

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Транспортний
(повне найменування, факультету)

«Транспортні технології»
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

бакалавра
(ступінь вищої освіти)

на тему ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ РУХУ ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ В
ТРАНСПОРТНОМУ ВУЗЛІ ІЗ НАЯВНИМ ТРАМВАЙНИМ РУХОМ

Виконав(ла): студент(ка) IV курсу, групи Тз-310

Спеціальності 275 Транспортні технології
(за видами)
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)
«Організація перевезень і логістичне управління
на автомобільному транспорті»

СЕМЕНОВ О.О.
(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

Керівник _____
ВЕРЕМЕСНКО Л.А.
(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

Рецензент _____
АРТЮХ О.М.
(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Факультет Транспортний
Кафедра «Транспортні технології»
Ступінь вищої освіти бакалавр
Спеціальність 275 «Транспортні технології (за видами)»
(код і найменування)
Освітня програма (спеціалізація) «Організація перевезень і логістичне управління на автомобільному транспорті»
(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

«Транспортні технології»

Сергій ТУРПАК

«20» травня 2024 року

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

СЕМЕНОВА Олексія Олександровича

(ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Підвищення безпеки руху транспортних потоків в транспортному вузлі із наявним трамвайним рухом

керівник проєкту (роботи) ВЕРЕМЕСНКО Лілія Анатоліївна,
(науковий ступінь, вчене звання, ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «29» травня 2024 року №248

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 10.06.2024 р.

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) існуючі характеристики транспортних та пішохідних потоків, існуюча вулично-дорожня мережа, існуючі схеми організації дорожнього руху

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1 Аналітична частина, 2 Розрахункова частина, 2.1 Підвищення рівня безпеки руху транспортного вузла, 2.1.1 Аспекти забезпечення безпеки дорожнього руху, 2.1.2 Основні проблеми забезпечення безпеки руху на перехрестях із наявним трамвайним рухом, 2.1.3 Підвищення безпеки руху на перехресті вул. Незалежної України – вул. В. Зайцева, 2.2 Приведення режимів регулювання у відповідність до наявних обсягів руху, 2.2.1 Сучасні аспекти регулювання перехресть, 2.2.2 Перевірка необхідності корегування режимів роботи світлофорів на перехресті вул. Незалежної України – вул. В. Зайцева, 2.3 Усунення недоліків в організації дорожнього руху на перехресті, 2.3.1 Усунення недоліків в застосуванні дорожніх знаків, 3 Економічна частина

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

Презентація дипломної роботи

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1	ВЕРЕМЕСНКО Л.А., старш. викл.		
2	ВЕРЕМЕСНКО Л.А., старш. викл.		
3	ХАРЧЕНКО Т.В., старш. викл.		

7. Дата видачі завдання «20» травня 2024 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Аналітична частина	20.05. – 24.05.	
2	Розрахункова частина	24.05. – 30.05.	
3	Спеціальна частина	30.05. – 02.06.	
4	Економічна частина	02.06. – 06.06.	
5	Оформлення дипломної роботи, підготовка презентації та доповіді, перевірка дипломної роботи на плагіат, отримання рецензії та захист роботи	06.06. – 20.06.	

Студент(ка)


(підпис)

Олексій СЕМЕНОВ
(Ім'я, ПРИЗВИЩЕ)

Керівник проекту (роботи)


(підпис)

Лілія ВЕРЕМЕСНКО
(Ім'я, ПРИЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 59 стор., 19 табл., 20 рис., 7 використаних джерел.

БЕЗПЕКА РУХУ, ДОРОЖНІЙ ЗНАК, ДОРОЖНЯ РОЗМІТКА, ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ, ОБСЯГИ РУХУ, ОРГАНІЗАЦІЯ ДОРОЖНЬОГО РУХУ, ПЕРЕХРЕСТЯ, ПІШОХІДНИЙ ПЕРЕХІД, РЕЖИМИ РЕГУЛЮВАННЯ, СВІТЛОФОР, ТРАМВАЙ, ТРАНСПОРТНИЙ ПОТІК

Об'єкт дослідження – міське перехрестя з наявним трамвайним рухом.

Мета роботи – поліпшення організації руху транспортних потоків та підвищення їх безпеки.

Метод дослідження – аналітичний.

В дипломній роботі розглянуте перехрестя із наявним трамвайним рухом вул. Незалежної України – вул. В. Зайцева міста Запоріжжя, запропоновано ряд заходів для підвищення загальної безпеки транспортних та пішохідних потоків.

Зібрані основні характеристики транспортних та пішохідних потоків на зазначеному перехресті. Визначена потенційна складність цього перехрестя.

Приділено увагу значному підвищенню безпеки руху транспорту та пішохідів на перехресті вул. Незалежної України – вул. В. Зайцева. Запропоноване використання спеціальних настилів на трамвайному переїзді. Зроблена перевірка відповідності режимів регулювання на цьому перехресті наявним обсягам руху транспорту. Запропоновано зміну режимів регулювання в міжпикові години доби.

Виконані економічні розрахунки для обґрунтування комплексу запропонованих рішень.

ЗМІСТ

	с.
Завдання на дипломну роботу.....	2
РЕФЕРАТ.....	4
ВСТУП.....	7
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА.....	8
1.1 Загальні питання організації дорожнього руху в транспортних вузлах.....	8
1.1.1 Поняття транспортного вузла міської вулично-дорожньої мережі.....	8
1.1.2 Особливості організації руху в транспортних вузлах із наявним трамвайним рухом.....	9
1.2 Аналіз перехрестя вул. Незалежної України – вул. В. Зайцева.....	11
1.3 Розрахунок потенційної складності перехрестя вул. Незалежної України – вул. В. Зайцева	14
1.4 Дослідження транспортних та пішохідних потоків на перехресті вул. Незалежної України – вул. В. Зайцева.....	16
1.5 Аналіз загальної організації управління дорожнім рухом на перехресті вул. Незалежної України – вул. В. Зайцева.....	20
1.6 Загальний аналіз дорожньо-транспортних пригод на перехресті вул. Незалежної України – вул. В. Зайцева.....	24
1.7 Постановка задач на дипломну роботу.....	28
2 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА.....	29
2.1 Підвищення рівня безпеки руху транспортного вузла.....	29
2.1.1 Аспекти забезпечення безпеки дорожнього руху.....	29
2.1.2 Основні проблеми забезпечення безпеки руху на перехрестях із наявним трамвайним рухом.....	30

2.1.3 Підвищення безпеки руху на перехресті вул. Незалежної України – вул. В. Зайцева.....	32
2.2 Приведення режимів регулювання у відповідність до наявних обсягів руху.....	35
2.2.1 Сучасні аспекти регулювання перехресть	35
2.2.2 Перевірка необхідності корегування режимів роботи світлофорів на перехресті вул. Незалежної України – вул. В. Зайцева.....	38
2.3 Усунення недоліків в організації дорожнього руху на перехресті.	44
2.3.1 Усунення недоліків в застосуванні дорожніх знаків.....	44
2.3.2 Усунення недоліків в застосуванні дорожньої розмітки.....	44
2.3.3 Переробка схеми організації руху на перехресті вул. Незалежної України – вул. В. Зайцева.....	45
3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	48
ВИСНОВКИ.....	58
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	59

ВСТУП

Якісна організація руху транспортних потоків – одна з головних складових, які забезпечують нормальне функціонування будь-якого населеного пункту. Й чим більшим є цей населений пункт, тим складнішими є задачі організації дорожнього руху.

Місто, особливо велике місто, розвивається поступово, охоплюючи все більше території, формуючі при цьому вулично-дорожню мережу. Із ростом міста в ньому збільшується кількість населення, а, відповідно, й кількість транспорту. З плином часу вулиці та дороги особливо в центральних частинах міст починають переповнюватися транспортом через нестачу своєї пропускної спроможності. Виникають транспортні затори, знижуються швидкості руху, транспорт починає функціонувати неефективно.

З іншого боку при збільшенні кількості автомобільного транспорту гостро постає проблема безпеки руху. Зростання кількості та тяжкості дорожньо-транспортних пригод стає на сучасному етапі розвитку урбаністики однією із найважливіших проблем. Загальна безпека всіх учасників дорожнього руху, будь то водії чи пасажери транспортних засобів чи пішоходи, стає обов'язковим критерієм оцінки загального рівня організації руху транспортних потоків.

В цьому сенсі місто Запоріжжя, як одне з найбільших міст України, також потребує додаткової уваги до питань організації дорожнього руху. Місто Запоріжжя має розвинену вулично-дорожню мережу, але зі своїми особливостями та нюансами. Саме тому в дипломній роботі будуть розглядатися питання удосконалення організації руху транспортних потоків на певних елементах дорожньої мережі міста Запоріжжя.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Загальні питання організації дорожнього руху в транспортних вузлах

1.1.1 Поняття транспортного вузла міської вулично-дорожньої мережі

Найпростішим транспортним вузлом на вулично-дорожній мережі населеного пункту є перехрестя вулиць в одному рівні.

Перехрестя, які утворюються міськими вулицями, за характером організації руху поділяються на дві наступні групи:

- перехрестя в одному рівні;
- перехрестя в різних рівнях (транспортні розв'язки).

Транспортні розв'язки характерні для стабільно насичених рухом транспортних магістралей і в умовах існуючої забудови зустрічаються доволі не часто. Таким чином часто організовуються в'їзди-виїзди до великих міст, багатосмугових мостів через річки, тощо. Більшість же перехресть в містах є перехрестями першої групи, тобто перехрестями в одному рівні.

За своїм планувальним рішенням перехрестя в одному рівні можна класифікувати наступним чином:

- прості (не мають направляючих пристроїв, споруд, організуючих рух планувальних елементів);
- каналізовані (мають спеціальні островки, відокремлені спеціальні смуги руху(з'їзди), тощо).

Найбільш зручним для організації руху є перехрестя двох вулиць під кутом в 90° . В цьому випадку поворотні потоки будуть рухатися по оптимальним траєкторіям, звичним для водіїв, а розташування пішохідних переходів є зручним й на найкоротших відстанях.

Перехрестя вулиць під меншими кутами (особливо менше 60°) значно ускладнюють рух поворотних потоків. Виникають труднощі із розташуванням пішохідних переходів через особливості геометрії таких перехресть.

1.1.2 Особливості організації руху в транспортних вузлах із наявним трамвайним рухом

Організація руху в транспортних вузлах із наявним трамвайним рухом є складним і багатогранним процесом, який вимагає врахування численних аспектів для забезпечення ефективного, безпечного та зручного пересування пасажирів.

Один з найважливіших аспектів – це підтримка на високому рівні безпеки й комфорту пасажирів, які використовують трамваї. В цьому сенсі важливою стає інтеграція трамвайного руху з іншими видами транспорту. Основною задачею такої інтеграції є забезпечення зручних пересадок між трамваєм та іншими видами транспорту (автобусами, тролейбусами, метрополітеном). Для цього необхідно синхронізувати розклади руху, щоб мінімізувати час очікування пасажирів при пересадці. Це дуже складне завдання через неузгодженість перевізників на різних видах транспорту [1].

Наступний аспект – пріоритизація трамвайного руху. Щоб забезпечити безперебійний рух трамваїв, особливо у міських умовах з інтенсивним автомобільним трафіком, необхідно створювати виділені смуги для трамваїв. Це дозволяє уникнути заторів і забезпечити дотримання графіків руху. Доволі часто мережа трамвайних шляхів утворюється історично й не завжди відповідає цьому принципу [1].

Пріоритет для руху трамваїв також передбачений Правилами дорожнього руху України й реалізується здебільшого на перехрестях, де трамвайні маршрути перетинаються з автомобільними дорогами. В таких випадках застосовується система надання пріоритету для трамваїв. Це також може бути

реалізовано за допомогою застосування спеціальних режимів регулювання, які надають перевагу трамваям перед іншими учасниками дорожнього руху [1].

Важливими є сучасні інфраструктурні рішення. Для забезпечення безпеки пасажирів та зменшення часу зупинок трамваїв необхідно облаштовувати окремі платформи для посадки і висадки пасажирів. Ці платформи повинні бути добре освітлені, відповідно обладнані й бути доступними для маломобільних груп населення [1].

Для підвищення комфорту пасажирів та більшого їх залучення до використання трамваїв важливим бачиться використання сучасних технологій. Сучасні транспортні вузли повинні бути обладнані інформаційними системами, які надають пасажирам актуальну інформацію про розклад руху, можливі затримки та альтернативні маршрути. Це може бути реалізовано через мобільні додатки, інформаційні табло та, навіть, аудіо оголошення [1].

Для ефективного управління трамвайним рухом необхідно впроваджувати системи моніторингу, які в режимі реального часу відстежують рух трамваїв і дозволяють диспетчерам оперативно реагувати на виникаючі проблеми, наприклад, перенаправляти потоки або коригувати розклади [1].

Звісно використання трамваїв має свої екологічні аспекти. Трамвайний транспорт є одним з найбільш екологічно чистих видів транспорту, оскільки використовує електроенергію. Впровадження та розвиток трамвайного руху сприяє зниженню викидів шкідливих речовин у атмосферу, що особливо важливо в умовах великих міст [1].

Отже, організація руху в транспортних вузлах із наявним трамвайним рухом потребує комплексного підходу, що включає технічні, логістичні та, навіть, соціальні аспекти. Ефективна інтеграція трамваїв з іншими видами транспорту, пріоритизація трамвайного руху, сучасні інфраструктурні рішення та використання новітніх технологій сприяють створенню зручної, безпечної та екологічної транспортної системи. Це, у свою чергу, підвищує якість життя мешканців міст і сприяє сталому розвитку міської інфраструктури.

В якості прикладу такого транспортного вузла із наявним трамвайним рухом в дипломній роботі пропонується розглянути перехрестя вул. Незалежної України – вул. В. Зайцева.

1.2 Аналіз перехрестя вул. Незалежної України – вул. В. Зайцева

Перехрестя вул. Незалежної України – вул. В. Зайцева розташоване у Вознесенівському районі міста Запоріжжя.

Обидві вулиці є магістральними вулицями районного значення. Вулиця Незалежної України проходить повздовж проспекту Соборного. Вулиця В. Зайцева проходить поперек проспекта Соборного та поєднує вихід до основного промислового майданчику й Прибережну магістраль в центральній частині міста Запоріжжя.

