

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Транспортний
(повне найменування факультету)

«Транспортні технології»
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

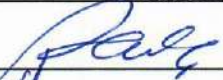
магістра
(ступінь вищої освіти)

на тему УДОСКОНАЛЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ РУХУ АВТОМОБІЛЬНОГО
ТРАНСПОРТУ НА ПЕРЕХРЕСТЯХ вул. ЧАРІВНОЇ З вул. ПОЛЯКОВА ТА
БОЧАРОВА м. ЗАПОРІЖЖЯ

Виконав: студент II курсу, групи T-312м

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

Освітня програма (спеціалізація)
275.03 «Транспортні технології
(на автомобільному транспорті)»

		В'ячеслав СУЩЕНКО
		(прізвище та ініціали)
Керівник		Ігор РАЙДА
		(прізвище та ініціали)
Рецензент		Олександр АРТЮХ
		(прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Факультет _____ Транспортний _____
Кафедра _____ «Транспортні технології» _____
Ступінь вищої освіти _____ магістр _____
Спеціальність _____ 275 «Транспортні технології (за видами)» _____
(код і найменування)
Освітня програма (спеціалізація) 275.03 «Транспортні технології (на _____
автомобільному транспорті)» _____
(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

«Транспортні технології»

Сергій ТУРПАК

«01» листопада 2023 року

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

СУЩЕНКА В'ячеслава Дмитровича

(ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Удосконалення організації руху автомобільного транспорту на перехрестях вул. Чарівної з вул. Полякова та Бочарова м. Запоріжжя

керівник проєкту (роботи) РАЙДА Ігор Михайлович

(науковий ступінь, вчене звання, ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «21» листопада 2023 року №450

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 15 грудня 2023 р.

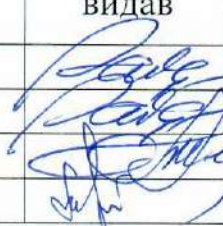
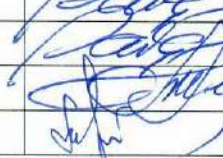
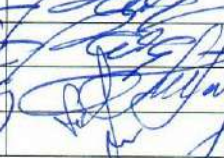
3. Вихідні дані до проєкту (роботи) існуюча вулично-дорожня мережа, існуючі характеристики транспортних та пішохідних потоків, існуюча схема організації дорожнього руху

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналітична частина, 2. Розрахункова частина, 2.1 Розширення проїжджої частини перехрестя для додавання лівоповоротної смуги, 2.2 Запропоновані заходи на перехресті вулиці Чарівної з вулицею Бочарова, 2.3 Запропоновані заходи на перехресті вулиці Чарівної з вулицею Полякова 3 Економічна частина, 4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

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

Презентація магістерської 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.		
4	ЛАЗУТКІН М.І., доцент		

7. Дата видачі завдання «01» листопада 2023 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Аналітична частина	30.10.2023-06.11.2023	
2	Основна частина	07.11.2023-20.11.2023	
3	Економічна частина	21.11.2023-27.11.2023	
4	Охорона праці	28.11.2023-01.12.2023	
5	Оформлення МР, перевірка МР на плагіат, отримання зовнішніх рецензій, захист магістерських робіт	01.12.2023-25.01.2024	

Студент(ка)

 В'ячеслав СУЩЕНКО
(підпис) (Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Керівник проєкту (роботи)

 Ігор РАЙДА
(підпис) (Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 82 стор., 23 табл., 30 рис., 9 використаних джерел.

ДОРОЖНІ ЗНАКИ, ДОРОЖНІЙ РУХ, ДОРОЖНЯ РОЗМІТКА, ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ, ЗАТРИМКИ РУХУ, ЗУПИНОЧНИЙ ПУНКТ, ІНТЕНСИВНІСТЬ РУХУ, ОСНОВНІ ТАКТИ, ПЕРЕХРЕСТЯ, ПІШОХІДНИЙ ПЕРЕХІД, СВІТЛОФОР, СКЛАД ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКУ, ТРАНСПОРТНИЙ ПОТІК, ЦИКЛ РЕГУЛЮВАННЯ

Об'єкт дослідження: перехрестя вулиці Чарівної з вулицями Бочарова та Полякова міста Запоріжжя.

Мета роботи: розробити заходи щодо підвищення безпеки руху на обох перехрестях.

Методи дослідження: аналітичний.

В магістерській роботі досліджено дорожні умови та основні характеристики транспортних і пішохідних потоків; проаналізовано аварійність на перехрестях вулиці Чарівної з вулицями Бочарова та Полякова; розрахована складність цих перехресть; проаналізовані відповідності пропускних спроможностей існуючим об'ємам руху на перехрестях.

Обґрунтовано та розраховано введення примусового регулювання на перехресті вулиць Чарівної з вулицею Полякова. Запропоновано розширення проїжджої частини вулиці Чарівної на одному з підходів на обох перехрестях. Розглянуто перенесення зупиночного пункту автобусного пасажирського транспорту на одному з перехресть.

Виконані економічні розрахунки.

