

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Транспортний
(повне найменування, факультету)

«Транспортні технології»
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проєкту (роботи)

бакалавра
(ступінь вищої освіти)

на тему УДОСКОНАЛЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ТА БЕЗПЕКИ РУХУ
МАРШРУТНОГО ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ В ТРАНСПОРТНОМУ
ВУЗЛІ З ВЕЛИКОЮ КОНЦЕНТРАЦІЄЮ КІНЦЕВИХ ЗУПИНОК

Виконав(ла): студент(ка) IV курсу, групи T-311сп_2

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

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

БАРИШНІКОВ Д.Ю.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

Керівник РАЙДА І.М.

(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

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

БАРИШНІКОВА Дениса Юрійовича

(ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Удосконалення організації та безпеки руху маршрутного пасажирського транспорту в транспортному вузлі з великою концентрацією кінцевих зупинок

керівник проєкту (роботи) РАЙДА Ігор Михайлович,

(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 Загальні питання організації транспорту в стані спокою, 2.1.1 Особливості та напрямки поліпшення організації транспорту в стані спокою, 2.1.2 Організація відстою автобусів між рейсами в межах перехрестя пр. Металургів – вул. Рекордна, 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 пр. Металургів – вул. Рекордна, 2.3 Усунення недоліків в організації дорожнього руху на перехресті, 3 Економічна частина

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

Презентація дипломної роботи

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1	РАЙДА І.М., старш. викл.		
2	РАЙДА І.М., старш. викл.		
3	ХАРЧЕНКО Т.В., старш.викл.		

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (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)

 Денис БАРИШНІКОВ
(підпис) (Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Керівник проєкту (роботи)

 Ігор РАЙДА
(підпис) (Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 61 стор., 17 табл., 21 рис., 7 використаних джерел.

АВТОБУСНИЙ МАРШРУТ, БЕЗПЕКА РУХУ, ВІДСТІЙ АВТОБУСІВ, ДОРОЖНИЙ ЗНАК, ДОРОЖНЯ РОЗМІТКА, ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ, ОБСЯГИ РУХУ, ОРГАНІЗАЦІЯ ДОРОЖНЬОГО РУХУ, ОРГАНІЗАЦІЯ ТРАНСПОРТУ В СТАНІ СПОКОЮ, ПЕРЕХРЕСТЯ, ПІШОХОДИ, РЕЖИМИ РЕГУЛЮВАННЯ, СПЕЦІАЛІЗОВАНИЙ МАЙДАНЧИК, ТРАНСПОРТНИЙ ПОТІК

Об'єкт дослідження – міський транспортний вузол із значною кількістю кінцевих зупинок маршрутного пасажирського транспорту.

Мета роботи – поліпшення організації руху транспорту та підвищення рівня його безпеки в таких вузлах.

Метод дослідження – аналітичний.

В дипломній роботі розглянутий міський транспортний вузол із значною кількістю кінцевих зупинок маршрутного пасажирського транспорту на прикладі перехрестя пр. Металургів – вул. Рекордна. Розглянуті питання організації дорожнього руху на цьому перехресті. Зібрані основні характеристики транспортних та пішохідних потоків. Визначена потенційна складність цього перехрестя.

Приділено увагу значному підвищенню рівня організації й безпеки пасажирського рухомого складу в стані спокою. Зроблена перевірка відповідності режимів регулювання на цьому перехресті наявним обсягам руху транспорту.

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 Особливості організації міських пасажирських перевезень.....	8
1.1.1 Міський пасажирський транспорт та його вплив на органі- зацію дорожнього руху.....	8
1.1.2 Проблеми організації руху транспорту в міських транспо- ртних вузлах із значною концентрацією кінцевих зупинок.....	10
1.2 Аналіз транспортного вузла в межах перехрестя пр. Металургів – вул. Рекордна.....	12
1.3 Розрахунок потенційної складності перехрестя пр. Металургів – вул. Рекордна	17
1.4 Дослідження транспортних та пішохідних потоків на перехресті пр. Металургів – вул. Рекордна.....	18
1.5 Аналіз загальної організації управління дорожнім рухом на пере- хресті пр. Металургів – вул. Рекордна.....	22
1.6 Загальний аналіз дорожньо-транспортних пригод на перехресті пр. Металургів – вул. Рекордна.....	25
1.7 Постановка задач на дипломну роботу.....	30
2 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА.....	31
2.1 Загальні питання організації транспорту в стані спокою.....	31
2.1.1 Особливості та напрямки поліпшення організації транспо- рту в стані спокою.....	31
2.1.2 Організація відстою автобусів між рейсами в межах пере- хрестя пр. Металургів – вул. Рекордна.....	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 пр. Металургів – вул. Рекордна.....	39
2.3 Усунення недоліків в організації дорожнього руху на перехресті.	46
2.3.1 Усунення недоліків в застосуванні дорожніх знаків.....	46
2.3.2 Усунення недоліків в застосуванні дорожньої розмітки.....	46
2.3.3 Переробка схеми організації руху на перехресті пр. Металургів – вул. Рекордна.....	47
3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	51
ВИСНОВКИ.....	60
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	61

ВСТУП

Для якісної організації автобусних пасажирських перевезень є дуже суттєвими два фактори: забезпечення безпеки та підтримка швидкостей сполучення на достатньо високому рівні. Ці фактори в деяких аспектах вступають у конфлікт один з одним. Цей конфлікт стає причиною складності якісної організації автобусних пасажирських перевезень.

Якщо розглядати міські автобусні пасажирські перевезення, то на якість їх організації значно впливають характеристики вулично-дорожньої мережі, які подекуди просто не відповідають сучасним вимогам, як за своєю пропусковою спроможністю, так і за можливими швидкостями руху. Звісно, за таких умов питання забезпечення якості пасажирських перевезень та їх безпеки стає ще гострішим.

Використання міськими автобусами загальної вулично-дорожньої мережі призводить до взаємного впливу цих автобусів та інших учасників дорожнього руху. На існуючих міських мережах дуже часто просто немає можливості для відокремлення маршрутного пасажирського транспорту від загальних транспортних потоків в силу різних причин. Саме тому будь-які заходи, які реалізуються навіть на окремих ділянках вулично-дорожньої мережі й за мету мають підвищення безпеки руху транспортного потоку чи поліпшення його організації, стають важливими й для підвищення якості пасажирських перевезень.

Спираючись на вище згадане, у дипломній роботі розглядаються питання підвищення безпеки автобусних пасажирських перевезень в умовах концентрації на відносно невеликій території значної кількості кінцевих зупинок маршрутів громадського пасажирського транспорту.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Особливості організації міських пасажирських перевезень

1.1.1 Міський пасажирський транспорт та його вплив на організацію дорожнього руху

Міський пасажирський транспорт відіграє ключову роль у функціонуванні сучасних міст, впливаючи на мобільність населення, економічну активність та якість життя. Організація дорожнього руху, своєю чергою, залежить від ефективного планування та інтеграції різних видів транспорту. Питання якісної інтеграції міського пасажирського транспорту в загальну організацію руху вулично-дорожніми мережами населених пунктів є одним з найактуальніших.

Міський пасажирський транспорт поділяється на наступні види [1]:

- автобуси – найпоширеніший вид міського транспорту – забезпечує доступність для більшості районів сучасного міста;
- міський наземний електротранспорт – тролейбуси та трамваї – використовуються в містах із розвиненою інфраструктурою; переваги включають екологічність та меншу залежність від дорожніх заторів завдяки виділеним смугам руху (здебільшого стосується трамваїв);
- метрополітен – найефективніший вид транспорту для великих міст – дозволяє уникати дорожніх заторів та забезпечує швидку доставку пасажирів на великі відстані;
- маршрутні таксі – доповнюють автобусний транспорт, забезпечуючи більш гнучкий графік та маршрути;
- велосипеди та електросамокати – альтернативні види транспорту, що набувають популярності завдяки екологічності та зручності в умовах міської інфраструктури;

- автомобілі-таксі – індивідуальний вид транспорту, який надає більше комфорту, але сприяє збільшенню дорожнього трафіку.

Кожний з цих видів пасажирського транспорту різним чином впливає на загальну організацію дорожнього руху на вулично-дорожній мережі населених пунктів.

Активне використання пасажирського транспорту має цілу низку переваг, основними з яких є наступні.

По-перше, це зменшення заторів. Ефективна система громадського транспорту може значно зменшити кількість приватних автомобілів на дорогах, що зменшує затори та покращує загальну пропускну здатність доріг. Наприклад, автобус або трамвай можуть перевезти значно більше пасажирів на одну одиницю транспортного засобу, ніж приватні автомобілі [1].

По-друге, це зменшення забруднення. Використання електричних видів транспорту, таких як тролейбуси, трамваї та електробуси, сприяє зменшенню викидів шкідливих речовин у повітря. Це покращує екологічну ситуацію в містах та здоров'я мешканців [1].

По-третє, покращення безпеки на дорогах. Зменшення кількості приватних автомобілів на дорогах знижує ймовірність дорожньо-транспортних пригод. Крім того, громадський транспорт, особливо великогабаритний, зазвичай рухається з меншою швидкістю, що також сприяє підвищенню безпеки [1].

З метою поліпшення транспортного обслуговування у містах наразі існують декілька сучасних підходів.

По-перше, інтеграція різних видів транспорту. Для забезпечення ефективного функціонування міського транспорту необхідно інтегрувати різні види транспорту, забезпечуючи зручні пересадки та, за можливості, єдину систему оплати проїзду. Це дозволить пасажирам легко пересуватися містом, використовуючи найзручніший вид транспорту в кожній конкретній ситуації [1].

По-друге, інфраструктурні обмеження. Багато міст стикаються з проблемами через застарілу або недостатньо розвинену інфраструктуру. Інвестиції в

оновлення доріг, побудову нових транспортних вузлів та виділених смуг для громадського транспорту можуть значно покращити ситуацію [1].

По-третє, технологічні інновації. Використання сучасних технологій, таких як системи управління дорожнім рухом, інформаційні табло для пасажирів, мобільні додатки для планування поїздок та оплати проїзду, може значно підвищити ефективність та зручність використання міського транспорту [1].

Й, на кінець, стимулювання використання громадського транспорту. Важливим завданням є створення умов, за яких використання громадського транспорту буде більш привабливим, ніж використання приватних автомобілів. Це може включати економічні стимули, такі як дешевші тарифи на проїзд, та адміністративні заходи, такі як обмеження на в'їзд приватних автомобілів у центральні райони міст [1].

Отже, міський пасажирський транспорт має вирішальне значення для організації дорожнього руху в сучасних містах. Збалансований підхід до організації міського транспорту може забезпечити комфортні та ефективні умови пересування для всіх мешканців міста.

1.1.2 Проблеми організації руху транспорту в міських транспортних вузлах із значною концентрацією кінцевих зупинок

Організація руху транспорту в міських транспортних вузлах із значною концентрацією кінцевих зупинок є складним завданням, яке включає багато аспектів, таких як планування інфраструктури, регулювання руху, безпека, екологія та зручність для пасажирів. Ці вузли часто стають центрами навантаження на транспортну систему міста, що вимагає ефективного вирішення низки проблем.

Основні проблеми організації руху транспорту в міських транспортних вузлах із значною концентрацією кінцевих зупинок наступні.

Вузли з кінцевими зупинками притягують велику кількість транспортних засобів й пасажирів, що може призводити до заторів. Це не лише сповільнює рух, але й спричиняє додаткові витрати часу та пального [1].

Нестача паркувальних місць для приватного транспорту й не тільки є характерною рисою подібних транспортних вузлів. Автомобілісти, які користуються громадським транспортом, потребують місць для паркування. Недостатня кількість таких місць призводить до хаотичного паркування та додаткових проблем з рухом [1].