В межах перехрестя вул. Незалежної України – вул. В. Зайцева вулиця Незалежної України має ширину проїжджої частини 8 метрів й по одній смузі руху в кожному напрямку з боку пр. Маяковського й 14 метрів і по дві смуги руху у кожному напрямку з боку вул. Я. Новицького. Вулиця В. Зайцева має ширину проїжджої частини 21 метр й по дві смуги руху в кожному напрямку. Трамвайні колії розташовані по центру вулиці В. Зайцева. Трамвайних колій дві для руху в обох напрямках. Перетин вулиць відбувається практично під кутом у 90°.

На рисунку 1.1 наведено розташування перехрестя вул. Перемоги – вул. В. Зайцева на вулично-дорожній мережі міста Запоріжжя.

Перехрестям вул. Незалежної України – вул. В. Зайцева проходять два трамвайних маршрути №№ 3, 16 та один автобусний маршрут № 70. Рух маршрутного пасажирського транспорту відбувається виключно вулицею В. Зайцева.

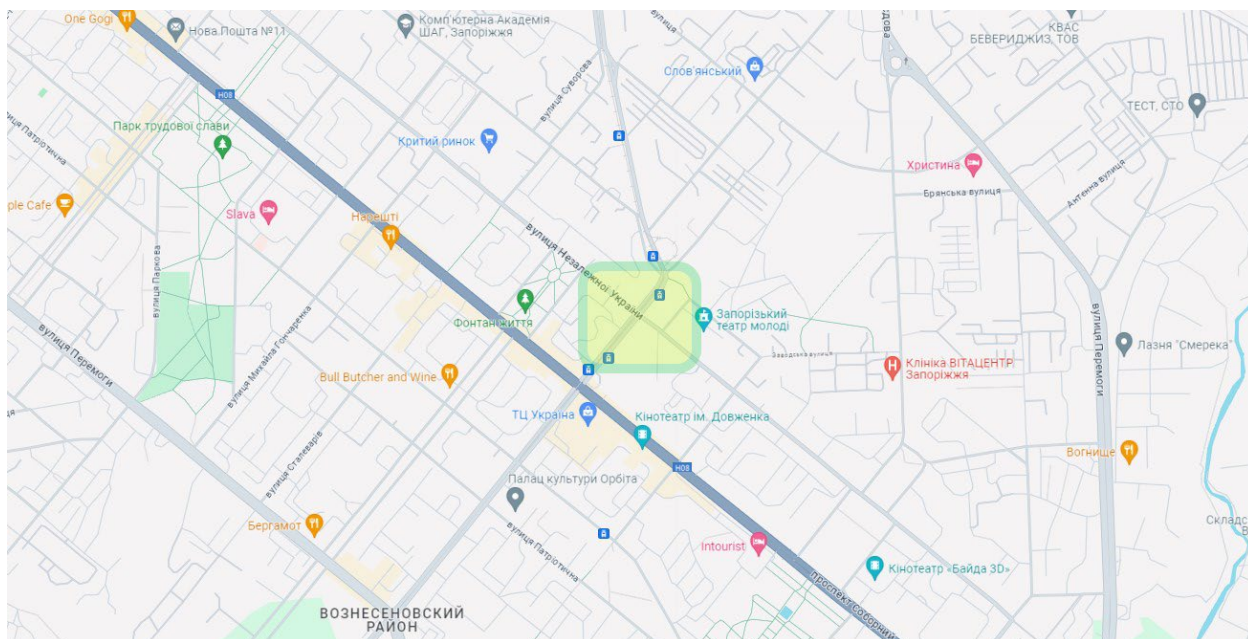


Рисунок 1.1 – Розташування перехрестя вул. Незалежної України – вул. В. Зайцева

Перехрестя вул. Незалежної України – вул. В. Зайцева представлено на рисунках 1.2 – 1.5.

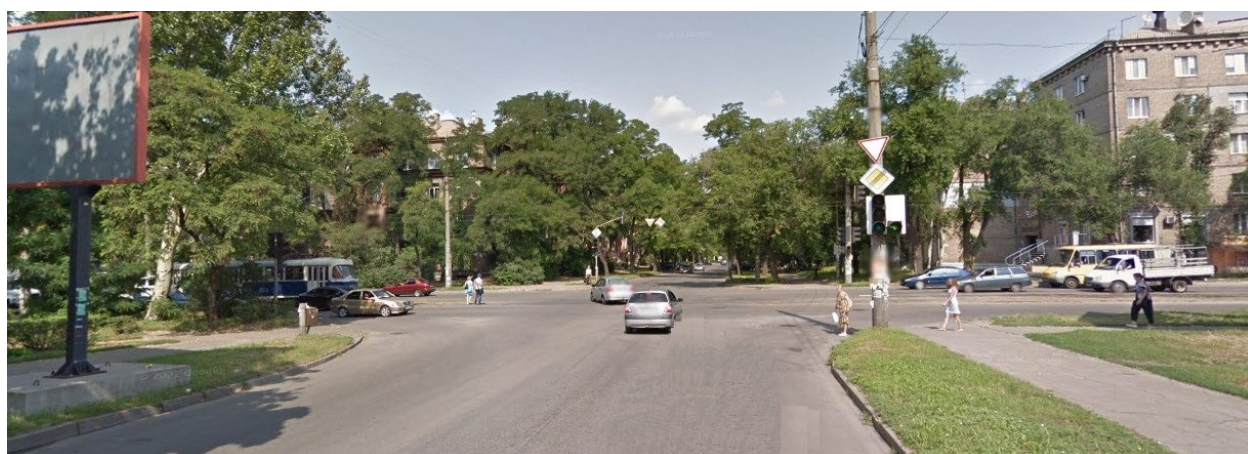


Рисунок 1.2 – Вид на перехрестя з боку вулиці Незалежної України (від вул. Я. Новицького)

Перехрестя вул. Незалежної України – вул. В. Зайцева використовується всіма видами транспорту.



Рисунок 1.3 – Вид на перехрестя з боку вулиці Незалежної України
(від пр. Маяковського)

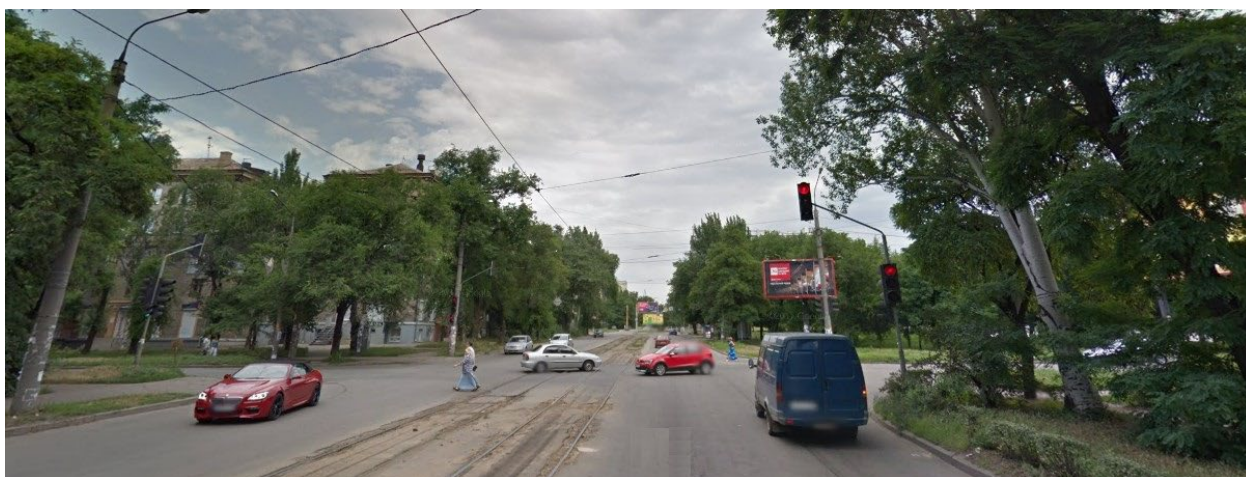


Рисунок 1.4 – Вид на перехрестя з боку вулиці В. Зайцева (від пр. Соборного)

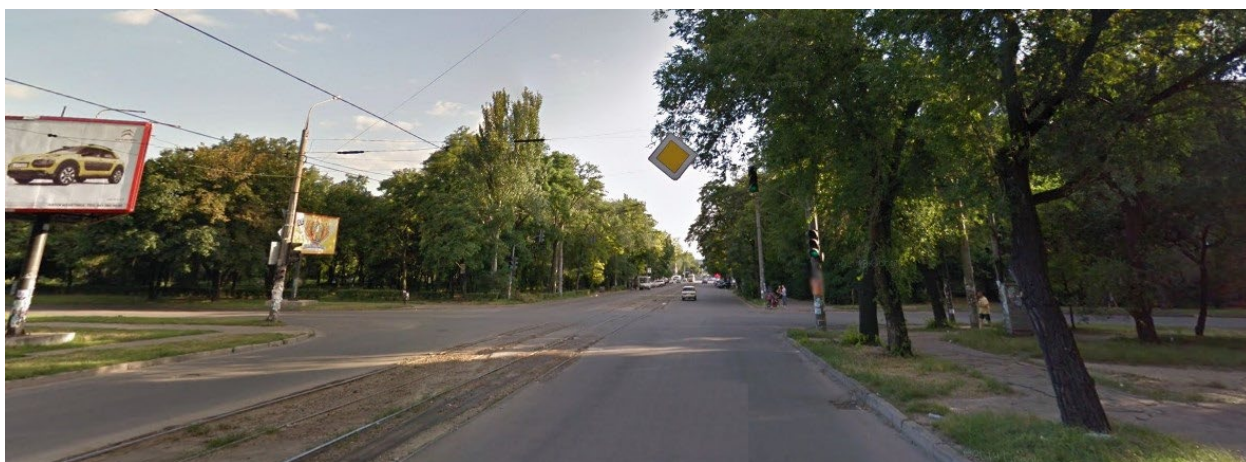


Рисунок 1.5 – Вид на перехрестя з боку вулиці В. Зайцева
(від вул. Заводської)

1.3 Розрахунок потенційної складності перехрестя

вул. Незалежної України – вул. В. Зайцева

З метою оцінки реальної потенційної складності перехрестя вул. Незалежної України – В. Зайцева пропонується використати просту й відому п'ятибальну систему оцінки. Наявна кількість потенційних конфліктів сконцентрована в особливих місцях взаємодії транспортних та пішохідних потоків різних напрямків, тобто в місцях де ці напрямки утворюють потенційні конфлікти й формують конфліктні точки. Кожна така конфліктна точка має різний рівень потенційної небезпеки, який залежить від характеристик взаємодії двох конфліктуючих між собою напрямків руху.

За п'ятибальною системою потенційну складність перехрестя можливо розрахувати так [2]:

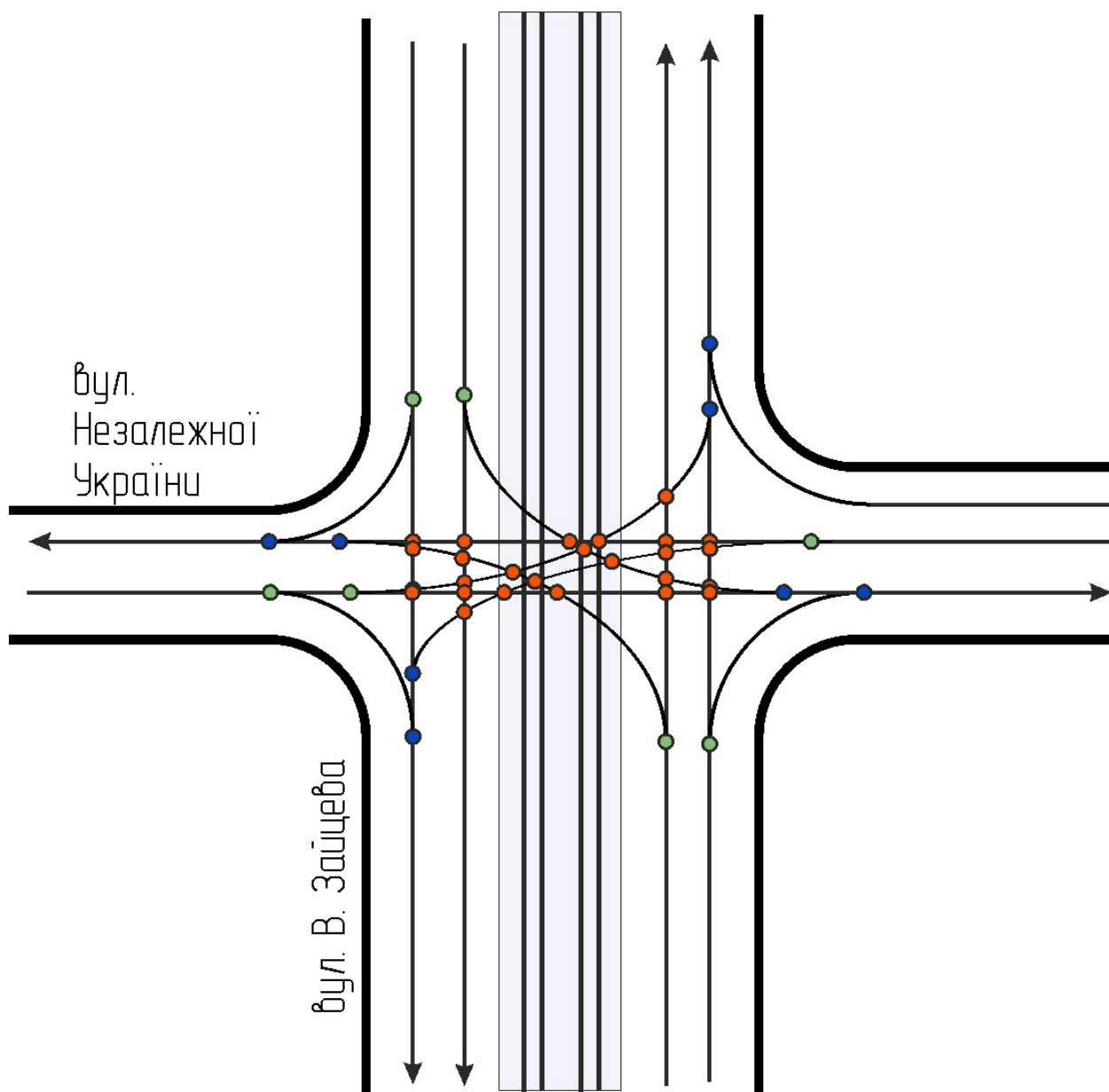
$$m = n_6 + 3n_3 + 5n_n \quad (1.1)$$

де n_6, n_3, n_n – наявна фактична кількість певних за своїм типом (відхилення, злиття, перетин відповідно) конфліктних точок.

