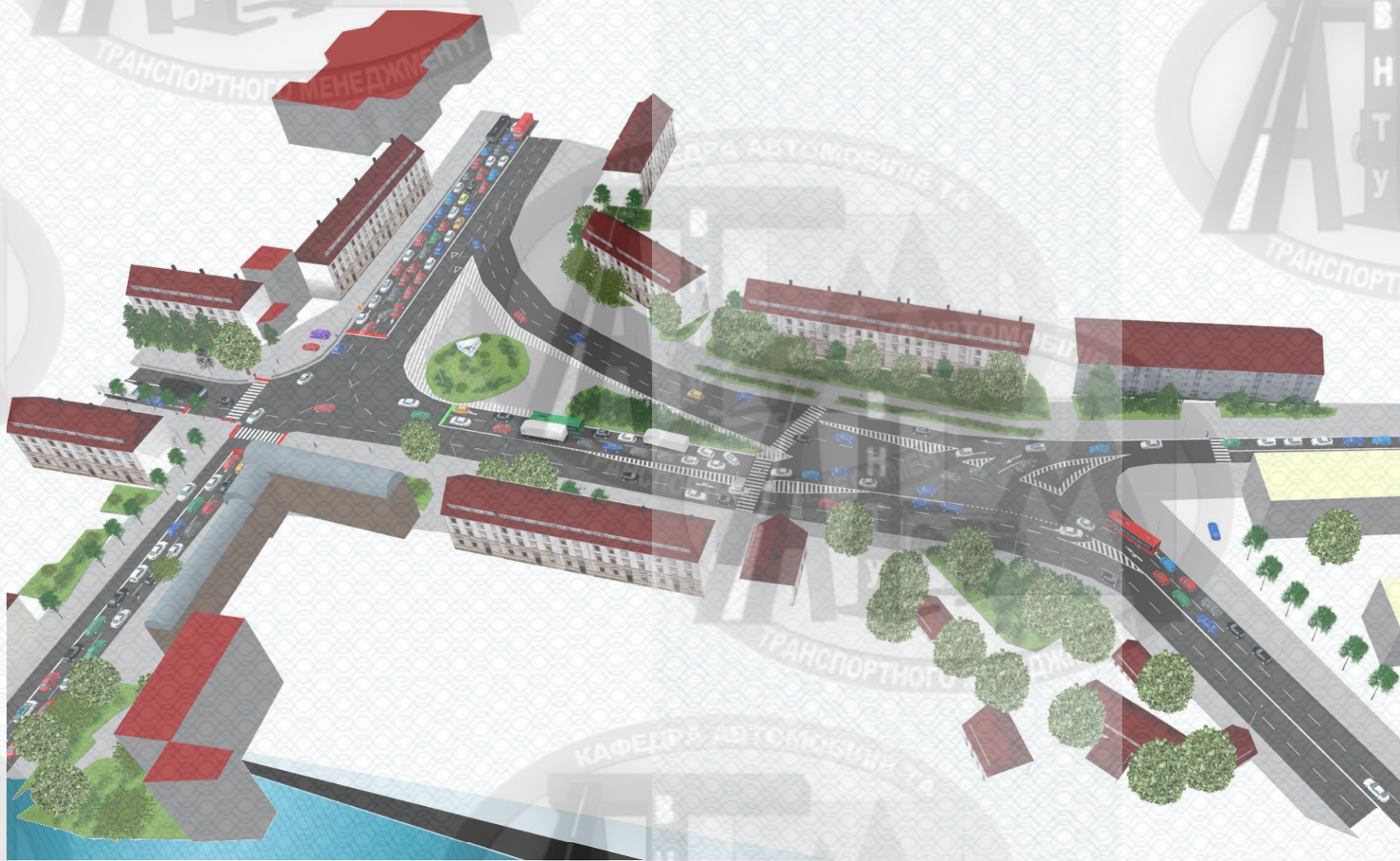


10

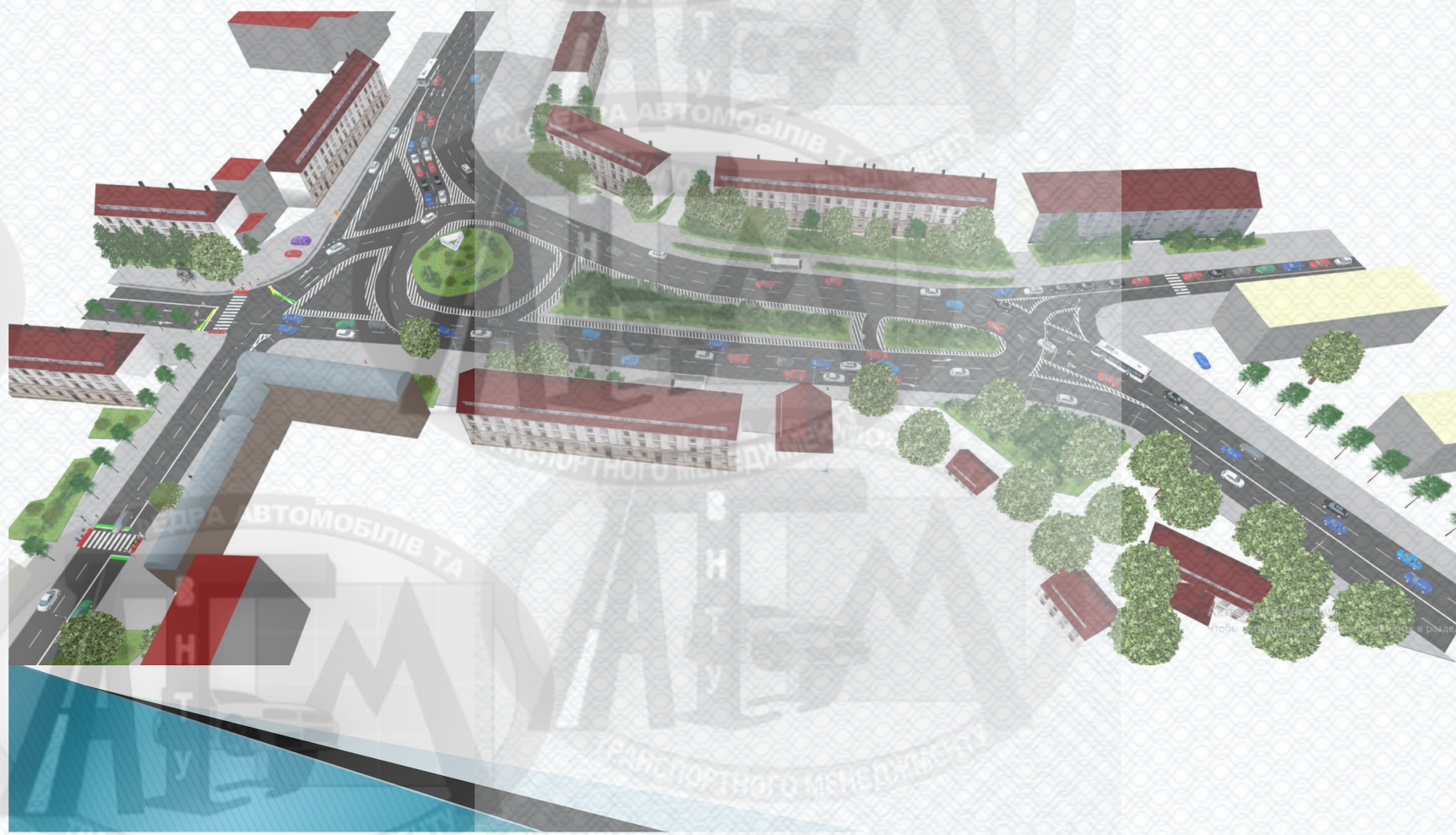


Імітаційна модель існуючої ОДР

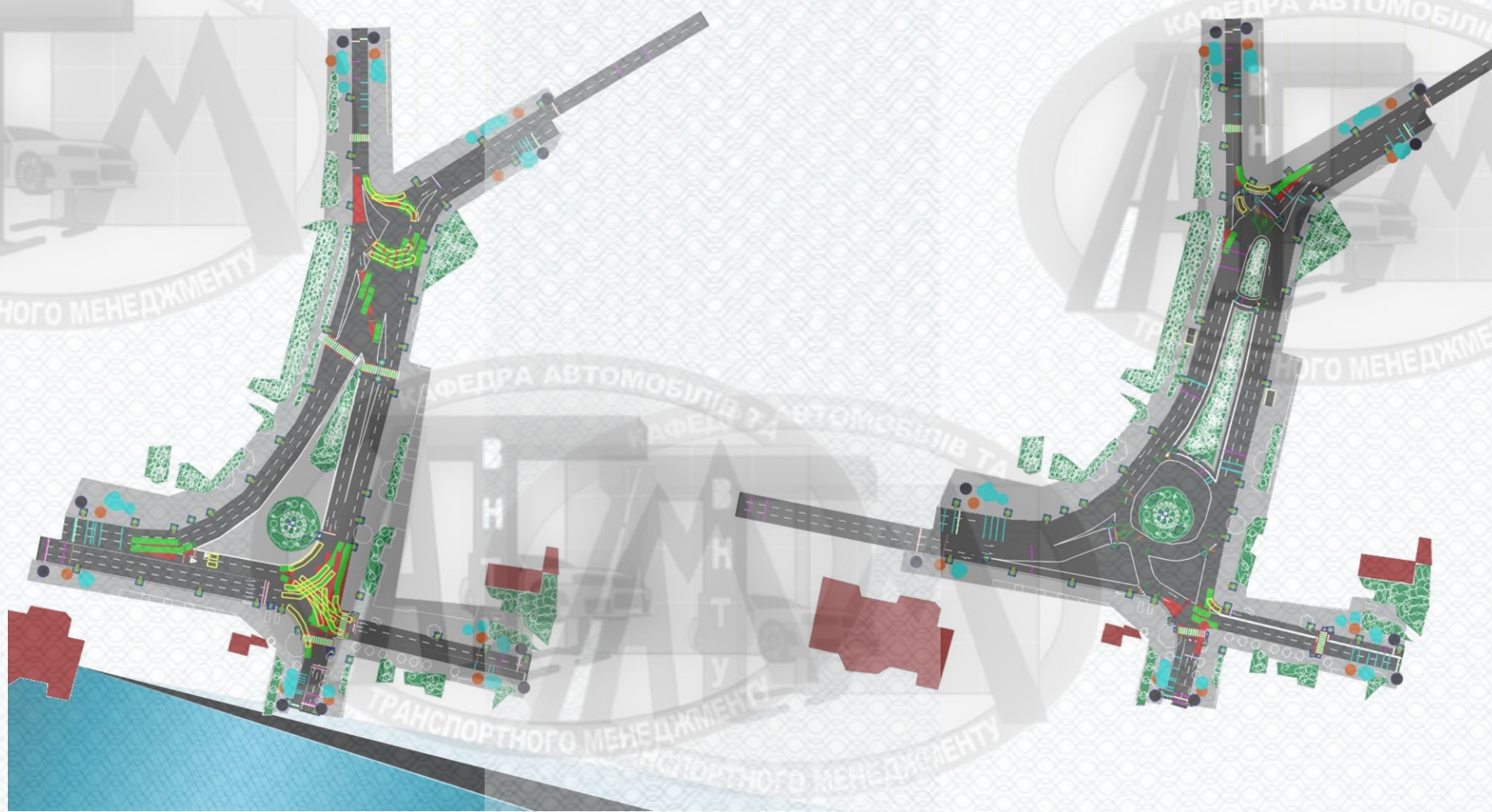
11