ЗМІСТ

	с.
Завдання на магістерську роботу.....	2
Реферат.....	4
Вступ.....	
1 Аналітична частина.....	
1.1 Загальний опис об'єкту дослідження.....	
1.1.1 Об'єкт дослідження у прив'язці до вулично-дорожньої мережі міста.....	
1.1.2 Особливості дорожнього руху на об'єкті дослідження.....	
1.2 Дослідження та аналіз основних характеристик транспортних потоків.....	
1.2.1 Дослідження та аналіз інтенсивності руху автомобілів.....	
1.2.2 Дослідження та аналіз складу автомобільних потоків.....	
1.2.3 Дослідження та аналіз швидкостей руху автомобільних потоків.....	
1.3 Визначення пропускних спроможностей об'єкту дослідження.....	
1.4 Загальний аналіз об'ємів та організації пішохідного руху.....	
1.5 Аналіз системи управління дорожнім рухом на об'єкті дослідження.....	
1.5.1 Перехрестя вулиці Чарівної з вулицею Бочарова.....	
1.5.2 Перехрестя вулиці Чарівної з вулицею Полякова.....	
1.6 Аналіз рівня небезпеки об'єкту дослідження.....	
1.6.1 Аналіз потенційної складності об'єкту дослідження.....	
1.6.2 Аналіз ДТП на об'єкті дослідження.....	
1.7 Загальний аналіз недоліків організації руху автомобільного транспорту на об'єкті дослідження.....	
2 Розрахункова частина.....	

2.1 Розширення проїжджої частини перехресть для додавання ліво- поворотної смуги.....	
2.2 Запропоновані заходи на перехресті вулиці Чарівної з вулицею Бочарова.....	
2.2.1 Перенесення зупинки автомобільного маршрутного транспо- рту.....	
2.2.2 Удосконалення режимів регулювання на перехресті з ураху- вання добових змін інтенсивностей руху.....	
2.2.3 Нова схема організації дорожнього руху на перехресті.....	
2.3 Запропоновані заходи на перехресті вулиці Чарівної з вулицею Полякова.....	
2.3.1 Перевірка необхідності введення примусового регулювання..	
2.3.2 Розрахунок режимів регулювання на перехресті з урахування добових змін інтенсивностей руху.....	
2.3.3 Нова схема організації дорожнього руху на перехресті.....	
3 Економічна частина.....	
4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	
Висновки.....	
Перелік джерел посилення.....	
Додаток А.....	
Додаток Б.....	
Додаток В.....	

ВСТУП

В сучасних містах існує гостра проблема управління дорожнім рухом, яка є вкрай актуальною. Розширення інфраструктури у великих містах, постійне збільшення автотранспорту на дорогах підносить це питання на один із ключових рівнів. саме від якості управління дорожнім рухом залежить ефективність функціонування міста взагалі й, врешті-решт, здоров'я та безпека його мешканців.

Ріст автопарку та обсягів перевезень призводить до збільшення інтенсивності дорожнього руху, особливо у містах із складною історичною забудовою. Це спричиняє транспортні проблеми, особливо помітні в вузлових точках дорожньої мережі. Тут спостерігаються транспортні затори, черги і затримки, що призводить до зниження швидкості руху, додаткових витрат пального та підвищеного зносу автотранспортних засобів.

Нестабільний режим руху, постійні зупинки автомобілів на перехрестях призводять до підвищеного забруднення повітря внаслідок шкідливих викидів від неповного згоряння пального. Зростає і кількість дорожньо-транспортних пригод, які стають причиною смертей та поранень мільйонів людей, а також ушкодження техніки та інфраструктури міста.

Місто Запоріжжя не є винятком у цьому контексті.

Предметом магістерської роботи стали два перехрестя вулиці Чарівної з вулицею Полякова та вулицею Бочарова. Обидва ці перехрестя знаходяться в Шевченківському районі нашого міста. Не зважаючи на відносну простоту цих перехресть, на них регулярно виникають ДТП. Підвищення безпеки руху автомобільного транспорту на цій ділянці вулично-дорожньої мережі є основним питанням, яке розглядається в магістерській роботі.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Загальний опис об'єкту дослідження

1.1.1 Об'єкт дослідження у прив'язці до вулично-дорожньої мережі міста

Об'єктом дослідження в магістерській роботі стала організація руху автомобільного транспорту на двох перехрестях вулиці Чарівної з вулицями Полякова та Бочарова міста Запоріжжя.

Запоріжжя – це обласний центр Запорізької області, який є одним із значущих адміністративних, промислових і культурних центрів південної частини України. На початок 2018 року за кількістю населення місто Запоріжжя було шостим в Україні із показником понад 745 тис. мешканців [1].

Загальна площа міста Запоріжжя складає 331 км². Місто входить в п'ятірку найбільших міст країни [1].

Місто Запоріжжя має розвинену мережу автомобільних вулиць та доріг. Це близько 1300 проспектів, вулиць, провулків та площ. Головною вулицею міста є проспект Соборний, який простягається майже на 11 км і пронизує чотири райони міста [1].

За своїм адміністративним поділом місто Запоріжжя складається з семи районів. Об'єкт дослідження, тобто два перехрестя вулиці Чарівної з вулицями Полякова та Бочарова знаходяться в Шевченківському адміністративному районі. На рисунку 1.1 наведені межі Шевченківського адміністративного району на мапі міста Запоріжжя.

Шевченківський район був є найбільшим адміністративним районом міста як за своєю площею, так і за кількістю населення. Район був заснований у 1962 році. Площа Шевченківського району займає практично третину площі всього міста Запоріжжя й дорівнює 98 км². До складу Шевченківського району входять як потужні промислові підприємства, так і значні житлові масиви з різною висотою забудови [1].