Взагалі міським транспортним вузлам із значною концентрацією кінцевих зупинок притаманна складність регулювання руху. В таких вузлах часто виникають конфлікти між різними видами транспорту. Автобуси, трамваї, тролейбуси та приватний транспорт часто перетинаються в одному просторі, що створює конфлікти, затримки та значно ускладнює організацію руху [1].

В таких вузлах гостро стають питання забезпечення безпеки та комфорту пасажирів. В разі наявності небезпечних умов на зупинках через відсутність належного освітлення, погано організовані переходи та самі зупинки, що не відповідають стандартам безпеки, можуть нести певну загрозу для пасажирів. Брак зручних місць для очікування, навісів від негоди та інформаційних табло роблять використання громадського транспорту менш привабливим [1].

Є в таких вузлах й ряд екологічних проблем. Може мати місце забруднення повітря через велику концентрація транспорту. Постійний рух транспорту створює високий рівень шуму, що негативно впливає на жителів прилеглих районів [1].

Ці проблеми можуть погіршуватися наявними інфраструктурними обмеженнями. Так, багато міських транспортних вузлів мають застарілу інфраструктуру, яка не може впоратися із сучасними навантаженнями. В умовах щільної забудови часто немає можливості розширити транспортні вузли чи створити нові об'єкти інфраструктури [1].

Тобто в міських транспортних вузлах із значною концентрацією кінцевих зупинок проблем доволі багато й вони потребують значної уваги з боку організації дорожнього руху. Визначимо подібні вузли в місті Запоріжжі.

Станом на травень 2024 року в Запоріжжя працюють 6 трамвайних маршрутів, 5 тролейбусних маршрутів, 78 автобусних маршрутів [2]. Вони обслуговують всі адміністративні райони міста Запоріжжя.

Після ретельного аналізу в межах Запоріжжя всіх наявних міських транспортних вузлів із значною концентрацією кінцевих зупинок міського транспорту в якості об'єкту для подальшої роботи був обраний транспортний вузол в межах впливу перехрестя пр. Металургів – вул. Рекордна. Цей вибір обумовлює кілька причин:

- розташування транспортного вузлу в центральній частині міста;
- значна концентрація маршрутної мережі (в тому числі й кінцевих зупинок);
- наявність руху різних видів маршрутного пасажирського транспорту.

1.2 Аналіз транспортного вузла в межах перехрестя пр. Металургів – вул. Рекордна

На рисунку 1.1 наведено розташування транспортного вузла в межах перехрестя пр. Металургів – вул. Рекордна на вулично-дорожній мережі міста Запоріжжя.

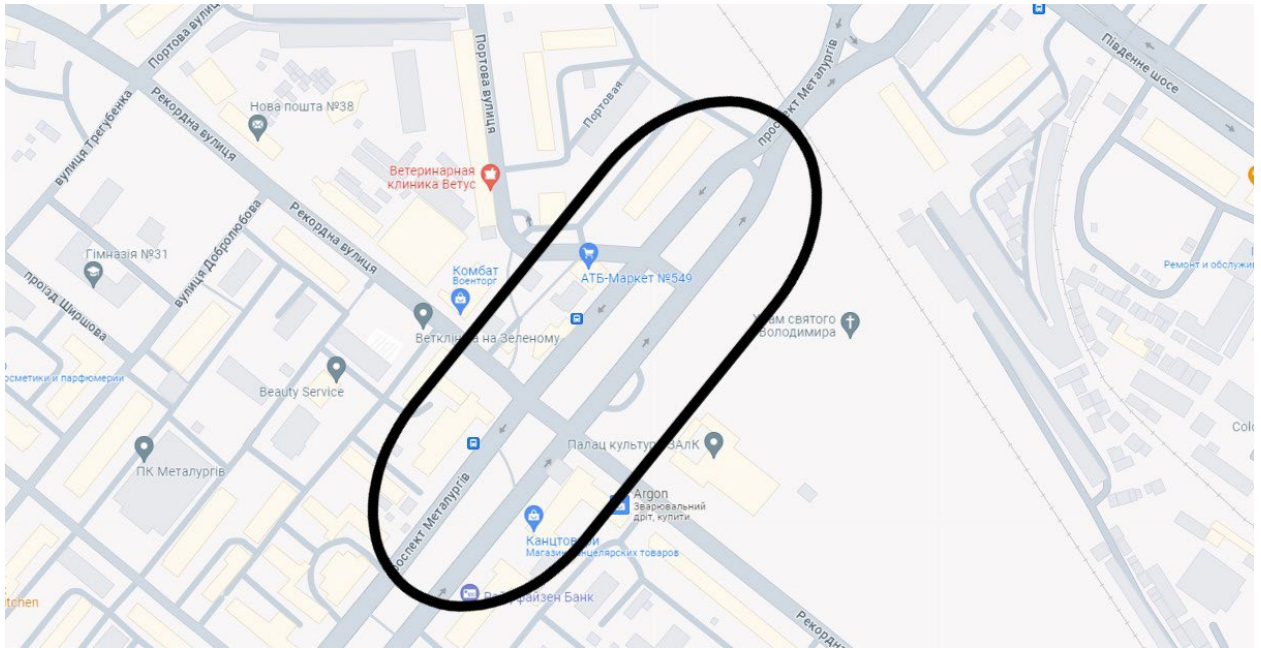


Рисунок 1.1 – Розташування транспортного вузла в межах перехрестя пр. Металургів – вул. Рекордна

Проспект Металургів – магістральна вулиця міського значення, одна з автомобільних артерій, яка обслуговує основний промисловий майданчик міста Запоріжжя. Також проспект Металургів поєднує Заводський район із центральною частиною міста Запоріжжя.

Вулиця Рекордна також носить характер магістральної але має районне значення. Вона проходить повздовж проспекту Соборного у Вознесенівському районі міста Запоріжжя.

Перехрестя пр. Металургів – вул. Рекордна використовується всіма видами транспорту. В районі перехрестя має наявний рух тролейбусів. Тролейбусний маршрут № 9 має початкову та кінцеву зупинки поруч із перехрестям пр. Металургів – вул. Рекордна (див. рис. 1.2).

Транспортний вузол активно використовується автобусним транспортом. Через нього проходять автобусні маршрути 10, 14, 16, 26, 29, 36, 54, 73, 83, 96. Також в цьому вузлі розташовані кінцеві та початкові зупинки автобусних маршрутів 30, 38, 58, 62, 63а, 91.

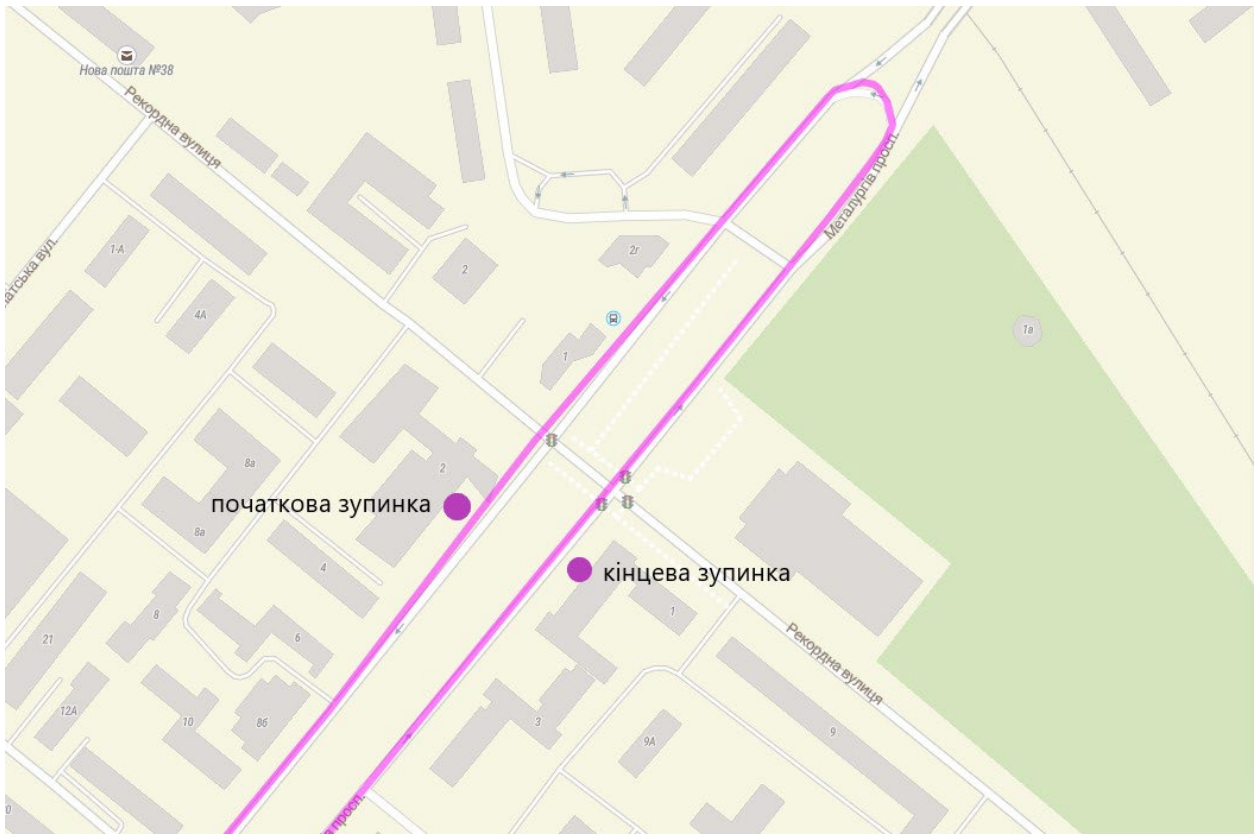


Рисунок 1.2 – Тролейбусний маршрут № 9 на об’єкті дослідження

В межах цього транспортного вузлу розташовані три зупиночні пункти, розташування яких із вказівкою маршрутів громадського транспорту, які їх використовують, наведене на рисунку 1.3.

Зупинка № 1 (див. рис. 1.3) обслуговує 8 автобусних маршрутів, які прямують від основного промислового майданчику міста Запоріжжя та Заводського адміністративного району до центральної частини міста через проспект Металургів. Крім того ця зупинка є кінцевою й одночасно початковою для автобусних маршрутів №№ 30, 38, 58, 91. Зовнішній вигляд зупинки наведений на рисунку 1.4.

Зупинка № 2 (див. рис. 1.3) обслуговує автобусний маршрут № 29, а також є кінцевою й одночасно початковою для тролейбусного маршруту № 9 та автобусних маршрутів №№ 62, 63а. Зовнішній вигляд зупинки наведений на рисунку 1.5.