Для виконання розрахунків потрібно мати уявлення про розташування конфліктних точок на перехресті. Для цього на рисунку 1.6 наводимо розташування всіх конфліктних точок на перехресті вул. Незалежної України – вул. В. Зайцева.

Згідно рисунку 1.6, на перехресті вул. Незалежної України – В. Зайцева наявна наступна кількість конфліктних точок за типами: відхилення – 7; злиття – 8; перетин – 26.

$$m = 7 + 8 \cdot 3 + 26 \cdot 5 = 161.$$



зелені – відхилення, сині – злиття, червоні – перетин

Рисунок 1.6 – Конфліктні точки на перехресті

За наявною класифікацією складності перехрестя вул. Незалежної України – вул. В. Зайцева відноситься до дуже складних перехресть [2].

1.4 Дослідження транспортних та пішохідних потоків на перехресті вул. Незалежної України – вул. В. Зайцева

Для виконання якісного аналізу транспортних та пішохідних потоків необхідне проведення якісного дослідження інтенсивностей руху транспорту та пішоходів, дослідження складу транспортних потоків та отримання інформації щодо наявних швидкостей руху транспорту в межах перехрестя.

Два основні параметри – інтенсивність і склад транспортних потоків. Саме вони визначають необхідну ширину проїжджої частини, радіуси кривих на перегонах та перехрестях, тощо. Саме вони дають можливість для аналізу існуючого рівня завантаження дороги чи вулиці, існуючого рівня зручності дорожнього руху й, в решті решт, стають тими визначальними показниками, на основі яких призначається класність чи категорія дороги [2].

Існуючі напрямки руху для подальших розрахунків представлені на рисунку 1.7.

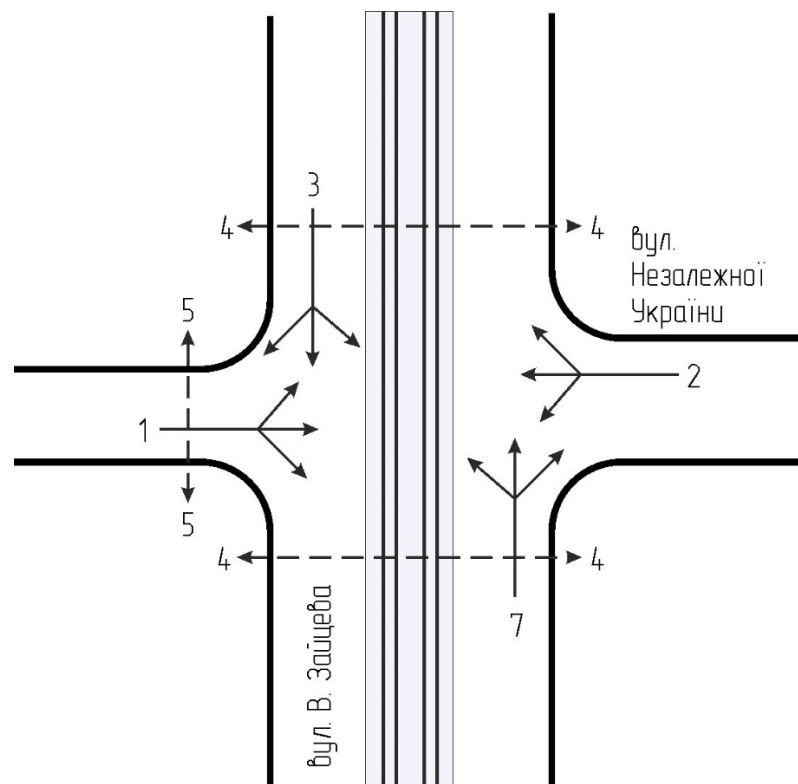


Рисунок 1.7 – Напрямки руху на перехресті вул. Незалежної України – вул. В. Зайцева

Для отримання значень інтенсивностей руху транспорту на перехресті вул. Незалежної України – вул. В. Зайцева було виконано відповідне дослідження. Безпосередньо підраховувалися інтенсивності транспортних потоків за всіма наявними напрямками руху (див. рис. 1.7) в пікові періоди насичення рухом та між ними. Фактична інтенсивність руху фіксувалася із розбивкою за типами транспортних засобів (див. табл. 1.1 – 1.3).

Таблиця 1.1 – Обсяги транспортних потоків за період 7:30 – 8:30

Тип автомобільного ТЗ	Напрямки руху (див. рис. 1.7) (ліворуч / прямо / праворуч)			
	1	2	3	7
Легковий	48/77/41	51/89/68	37/266/25	23/194/27
Мікроавтобус	2/1/1	1/1/2	1/8/0	1/8/1
Автобус	0/0/0	0/0/1	0/0/0	0/1/0
Трамвай	0/0/0	0/0/0	0/6/0	0/5/0
Вантажний < 2 т	2/12/4	1/18/5	2/13/1	1/15/1
Вантажний 2 т – 5 т	1/10/1	0/9/5	2/2/1	0/10/1
Вантажний 5 т – 8 т	0/2/0	0/1/2	2/1/0	0/6/2
Вантажний 8 т – 14 т	0/0/0	0/0/2	1/0/0	0/2/0
Автопотяг	0/0/0	0/0/1	0/0/0	0/1/0

Таблиця 1.2 – Обсяги транспортних потоків за період 13:00 – 14:00

Тип автомобільного ТЗ	Напрямки руху (див. рис. 1.7) (ліворуч / прямо / праворуч)			
	1	2	3	7
Легковий	22/50/31	44/41/36	21/167/15	13/128/19
Мікроавтобус	0/0/0	1/0/1	0/4/0	0/5/1
Автобус	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0
Трамвай	0/0/0	0/0/0	0/4/0	0/4/0

Кінець таблиці 1.2

Тип автомобільного ТЗ	Напрямки руху (див. рис. 1.7) (ліворуч / прямо / праворуч)			
	1	2	3	7
Вантажний < 2 т	2/8/0	0/8/4	2/6/0	0/8/1
Вантажний 2 т – 5 т	2/6/0	1/4/4	2/1/0	0/5/2
Вантажний 5 т – 8 т	0/2/0	0/1/3	1/1/0	0/4/1
Вантажний 8 т – 14 т	0/1/0	0/0/2	0/0/0	0/2/0
Автопотяг	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/0/0

Таблиця 1.3 – Обсяги транспортних потоків за період 17:00 – 18:00

Тип автомобільного ТЗ	Напрямки руху (див. рис. 1.7) (ліворуч / прямо / праворуч)			
	1	2	3	7
Легковий	31/64/28	48/75/66	44/292/24	18/170/33
Мікроавтобус	1/0/1	2/0/2	2/9/0	0/8/2
Автобус	0/0/0	0/0/1	1/1/0	0/2/0
Трамвай	0/0/0	0/0/0	0/5/0	0/5/0
Вантажний < 2 т	3/10/2	2/10/8	3/7/0	1/19/4
Вантажний 2 т – 5 т	2/6/1	1/8/7	3/3/0	0/11/3
Вантажний 5 т – 8 т	1/1/0	0/0/3	1/1/0	0/7/3
Вантажний 8 т – 14 т	0/0/0	0/0/1	1/0/0	0/4/2
Автопотяг	0/0/0	0/0/0	0/0/0	0/2/0

Отримані інтенсивності для спрощення подальшого їх використання необхідно привести до умовного легкового автомобіля, отримуючи в подальшому однакові одиниці виміру [2]:

$$N_{np} = \sum N_i \cdot K_i \quad (1.2)$$

де N_i – фактична інтенсивність руху i -того типу транспортних засобів у певному напрямку;
 K_i – коефіцієнт приведення окремого типу транспортного засобу до умовного легкового автомобіля.

Розраховані приведені інтенсивності руху показані в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 - Розраховані приведені інтенсивності руху, од/год

Години спостереження	Напрямки руху (див. рис. 1.7) (ліворуч / прямо / праворуч)			
	1	2	5	6
7:30 – 8:30	56/117/51	54/136/106	51/302/29	26/266/32
13:00 – 14:00	29/80/31	48/61/63	28/184/15	13/169/26
17:00 – 18:00	41/91/35	56/106/103	66/325/24	20/268/59

Інтенсивність руху на перехресті складає близько 1000 одиниць транспорту за годину.

Фіксація інтенсивності руху транспортних засобів за їх типами дозволяє отримати дані про склад транспортного потоку на перехресті вул. Незалежної України – вул. В. Зайцева, графічне представлення якого надано на рисунку 1.8.

Згідно даних рисунку 1.8 можна стверджувати, що на перехресті має місце наявність однорідного транспортного потоку. Більшу кількість (83 %) складають легкові автомобілі.

Пішохідний рух в межах перехрестя вул. Незалежної України – вул. В. Зайцева виконується з використанням тротуарів для руху повздовж вулиць та пішохідних переходів для руху поперек вулиць.

Пішохідні потоки також були дослідженні. Спостерігається постійне порушення переходу проїжджої частини вул. Незалежної України по відсутньому пішохідному переходу. Справа в тому, що біля перехрестя згідно схеми

організації руху наявний тільки один пішохідний перехід через вул. Незалежної України (з боку пр. Маяковського). Щодо об'єму пішохідного руху, то він не є доволі насиченим і коливається в межах 50 - 200 піш/год (більше в вечірні години).

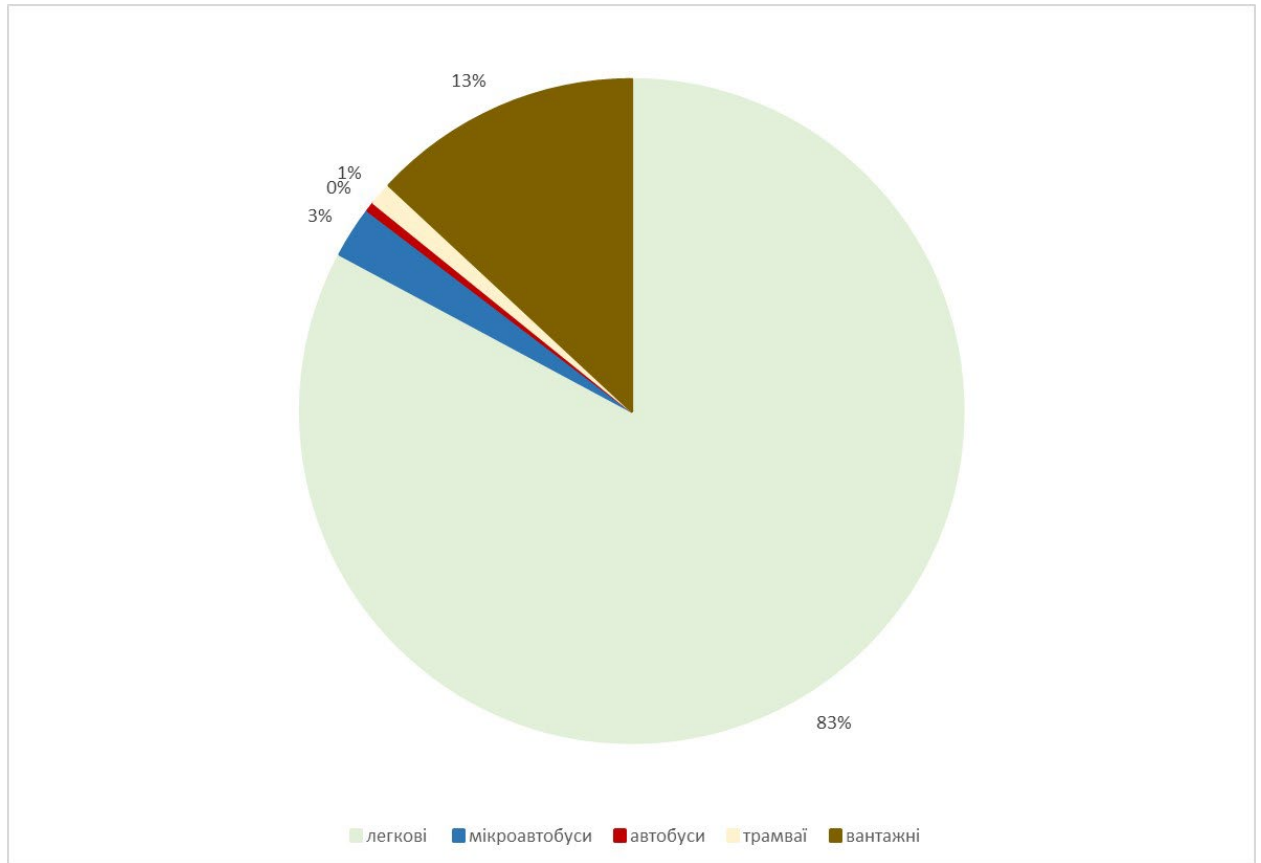


Рисунок 1.8 – Наявний склад транспортних потоків на перехресті вул. Незалежної України – вул. В. Зайцева

1.5 Аналіз загальної організації управління дорожнім рухом на перехресті вул. Незалежної України – вул. В. Зайцева

Перш за все, потрібно зазначити, що перехрестя вул. Незалежної України – вул. В. Зайцева має примусове регулювання дорожнього руху, тобто безпосереднє управління рухом на перехресті виконується із використанням світлофорів різного типу, в тому числі транспортних та пішохідних.

Рух транспортних потоків на перехресті організовано за двофазною схемою, яку можна побачити на рисунку 1.9. Обсяги руху, які присутні на перехресті, на перший погляд можуть бути нормально регульовані й за двофазною схемою, але тільки в міжпіковий період доби. В пікові періоди спостерігається зростання транспортного потоку ліворуч з напрямку 1. Й тут явно потрібно вводити трьохфазну схему роз'їзду транспорту.