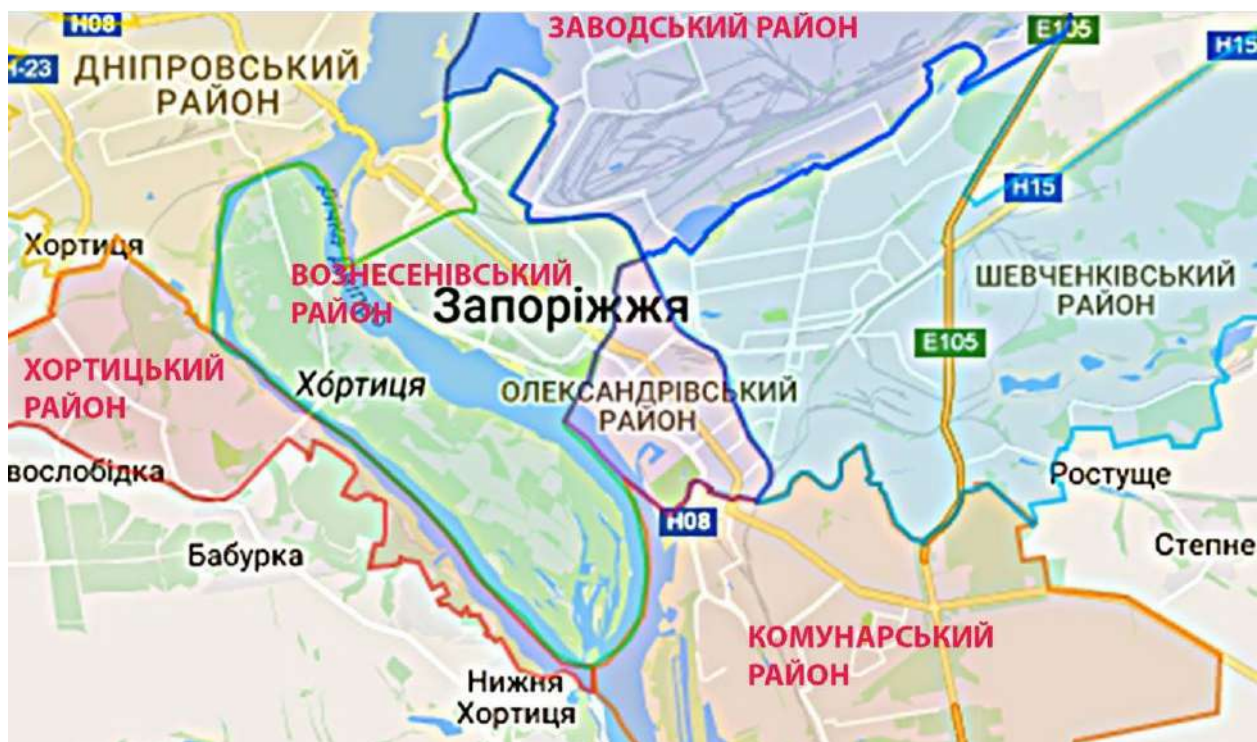


Рисунок 1.1 – Розташування Шевченківського адміністративного району на
мапі міста Запоріжжя

Однією з центральних вулиць району є вулиця Чарівна. На рисунках 1.2-1.4 показане розташування обох перехресть.

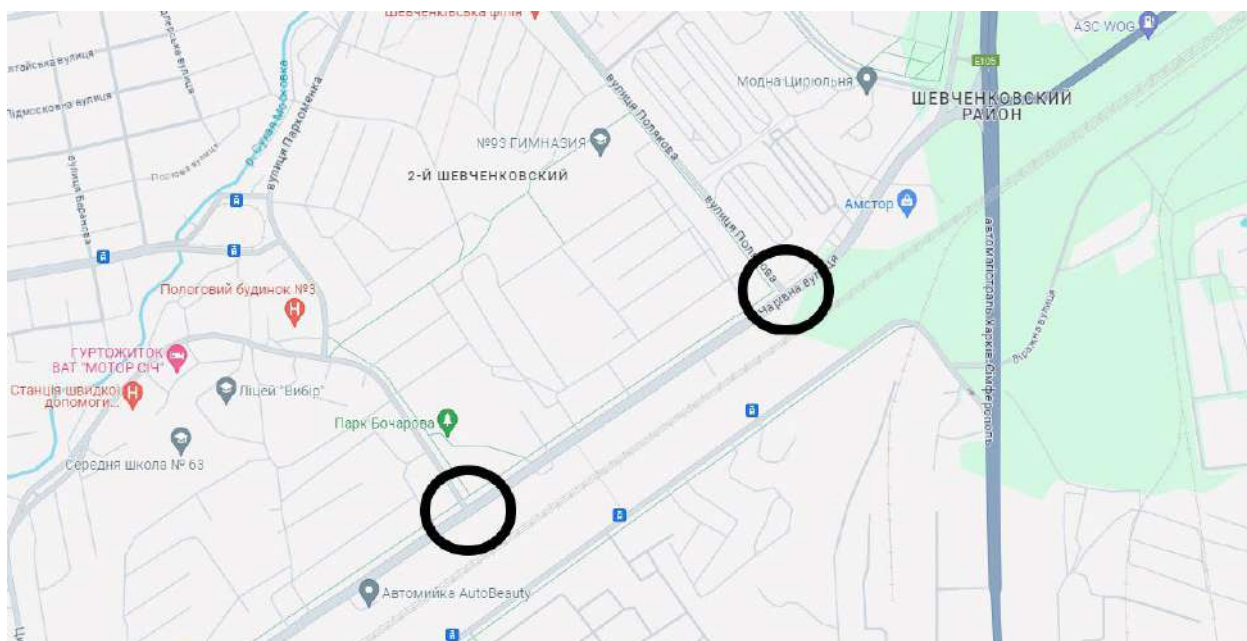


Рисунок 1.2 – Розташування обох перехресть на вулиці Чарівна



Рисунок 1.3 – Вид перехрестя вулиці Чарівна з вулицею Бочарова з супутника



Рисунок 1.4 – Вид перехрестя вулиці Чарівна з вулицею Полякова з супутника

Фактично вулиці Бочарова, Полякова та Чарівна обмежують другий Шевченківський житловий масив.

1.1.2 Особливості дорожнього руху на об'єкті дослідження

Вулиця Чарівна за своєю важливістю є вулицею міського значення. Саме вулицею Чарівною виконується рух транзитного транспортного потоку Донецького напрямку. Цей транзитний транспорт проходить й через обидва описані вище перехрестя.