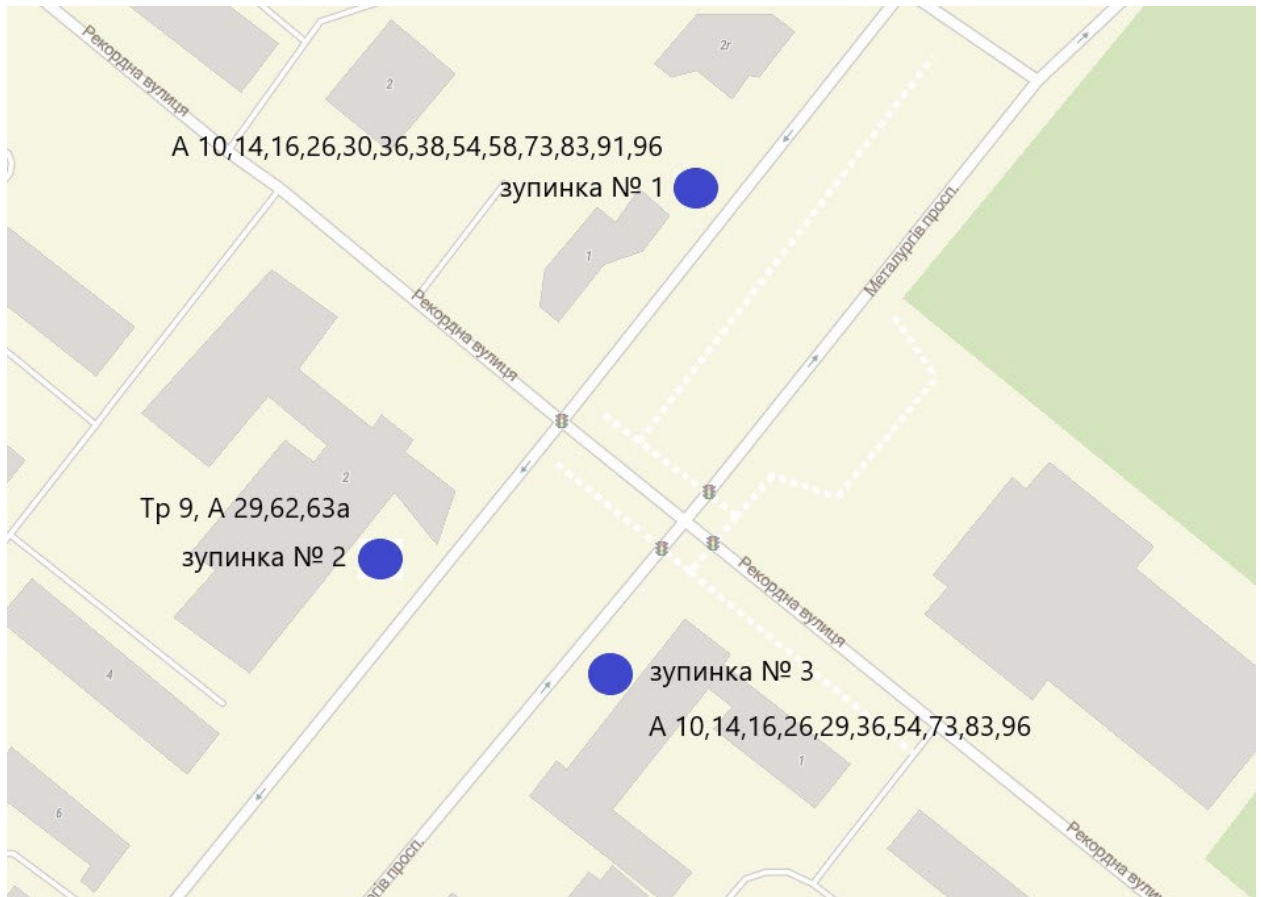


Рисунок 1.3 – Розрахунок потенційної складності перехрестя
пр. Металургів – вул. Рекордна



Рисунок 1.4 – Зовнішній вигляд зупинки № 1

Зупинка № 3 (див. рис. 1.3) обслуговує автобусні маршрути №№ 10, 14, 16, 26, 29, 36, 54, 73, 83, 96. Це напрямок руху від центру міста до основного

промислового майданчику та Заводського адміністративного району. Зовнішній вигляд зупинки наведений на рисунку 1.6.



Рисунок 1.5 – Зовнішній вигляд зупинки № 2



Рисунок 1.6 – Зовнішній вигляд зупинки № 3

Основою транспортного вузла, який розглядається є перехрестя пр. Металургів – вул. Рекордна. Стан та якість організації руху на ньому впливають на увесь транспортний вузол. Тому далі приділимо йому більше уваги.

1.3 Розрахунок потенційної складності перехрестя пр. Металургів – вул. Рекордна

З метою оцінки реальної потенційної складності перехрестя пр. Металургів – вул. Рекордна 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 [3]:

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

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 1.7 наводимо розташування всіх конфліктних точок на перехресті пр. Металургів – вул. Рекордна.

Згідно рисунку 1.7, на перехресті пр. Металургів – вул. Рекордна наявна наступна кількість конфліктних точок за типами: відхилення – 8; злиття – 8; перетин – 16.

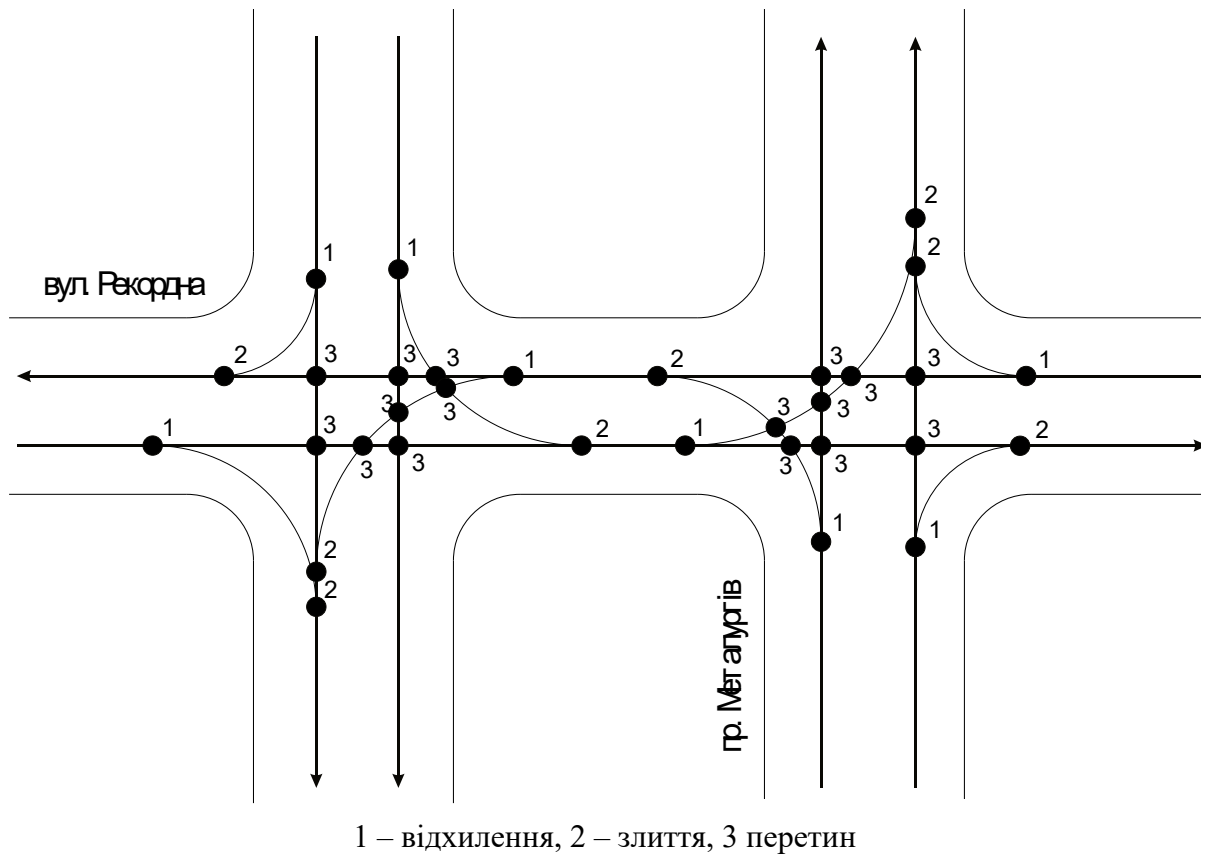


Рисунок 1.7 – Конфліктні точки на перехресті

$$m = 8 + 8 \cdot 3 + 16 \cdot 5 = 112.$$

За наявною класифікацією складності перехрестя пр. Металургів – вул. Рекордна відноситься до складних перехресть [3].

1.4 Дослідження транспортних та пішохідних потоків на перехресті

пр. Металургів – вул. Рекордна

Для виконання якісного аналізу транспортних та пішохідних потоків необхідно 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 [3].

Для отримання значень інтенсивностей руху транспорту на перехресті пр. Металургів – вул. Рекордна було виконано відповідне дослідження. Безпосередньо підраховувалися інтенсивності транспортних потоків за всіма наявними напрямками руху в пікові періоди насичення рухом та між ними. Фактична інтенсивність руху фіксувалася із розбивкою за типами транспортних засобів.

Отримані інтенсивності для спрощення подальшого їх використання необхідно привести до умовного легкового автомобіля, отримуючи в подальшому однакові одиниці виміру [3]:

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

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 у відповідні години подані в рисунках 1.8 – 1.10.

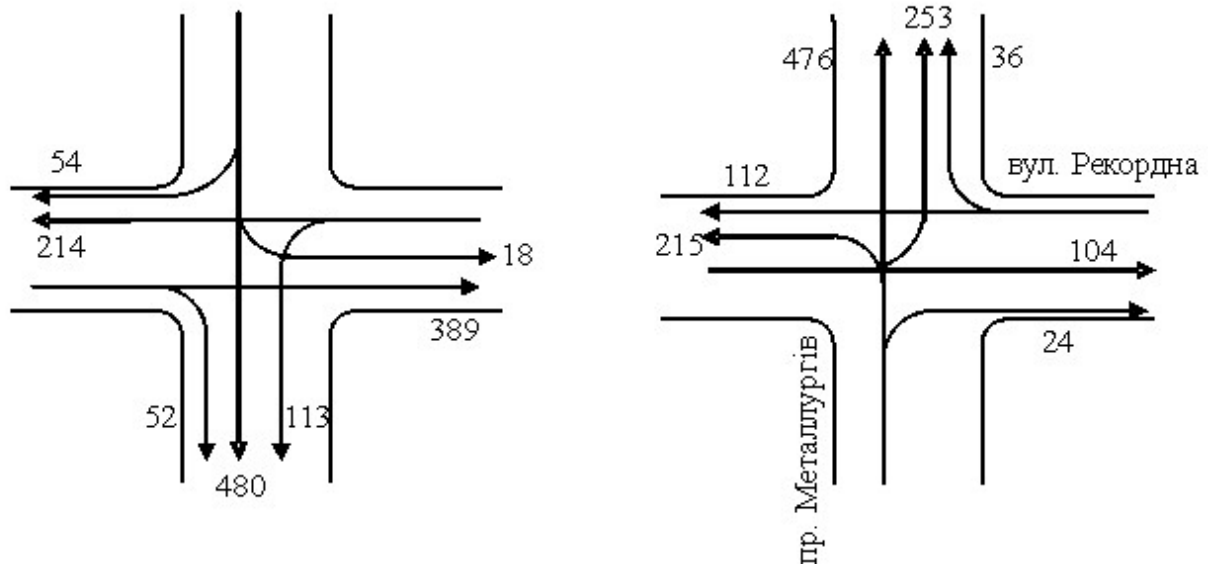


Рисунок 1.8 – Приведені інтенсивності руху (7:00 – 8:00)