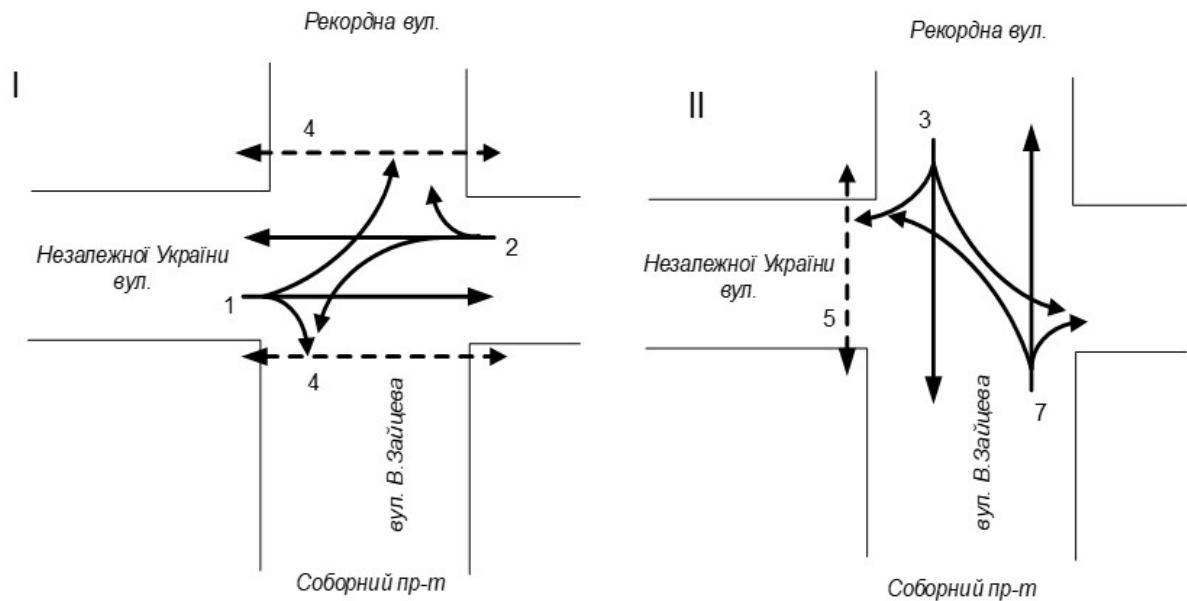


Рисунок 1.9 – Трьохфазна схема регулювання транспортних потоків на перехресті вул. Незалежної України – вул. В. Зайцева

Також в організації дорожнього руху на перехресті в якості технічних засобів регулювання руху задіяні дорожні знаки та дорожня розмітка (практично відсутня). Діюча наявна схема організації руху на перехресті показана на рисунку 1.10.

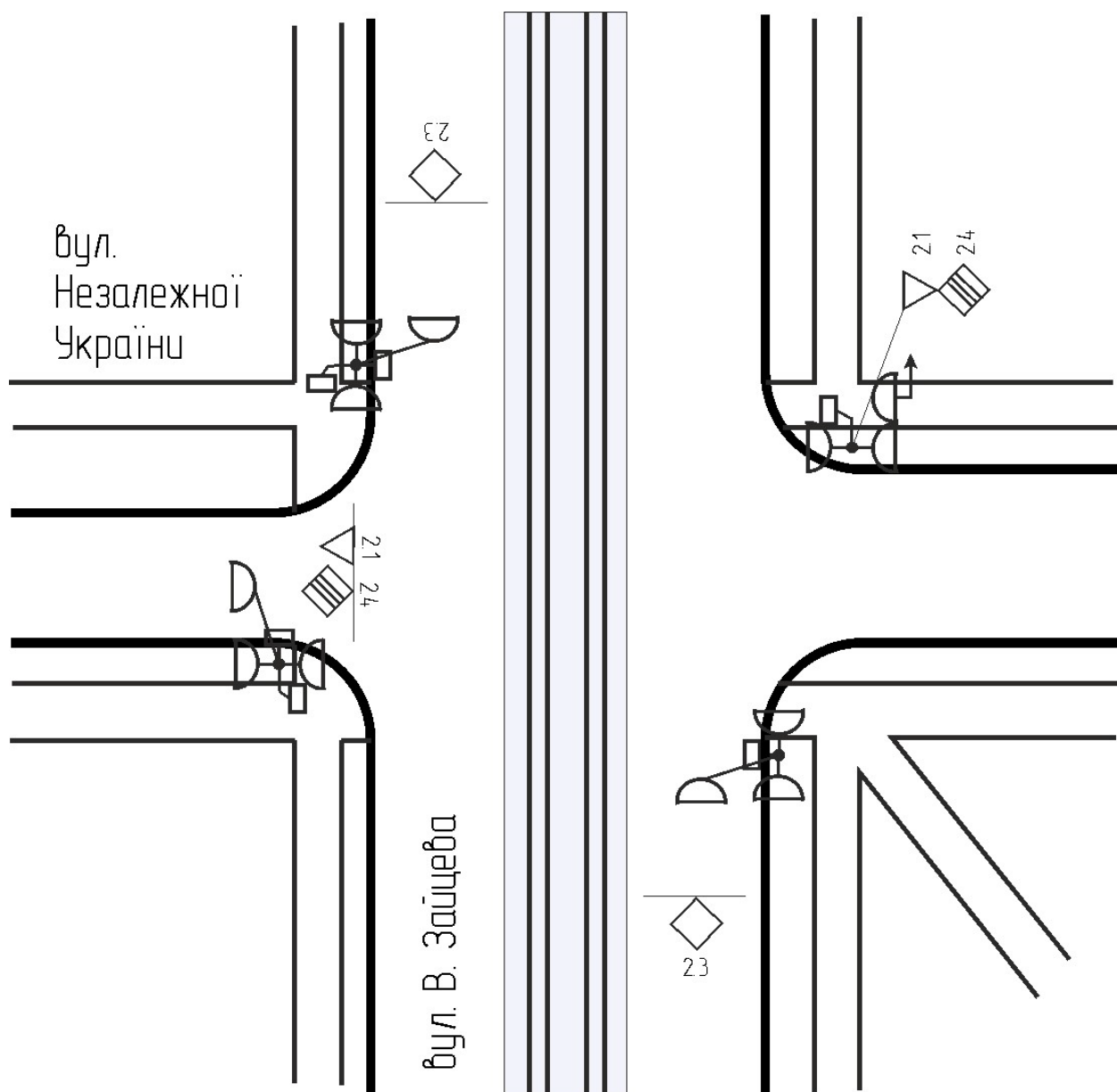


Рисунок 1.10 – Схема ОДР на перехресті

Цикл регулювання складає 80 секунд й відображує фактичний час однієї зміни всіх сигналів світлофорів на перехресті. Режими регулювання відображаються циклограмою роботи світлофорів, яка наведена на рисунку 1.11.

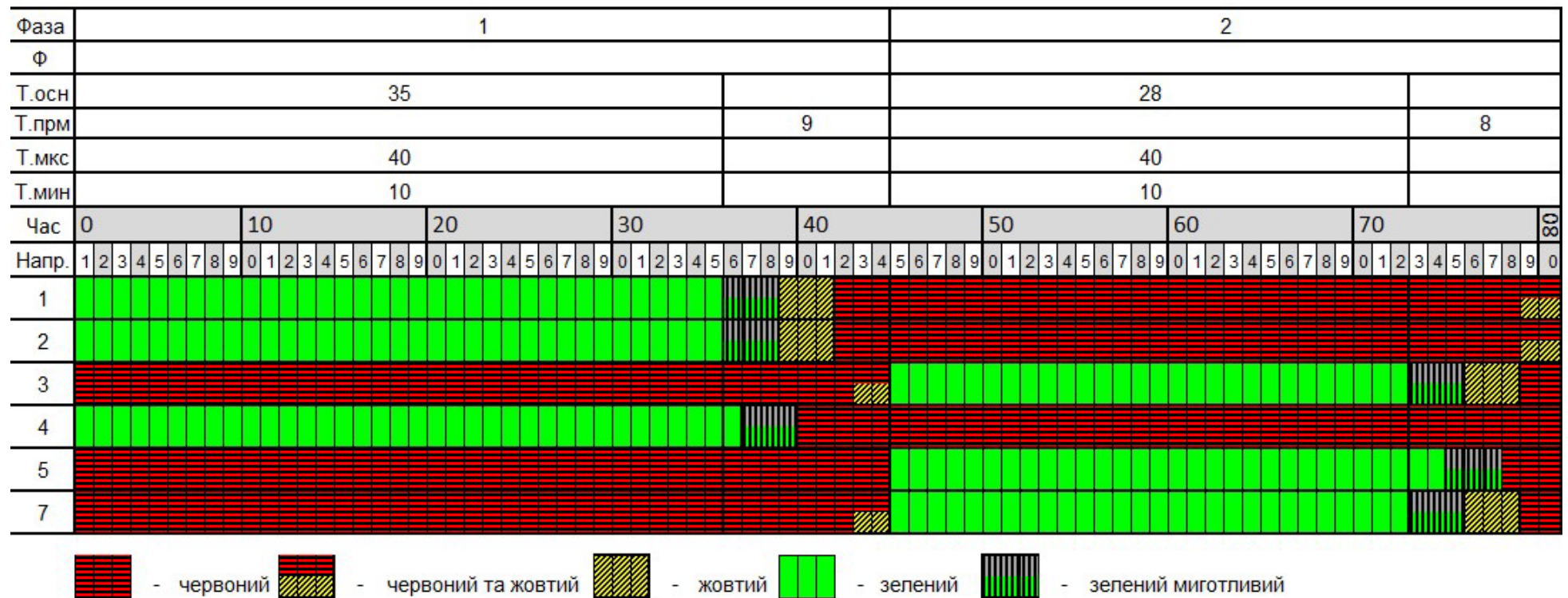


Рисунок 1.11 – Циклограма роботи світлофорного об'єкту

1.6 Загальний аналіз дорожньо-транспортних пригод на перехресті вул. Незалежної України – вул. В. Зайцева

Дорожньо-транспортні пригоди (ДТП) мають доволі розвинену класифікацію. Виділимо найбільш розповсюджені типи ДТП [2]:

- зіткнення – безпосередній контакт транспортних засобів один з одним з різними наслідками;
- перевертання – порушення нормального розташування транспортного засобу на проїжджій частині з різних причин;
- наїзд на перепону – безпосередній контакт транспортного засобу із сторонніми нерухомими об'єктами, розташованими в межах чи поруч із дорогою;
- наїзд на пішохода – безпосередній контакт транспортного засобу із пішоходом, здійснений з будь-якої причини;
- інші типи ДТП.

Потрібно зазначити, що більшість ДТП виникають при порушенні правил дорожнього руху його учасниками, тобто водіями транспортних засобів та пішоходами. Однак можуть мати місце й ДТП, які виникають через похибки в організації дорожнього руху.

Наведемо ще одну класифікацію дорожньо-транспортних пригод, які відбулися через неправильні дії водіїв транспортних засобів [2]:

- порушення швидкісного режиму руху – частіше перевищення дозволеної межі швидкості з різних причин;
- неправильна оцінка дистанції між транспортними засобами з різних причин;
- маневрування з порушеннями правил дорожнього руху;
- недбале виконання маневру обгону;
- інші причини.

Особливу категорію причин виникнення ДТП складають такі, де наявне значне погіршення фізичного стану водія, в тому числі з причин нетверезого стану чи впливу хімічних препаратів. Ці ДТП можуть мати дуже негативні наслідки.

Практика вивчення дорожньо-транспортних пригод дозволяє говорити, що частіше за все при виникненні ДТП має місце не одна, а декілька причин чи впливових факторів. Так, наприклад, зниження уваги водія через погане самопочуття може призвести до зниження його реакції, неадекватної оцінки дорожньої обстановки, а це, в свою чергу, значно підвищує ризики виникнення ДТП.

Ситуація з пішоходами є ще більш проблемною. Пішоходи часто йдуть на свідоме чи не свідоме порушення Правил дорожнього руху, й взагалі знають ці правила доволі приблизно. Існує класифікація дій пішоходів, які призводять до виникнення ДТП:

- виконання переходу вулиці чи дороги будь-де, тобто не місцях, які спеціально для цього призначені;
- раптовий вихід на проїжджу частину, особливо безпосередньо перед рухомими транспортними засобами.

Статистика виникнення ДТП на перехресті вул. Незалежної України – вул. В. Зайцева представлена у вигляді таблиць (див. таблиці 1.5, 1.6) та рисунків (див. рисунки 1.12, 1.13).

Таблиця 1.5 – ДТП на перехресті вул. Незалежної України – вул. В. Зайцева

№	Роки виникнення	Кількість ДТП
1	2018	4
2	2019	5
3	2020	5
	Загальна кількість	14

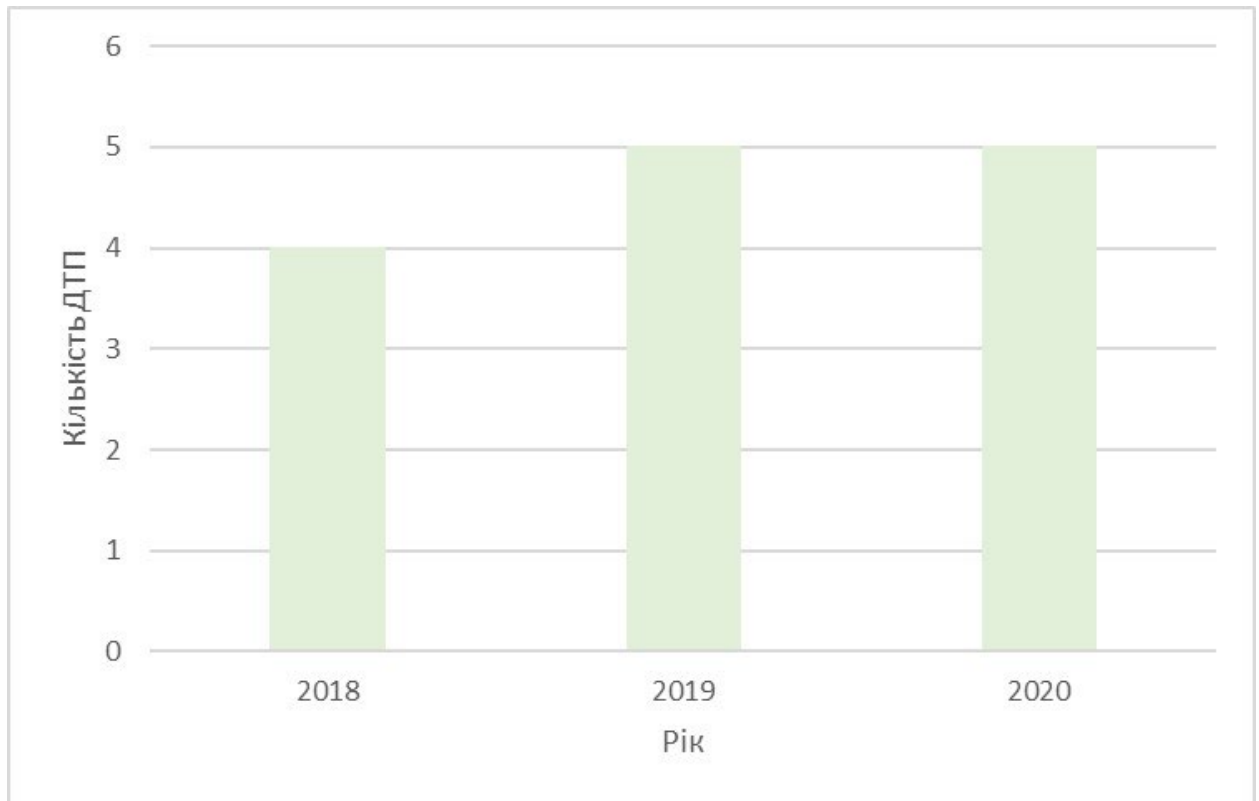


Рисунок 1.12 - ДТП на перехресті вул. Незалежної України – вул. В. Зайцева

Таблиця 1.6 – Наслідки ДТП на перехресті вул. Незалежної України – вул. В. Зайцева

№	Групи ДТП за тяжкістю	Роки виникнення		
		2018	2019	2020
1	ДТП з наявними постраждалими	0	1	2
2	ДТП з матеріальними збитками	4	4	3

Виконано аналіз аварійності на перехресті вул. Незалежної України – вул. В. Зайцева у 2020 році за видами ДТП. Він показаний в таблиці 1.7 та на рисунку 1.14.