Ніяких обмежень руху на обох перехрестях немає. Перехрестями користується приватний та службовий автомобільний транспорт, в тому числі й вантажний. Також перехрестями активно рухається міський пасажирський транспорт, включаючи великі автобуси.

Дорожнє покриття на ділянці має задовільний стан. Тротуари в межах перехрестя також знаходяться в прийнятному стані.

Відстань між перехрестями по вулиці Чарівній становить 730 м.

Обидва перехрестя мають Т-подібну структуру. Обидва перехрестя мають по дві смуги руху. Ширина вулиці Чарівної в районі перехресть з вулицями Бочарова та Полякова дорівнює 9 метрам. Ширини проїжджих частин вулиць Бочарова та Полякова становлять 8 та 7,5 метрів відповідно.

Перехрестя вулиці Чарівної з вулицею Бочарова є регульованим перехрестям з примусовим регулюванням світлофорами. Перехрестя вулиці Чарівної з вулицею Полякова не має світлофорного регулювання, але поруч із перехрестям розташований регульований визивний пішохідний перехід через вулицю Чарівну.

1.2 Дослідження та аналіз основних характеристик транспортних потоків

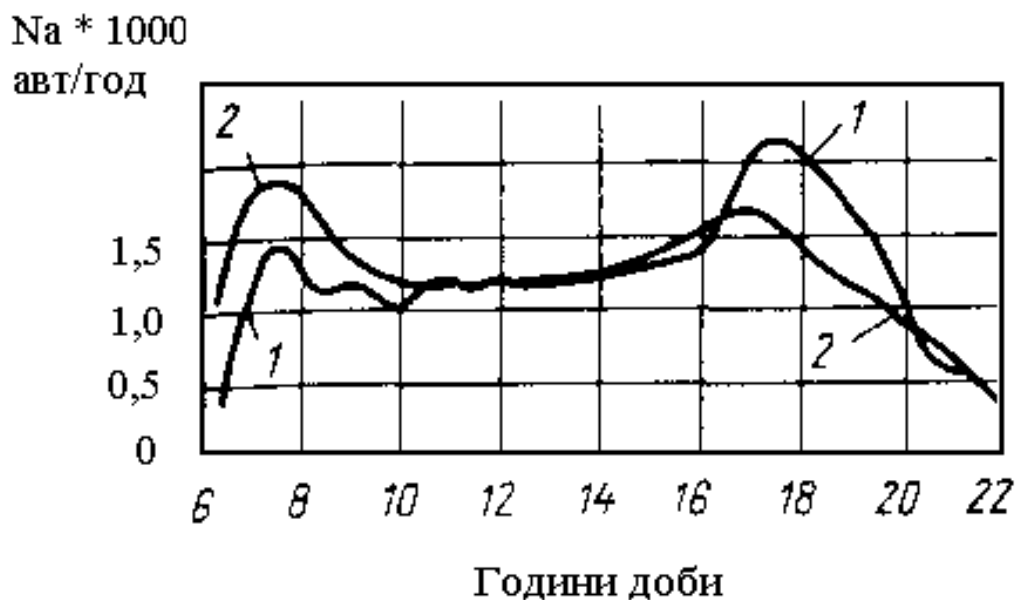
1.2.1 Дослідження та аналіз інтенсивності руху автомобілів

Інтенсивність транспортного потоку є однією з основних його характеристик, яка дає уявлення про наявні обсяги руху на ділянці вулично-дорожньої

мережі, про їх зміни у часі. Саме ця характеристика стає основою для прийняття рішень про можливість використання тих чи інших систем управління дорожнім рухом чи їх режимів.

Інтенсивність транспортного потоку визначається як кількість транспортних засобів, що проїжджають переріз дороги протягом визначеного проміжку часу. Розрахунковий період часу для визначення інтенсивності руху може бути рік, місяць, доба, година, а також коротші проміжки часу, такі як хвилини чи секунди, в залежності від мети спостережень та наявних засобів вимірювання [2].

Нерівномірність транспортних потоків у часі, а саме розподіл протягом року, місяця, доби та години, відіграє ключову роль у вирішенні проблем організації руху. Стандартну криву розподілу інтенсивності руху протягом доби на міських магістралях можна спостерігати на рисунку 1.5. Схожий характер розподілу інтенсивності спостерігається на автомобільних дорогах. Графіки на рисунку 1.4 дозволяють виділити так звані «години пік», коли стає найбільш актуальними завдання організації та регулювання руху [2].



1 - рух транспорту від центру населеного пункту;

2 - рух транспорту до центру населеного пункту

Рисунок 1.5 – Зміни інтенсивностей руху транспорту на протязі доби [2]

Термін «година пік» є умовним і використовується тут тільки через те, що година є основною одиницею виміру часу. Тривалість періоду максимальної інтенсивності руху може перевищувати або бути коротшою за одну годину. Тому більш точним є термін «піковий період», що вказує на час, протягом якого інтенсивність, виміряна короткочасними інтервалами, перевищує середню інтенсивність протягом періоду найжвавішого руху [2].

Для дослідження інтенсивності руху транспорту на перехрестях вулиці Чарівної із вулицями Бочарова та Полякова в якості таких пікових періодів були обрані проміжки часу 7:30 – 8:30 та 16:30 – 17:30. Саме в ці часові періоди було досліджено інтенсивності транспортних потоків на обох перехрестях.

Дослідження виконувалися за 6 напрямками руху на обох перехрестях.

Одночасно оперувати даними інтенсивності різних типів автомобілів доволі складно. Тому для спрощення використовується так звана приведена інтенсивність в умовних одиницях (типових легкових автомобілях). Цю приведену інтенсивність розраховують за формулою [2]:

$$N_{np} = \sum N_i \cdot K_i \quad (1.1)$$

де N_i – фактична інтенсивність автомобілів певного типу, авт/год;

K_i – коефіцієнт приведення відповідний певного типу автомобілів.