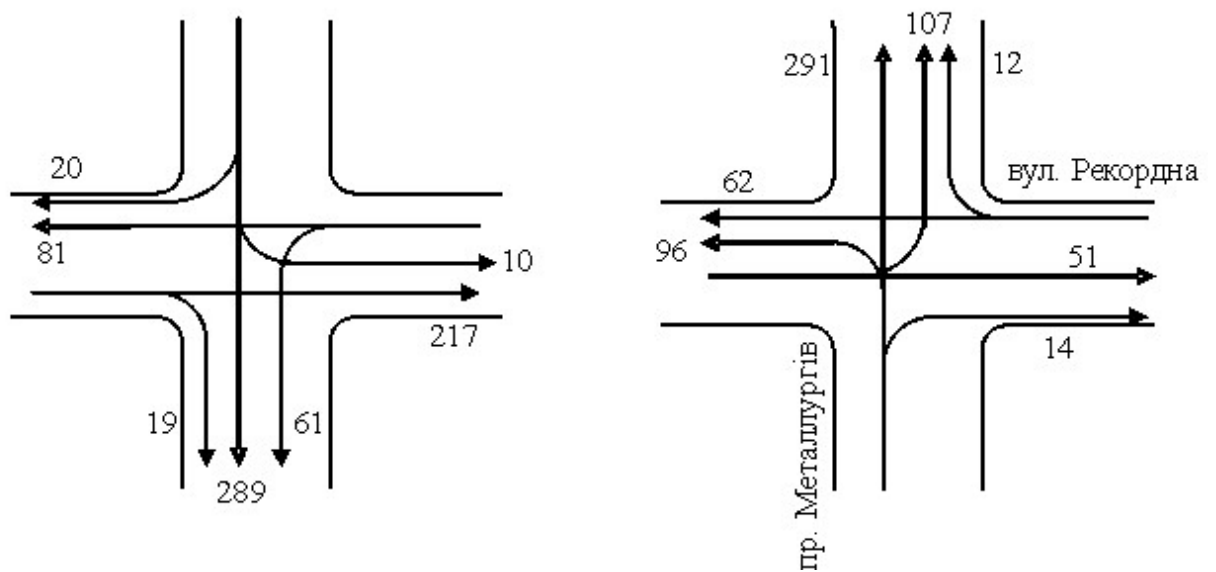


Рисунок 1.9 – Приведені інтенсивності руху (13:00 – 14:00)

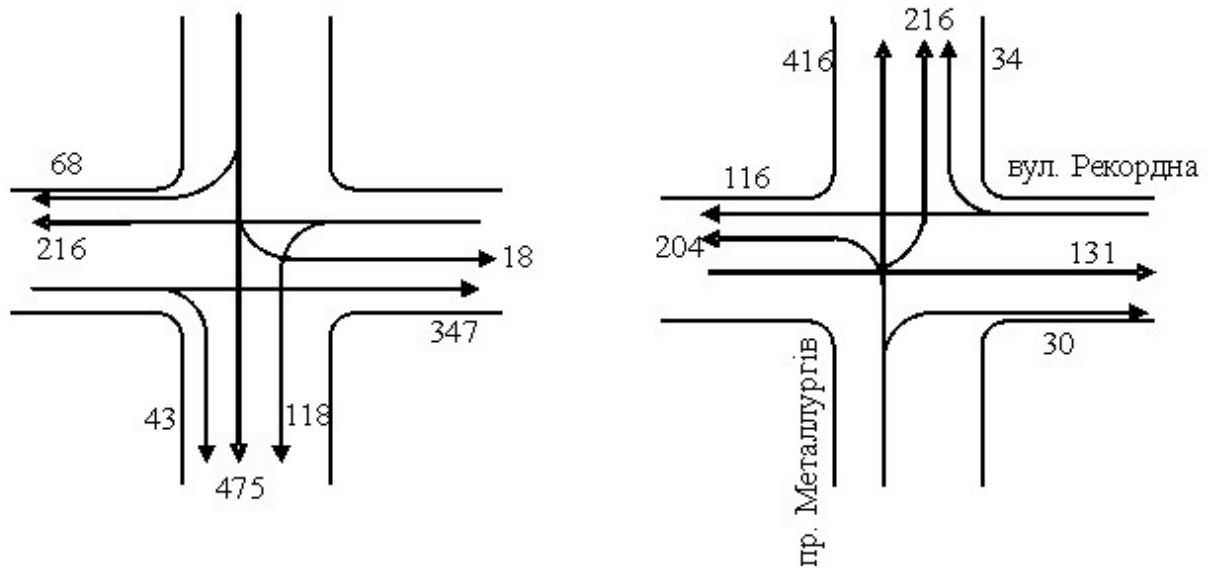


Рисунок 1.10 – Приведені інтенсивності руху (17:00 – 18:00)

Інтенсивність руху на перехресті складає більше 1200 одиниць транспорту за годину. Спостерігається коливання обсягів руху на протязі доби.

Фіксація інтенсивності руху транспортних засобів за їх типами дозволяє отримати дані про склад транспортного потоку на перехресті пр. Металургів – вул. Рекордна, графічне представлення якого надано на рисунку 1.11.

Згідно даних рисунку 1.11 можна стверджувати, що на перехресті має місце наявність неоднорідного транспортного потоку. Більшу кількість (76 %) складають легкові автомобілі.

Пішохідний рух в межах перехрестя пр. Металургів – вул. Рекордна виконується з використанням тротуарів для руху повздовж вулиць та пішохідних переходів для руху поперек вулиць.

Пішохідні потоки також були дослідженні. Щодо об'єму пішохідного руху, то він є насиченим і коливається в межах 150 - 350 піш/год (більше в вечірні години).

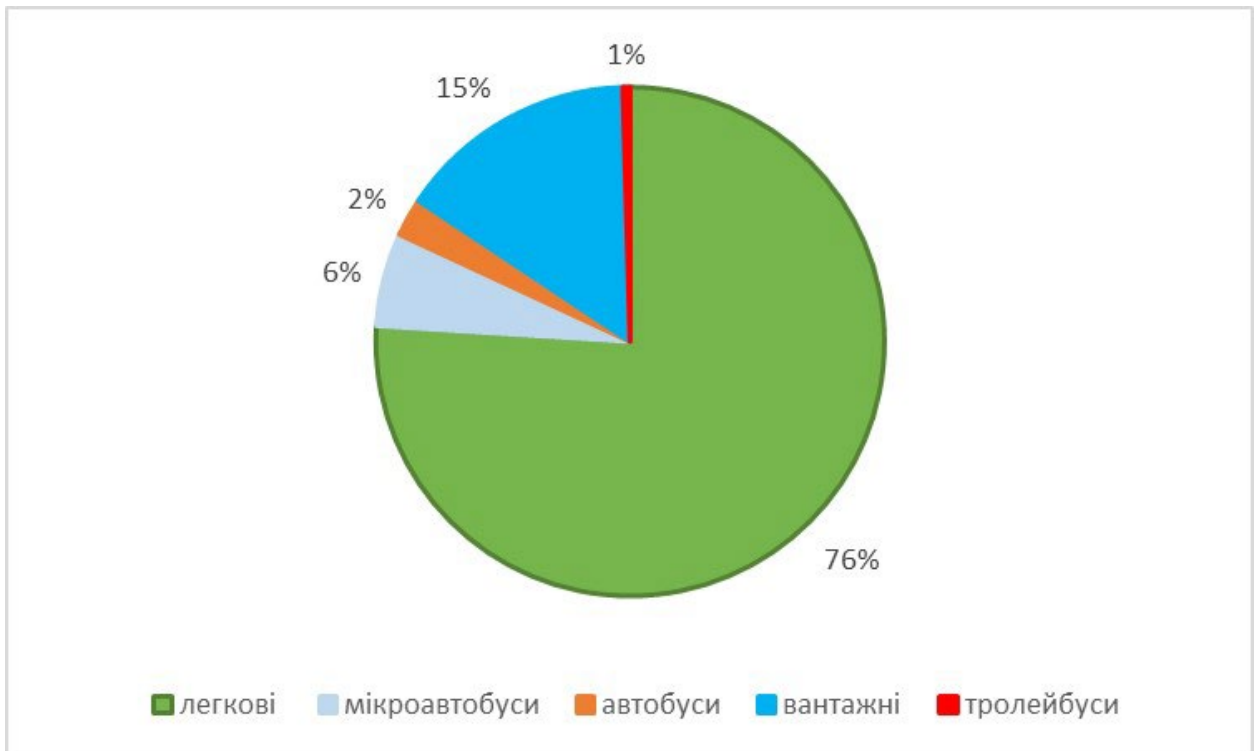


Рисунок 1.11 – Наявний склад транспортних потоків на перехресті пр. Металургів – вул. Рекордна

1.5 Аналіз загальної організації управління дорожнім рухом на перехресті пр. Металургів – вул. Рекордна

Перш за все, потрібно зазначити, що перехрестя пр. Металургів – вул. Рекордна 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 трьохфазною схемою, яку можна побачити на рисунку 1.12. Причинами використання такої схеми є значні лівоповоротні потоки транспорту.

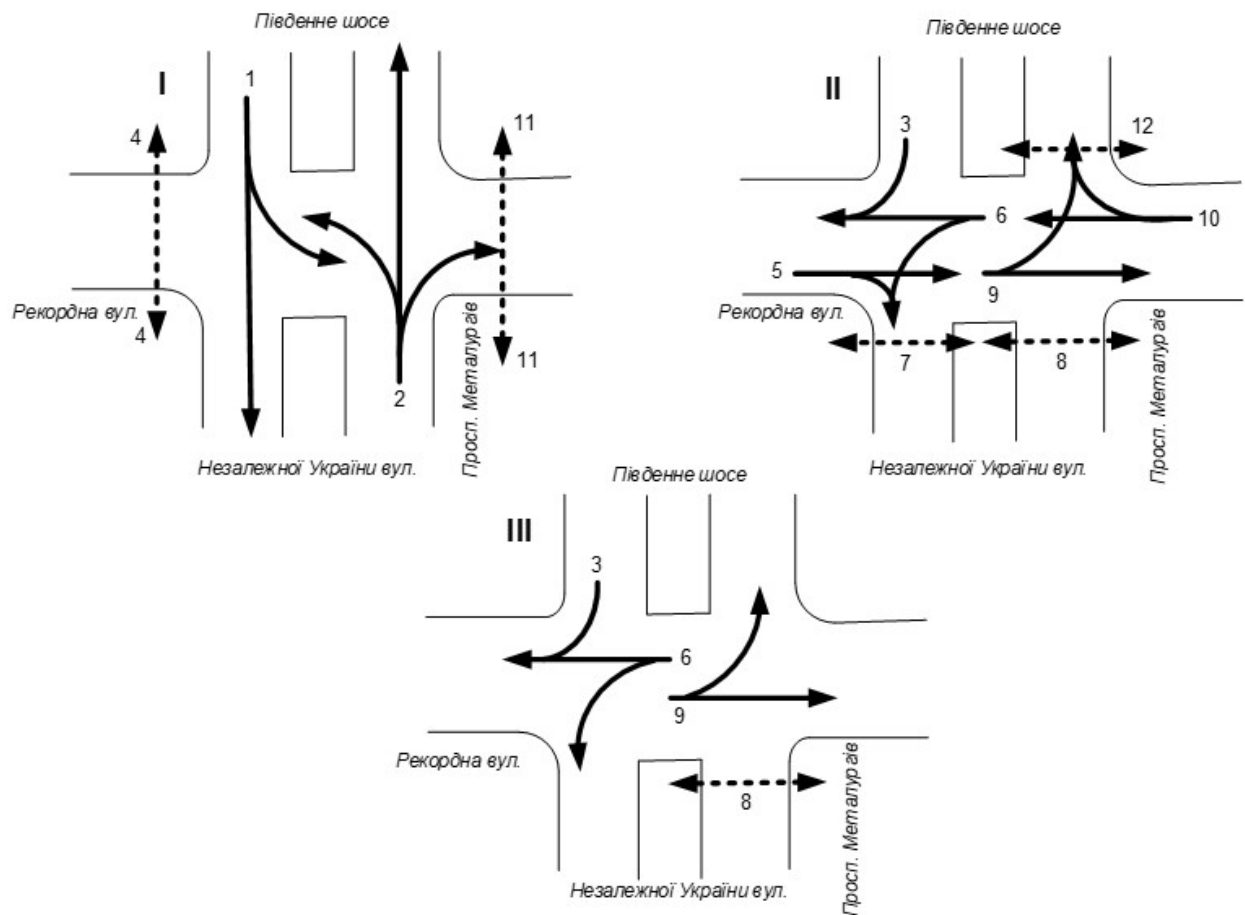


Рисунок 1.12 – Трьохфазна схема регулювання транспортних потоків на перехресті пр. Металургів – вул. Рекордна

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 1.13.