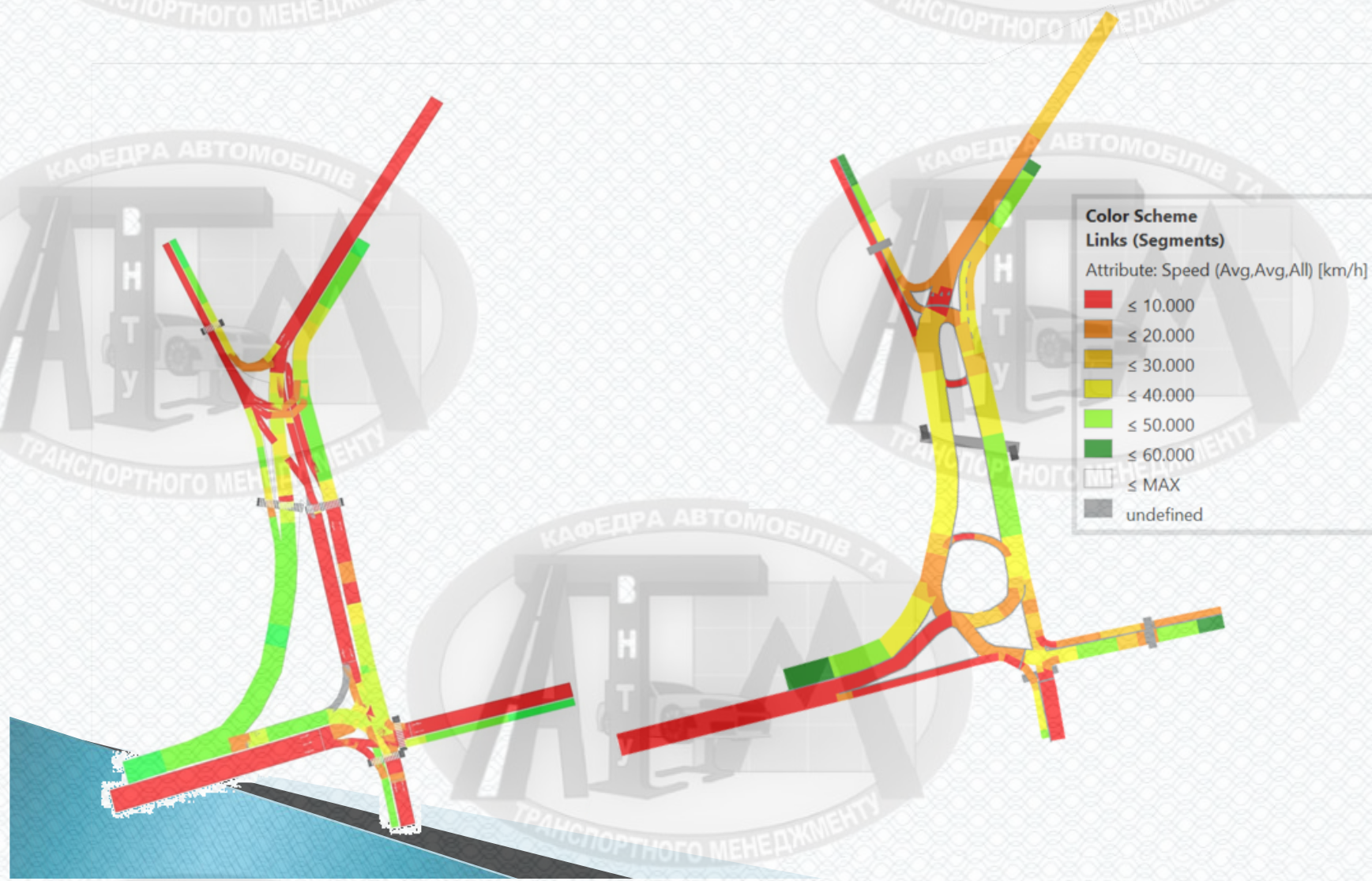
Імітаційна модель запропонованої ОДР



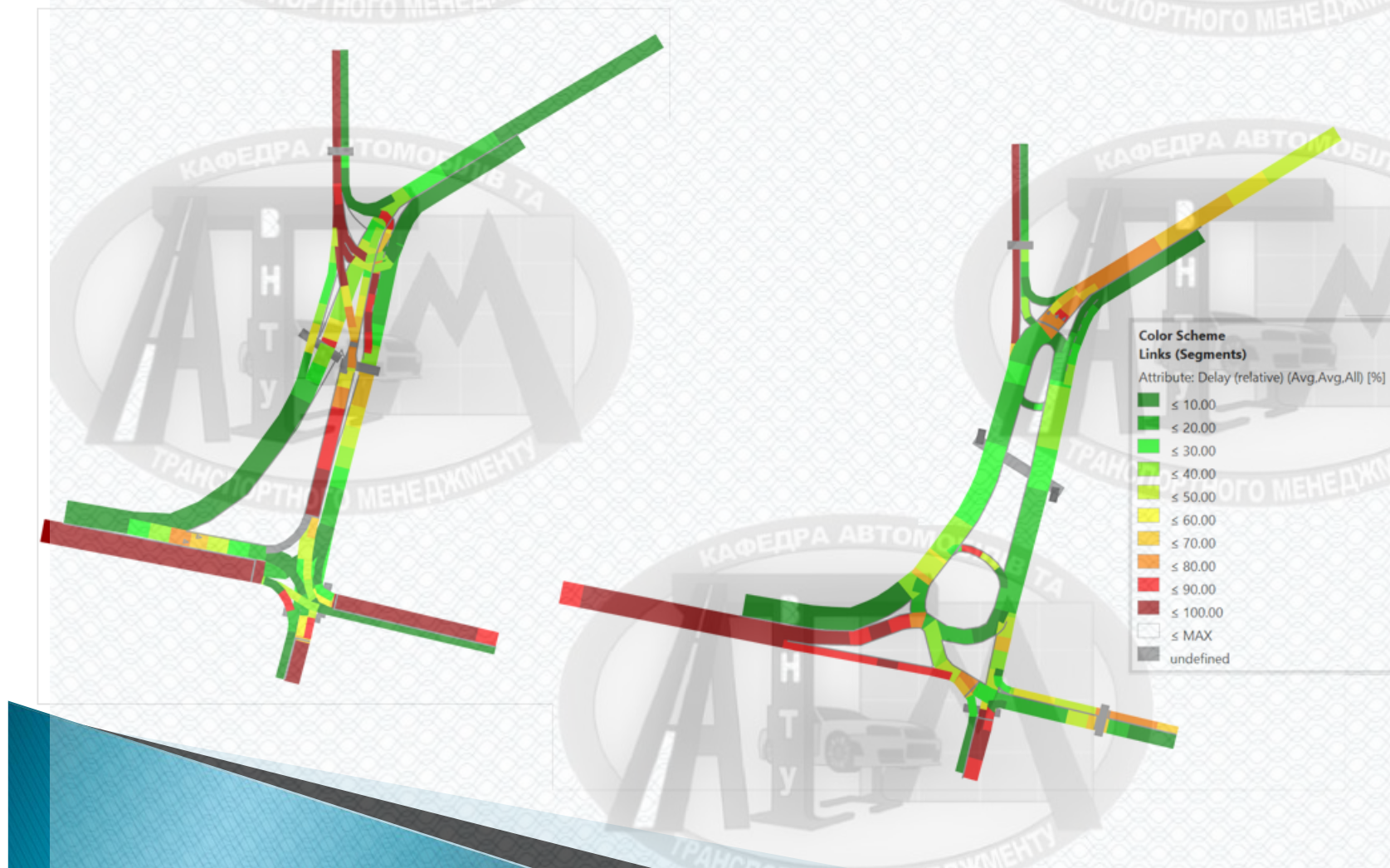
Порівняння схем моделей



Аналіз результатів: середня швидкість



Аналіз результатів: час затримки



Порівняльний аналіз схем ОДР

	Чорновола		Магістрацька		Театральна		Магістрацька (з мосту)		Івана Богуна	
	До	Після	До	Після	До	Після	До	Після	До	Після
Середня довжина затору (м)	1,24	42,9	85,25	87,68	14,72	11,21	53,11	2,78	47,51	49,73
Час у заторі (с)	0,1	2,66	27,49	78,98	9	3,47	22,22	1,7	16,45	9,96
Час простою (с)	12,34	5,2	122,29	47,01	36,62	15,37	95,77	5,05	165,4	67,48
Час затримки ТЗ (с)	22,68	25,66	166,92	86,11	53,29	33,26	123,43	21,97	209,03	125,97
Кількість ТЗ/год	1501	1568	824	1059	473	590	468	518	285	329