Коефіцієнти приведення автомобілів певного типу наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Коефіцієнти приведення інтенсивності певних типів автомобілів [3]

Мотоцикли	Легкові	Вантажні з вантажо- під'ємністю				Автобуси	Тролейбуси	Автопоїзди
		< 2 т	2-5 т	5-8 т	> 8 т			
0,5	1	1,5	2	2,5	3	3	3,5	4

Результати розрахунків приведеної інтенсивності руху на обох перехрестях представлені у графічному вигляді на рисунках 1.6, 1.7 для ранкового пікового періоду, та на рисунках 1.8, 1.9 для вечірнього пікового періоду.

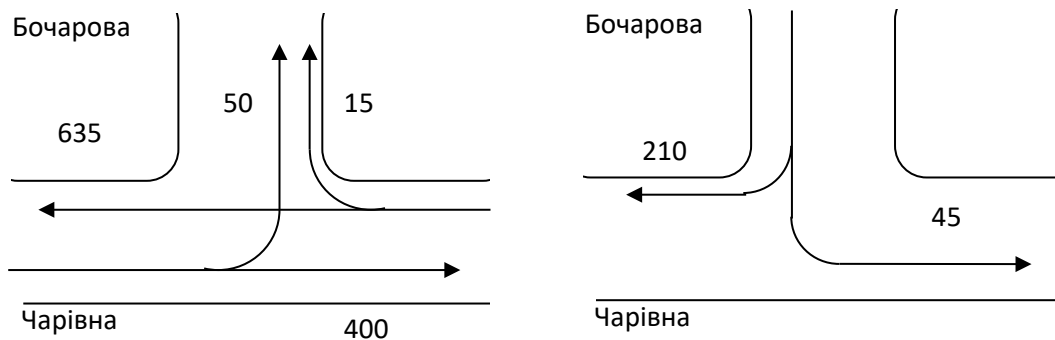


Рисунок 1.6 – Інтенсивності руху вранці на перехресті Бочарова – Чарівна

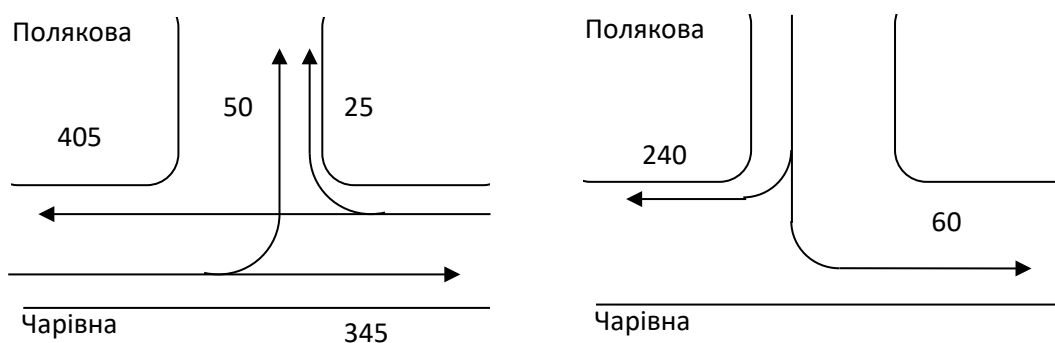


Рисунок 1.7 – Інтенсивності руху вранці на перехресті Полякова – Чарівна

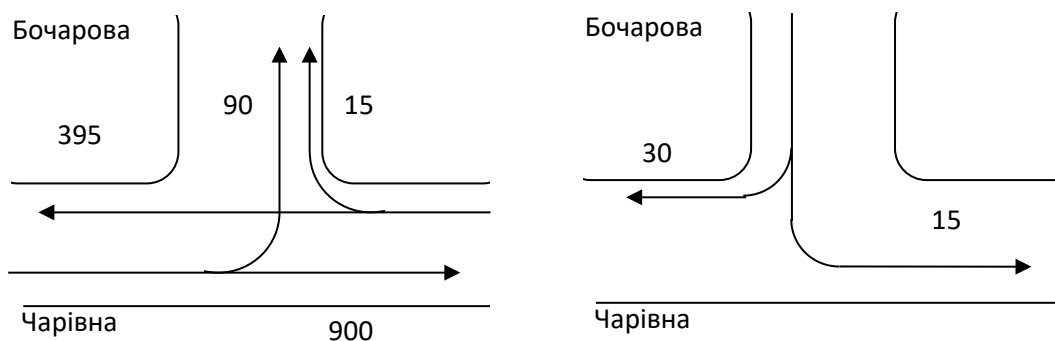


Рисунок 1.8 – Інтенсивності руху ввечері на перехресті Бочарова – Чарівна

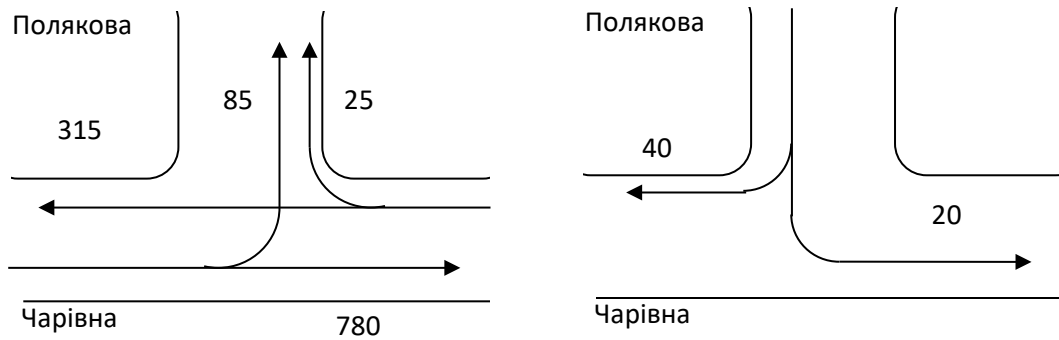


Рисунок 1.9 – Інтенсивності руху ввечері на перехресті Полякова – Чарівна

Аналізуючи інтенсивність транспорту на рисунках 1.6-1.9 можливо говорити про те, що більше транспорту рухається до центру міста Запоріжжя в ранкові пікові години, а у вечірні пікові години рух збільшується у зворотному напрямку.