Цикл регулювання складає 66 секунд й відображує фактичний час однієї зміни всіх сигналів світлофорів на перехресті. Режими регулювання відображаються циклограмою роботи світлофорів, яка наведена на рисунку 1.14.

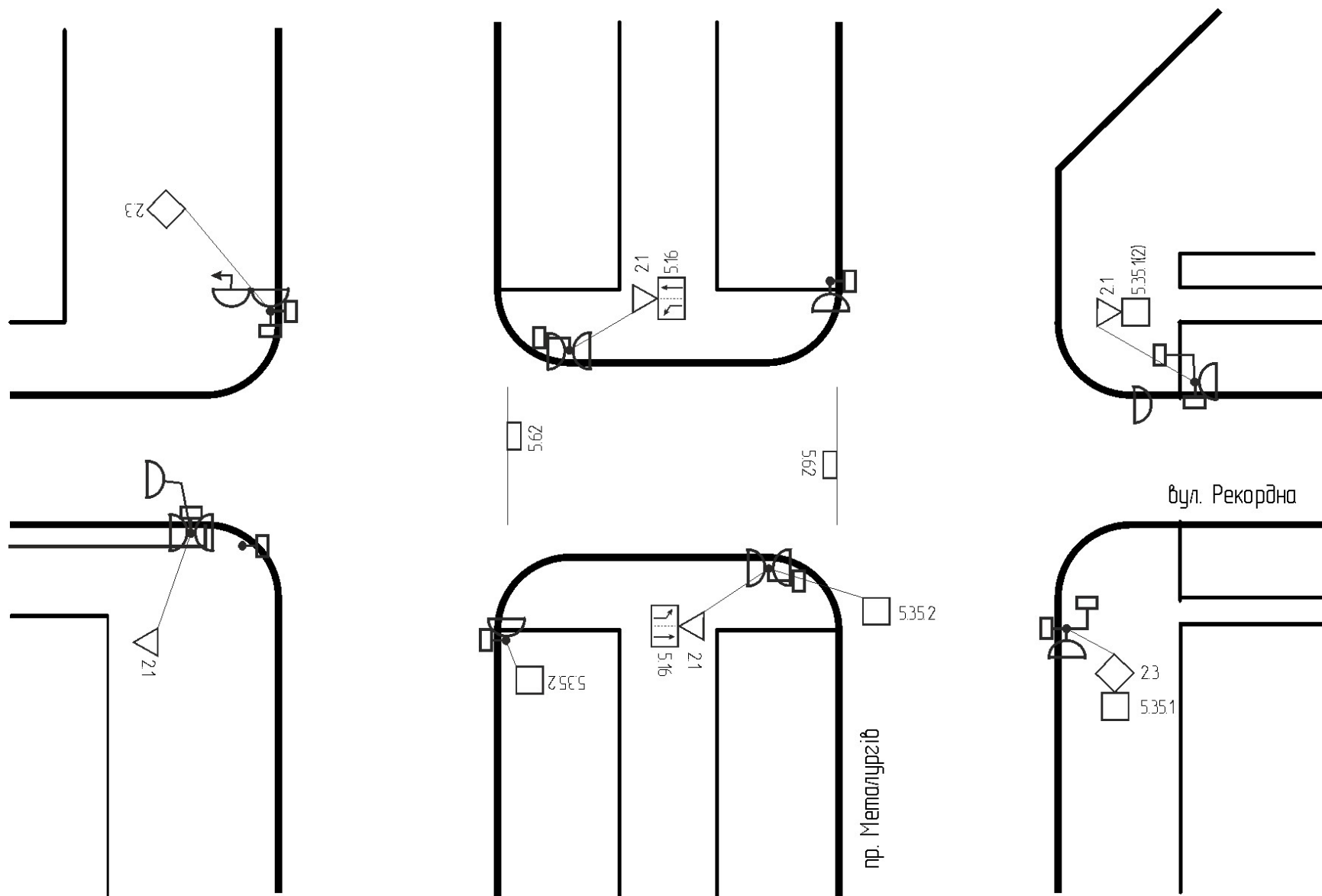


Рисунок 1.13 – Схема ОДР на перехресті

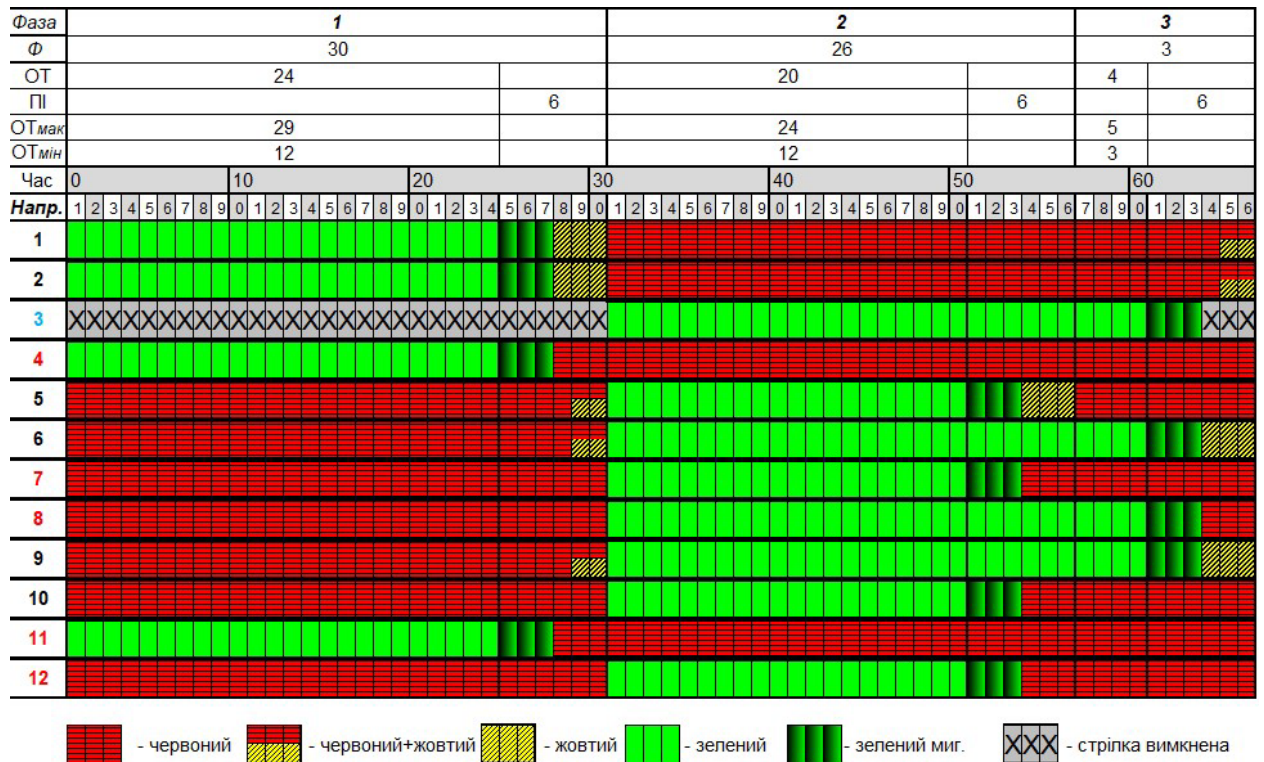


Рисунок 1.14 – Циклограма роботи світлофорного об'єкту

1.6 Загальний аналіз дорожньо-транспортних пригод на перехресті пр. Металургів – вул. Рекордна

Дорожньо-транспортні пригоди (ДТП) мають доволі розвинену класифікацію. Виділимо найбільш розповсюджені типи ДТП [3]:

- 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 [3]:

- 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 пр. Металургів – вул. Рекордна представлена у вигляді таблиць (див. таблиці 1.1, 1.2) та рисунків (див. рисунки 1.15, 1.16).

Таблиця 1.3 – ДТП на перехресті пр. Металургів – вул. Рекордна

№	Роки виникнення	Кількість ДТП
1	2018	8
2	2019	12
3	2020	9
	Загальна кількість	29

Важливо зазначити, що в шістьох дорожньо-транспортних пригодах, які мали місце на перехресті пр. Металургів – вул. Рекордна за ці три роки, в якості учасників були й маршрутні транспортні засоби.

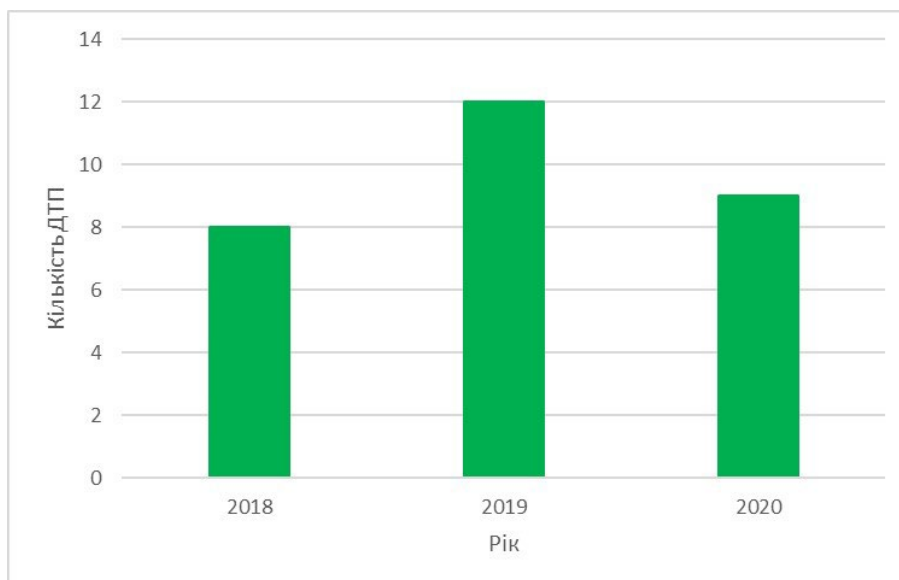


Рисунок 1.15 - ДТП на перехресті пр. Металургів – вул. Рекордна

Таблиця 1.2 – Наслідки ДТП на перехресті пр. Металургів – вул. Рекордна

№	Групи ДТП за тяжкістю	Роки виникнення		
		2018	2019	2020
1	ДТП з наявними постраждалими	3	2	2
2	ДТП з наявними загиблими	1	2	1
3	ДТП з матеріальними збитками	4	8	6

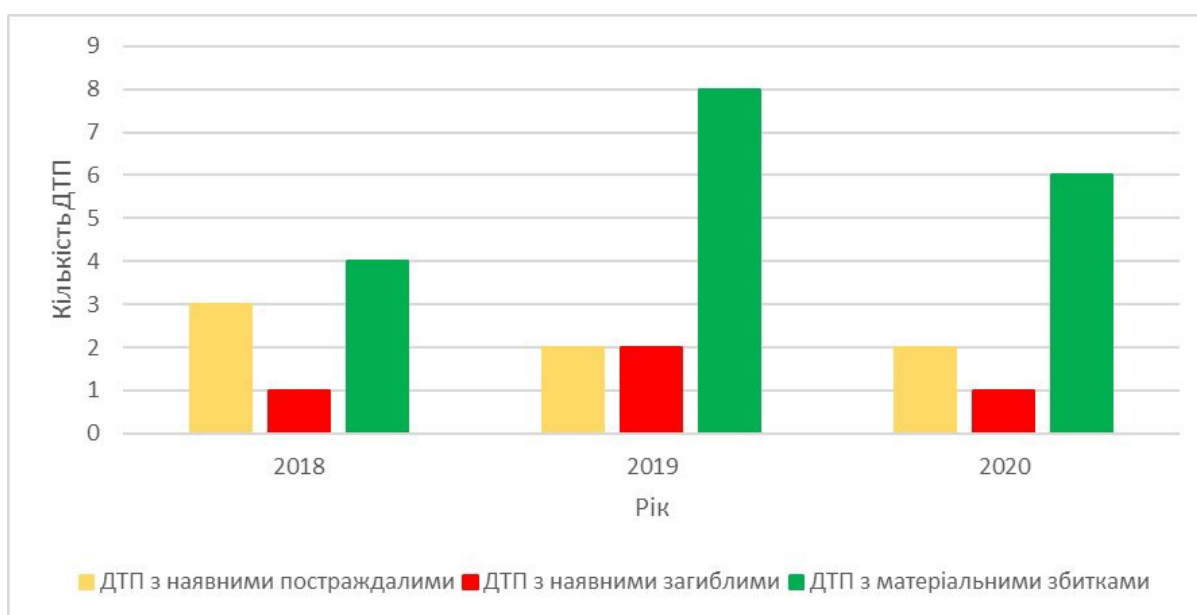


Рисунок 1.16 - Наслідки ДТП на перехресті пр. Металургів – вул. Рекордна

Виконано аналіз аварійності на перехресті пр. Металургів – вул. Рекордна у 2020 році за видами ДТП. Він показаний в таблиці 1.3 та на рисунку 1.17.