Рисунок 1.13 - Наслідки ДТП на перехресті вул. Незалежної України – вул. В. Зайцева

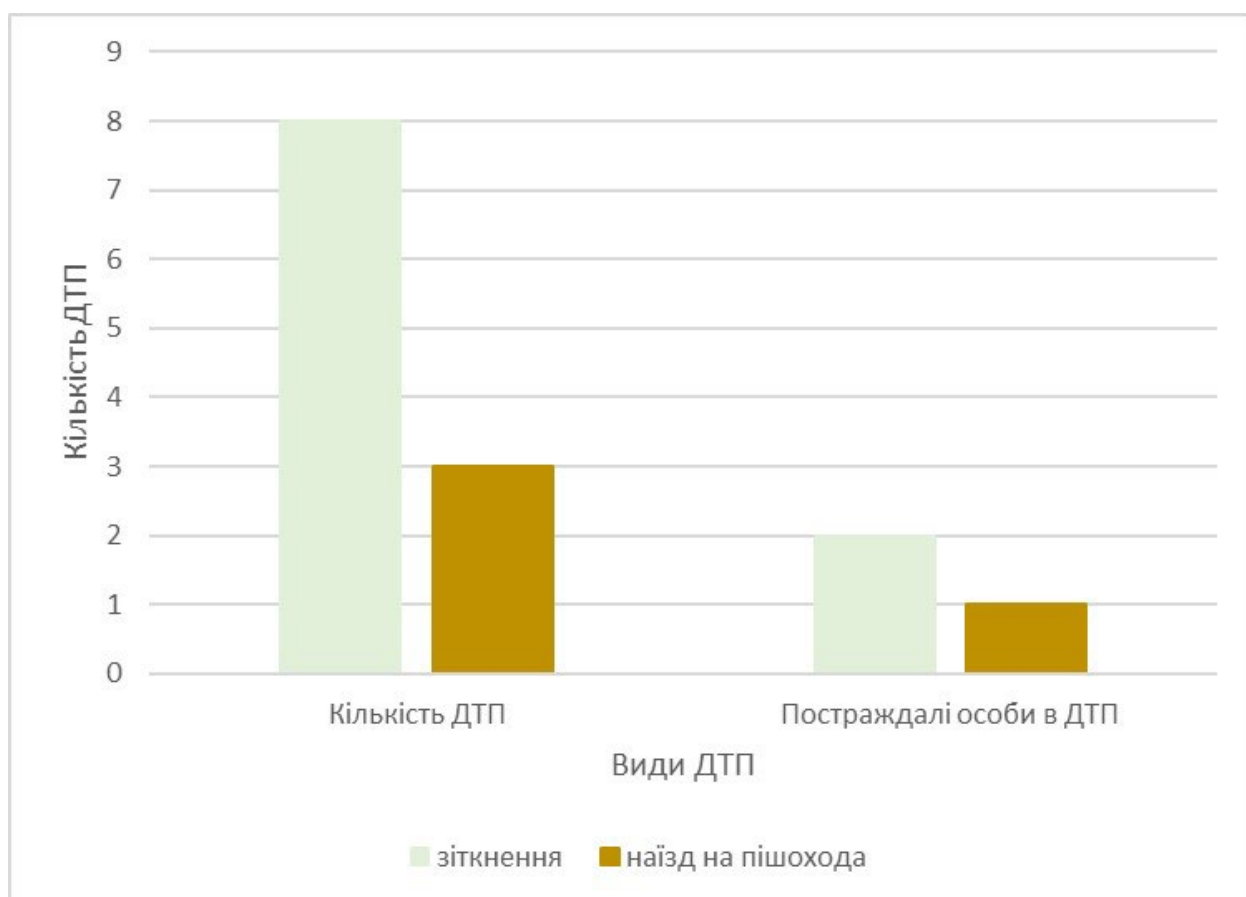


Рисунок 1.14 - Аналіз аварійності на перехресті вул. Незалежної України – вул. В. Зайцева (2020 рік)

Таблиця 1.7 – Аналіз аварійності на перехресті вул. Незалежної України – вул. В. Зайцева (2020 рік)

Види ДТП	Кількість ДТП	Постраждалі особи в ДТП
зіткнення	8	2
наїзд на пішохода	3	1

Аналізуючи все вище згадане, можна відмітити, що на перехресті вул. Незалежної України – вул. В. Зайцева мають місце ДТП двох видів, а саме зіткнення транспортних засобів один з одним та наїзди транспортних засобів на пішоходів.

1.7 Постановка задач на дипломну роботу

Розглядаючи проблеми організації транспортних потоків на перехрестях із наявним трамвайним рухом і обираючи в якості прикладу такого перехрестя вул. Незалежної України – вул. В. Зайцева потрібно зазначити наступне.

Це перехрестя є доволі простим за своєю конфігурацією, але при цьому є доволі аварійним з наявними тяжкими наслідками.

Тому в дипломній роботі пропонується торкнутися наступних питань:

- підвищення рівня безпеки руху на перехресті;
- приведення режимів регулювання у відповідність до наявних обсягів руху;
- усунення недоліків в схемі організації дорожнього руху на перехресті.

2 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

2.1 Підвищення рівня безпеки руху транспортного вузла

2.1.1 Аспекти забезпечення безпеки дорожнього руху

Проблема забезпечення безпеки руху на вулицях та дорогах має розглядатися у межах складної системи дорожнього руху.

Термін "дорожній рух" охоплює всю складну динамічну систему, яка утворюється на дорозі взаємодією та сукупністю учасників руху: пішоходами, велосипедистами, мотоциклістами, водіями автомобілів - професіоналами та любителями. Природно, що безпека дорожнього руху залежить від навченості, дисциплінованості та правильності поведінки всіх учасників руху, а не лише тих, що представляють автомобільний транспорт. У цьому полягає одна з основних причин складності забезпечення безпеки руху як на самому автомобільному транспорті, так і у дорожньому русі загалом.

Цю обставину можна характеризувати як недостатню ізоляцію автомобільного руху від довкілля. Якби рух автомобілів повсюдно відбувалося дорогами, де не було б руху пішоходів, велосипедистів, тихохідних транспортних засобів, завдання забезпечення безпеки набагато спростилося б. Зарубіжні дослідження статистики дорожньо-транспортних пригод переконливо доводять, що на автомагістралях, якими допускається рух тільки автомобілів та заборонено рух усіх інших видів транспортних та нетранспортних засобів, а також пішоходів, аварійність у порівнянних питомих показниках (наприклад, кількість ДТП на мільйон кілометрів пробігу автомобілів) у два-три рази нижче, ніж на звичайних, відкритих всім учасникам руху дорогах [3].

Іншим фактором, що зумовлює складність вирішення проблеми забезпечення безпеки руху, є постійне збільшення розриву між зростанням чисельності парку автомобілів та протяжністю вулично-дорожньої мережі; перша випереджає другу на цілий порядок, що характерно практично для всіх країн. Якщо

парк автомобілів збільшується приблизно на 10 % на рік, то приріст протяжності доріг не перевищує 1%. Наслідком цього є постійне збільшення обмеженості дорожнього руху, а отже, різке почастищення безпосередніх контактів, взаємодії учасників руху, яка у багатьох випадках носить характер конфліктних ситуацій, які часто переростають у ДТП [3].

Масове навчання водіїв відбувається в дуже різномірних навчальних закладах, далеко не всі з яких мають потрібну матеріально-технічну базу та висококваліфіковані кадри викладацького складу. У зв'язку з цим у самому процесі дорожнього руху відбувається самонавчання та доучування значної частини водіїв; природно, що при зростаючій щільності руху це явище особливо ускладнює завдання забезпечення дорожньої безпеки.

2.1.2 Основні проблеми забезпечення безпеки руху на перехрестях із наявним трамвайним рухом

Забезпечення безпеки руху на перехрестях, де наявний трамвайний рух, є складним завданням для міських планувальників, інженерів та транспортних служб. Такий тип перехресть створює унікальні виклики, пов'язані з управлінням різними потоками транспорту та забезпеченням безпеки для всіх учасників дорожнього руху. Проблем, які виникають при організації руху та забезпеченні його безпеки на таких перехрестях доволі багато.

Так, на перехрестях із трамвайним рухом існує ризик конфліктів між трамваями, автомобілями, пішоходами та велосипедистами. Трамвайні колії зазвичай проходять через перехрестя, і трамваї мають пріоритет у русі. Це може призводити до зіткнень, якщо інші учасники руху не дотримуються правил дорожнього руху або не встигають вчасно зреагувати на сигнал світлофора [3].

Необхідність забезпечення чіткої та зрозумілої сигналізації та розмітки є однією з основних вимог для безпеки на таких перехрестях. Часто сигнали

світлофорів для трамваїв не відрізняються від сигналів для інших транспортних засобів, що може вводити в оману водіїв і пішоходів. Важливо, щоб сигнали були чітко видимими та зрозумілими для всіх учасників руху [3].

Трамваї зазвичай рухаються зі значно меншою швидкістю, ніж автомобілі, але їхня маса робить їх небезпечними у випадку зіткнення. Зупинка трамваю вимагає більше часу і відстані, ніж для автомобіля, тому важливо враховувати цей фактор при проектуванні перехресть [3].

Забезпечення пріоритету для трамваїв може створювати додаткові затримки для інших учасників дорожнього руху, що може призвести до накопичення транспортних засобів на перехрестях і підвищення ризику ДТП. Оптимізація роботи світлофорів для зменшення таких затримок є важливим завданням [3].

Перехрестя із трамвайним рухом є особливо небезпечними для пішоходів та велосипедистів, які можуть не помітити наближення трамваю або не встигнути перейти колії до його появи. Створення безпечних переходів і велосипедних доріжок, а також розміщення попереджувальних знаків та світлофорів є необхідним заходом для зниження ризику [3].

Підвищення рівня обізнаності водіїв, пішоходів і велосипедистів про особливості руху на перехрестях із трамваями є важливим аспектом забезпечення безпеки. Інформаційні кампанії, навчальні програми та розповсюдження інформаційних матеріалів можуть допомогти знизити кількість аварій і підвищити загальний рівень безпеки [3].

2.1.3 Підвищення безпеки руху на перехресті вул. Незалежної України – вул. В. Зайцева

Після ретельного аналізу стану безпеки руху транспорту на перехресті вул. Незалежної України – вул. В. Зайцева основною проблемою бачиться незадовільний стан проїжджої частини (див. рис. 2.1) й пішохідних переходів (див. рис. 2.2) в межах впливу трамвайних колій.

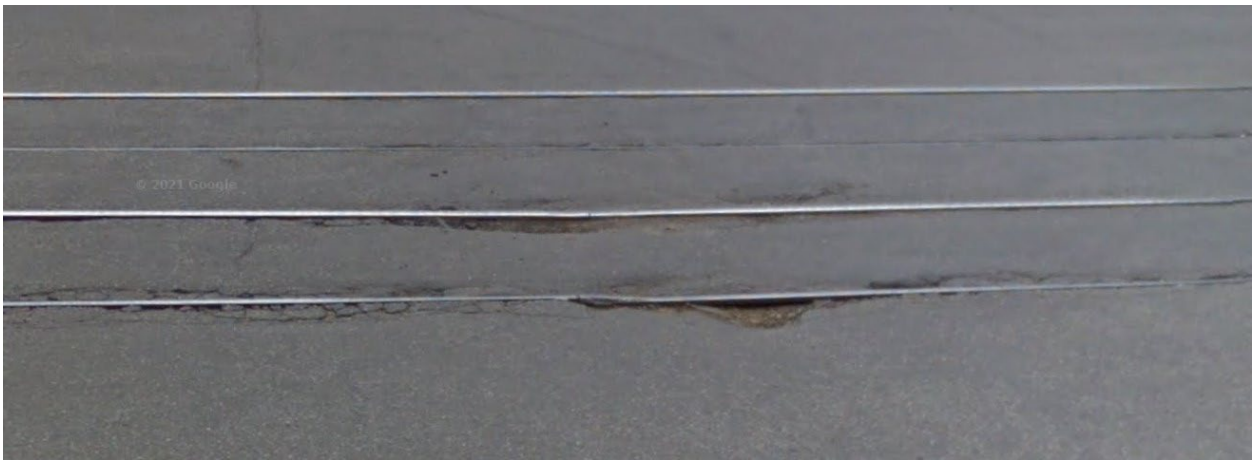


Рисунок 2.1 – Стан проїжджої частини в межах впливу трамвайних колій на перехресті вул. Незалежної України – вул. В. Зайцева



Рисунок 2.2 – Стан пішохідних переходів в межах впливу трамвайних колій на перехресті вул. Незалежної України – вул. В. Зайцева

При русі трамвайного рухомого складу від маси вагону через рейки до поверхні дороги передається значна вібрація, яка викликає пошкодження поверхні проїжджої частини та пішохідних переходів. Далі під впливом температур та опадів незначні пошкодження поширюються. Це призводить до неналежного стану поверхні дороги, що відображається на швидкості перетину трамвайних колій транспортними потоками.