1.2.2 Дослідження та аналіз складу автомобільних потоків

Склад транспортного потоку визначається співвідношенням різних типів транспортних засобів у ньому. Цей показник має значний вплив на всі параметри дорожнього руху. Так він суттєво впливає на завантаження доріг, проявляючись, насамперед, у стисненості руху. Це пояснюється значною різницею в габаритних розмірах різних типів автомобілів. Проте важливо відзначити, що різниця у габаритних розмірах - це лише одна з причин, яка виокремлює необхідність спеціального врахування складу потоку під час аналізу інтенсивності руху [2].

При русі у транспортному потоці важлива не лише різниця у статичних габаритах, але й у динамічних, яка залежить переважно від часу реакції водія і гальмівних характеристик транспортних засобів [2]. Саме динамічний габарит враховується через коефіцієнти приведення інтенсивності руху, які описувалися в попередньому пункті магістерської роботи.

Через те, що обидва перехрестя знаходяться поруч по вулиці Чарівной, то фактично склад транспортних потоків на них є однаковим і наведений на рисунку 1.10.

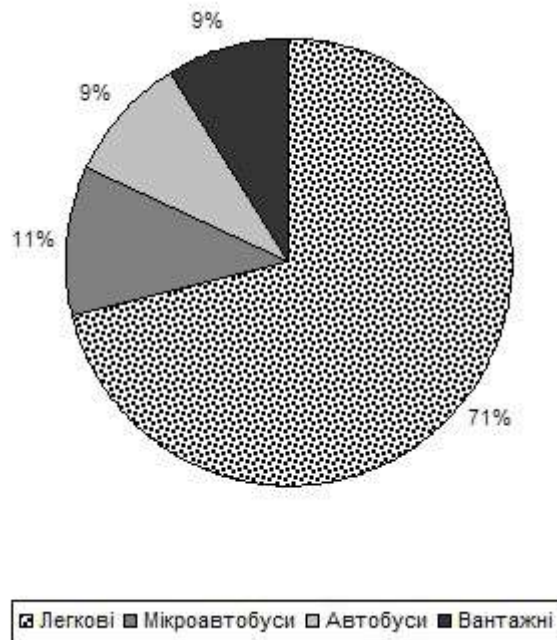


Рисунок 1.10 – Склад транспортного потоку на перехрестях

В транспортному потоці переважають легкові автомобілі.

1.2.3 Дослідження та аналіз швидкостей руху автомобільних потоків

Швидкість руху є ключовим показником, оскільки вона є основною цільовою характеристикою дорожнього руху. Найбільш об'єктивною характеристикою процесу руху транспортного засобу дорогою може бути графік зміни його швидкості протягом всього маршруту. Однак отримання таких просторових характеристик для великої кількості автомобілів є складним завданням, оскільки вимагає постійного автоматичного фіксування швидкості кожного з них [2].

У практиці організації руху зазвичай використовують оцінку швидкості руху транспортних засобів миттєвими значеннями, зафіксованими в окремих типових перерізах дороги [2].

Визначати швидкість окремих автомобілів можливо різними способами, в тому числі із застосуванням спеціальних приладів. Вимірювання швидкості проводилося по вулиці Чарівній між перехрестями. Для вимірювання швидкості руху автомобілів використовувався універсальний імпульсний вимірювач швидкості «Іскра -1».

Було зафіксовано 840 спостережень. Розподіл швидкостей руху вулиці Чарівній показаний на рисунку 1.11. Обробка результатів вимірювань швидкості по вулиці Чарівній наведена у таблиці 1.2.