Таблиця 1.3 – Аналіз аварійності на перехресті пр. Металургів – вул. Рекордна (2020 рік)

Види ДТП	Кількість ДТП	Постраждали особи в ДТП	Загиблі особи в ДТП
зіткнення	4	1	0
наїзд на пішохода	4	1	1
наїзд на перешкоду	1	0	0

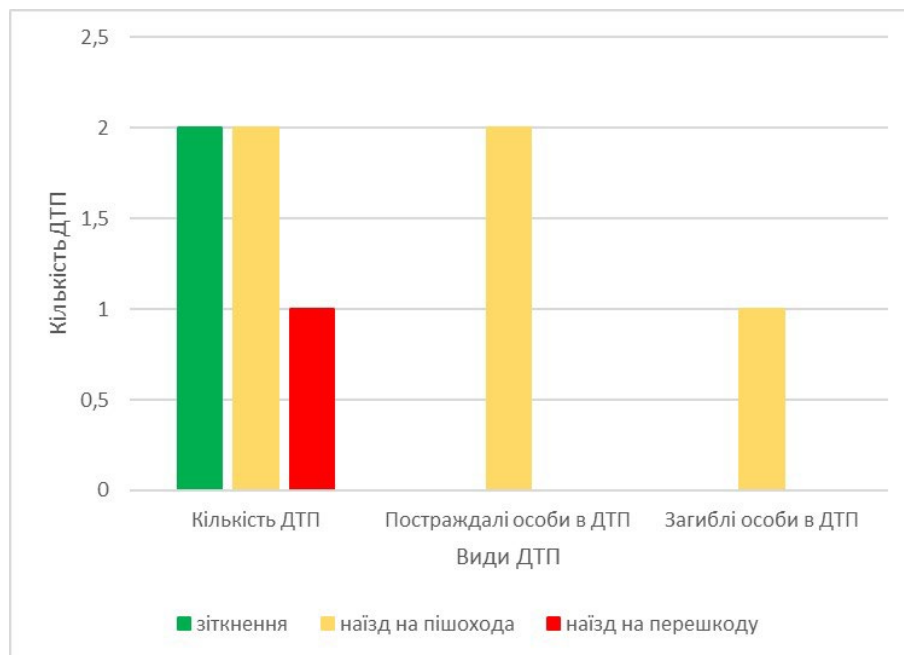


Рисунок 1.17 - Аналіз аварійності на перехресті пр. Металургів – вул. Рекордна (2020 рік)

Аналізуючи все вище згадане, можна відмітити, що на перехресті пр. Металургів – вул. Рекордна здебільшого мають місце ДТП двох видів, а саме зіткнення транспортних засобів один з одним та наїзди транспортних засобів на пішоходів. Останні, доречі, я доволі тяжкими за своїми наслідками.

1.7 Постановка задач на дипломну роботу

Для поліпшення організації руху транспорту в міському транспортному вузлі із значною концентрацією кінцевих зупинок пропонується приділити ретельну увагу організації дорожнього руху в межах перехрестя пр. Металургів – вул. Рекордна.

Перехрестя пр. Металургів – вул. Рекордна є одним з характерних місць на вулично-дорожній мережі міста Запоріжжя із значною концентрацією маршрутного транспорту. Шість автобусних маршрутів та один тролейбусний мають кінцеві й початкові зупинки в цьому районі. До того ж перехрестя пр. Металургів – вул. Рекордна є доволі аварійним з наявними тяжкими наслідками й участю маршрутних транспортних засобів.

Тому в дипломній роботі пропонується торкнутися наступних питань:

- організація маршрутного пасажирського транспорту в стані спокою (при відстої між рейсами);
- приведення режимів регулювання у відповідність до наявних обсягів руху;
- усунення недоліків в організації дорожнього руху на перехресті.

2 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

2.1 Загальні питання організації транспорту в стані спокою

2.1.1 Особливості та напрямки поліпшення організації транспорту в стані спокою

Організація транспорту в стані спокою є важливим аспектом транспортної інфраструктури, який включає управління транспортними засобами, коли вони не перебувають у русі. Це охоплює паркування, зберігання, технічне обслуговування та зарядку електричних транспортних засобів. Ефективна організація транспорту в стані спокою має вирішальне значення для зниження загального навантаження на транспортну систему, покращення якості життя міських жителів та зменшення екологічного впливу.

Парковки є дуже важливим елементом міської інфраструктури. Недостатня кількість місць для паркування може призвести до хаотичного паркування на тротуарах, газонах та інших непризначених для цього місцях. Створення зонованих паркувальних просторів для різних типів транспортних засобів, включаючи автомобілі, велосипеди, мотоцикли та вантажівки розглядається зараз як обов'язковий елемент сучасної транспортної міської інфраструктури. Впровадження систем, що використовують датчики та камери для моніторингу заповненості парковок та надання інформації водіям в режимі реального часу відмінно цифровізують процес паркування та роблять його більш комфортним.

Саме в цьому аспекті пропонується розглянути проблеми організації відстою маршрутного пасажирського транспорту між рейсами на прикладі транспортного вузла в зоні впливу перехрестя пр. Металургів – вул. Рекордна. Інші складові (зберігання транспорту, технічне обслуговування, тощо) організації транспорту в стані спокою не мають прямого впливу на організацію руху в межах об'єкту дослідження.

2.1.2 Організація відстою автобусів між рейсами в межах перехрестя пр. Металургів – вул. Рекордна

Фактично станом на зараз практично всі транспортні засоби (окрім тролейбусів маршруту № 9 та великогабаритних автобусів № 29) тих, маршрутів, які закінчуються та починаються у межах перехрестя, виконують так званий відстій безпосередньо на зупинках, приїжджаючи на неї заздалегідь (за 5-10 хвилин). Посадка пасажирів розтягується на весь цей час.

Це призводить до невиннованого займання зупинки, а враховуючи значну кількість маршрутів, які використовують ці зупинки, це значно впливає на загальний рівень безпеки дорожнього руху на самих зупинках та на території, до них прилеглої. З метою підвищення рівня безпеки пропонується організація окремого майданчику для відстоювання автобусів, пропоноване місце розташування якого показано на рисунку 2.1.

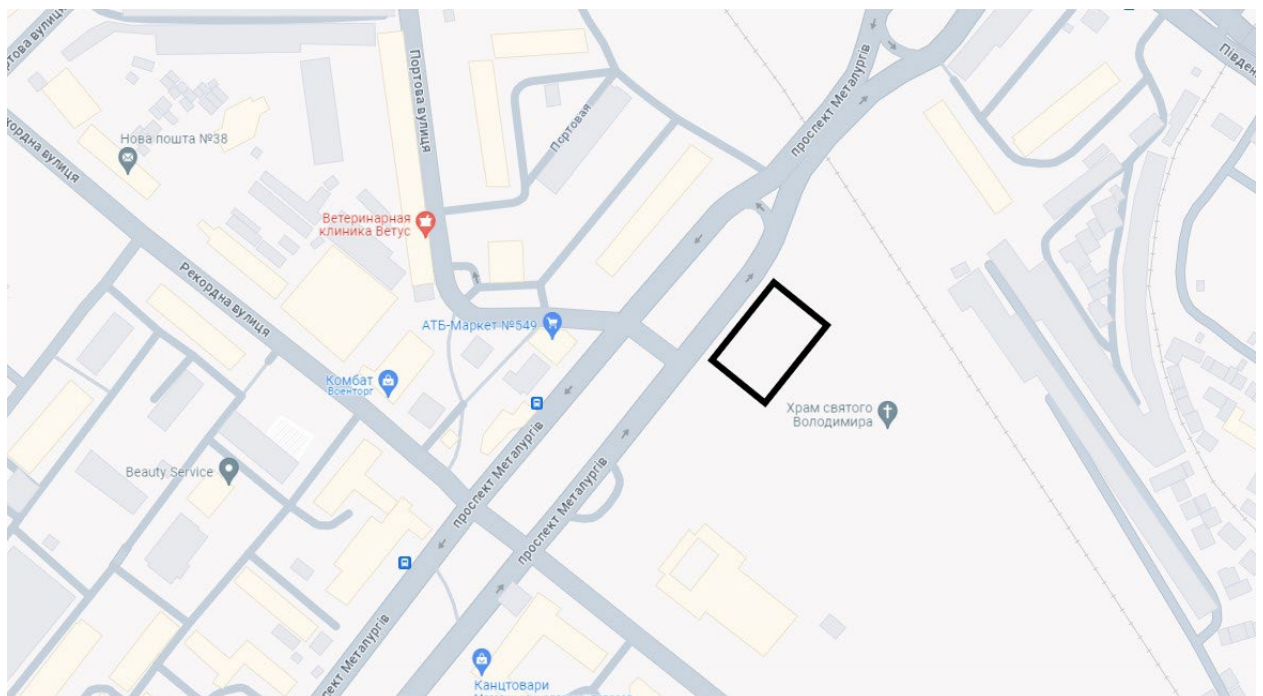


Рисунок 2.1 – Місце розташування майданчику для відстою автобусів

Потрібно визначити необхідну площу майданчику, виходячи із приблизної кількості автобусів, які потребують відстою на ньому та тривалості цього відстою.

Точну кількість автобусів, які потребують відстою, можливо визначити спостереженням. У [3] доводиться, що зберігання транспортних засобів на стоянці є пуассонівським процесом. При цьому очікувану ймовірність прибуття k транспортних засобів на стоянку за час t , можливо визначити так:

$$P_k(t) = \frac{(\lambda t)^k}{k!} e^{-\lambda t}, \quad (2.1)$$

де λ – кількість транспортних засобів, яким потрібна стоянка, за час t .

Виходячи з цього будь-яку автомобільну парковку (або майданчик для відстою автобусів) можна розглядати, як систему масового обслуговування. Система ці буде з відмовами. В цьому випадку будь-який транспортний засіб, або займає місце на стоянці, або не може цього зробити й не користується стоянкою.

Ймовірність ситуації, коли k місць для паркування зайняті фактично представляє продуктивність такої системи [3]:

$$P_k = \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k \frac{1}{k!}}{\sum_{k=0}^n \frac{1}{k!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k}, \quad (2.2)$$

де n – кількість місць на стоянці;

μ – спеціальний параметр обслуговування, який можливо розрахувати так [3]:

$$\mu = \frac{1}{t_{обсл}}, \quad (2.3)$$

де $t_{обсл}$ – тривалість середнього часу перебування транспортного засобу на стоянці.