Значні пошкодження стають перепорою й для пішоходів, особливо під час опадів, утворюючи калюжі та брудні островки на пішохідних переходах.

І транспорт, і пішоходи за таких умов починають змінювати звичні траєкторії руху, збільшується час їх знаходження на перехресті. Все це загалом призводить до значного зниження рівня безпеки руху через поганий стан перетину трамвайних колій.

Щоб позбутися цих недоліків сучасний трамвайний переїзд може обладнуватися спеціальними настилами, які виконуються із різних матеріалів. На рисунку 2.3 приклад використання суцільного залізобетонного настилу на трамвайному переході в місті Дніпро.

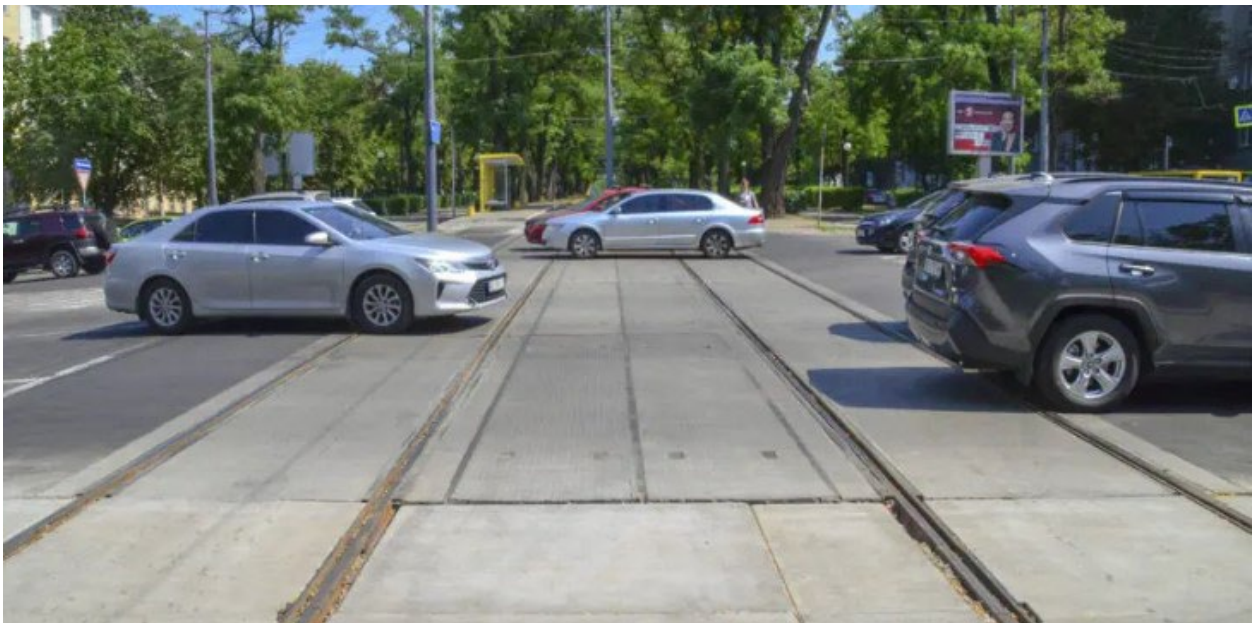


Рисунок 2.3 – Приклад використання залізобетонного настилу на трамвайному переїзді

Такий настил (див. рис. 2.3) дозволяю доволі довго підтримувати стан трамвайного переїзду в нормі, уникаючи пошкоджень поверхні й підтримуючи належний рівень безпеки на ньому. Однак із часом й залізобетон під впливом вібрації, зміни температур та опадів приходить в невідповідний стан.

Більш надійним є варіант з використанням залізо-гумових настилів (див. рис. 2.4). Вони витримують значні перепади температур, бруд та вібрації значно ліпше за бетонні конструкції завдяки власній відносній гнучкості. Досвід використання подібних настилів для обладнання залізничних переїздів підтверджує їх дуже добру пристосованість до навантажень на переїздах й значно більшу довговічність у порівнянні з залізобетонними конструкціями.



Рисунок 2.4 – Приклад використання залізо-гумового настилу на переїзді

Тому пропонується на перехресті вул. Незалежної України – вул. В. Зайцева використати саме залізо-гумові настили. Необхідна площа настилів з урахуванням двох пішохідних переходів складає 147 м².

Також для позбавлення фізичної можливості для пішоходів переходити вулицю Незалежної України пропонується встановлення спеціалізованої пішохідної огорожі на одному підході до перехрестя (де немає пішохідного переходу) (див. рис. 2.6). Загальна довжина пішохідної огорожі – 40 м.

2.2 Приведення режимів регулювання у відповідність до наявних обсягів руху

2.2.1 Сучасні аспекти регулювання перехресть

На рівні служб дорожнього руху організація транспортного потоку включає в себе комплекс інженерних і організаційних заходів на вулично-дорожній мережі. Ці заходи спрямовані на забезпечення безпеки та оптимальної швидкості руху для транспортних засобів і пішоходів. Управління дорожнім рухом є важливою складовою цієї системи, вирішуючи конкретні завдання з планування, координації та контролю за рухом на дорогах.

Управління в контексті дорожнього руху означає вплив на рухові потоки з метою покращення їх функціонування. Об'єктами управління є транспортні та пішохідні потоки. Регулювання є одним з видів управління рухом і полягає в підтримці параметрів руху в заданих межах. Сутність управління рухом полягає у встановленні обов'язкових дій для водіїв та пішоходів, а також у забороні або рекомендаціях стосовно їхньої поведінки для забезпечення безпеки та оптимальної швидкості переміщення [4].

При реалізації управління дорожнім рухом частина функцій виконується автоматичним обладнанням, що фактично представляє собою автоматизоване управління. Автоматичне управління відбувається без участі людини за заздалегідь визначеною програмою. Контур автоматичного управління може бути замкненим чи розімкненим [4].

Розімкнутий контур є простішим. Управління засобами регулювання здійснюється виключно за заданою програмою, тобто в режимі жорсткого програмного управління [4].

У замкнутому контурі передбачається зворотній зв'язок між засобами та об'єктом управління. Цей зв'язок здійснюється за допомогою спеціальних пристроїв для збору інформації про транспортні потоки - датчиків транспорту. Пі-

для обробки цієї інформації автоматичні пристрої визначають нові режими роботи засобів регулювання руху. Це може бути режим гнучкого або адаптивного управління [4].

Щодо перехрестя вул. Незалежної України – вул. В. Зайцева, то на ньому має місце жорстке програмне управління однією керуючою програмою. У зв'язку із наявністю на перехресті трамвайного руху, його примусове регулювання відбувається цілодобово..

На перехресті фактичне регулювання рухом здійснюється за допомогою світлофорного об'єкту, що включає кілька транспортних та пішохідних світлофорів для різних напрямків руху. Вони працюють у циклі, передаючи право на рух різним напрямкам через певні комбінації світлофорних сигналів. Циклічність світлофорного регулювання організована за допомогою тактів регулювання [4].

Основний такт дозволяє рух транспортних засобів і пішоходів в певному напрямку, тоді як для конфліктного напрямку рух заборонений. Проміжний такт забороняє в'їзд на перехрестя, але дозволяє завершити вже розпочаті маневри, забезпечуючи безпеку під час зміни основних тактів [4].

Фаза регулювання утворюється сукупністю основного й проміжного тактів. Кількість фаз у циклі регулювання залежить від об'ємів руху та кількості конфліктних напрямків. Регулювання в дві фази – приклад мінімально можливої реалізації пофазового роз'їзду на перехресті. Три фази й більше трьох зустрічається на перехрестях із значними інтенсивностями транспортних чи пішохідних потоків. а також на перехрестях із нестандартною конфігурацією, де цей поділ диктується вимогами безпеки [4].

На перехресті вул. Незалежної України – вул. В. Зайцева функціонує регулювання за двофазною схемою.

Отже, всі фази регулювання разом постійно повторюються й складають цикл регулювання перехрестя [4].

Програма регулювання перехрестя складається з різних елементів і спрямована на регулювання транспортних потоків при певних значеннях їх інтенсивності. При збільшенні інтенсивності руху автомобілі не встигають залишити перехрестя протягом дозволяючого сигналу світлофора, що може призвести до утворення черг і затримок. Це також може погіршити безпеку руху на перехресті та призвести до економічних збитків.

З іншого боку, при значному зменшенні інтенсивності руху час, відведений для основних тактів, може не використовуватися повністю, що може призвести до неоптимальних режимів регулювання і потенційних економічних збитків.

Ці недоліки властиві жорсткому програмному управлінню, оскільки воно не здатне адаптуватися до змін у режимі руху та інтенсивності потоків.

Існують два способи уникнення недоліків жорсткого програмного управління. Перший полягає в розробці додаткових програм регулювання для різних сценаріїв. Це може включати виконання різних програм у певні години доби. Перед розробкою таких програм проводиться детальне вивчення обсягів руху на перехресті та їх змін протягом доби, щоб параметри програм відповідали фактичним інтенсивностям. При цьому припускається, що відхилення фактичної довжини циклу регулювання від оптимального на 25% в будь-який бік є прийнятним і не суттєво впливає на збільшення затримок транспорту.

Другий спосіб передбачає перехід від жорсткого до адаптивного регулювання. Це дозволяє отримувати інформацію щодо об'ємів руху в реальному часі і коригувати роботу засобів регулювання для постійного підтримання оптимальних значень довжини циклу регулювання та його структури. Однак реалізація цього шляху є складнішою й дорожчою, оскільки потребує додаткового обладнання для отримання інформації про транспортні потоки в режимі реального часу, програмного забезпечення для розрахунку параметрів регулювання та більш вдосконалених засобів регулювання.

Після ретельного аналізу можна стверджувати, що на перехресті вул. Незалежної України – вул. В. Зайцева не має якихось значних транспортних затворів, причиною появи яких були б саме режими регулювання. Але слід відмітити наявність коливання об'ємів руху транспорту на протязі доби. Тому пропонується скористатися першим варіантом, а саме розрахувати додаткові програми регулювання руху для ранкових, вечірніх пікових годин та між ними. Це повинно призвести до зниження транспортних затримок на перехресті.

2.2.2 Перевірка необхідності корегування режимів роботи світлофорів на перехресті вул. Незалежної України – вул. В. Зайцева

Коригування режимів роботи світлофорів виконується для приведення їх у відповідність до спостережених обсягів руху на перехресті.

Аналіз об'ємів руху на перехресті вул. Незалежної України – вул. В. Зайцева дозволяє стверджувати, що існуючу двофазну схему регулювання на перехресті можна використовувати постійно. Ніяких змін в цьому сенсі не потрібно.

Наступним етапом розрахунків режимів роботи світлофорного об'єкту повинно стати складання матриці конфліктів.

В матриці конфліктів позначаються декілька відстаней у відповідності до кількості напрямків руху. Це відстані від Стоп-лінії до найдальшої конфліктної точки [4].

Величину елементу матриці конфліктів можливо розрахувати так [4]:

$$B_{ij} = B_{\text{стоп-світ}} + B_{\text{світ-пч}} + B_{\text{траєктор}}, \quad (2.1)$$

де $B_{\text{стоп-світ}}$ – довжина траєкторії руху від місця розташування світлофора до Стоп-лінії;

$B_{\text{світ-пч}}$ – довжина траєкторії руху від місця розташування світлофора до узбіччя проїжджої частини;

$B_{\text{траєктор}}$ – довжина траєкторії руху одиниці транспорту по перехрестю, м.

Матриця конфліктів для перехрестя вул. Незалежної України – вул. В. Зайцева представлена таблицею 2.1. Виходячи із структури пофазового роз'їзду існуючого двофазного й пропонованого трьохфазного, матриця конфліктів буде однаковою для обох випадків.

Таблиця 2.1 - Матриця конфліктів для перехрестя вул. Незалежної України – вул. В. Зайцева, м

Напрямок руху	1	2	3	7
1	-	0	28	-35,7
2	0	-	-35,7	28
3	-24,7	15	-	0
7	21	-24,7	0	-

На основі таблиці 2.1 перехідні інтервали можливо розрахувати так [4]:

$$t_{\partial_i} = t_p + \frac{V_k}{2a^k} + \frac{B_i + l_a}{V_k}, (2.2)$$

де t_p – час, за який водій сприймає зміну світлофорних сигналів, с;

V_k – бажана швидкість, за якої повністю зберігається пропускна спроможність вулиці чи дороги, м/с;

a^k – розрахункове середнє уповільнення автомобілів на підході, м/с²;

B_i – довжина траєкторії руху перехрестям від однієї Стоп-лінії до іншої (Стоп-лінії зустрічного напрямку), м;

l_a – середня довжина автомобіля, м.

Ділі фазовий коефіцієнт можливо розрахувати так [4]:

$$y_j^i = \frac{N_j^i}{M_j}, \quad (2.3)$$

де N_j^i – приведена інтенсивність транспортного потоку j -го напрямку, од./год.;

M_j – потік насичення автомобілями j -го напрямку, од./год.

Після цього фазові коефіцієнти необхідно скласти [4]:

$$Y = \sum y_{\max}^i. \quad (2.4)$$

Далі довжину циклу регулювання можливо розрахувати так [4]:

$$T_k = \frac{1,5 \cdot L_k + 5}{1 - Y}, \quad (2.5)$$

де L_k – втрачений час можливо розрахувати так [4]:

$$L_k = \sum_{j=1}^m (t_{oj} - 1). \quad (2.6)$$

Розміри основних тактів можливо розрахувати так [4]:

$$\bar{t}_3^m = \frac{\bar{y}^m}{\bar{Y}} (\bar{T} - \bar{L}) - 1, \quad (2.7)$$

де $\bar{y}^m$ – фазовий коефіцієнт тієї фази, яка активна.

Коригуючі коефіцієнти можливо розрахувати так [4]:

$$k_1 = \frac{\frac{B}{V_n} + 5 - t_q^i}{t_3^i}, \quad (2.8)$$

$$k_2 = \frac{7}{t_3^i}, \quad (2.9)$$

де B – ширина проїжджої частини в місці розташування пішохідного переходу, м;

V_n – швидкість руху пішоходів пішохідним переходом, м/с.