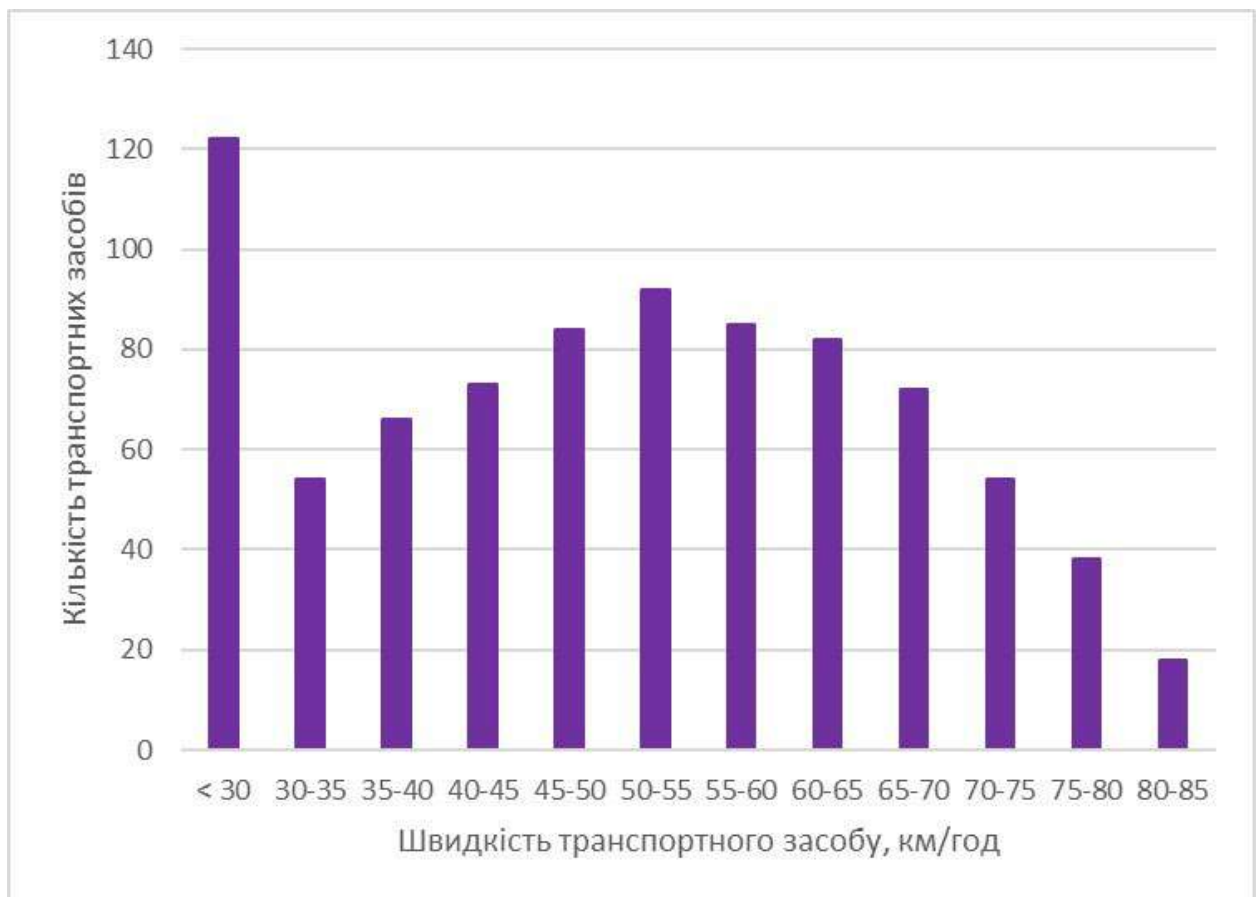


Рисунок 1.11 - Розподіл швидкостей руху по вулиці Чарівній

Таблиця 1.2 – Обробка результатів вимірювань швидкостей руху по вулиці Чарівній

Інтервал швидкостей	Середина інтервалу V_i	Кількість вимірювань в групі m_i	Частість $f_i = \frac{m_i}{\sum m_i}$	Накопичена частість $F(V)$
< 30	15	122	0,14524	0,14524
30-35	32,5	54	0,064286	0,209524
35-40	37,5	66	0,078571	0,288095
40-45	42,5	73	0,086905	0,375
45-50	47,5	84	0,1	0,475
50-55	52,5	92	0,109524	0,584524
55-60	57,5	85	0,10119	0,685714
60-65	62,5	82	0,097619	0,783333
65-70	67,5	72	0,085714	0,869048
70-75	72,5	54	0,064286	0,933333
75-80	77,5	38	0,045238	0,978571
80-85	82,5	18	0,021429	1

Середню швидкість руху на підході можливо розрахувати за формулою:

$$\bar{V} = \frac{\sum V_i \cdot m_i}{\sum m_i}. \quad (1.2)$$

Середня швидкість руху по вулиці Чарівна:

$$\bar{V} = \frac{41200}{840} = 49 \text{ км/год.}$$

Проаналізувавши отримані значення можна стверджувати, що швидкісний режим руху по вулиці Чарівній має доволі значний розкид. З одного боку майже 15 % автомобілів рухалися зі швидкістю нижче 30 км/год. Втім вдвоє більшим є відсоток порушників швидкісного режиму – 31 %. Повільні швидкості фіксуються при періодичному збільшенні щільності транспортних потоків. А швидкості вище 50 км/год характерні вільним умовам руху особливо в непікові періоди доби.

1.3 Визначення пропускних спроможностей об'єкту дослідження

Нормальну роботу перехрестя можливо оцінити порівнюючи досліджені інтенсивності руху в пікові проміжки та пропускну спроможність перехрестя в кожному з напрямків.

Одним з найважливіших критеріїв, що визначає функціональність транспортних мереж, є їхня пропускна здатність. В процесі проєктування автомобільних доріг та при організації руху використовується термін «пропускна здатність дороги». Просте визначення цього терміну полягає в тому, що під пропускну здатністю дороги розуміється максимально можлива кількість автомобілів, яка може пройти через переріз дороги за одиницю часу [2].

Пропускна спроможність однієї смуги дороги, авт/год [4]:

$$A_c = \frac{3600 \cdot V}{V \cdot t_p + \beta \cdot V^2 + l_o + l_a}, \quad (1.3)$$

де V – очікувана швидкість руху автомобілів, м/с;

t_p – середній час реакції водія автомобіля, с;

l_o – значення теоретичного зазору безпеки, м;

l_a – середня довжина умовного автомобіля, м;

β – значення коефіцієнту гальмування.

$$\beta = \frac{1}{2g \cdot (\varphi \pm i + f)} \quad , \quad (1.4)$$

де g – значення прискорення фізичної сили тяжіння, м/с²;

f – значення коефіцієнту опору котінню;

i – значення наявного повздовжнього ухилу вулиці чи дороги;

φ – значення коефіцієнту зчеплення автомобільних шин з дорожнім покриттям.