Якщо $\alpha = \frac{\lambda}{\mu}$, то значення вірогідності що стоянка повністю вільна [3]:

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{k=0}^n \frac{\alpha^k}{k!}}. \quad (2.4)$$

Навпаки, вірогідність, що стоянка вщерть зайнята і немає можливості для прийняття жодного транспортного засобу [3]:

$$P_n = P_0 \frac{\alpha^n}{n!}. \quad (2.5)$$

Здебільшого ситуація на стоянці десь посередині, тобто є вільні місця для стоянки. В цьому випадку кількість зайнятих місць на стоянці [3]:

$$N_z = \sum_{k=1}^n \frac{\alpha^k}{(k-1)!} P_0; \quad (2.6)$$

та кількість вільних місць на стоянці [3]:

$$N_0 = \sum_{k=0}^{n-1} \frac{\alpha^k (n-k)}{k!} P_0. \quad (2.7)$$

Обстеження прибуття автобусів на об'єкті дослідження виконувалося одну годину. 52 автобуси надійшли за цей час за маршрутами, які тут мають кінцеву зупинку ($\lambda = 52$). Приймаючи $t_{обсл} = 10$ хв, виконаємо наступні розрахунки:

$$\mu = \frac{1}{10} = 0,1.$$

$$\alpha = \frac{52}{0,1} = 520.$$

Подальші розрахунки виконуємо із застосуванням спеціалізованого програмного забезпечення, результатом чого стало необхідна кількість місць на стоянці – 6 місць. Враховуючи те, що на більшості маршрутів, які закінчуються на об'єкті дослідження використовується приблизно однаковий рухомий склад – автобуси малої місткості Mercedes Sprinter. то їх геометричні розміри можливо взяти для розрахунку необхідної площі. Габаритні розміри Mercedes Sprinter – 6820 x 2160 мм = 14,73 м².

Для відстою шести автобусів Mercedes Sprinter необхідна загальна площа 89 м². Потрібно урахувати зазори між транспортними засобами та площу маневрів та заїздів. Тому загальна площа майданчика повинна бути не меншою за 150 м².

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 [5].

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 [5].

Розімкнутий контур є простішим. Управління засобами регулювання здійснюється виключно за заданою програмою, тобто в режимі жорсткого програмного управління [5].

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. Після обробки цієї інформації автоматичні пристрої визначають нові режими роботи засобів регулювання руху. Це може бути режим гнучкого або адаптивного управління [5].

Щодо перехрестя пр. Металургів – вул. Рекордна, то на ньому має місце жорстке програмне управління однією керуючою програмою. Вночі перехрестя переводиться в режим жовтого миготіння. Цей режим фактично просто «позначає» перехрестя, не виконує його регулювання.

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 [5].

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 [5].

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 [5].

На перехресті пр. Металургів – вул. Рекордна функціонує регулювання за трьохфазною схемою.

Отже, всі фази регулювання разом постійно повторюються й складають цикл регулювання перехрестя [5].

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 пр. Металургів – вул. Рекордна не має якихось значних транспортних заторів, причиною появи яких були б саме режими регулювання. При цьому 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 пр. Металургів – вул. Рекордна

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

Аналіз об'ємів руху на перехресті пр. Металургів – вул. Рекордна дозволяє стверджувати, що існуючу трьохфазну схему регулювання на перехресті можна спостити до двофазної виключно для руху у міжпікові години, коли спостерігається значне зниження інтенсивності руху транспорту. Це не повинно відобразитися на безпеці руху й надасть можливість для зниження загальних транспортних затримок. Схема пофазового роз'їзду для міжпікових годин представлена на рисунку 2.2.

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].

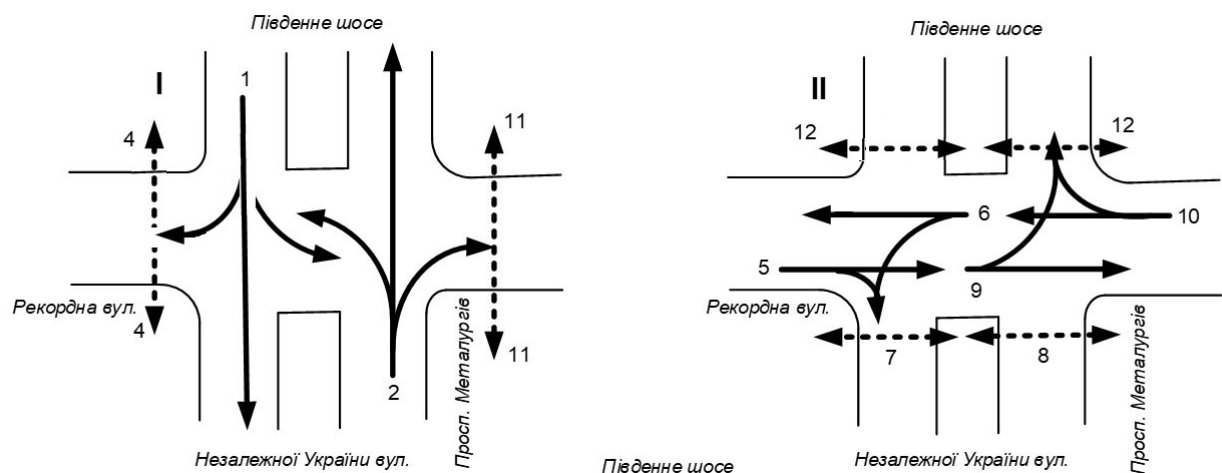


Рисунок 2.2 – Двофазна схема регулювання перехрестя пр. Металургів – вул. Рекордна

Величину елементу матриці конфліктів можливо розрахувати так [4]:

$$B_{ij} = B_{\text{стоп-світ}} + B_{\text{світ-пч}} + B_{\text{траєктор}} , \quad (2.8)$$

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 пр. Металургів – вул. Рекордна представлена таблицями 2.1 (трьохфазна схема роз'їзду транспорту) та 2.2 (двофазна схема роз'їзду транспорту).

Таблиця 2.1 - Матриця конфліктів для перехрестя пр. Металургів – вул. Рекордна (трьохфазна схема роз'їзду транспорту), м

Напрямок руху	1	2	3	5	6	9	10
1	-	0		19	19	0	0
2	0	-	- 51,8	0	0	19	19
3	0	0	-	0	- 8,6	0	0
5	14	0	0	-	0	0	0
6	- 18,8	0	14	0	-	0	0
9	0	14	0	0	0	-	0
10	0	14	0	0	0	0	-

Таблиця 2.2 - Матриця конфліктів для перехрестя пр. Металургів – вул. Рекордна (двофазна схема роз'їзду транспорту), м

Напрямок руху	1	2	5	6	9	10
1	-	0	19	19	0	0
2	0	-	0	0	19	19
5	14	0	-	0	0	0
6	14	0	0	-	0	0
9	0	14	0	0	-	0
10	0	14	0	0	0	-

На основі таблиць 2.1 та 2.2 перехідні інтервали можливо розрахувати так [4]:

$$t_{\partial_i} = t_p + \frac{V_k}{2a^k} + \frac{B_i + l_a}{V_k} \quad , (2.9)$$

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]:

$$y_j^i = \frac{N_j^i}{M_j}, \quad (2.10)$$

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]:

$$Y = \sum y_{\max}^i. \quad (2.11)$$

Далі довжину циклу регулювання можливо розрахувати так [4]:

$$T_k = \frac{1,5 \cdot L_k + 5}{1 - Y}, \quad (2.12)$$

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

$$L_k = \sum_{j=1}^m (t_{\partial j} - 1). \quad (2.13)$$

Розміри основних тактів можливо розрахувати так [4]:

$$\bar{t}_3^m = \frac{\bar{y}^m}{\bar{Y}} (\bar{T} - \bar{L}) - 1, \quad (2.14)$$

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

Коригуючі коефіцієнти можливо розрахувати так [4]:

$$k_1 = \frac{\frac{B}{V_n} + 5 - t_q^i}{t_3^i}, \quad (2.15)$$

$$k_2 = \frac{7}{t_3^i}, \quad (2.16)$$

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 та вечірніх пікових періодів руху. Результати розрахунків зведені в таблицях 2.3 – 2.5.

Таблиця 2.4 - Складові циклу регулювання (7:00 – 8:00)

Такти регулювання	Тривалість елементів циклу, с	
ПТ	1 – 2	6
	2 – 3	6
	3 – 1	6
ОТ	1	24
	2	20
	3	4
Загальна тривалість циклу – 66 секунд		

Таблиця 2.5 - Складові циклу регулювання (13:00 – 14:00)

Такти регулювання	Тривалість елементів циклу, с	
ПТ	1 – 2	6
	2 – 1	6
ОТ	1	18
	2	14
Загальна тривалість циклу – 44 секунди		

Таблиця 2.6 - Складові циклу регулювання (17:00 – 18:00)

Такти регулювання	Тривалість елементів циклу, с	
ПТ	1 – 2	6
	2 – 3	6
	3 – 1	6
ОТ	1	22
	2	18
	3	4
Загальна тривалість циклу – 62 секунд		

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 пр. Металургів – вул. Рекордна й для підвищення безпеки руху транспортних та пішохідних потоків пропонується встановити додаткові дорожні знаки, які зведені в таблицю 2.7.

Безпосереднє використання нових дорожніх знаків на перехресті відображено в переробленій схемі організації дорожнього руху, що представлена на рисунку 2.4.

Таблиця 2.7 – Додаткові потрібні дорожні знаки

№	Шифр знаку	Назва знаку	Кількість знаків
1	5.35.1	Пішохідний перехід	6
2	5.35.2	Пішохідний перехід	5

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 пр. Металургів – вул. Рекордна пропонується повністю поновити дорожню розмітку. Види розмітки, яку потрібно нанести, зведені в таблицю 2.8.

Таблиця 2.8 – Дорожня розмітка необхідна на перехресті пр. Металургів – вул. Рекордна

Вид розмітки	Одиниці вимірювання	Кількість
1.1	м ²	8,5
1.3		6,5
1.5		3,5
1.6		2,5
1.12		26
1.14.1		20
1.18		18
Разом		85

Безпосереднє використання дорожньої розмітки на перехресті відображено в переробленій схемі організації дорожнього руху, що представлена на рисунку 2.4.

2.3.3 Переробка схеми організації руху на перехресті пр. Металургів – вул. Рекордна

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 [3]:

- 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. Ці елементи включають в себе дорожні знаки

різних категорій, вертикальну та горизонтальну дорожню розмітку, світлофори для транспорту та пішоходів, а також різноманітні види огорож та інші технічні засоби. Ця схема враховує різні аспекти дорожнього руху, такі як потоки транспорту, місцеві умови та безпекові вимоги. Вона допомагає встановити правила та порядок руху на дорогах, що сприяє запобіганню аваріям, зменшенню заторів та забезпеченню зручних умов для всіх учасників дорожнього руху.

Із урахуванням всіх запропонованих змін пропонується нова схема організації дорожнього руху на перехресті пр. Металургів – вул. Рекордна, яка представлена на рисунку 2.4.