Зазначена методика дозволяє отримати всі елементи, які формують нові програми регулювання на перехресті. Ця методика реалізована в спеціальному програмному забезпеченні. Використання комп'ютерних розрахунків дозволяє уникнути помилок та значно скоротити час їх виконання.

Для отримання результату в програмний продукт потрібно ввести наступні вихідні дані:

- матрицю конфліктів;
- швидкості руху транспорту за напрямками;
- середню довжину автомобіля;

- наявність додаткових секцій світлофору, які регулюють поворотний рух;
- геометричні розміри смуг руху на підходах до перехрестя;
- приведені інтенсивності руху транспорту для кожного напрямку;
- значення радіусів при поворотах, за наявності виділення для цього окремих смуг.

Розрахунки виконуються окремо для ранкових, вечірніх та міжпікових періодів руху враховуючи, що в пікові години доби буде використовуватися трьохфазна схема роз'їзду транспорту. Результати розрахунків зведені в таблицях 2.2 – 2.4.

Таблиця 2.2 - Складові циклу регулювання (7:30 – 8:30)

Такти регулювання	Тривалість елементів циклу, с	
	1 – 2	9
ПТ	2 – 1	8
	1	34
ОТ	2	26
	Загальна тривалість циклу – 77 секунд	

Таблиця 2.3 - Складові циклу регулювання (13:00 – 14:00)

Такти регулювання	Тривалість елементів циклу, с	
	1 – 2	9
ПТ	2 – 1	8
	1	26
ОТ	2	23
	Загальна тривалість циклу – 66 секунд	

Таблиця 2.4 - Складові циклу регулювання (17:00 – 18:00)

Такти регулювання	Тривалість елементів циклу, с	
ПТ	1 – 2	9
	2 – 1	8
ОТ	1	33
	2	26
Загальна тривалість циклу – 76 секунд		

Порівнюючі дані таблиць 2.2 – 2.4 маємо практично повне співпадіння розрахунків для ранкового та вечірнього періодів (різницею в 1 с можна знехтувати). Крім того вони практично співпадають з режимами регулювання, які зараз присутні на перехресті. Розрахунки ж для міжпікового періоду значно відрізняються й від існуючих режимів регулювання й від розрахованих для пікових періодів. Тому пропонується створення нові програми регулювання – для міжпікових годин. Відповідна циклограма представлена на рисунку 2.5.

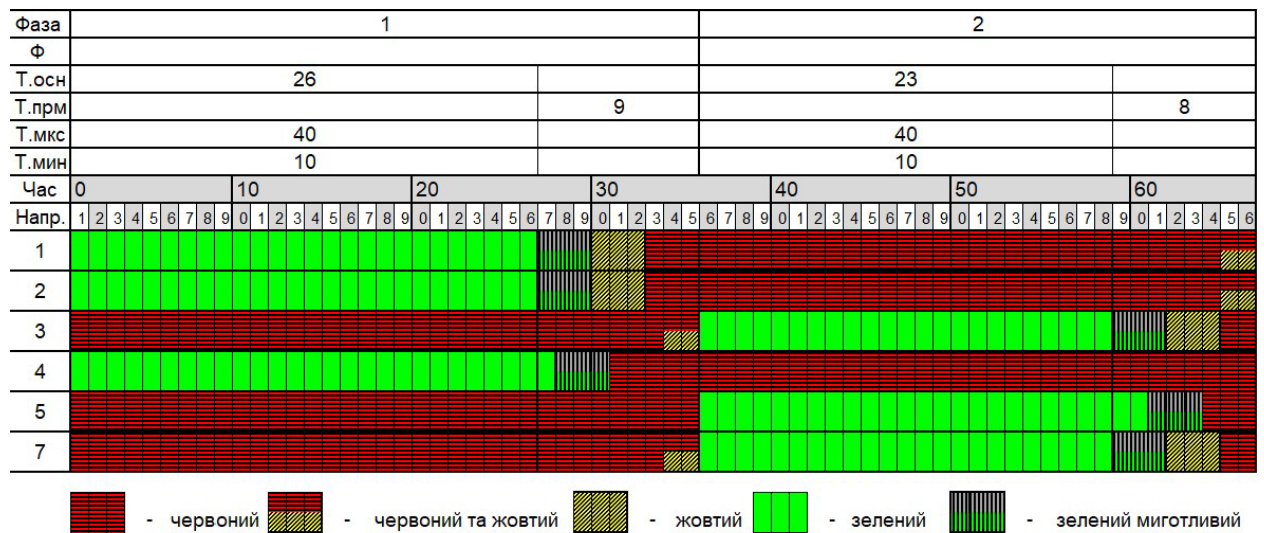


Рисунок 2.5 – Розрахована циклограма режимів регулювання в міжпіковій годині

2.3 Усунення недоліків в організації дорожнього руху на перехресті

2.3.1 Усунення недоліків в застосуванні дорожніх знаків

В Україні використання дорожніх знаків регламентовано вимогами Державного стандарту України [5].

З метою запобігання порушень вимог використання дорожніх знаків на перехресті вул. Незалежної України – вул. В. Зайцева й для підвищення безпеки руху транспортних та пішохідних потоків пропонується встановити додаткові дорожні знаки, які зведені в таблицю 2.5.

Безпосереднє використання нових дорожніх знаків на перехресті відображено в переробленій схемі організації дорожнього руху, що представлена на рисунку 2.6.

Таблиця 2.5 – Додаткові потрібні дорожні знаки

№	Шифр знаку	Назва знаку	Кількість знаків
1	5.16	Напрямок руху по смугах	1
2	5.35.1	Пішохідний перехід	6
3	5.35.2	Пішохідний перехід	6

2.3.2 Усунення недоліків в застосуванні дорожньої розмітки

В Україні використання дорожньої розмітки регламентовано вимогами Державного стандарту України [6].

З метою підвищення безпеки руху транспортних та пішохідних потоків на перехресті вул. Незалежної України – вул. В. Зайцева пропонується повністю поновити дорожню розмітку. Види розмітки, яку потрібно нанести, зведені в таблицю 2.6.

Таблиця 2.6 – Дорожня розмітка необхідна на перехресті вул. Незалежної України – вул. В. Зайцева

Вид розмітки	Одиниці вимірювання	Кількість
1.1	м ²	7,5
1.5		3,6
1.6		2,3
1.12		16
1.14.1		22,2
1.18		8,8
Разом		60,4

Безпосереднє використання дорожньої розмітки на перехресті відображено в переробленій схемі організації дорожнього руху, що представлена на рисунку 2.6.

2.3.3 Переробка схеми організації руху на перехресті вул. Незалежної України – вул. В. Зайцева

Якісна організація дорожнього руху стоїть в центрі ефективного функціонування транспортної системи у населених пунктах. Це особливо актуально для великих міст, де величезні потоки пасажирів, автотранспорту та пішоходів потребують уважного планування та розподілу ресурсів.

Ключові складові якісної організації дорожнього руху включають [2]:

- комплексний підхід – планування та впровадження стратегій дорожнього руху повинні охоплювати всі аспекти транспортної системи, включаючи різноманітні види транспорту та потреби різних категорій користувачів;

- детальний аналіз та проектування – ефективна організація дорожнього руху базується на глибокому аналізі даних та натурних обстеженнях, що дозволяють врахувати особливості місцевих умов та потреби користувачів;
- управління транспортними потоками – ефективне регулювання потоків транспорту дозволяє уникнути заторів та оптимізувати рух на вулицях та дорогах міста;
- безпека та комфорт пішоходів – забезпечення безпечних умов для пішоходів, включаючи встановлення пішохідних переходів, тротуарів та інфраструктури для забезпечення їхньої безпеки та зручності;
- розвиток громадського транспорту – стимулювання використання громадського транспорту сприяє зменшенню транспортних заторів та забезпечує більш ефективне використання дорожньої мережі;
- управління автостоянками – розумне розміщення та управління автостоянками допомагає зменшити затори та забезпечує зручний доступ до паркувальних місць.

Загалом, якісна організація дорожнього руху є критично важливою для забезпечення ефективного та безпечного транспортного процесу у містах, особливо великих.

Правильна схема організації дорожнього руху є основою для ефективної та безпечної організації самого руху на дорогах. Якість цієї схеми визначає результати фактичної організації транспорту, включаючи транспортні затори, умови руху та рівень безпеки.

Схема організації дорожнього руху - це детальне планування вулично-дорожньої мережі з нанесенням всіх необхідних елементів для організації безпечного та ефективного руху.

Із урахуванням всіх запропонованих змін пропонується нова схема організації дорожнього руху на перехресті вул. Незалежної України – вул. В. Зайцева, яка представлена на рисунку 2.6.

Оновлення схеми дорожнього руху на перехресті вул. Незалежної України – вул. В. Зайцева повинно призвести до підвищення загального рівня безпеки руху всіх транспортних та пішохідних потоків в тому числі й трамваїв.

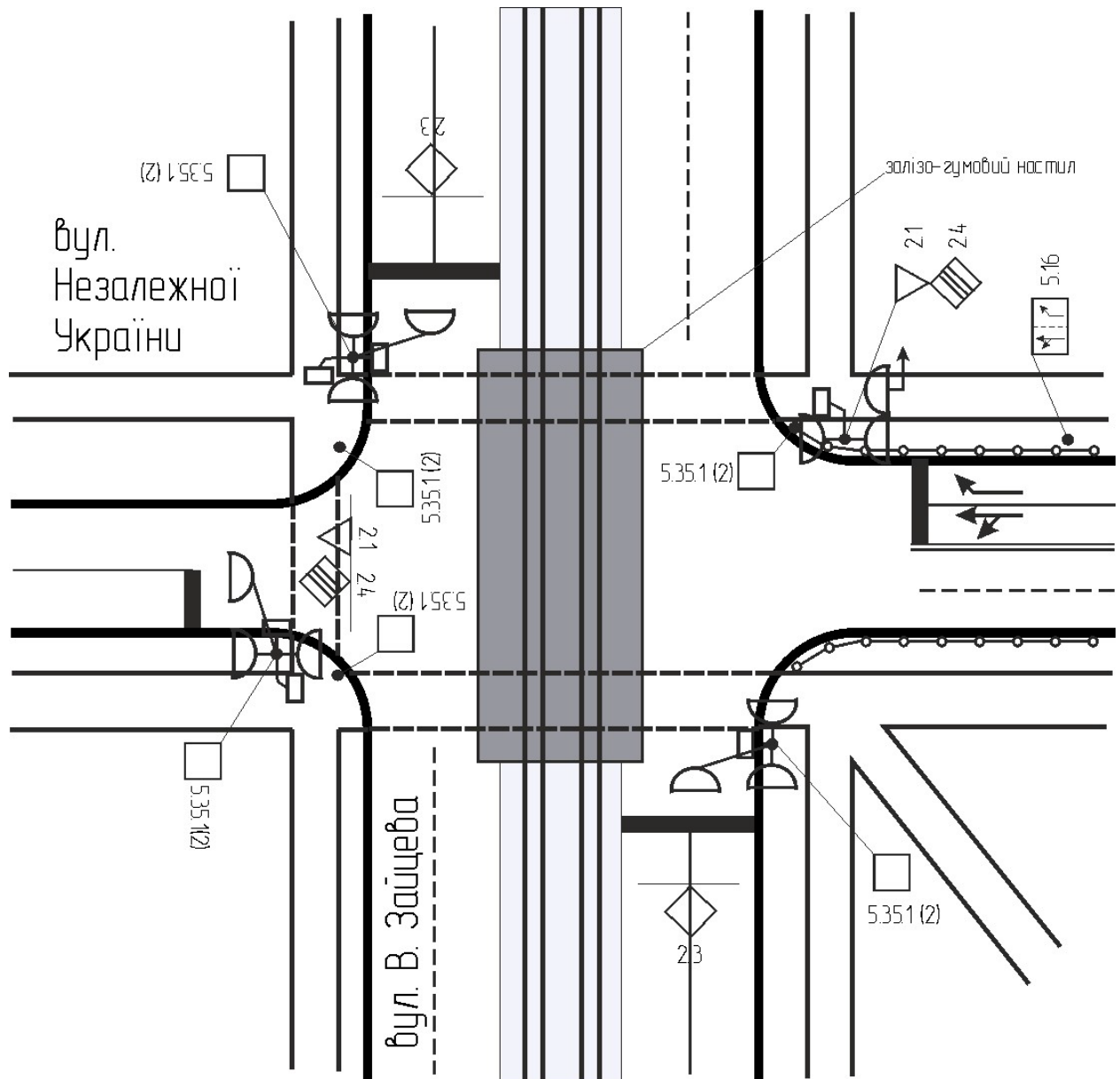


Рисунок 2.6 – Перероблена схема організації дорожнього руху на перехресті вул. Незалежної України – вул. В. Зайцева

3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Запропоновані в дипломній роботі заходи з підвищення безпеки руху на перехресті із наявним трамвайним рухом на прикладі перехрестя вул. Незалежної України – вул. В. Зайцева вимагають певних грошових витрат на впровадження. Склад запропонованих заходів наступний:

- забудова спеціалізованого залізо-гумового настилу на трамвайному переїзді;
- встановлення спеціалізованої пішохідної огорожі;
- зміна режимів регулювання на перехресті;
- встановлення додаткових дорожніх знаків;
- нанесення дорожньої розмітки.

Фактичний розмір капітальних вкладень можливо розрахувати так, грн.:

$$K = K_{зн} + K_{ог} + K_{дк} + K_{зн} , \quad (3.1)$$

де $K_{зн}$ – розмір капітальних вкладень, пов'язаних із придбанням залізо-гумових настилів достатніх для покриття 147 м² площі трамвайного переїзду (із урахуванням двох пішохідних переходів) та виконанням робіт з їх встановлення, грн.;

$K_{ог}$ – розмір капітальних вкладень, пов'язаних із придбанням пішохідної огорожі та виконанням робіт з її встановлення, грн.;

$K_{дк}$ – розмір капітальних вкладень, пов'язаних із придбанням та встановленням нового дорожнього контролеру для реалізації багатoprogramного регулювання, грн.;

$K_{зн}$ – розмір капітальних вкладень, пов'язаних із придбанням дорожніх знаків та виконанням робіт з їх встановлення, грн.