Основні висновки по роботі

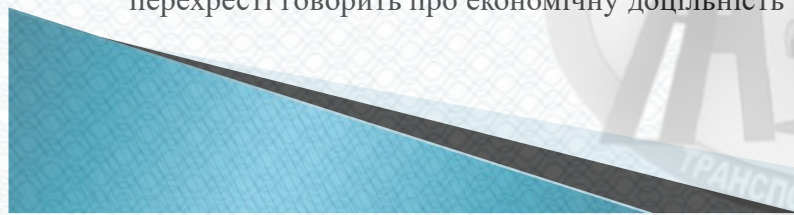
17

В магістерській кваліфікаційній роботі було виконано аналіз існуючого стану організації дорожнього руху на перехресті на площі Героїв Майдану у м. Вінниця. Методом натурних досліджень було зібрано та проаналізовано показники інтенсивності та складу транспортного потоку. Визначено конфліктні точки та, на їх основі, розраховано складність перехрестя. Проведено аналіз аварійної ситуації в межах перехрестя та причин їх виникнення. Проведено дослідження та аналіз режимів роботи світлофорної сигналізації на досліджуваному перехресті, аналіз пофазного роз'їзду транспортних потоків та визначено недоліки існуючої системи організації дорожнього руху.

Було розроблено імітаційну модель існуючого стану ОДР на прощі Героїв Майдану у м.Вінниця засобами програмного забезпечення PTV Vissim. Для підвищення функціональної точності моделі було розроблено та запропоновано метод розрахунку параметру часу затримки імітаційної моделі при рішенні правил пріоритету роз'їзду, що враховує геометричні розміри ТЗ, смуг руху та взаємо-розміщення головної та другорядної смуг руху. На основі моделі існуючого стану ОДР та запропонованих заходів з її удосконалення було побудовано імітаційну модель удосконаленої схеми організації дорожнього руху, та проведено порівняльний аналіз.

Згідно з проведеним аналізом запропонована вдосконалена модель організації дорожнього руху на площі Героїв Майдану у м.Вінниця дозволяє досягти збільшення пропускної здатності перехрестя в межах від 4% до 28%, в залежності від напрямку. Також було покращено показники часу простою від 38%, для вулиці Магстратської з напрямку IV, до 95%, для вулиці Магстратської з напрямку II. В цілому за рахунок впровадження рекомендованої схеми ОДР вдалося досягти покращення пропускної здатності перехрестя на 14,5%. Що доводиться порівняльним аналізом створених імітаційних моделей існуючої та запропонованої схеми ОДР реалізованої засобами програмного забезпечення PTV Vissim.

Згідно розробленої удосконаленої схеми організації дорожнього руху було проведено розрахунок економічної ефективності запропонованих заходів. Розрахунок необхідних капіталовкладень за кошторисом витрат на технічні засоби організації дорожнього руху склав 1 167 312,08грн. Однак термін окупності, який згідно з розрахунками, склав 0,36 року за рахунок зменшення більш ніж на 50% річного показника часу простою на перехресті говорить про економічну доцільність таких капіталовкладень.



Додаток Б
(обов'язковий)

Протокол перевірки МКР на плагіат

ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Вдосконалення організації дорожнього руху транспортної розв'язки на площі Героїв Майдану в місті Вінниці

Тип роботи: Магістерська кваліфікаційна робота
(БДР, МКР)

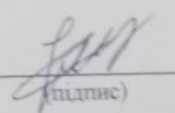
Підрозділ кафедра автомобілів та транспортного менеджменту
(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Turnitin

Оригінальність 85% Схожість 15%

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

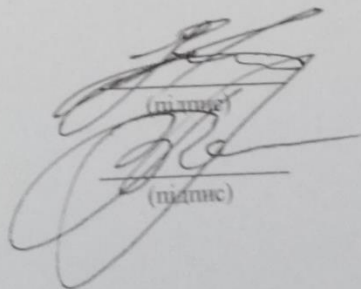
- ☒ 1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
- ☐ 2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.
- ☐ 3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку 
(підпис)

Цимбал О.В.
(прізвище, ініціали)

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Turnitin щодо роботи.

Автор роботи


(підпис)

Зьора І.С.
(прізвище, ініціали)

Керівник роботи

Кашканов В.А.
(прізвище, ініціали)