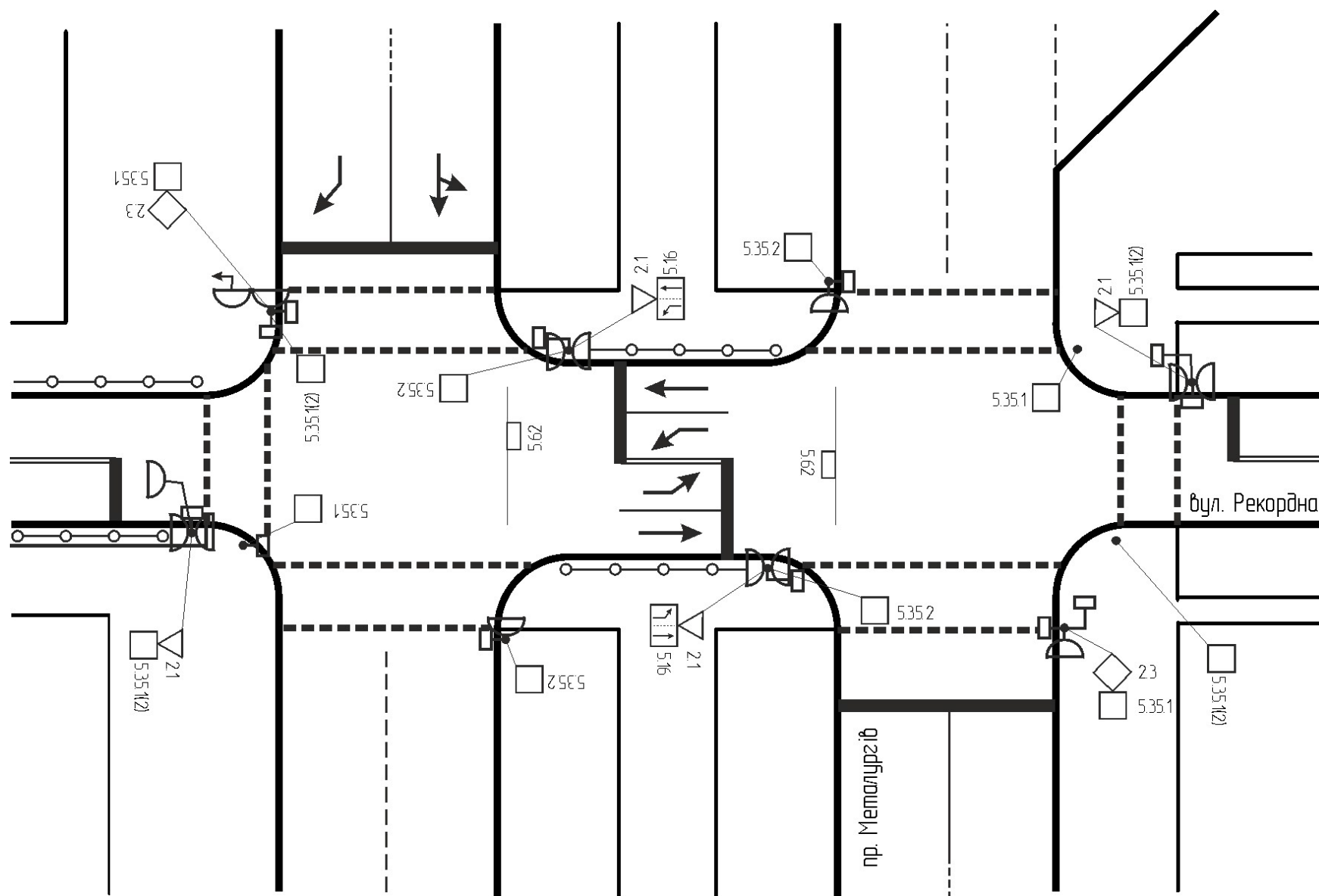


Рисунок 2.4 – Перероблена схема організації дорожнього руху на перехресті пр. Металургів – вул. Рекордна

3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Запропоновані в дипломній роботі заходи з підвищення безпеки руху транспорту в межах транспортного вузла із значною кількістю кінцевих зупинок маршрутного пасажирського транспорту вимагають певних грошових витрат на впровадження. Склад запропонованих заходів наступний:

- забудова спеціалізованого майданчику для відстою автобусів загальною площею 150 м²;
- зміна режимів регулювання на перехресті;
- встановлення додаткових дорожніх знаків;
- нанесення дорожньої розмітки.

Фактичний розмір капітальних вкладень можливо розрахувати так, грн.:

$$K = K_{см} + K_{ок} + K_{зн} , \quad (3.1)$$

де $K_{см}$ – розмір капітальних вкладень, пов'язаних із забудовою спеціального майданчику для відстою автобусів, грн.;

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

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

Вартість забудови спеціального майданчику включає в себе вартість матеріалів та безпосередньо проведення робіт з формування поверхні. Ця вартість доволі сильно коливається в залежності від організаторів робіт, місця проведення реконструкції, тощо. Для Запоріжжя в середньому така вартість складає 3330 грн з розрахунку на 1 м² поверхні.

$$K_{см} = 150 \cdot 3330 = 499500 \text{ грн.}$$

Робочі характеристики, які визначають тип такого приладу, як новий багатопрограмний дорожній контролер можуть визначати великі розбіжності у вартості такого приладу. За нових умов запропоноване 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:

$$K_{зн} = C_{зн} + C_{вст.зн} , \quad (3.2)$$

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.

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

$$C_{вст.зн} = C_{I\text{ зн}} \cdot N_{зн} , \quad (3.3)$$

де $C_{I\text{ зн}}$ – фактична грошова вартість проведення робіт зі встановлення одного дорожнього знаку (із врахуванням матеріалів);

$N_{зн}$ – фактична кількість дорожніх знаків.

Таблиця 3.1 – Всі дорожні знаки, які потрібно встановити

№	Дорожні знаки, які потрібно встановити		
	Фактична кількість	Фактична ціна за одиницю	Фактична вартість одиниці
5.35	11	951	10461
Разом	11	-	10461

$$C_{вст.зн} = 361 \cdot 11 = 3971 \text{ грн.}$$

$$K_{зн} = 10461 + 3971 = 14432 \text{ грн.}$$

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

$$K = 499500 + 160000 + 14432 = 673932 \text{ грн.}$$

Фактичний розмір експлуатаційних витрат при організації дорожнього руху можливо розрахувати так, грн. [8]:

$$C_{експл} = C_p + C_a, \quad (3.4)$$

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]:

$$C_p = K_{\epsilon} \cdot n_p / 100, \quad (3.5)$$

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

$$C_p = 174432 \cdot 5 / 100 = 8722 \text{ грн.}$$

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

$$C_a = K_{\delta} \cdot n_a / 100 , \quad (3.6)$$

де n_a – існуючий норматив відрахувань, %.

$$C_a = 174432 \cdot 24 / 100 = 41864 \text{ грн.}$$

Фактичний розмір експлуатаційних витрат:

$$C_{\text{експл}} = 8722 + 41864 = 50586 \text{ грн.}$$

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.

Фактичний розмір загальних поточних грошових витрати при організації дорожнього руху:

$$C_{\text{поточ}} = 50586 + 25919 = 76505 \text{ грн.}$$

Таблиця 3.2 – Розмір грошових витрат на дорожню розмітку

№ розмітки	Одиниці ви- міру	Кількість одиниць	Ціна за оди- ницю, грн	Загальна вар- тість, грн
1.1	м ²	8,5	304,93	2592
1.3		6,5		1982
1.5		3,5		1067
1.6		2,5		762
1.12		26		7928
1.14.1		20		6099
1.18		18		5489
Разом		85		25919

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]:

$$E = (C_{mp}^p - C_{mp}^{np}) + \Delta C_{dtn} - C_{nom} \quad , \quad (3.7)$$

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

ΔC_{dtn} – очікуване зменшення збитків від дорожньо-транспортних пригод, грн.

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

$$C_{mp} = S \cdot Z \quad , \quad (3.8)$$

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 (тролейбус)	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
8825	7316

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	76
2	мікроавтобус	6
3	автобус	2
4	вантажний	15
5	тролейбус	1

Загальний розмір затримок транспорту до впровадження пропонованих заходів:

$$C_{mp}^p = (0,76 \cdot 233,72 + 0,06 \cdot 454,36 + 0,03 \cdot 681,55 + 0,15 \cdot 377,75) \cdot 8825 = 2488631$$

грн.

Загальний розмір затримок транспорту після впровадження пропонованих заходів:

$$C_{mp}^p = (0,76 \cdot 233,72 + 0,06 \cdot 454,36 + 0,03 \cdot 681,55 + 0,15 \cdot 377,75) \cdot 7316 = 2063096$$

грн.

За три роки відбулося 29 дорожньо-транспортних пригод. В цих пригодах загинуло 4 людини, отримали ушкодження 7 чоловік (див. п. 1.6). Середні збитки зі рік від цих дорожньо-транспортних пригод можливо розрахувати так, грн. [7]:

$$C_{ДТП}^{існ} = \frac{K_3 \cdot \Pi_3 + K_{\Pi} \cdot \Pi_{\Pi} + K_M \cdot \Pi_M}{3}, \quad (3.9)$$

де K_z, K_n, K_m – 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 загибелі 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.

$$C_{\text{ДТП}}^{\text{існ}} = (4 \cdot 256000 + 7 \cdot 192000 + 18 \cdot 128000) / 3 = 1557333 \text{ грн.}$$

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
встановлення додаткових дорожніх знаків	0,15
відновлення горизонтальної розмітки перехрестя	0,23

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

$$\Delta k = 1 - (1 - k_1) (1 - k_2) (1 - k_3) \dots (1 - k_n). \quad (3.10)$$

$$\Delta k = 1 - (1 - 0,15) \cdot (1 - 0,23) = 0,345.$$

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

$$\Delta C_{\text{ДТП}} = \Delta k \cdot C_{\text{ДТП}}^i. \quad (3.11)$$

$$\Delta C_{\text{ДТП}} = 0,345 \cdot 1557333 = 537280 \text{ грн.}$$

Отже, очікувана економія може скласти:

$$E = (2488631 - 2063096) + 537280 - 76505 = 886310 \text{ грн.}$$

Очікувана економія грошей більша за капітальні вкладення. Саме тому можна зробити висновок, що заходи з підвищення безпеки руху в транспортному вузлі із значною кількістю кінцевих зупинок маршрутного транспорту не тільки забезпечать значно більшу безпеку руху пасажирів, але й будуть мати значне економічне обґрунтування.

ВИСНОВКИ

В дипломній роботі основна увага була приділена питанням поліпшення організації транспорту у вузлах, де має місце значна концентрація кінцевих зупинок маршрутного пасажирського транспорту.

В ході виконання роботи була проаналізована організація дорожнього руху в такому вузлі на прикладі перехрестя пр. Металургів – вул. Рекордна. На цьому перехресті проведене ретельне дослідження транспортних та пішохідних потоків, отримані дані щодо їх інтенсивностей та складу. Проаналізований рівень потенційної складності цього перехрестя.

З метою підвищення безпеки руху на перехресті пр. Металургів – вул. Рекордна та в межах його впливу запропоновано поліпшення організації та безпеки організації пасажирського транспорту в стані спокою. Запропонована забудова спеціального майданчика для відстою автобусів тих маршрутів, які в межах впливу означеного перехрестя мають кінцеві й початкові зупинки.

Запропонована зміна режимів регулювання на перехресті пр. Металургів – вул. Рекордна та перехід на двофазну схему регулювання у відповідності до спостереженим об'ємам руху транспорту у міжпікові години доби, що дозволить дещо знизити транспортні затримки.

В роботі проаналізована та відкоригована діюча схема організації дорожнього руху на перехресті пр. Металургів – вул. Рекордна.

Для оцінки запропонованих заходів був виконаний ряд економічних розрахунків. Ці розрахунки повністю підтвердили доцільність впровадження заходів для підвищення загального рівня безпеки руху на перехресті пр. Металургів – вул. Рекордна.

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. Повний перелік актуальних маршрутів міста Запоріжжя. URL: <https://www.eway.in.ua/ua/cities/zaporizhzhya/routes> (дата звернення: 28.05.2024).
3. 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.
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: 30.05.2024)
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: 30.05.2024)
7. Аксенов В.А. Экономическая эффективность рациональной организации дорожного движения / В.А. Аксенов, Е.П. Попова, О.А. Дивочкин – М.: Транспорт, 1987. – 128 с.