Фактичний розмір капітальних вкладень, пов'язаних із придбанням залізо-гумових настилів достатніх для покриття 147 м^2 площі трамвайного переїзду (із урахуванням двох пішохідних переходів) та виконанням робіт з їх встановлення можливо розрахувати так, грн:

$$K_{\text{згн}} = S(C_{\text{згн}} + C_{\text{вст}}) , \quad (3.2)$$

де S – фактична площа трамвайного переїзду із урахуванням двох пішохідних переходів, м^2 ;

$C_{\text{згн}}$ – фактична грошова вартість 1 м^2 залізо-гумового настилу із засобами кріплення, грн.;

$C_{\text{вст}}$ – фактична грошова вартість проведення всіх робіт по встановленню 1 м^2 залізо-гумового настилу, грн.

Виробника залізо-гумових настилів на території України знайти не вдалося. В країнах Євросоюзу ціни варіюються від 50 євро до майже 120 євро за 1 м^2 . Тому із урахуванням вартості доставки приймемо $C_{\text{згн}} = 6750$ грн. Ціну робіт по встановленню 1 м^2 настилу приймемо 1000 грн (по аналогії з приблизною вартістю виконання таких робіт фірмами-виробниками).

$$K_{\text{згн}} = 147 \cdot (6750 + 1000) = 1139250 \text{ грн.}$$

Фактичний розмір капітальних вкладень, пов'язаних із придбанням пішохідної огорожі та виконанням робіт з її встановлення можливо розрахувати так, грн:

$$K_{\text{ог}} = L_{\text{ог}} \cdot C_{\text{ог}} , \quad (3.3)$$

де $L_{\text{ог}}$ – загальна довжина пішохідної огорожі, яку потрібно встановити, м;

C_{oz} – фактична грошова вартість одного погонного метру пішохідної огорожі, грн.

$$K_{oz} = 40 \cdot 3200 = 128000 \text{ грн.}$$

Робочі характеристики, які визначають тип такого приладу, як новий багатопрограмний дорожній контролер можуть визначати великі розбіжності у вартості такого приладу. На перехресті вул. Перемоги – вул. Героїв Крут за нових умов запропоноване жорстке програмне регулювання, яке включатиме дві робочі програми. Щоб реалізувати це немає потреби у встановленні потужного й складного дорожнього контролеру. Цілком достатньо буде використати контролер моделі ДК-АТ орієнтовною вартістю (враховуючи роботи із підключення та встановлення) $K_{ок} = 160000$ грн.

Фактичний розмір капітальних вкладень, пов'язаних із придбанням дорожніх знаків та виконанням робіт з їх встановлення на дорожні знаки можливо розрахувати так, грн:

$$K_{зн} = C_{зн} + C_{вст.зн}, \quad (3.4)$$

де $C_{зн}$ – фактична грошова вартість дорожніх знаків, які потрібно встановити, грн.;

$C_{вст.зн}$ – фактична грошова вартість проведення всіх робіт по встановленню дорожніх знаків, грн.

Всі дорожні знаки, які потрібно встановити, зібрані в таблицю 3.1.

Таблиця 3.1 – Всі дорожні знаки, які потрібно встановити

№	Дорожні знаки, які потрібно встановити		
	Фактична кількість	Фактична ціна за одиницю	Фактична вартість одиниці
5.16	1	1344	1344
5.35	12	951	11412
Разом	13	-	12756

Фактичну грошову вартість проведення всіх робіт по встановленню дорожніх знаків можливо розрахувати так, грн:

$$C_{вст.зн} = C_{I\,зн} \cdot N_{зн} , \quad (3.5)$$

де $C_{I\,зн}$ – фактична грошова вартість проведення робіт зі встановлення одного дорожнього знаку (із врахуванням матеріалів);
 $N_{зн}$ – фактична кількість дорожніх знаків.

$$C_{вст.зн} = 361 \cdot 12 = 4332 \text{ грн.}$$

$$K_{зн} = 12756 + 4332 = 17088 \text{ грн.}$$

Капітальні вкладення, які потрібні для підвищення безпеки руху транспортних та пішохідних потоків:

$$K = 1139250 + 128000 + 160000 + 17088 = 1444338 \text{ грн.}$$

Фактичний розмір експлуатаційних витрат при організації дорожнього руху можливо розрахувати так, грн. [7]:

$$C_{експл} = C_p + C_a, \quad (3.6)$$

де C_p – фактична грошова вартість робіт з обслуговування та ремонту, грн.;
 C_a – фактична грошова вартість витрат на амортизаційні відрахування для подальшого оновлення обладнання, грн.

Фактичну грошову вартість робіт з обслуговування та ремонту можливо розрахувати так, грн. [7]:

$$C_p = K_{\epsilon} \cdot n_p / 100, \quad (3.7)$$

де K_{ϵ} – фактична грошова вартість обладнання (пішохідна огорожа, дорожній контролер, дорожні знаки), грн.;
 n_p – існуючий норматив відрахувань, %.

$$C_p = 305088 \cdot 5 / 100 = 15255 \text{ грн.}$$

Фактичний розмір амортизаційних відрахувань можливо розрахувати так, грн. [7]:

$$C_a = K_{\delta} \cdot n_a / 100, \quad (3.8)$$

де n_a – існуючий норматив відрахувань, %.

$$C_a = 305088 \cdot 24 / 100 = 73222 \text{ грн.}$$

Фактичний розмір експлуатаційних витрат:

$$C_{експл} = 15255 + 73222 = 88477 \text{ грн.}$$

Потрібно врахувати, що до поточних витрат відносять також наявні витрати пов'язані з нанесенням чи поновленням дорожньої розмітки кожного року. В таблиці 3.2 наведена фактична наявна вартість цих робіт.

Таблиця 3.2 – Розмір грошових витрат на дорожню розмітку

№ розмітки	Одиниці виміру	Кількість одиниць	Ціна за одиницю, грн	Загальна вартість, грн
1.1	м ²	7,5	304,93	2287
1.5		3,6		1098
1.6		2,3		701
1.12		16		4879
1.14.1		22,2		6769
1.18		8,8		2683
Разом		60,4		18418

Фактичний розмір загальних поточних грошових витрати при організації дорожнього руху:

$$C_{поточ} = 88477 + 18418 = 106895 \text{ грн.}$$

Після реалізації заходів з підвищення безпеки руху очікується зниження кількості дорожньо-транспортних пригод та зменшення транспортних затримок на перехресті. Саме за рахунок цього планується реалізувати згадані вище заходи. Розрахунок можливо виконати так, грн. [7]:

$$E = (C_{тр}^p - C_{тр}^{нр}) + \Delta C_{отн} - C_{ном} \quad , \quad (3.9)$$

де $C_{тр}^p, C_{тр}^{нр}$ – грошовий еквівалент затримок транспорту по видах до впровадження заходів та після їх реалізації, грн.;

$\Delta C_{\text{дтп}}$ – очікуване зменшення збитків від дорожньо-транспортних пригод, грн.

Розрахунок річних витрат транспорту через затримки руху можливо розрахувати так [7]:

$$C_{\text{тп}} = S \cdot Z, \quad (3.10)$$

де S – грошовий еквівалент 1 певного транспортного засобу, грн;
 Z – річні затримки певних транспортних засобів, год.

Значення вартості 1 машино-години зведено по типах автомобілів в таблицю 3.3.

Таблиця 3.3 – Грошовий еквівалент години затримки

№	ТЗ	Вартість 1 машино-години, грн.
1	легковий	233,72
2	мікроавтобус	454,36
3	автобус (трамвай)	681,55
4	вантажний	377,75

Затримки транспорту були отримані при розрахунках параметрів світлофорного регулювання й зведені в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Річні затримки транспорту

Річні затримки транспорту на перехресті, год	
до реалізації заходів	після реалізації заходів
8149	5564

У відповідності до п. 1.4 в таблицю 3.5 зведено інформацію по складу транспортних потоків.

Таблиця 3.5 – Розподіл складу транспортного потоку

№	Тип транспортного засобу	Частка в транспортному потоці, %
1	легковий	83
2	мікроавтобус	3
3	автобус	1
4	вантажний	13

Загальний розмір затримок транспорту до впровадження пропонованих заходів:

$$C_{mp}^p = (0,83 \cdot 233,72 + 0,03 \cdot 454,36 + 0,01 \cdot 681,55 + 0,13 \cdot 377,75) \cdot 8149 = 2147599$$

грн.

Загальний розмір затримок транспорту після впровадження пропонованих заходів:

$$C_{mp}^p = (0,83 \cdot 233,72 + 0,03 \cdot 454,36 + 0,01 \cdot 681,55 + 0,13 \cdot 377,75) \cdot 5564 = 1466344$$

грн.

За три роки відбулося 14 дорожньо-транспортних пригод. В цих пригодах отримали ушкодження 3 людини (див. п.1.6). Середні збитки зі рік від цих дорожньо-транспортних пригод можливо розрахувати так, грн. [7]:

$$C_{ДТП}^{існ} = \frac{K_з \cdot Ц_з + K_п \cdot Ц_п + K_м \cdot Ц_м}{3}, \quad (3.11)$$

де $K_з, K_п, K_м$ – фактичні дорожньо-транспортні пригоди із різними наслідками (відповідно із загиблими людьми, із ушкодженими людьми, виключно із матеріальними збитками);

C_z, C_n, C_m – умовна грошова вартість різних наслідків (відповідно загибель людини, ушкодження людини, ушкодження майна), грн.

Умовні грошові вартості різних наслідків:

- загибель людини $C_z = 256000$ грн.;
- ушкодження людини $C_n = 192000$ грн.;
- ушкодження майна $C_m = 128000$ грн.

$$C_{\text{ДТП}}^{\text{існ}} = (3 \cdot 192000 + 11 \cdot 128000) / 3 = 661333 \text{ грн.}$$

Фактичне зниження збитків від дорожньо-транспортних пригод залежить від характеру заходів, які планується виконати для підвищення безпеки руху. У [7] наведений цілий ряд коефіцієнтів зниження в залежності від виду заходу. В таблиці 3.6 вибрані такі коефіцієнти для нашого випадку.

Таблиця 3.6 – Коефіцієнти зниження збитків від ДТП [7]

Заплановані організаційні заходи	Коефіцієнт
роботи по усуненню недоліків поверхні проїжджої частини	0,28
встановлення пішохідної огорожі	0,3
встановлення додаткових дорожніх знаків	0,15
відновлення горизонтальної розмітки перехрестя	0,23

Коригуючий коефіцієнт зниження збитків можливо розрахувати так, грн. [7]:

$$\Delta k = 1 - (1 - k_1) (1 - k_2) (1 - k_3) \dots (1 - k_n). \quad (3.12)$$

$$\Delta k = 1 - (1 - 0,28) \cdot (1 - 0,3) \cdot (1 - 0,15) \cdot (1 - 0,23) = 0,67.$$

Очікуване зменшення збитків від дорожньо-транспортних пригод можливо розрахувати так, грн. [7]:

$$\Delta C_{\text{ДТП}} = \Delta k \cdot C_{\text{ДТП}}^i. \quad (3.13)$$

$$\Delta C_{\text{ДТП}} = 0,67 \cdot 661333 = 443093 \text{ грн.}$$

Отже, очікувана економія може скласти:

$$E = (2147599 - 1466344) + 443093 - 106895 = 1017453 \text{ грн.}$$

Очікувана економія грошей трохи менша за капітальні вкладення. Однак вже на другому році капітальні вкладення повинні окупитися. Саме тому можна зробити висновок, що заходи з підвищення безпеки руху на перехресті із наявним трамвайним рухом не тільки забезпечать значно більшу безпеку руху транспорту, але й будуть мати значне економічне обґрунтування.

ВИСНОВКИ

В дипломній роботі основна увага була приділена питанням поліпшення організації руху транспортних потоків та підвищення їх безпеки на перехрестях із наявним трамвайним рухом на прикладі перехрестя вул. Незалежної України – вул. В. Зайцева міста Запоріжжя.

На цьому перехресті проведено ретельне дослідження транспортних та пішохідних потоків, отримані дані щодо їх інтенсивностей та складу. Проаналізований рівень потенційної складності цього перехрестя.

Для підвищення рівня безпеки на перехресті запропоновано використання спеціальних залізо-гумових настилів на трамвайному переїзді. Також впроваджено пішохідну огорожу на окремих ділянках, де спостерігаються постійні порушення правил пішоходами.

Запропонована зміна режимів регулювання на перехресті вул. Незалежної України – вул. В. Зайцева. Розроблено додаткову програму регулювання на перехресті для міжпікових годин доби. Це дозволить дещо знизити транспортні затримки.

В роботі проаналізована та відкоригована діюча схема організації дорожнього руху на перехресті вул. Незалежної України – вул. В. Зайцева.

Для оцінки запропонованих заходів був виконаний ряд економічних розрахунків. Ці розрахунки повністю підтвердили доцільність впровадження заходів для підвищення загального рівня безпеки руху на перехресті вул. Незалежної України – вул. В. Зайцева.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Планування міст і транспорт : навч. посібник / О. С. Безлюбченко, С. М. Гордієнко, О. В. Завальний; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – 271 с..
2. Системологія на транспорті: Кн. IV: Організація дорожнього руху / [Е.В. Гаврилов, М.Ф. Дмитриченко, В.К. Доля та ін.] – К.: Знання України, 2007. – 452 с.
3. Парасюк В.М., Демків Р.Я., Когут В.М. Безпека дорожнього руху: навчальний посібник. – Львів : Львівський державний університет внутрішніх справ, 2022. – 340 с.
4. Організація та регулювання дорожнього руху: підручник / за заг. ред. В.П. Поліщука, О.О. Бакуліч, О.П. Дзюба, В.І. Єресов та ін. – К.: Знання України, 2012. – 467 с..
5. ДСТУ 4100:2014 Безпека дорожнього руху. Знаки дорожні. Загальні технічні умови. Правила застосування. URL: https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/dstu_4100_2014.pdf (дата звернення: 31.05.2024)
6. ДСТУ 2587:2021 Безпека дорожнього руху. Розмітка дорожня. Загальні технічні умови. URL: https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/dstu_2587_2021.pdf (дата звернення: 31.05.2024)
7. Аксенов В.А. Экономическая эффективность рациональной организации дорожного движения / В.А. Аксенов, Е.П. Попова, О.А. Дивочкин – М.: Транспорт, 1987. – 128 с.