Розраховуємо значення пропускної спроможності по вулиці Чарівній між перехрестями, виходячи з найгірших дорожніх умов.

$$\beta = \frac{1}{2 \cdot 9,8 \cdot (0,3 + 0 + 0,02)} = 0,16 \text{ .}$$

$$A_c = \frac{3600 \cdot 13,61}{13,61 \cdot 1 + 0,16 \cdot 185,23 + 2 + 5} = 975 \text{ авт/год.}$$

Розрахуємо коефіцієнт завантаження рухом на проспекті Моторобудівників [4]:

$$z = \frac{N_a}{P} \quad (1.5)$$

де N_a – фактичний розмір інтенсивності руху на ділянці, авт/год;

P – розрахована пропускна спроможність, авт/год.

$$Z = \frac{900}{975} = 0,92.$$

Значення коефіцієнта завантаження $z = 0,92$ відповідає дуже насиченим умовам руху транспортних потоків із значною щільністю. Потрібно відмітити, що розрахунки, наведені вище, виконані для вечірнього пікового періоду. В інші періоди доби інтенсивність є меншою і умови руху транспорту будуть кращими. В цілому, пропускної спроможності ділянки вулиці Чарівної в районі перехрестя з вулицями Бочарова та Полякова достатньо для пропуску існуючих транспортних потоків.

1.4 Загальний аналіз об'ємів та організації пішохідного руху

В районі перехрестя вулиці Чарівної з вулицями Бочарова та Полякова рух пішоходів здійснюється по тротуарах та пішохідних переходах. Обсяг цього руху коливається в межах 50-300 чол/год. Максимальних значень пішохідні потоки набувають близько 16:00 години доби.

Щодо характеру руху, переважно спостерігаються переміщення, зокрема, до та від зупинок маршрутного пасажирського транспорту. Крім цього, відзначається рух до об'єктів тяжіння, зокрема до магазинів, що розташовані повздовж однієї частини вулиці Чарівної.

Під час спостережень та вивчення характеру пішохідних потоків в якості основного недоліку можна відмітити порушення правил дорожнього руху пішоходами, вихід їх на проїжджу частину та її перехід у непризначених для цього місцях, що несе значну потенційну небезпеку.

1.5 Аналіз системи управління дорожнім рухом на об'єкті дослідження

1.5.1 Перехрестя вулиці Чарівної з вулицею Бочарова

Перехрестя вулиці Чарівної з вулицею Бочарова є регульованим, тобто управління дорожнім рухом на ньому є примусовим за допомогою світлофорів.

Світлофори, які використовуються на перехресті, є технічними засобами організації дорожнього руху. Засоби I групи мають безпосередній вплив на транспортні та пішохідні потоки, виконуючи формування їх необхідних параметрів. Будь-які світлофори гарантують розподіл конфліктних транспортних та пішохідних потоків у часі.

Загальний порядок вмикання сигналів світлофорів на перехресті, види цих сигналів та їх безпосередні значення повністю відповідають вимогам [5].

В складі світлофорного об'єкту перехрестя вулиці Чарівної з вулицею Бочарова використовуються трьохсекційні транспортні та пішохідні світлофори.

Перехрестя вулиці Чарівної з вулицею Бочарова має двофазну схему регулювання. На рисунку 1.12 наведені фази світлофорного регулювання на перехресті вулиці Чарівної з вулицею Бочарова.

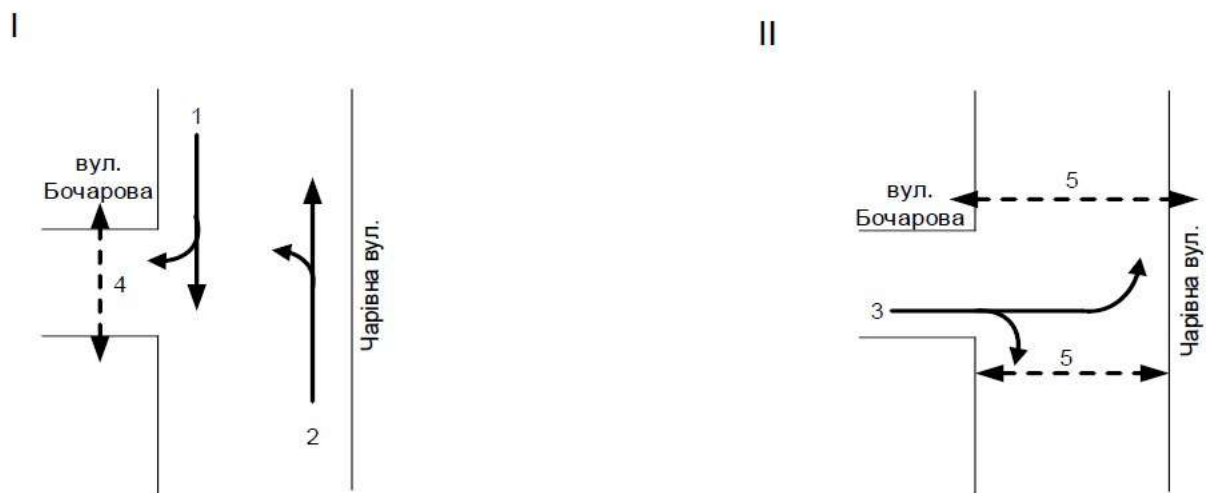


Рисунок 1.12 – Фази регулювання руху на перехресті

Поняття циклу регулювання руху фактично є сукупністю фаз, які повторюються періодично, організовуючи таким чином дорожній рух [2].

Довжина світлофорного циклу регулювання на перехресті вулиці Чарівної з вулицею Бочарова дорівнює 60 секунд. Всі елементи світлофорного циклу є розрахунковими. Фактична робота всіх світлофорів представлена на рисунку 1.13.



Рисунок 1.13 – Циклограма роботи світлофорів на перехресті

Окрім світлофорного об'єкту в організації руху на перехресті задіяні відповідні дорожні знаки та розмітка. Схема із вказівкою усіх наявних засобів організації руху на перехресті вулиці Чарівної з вулицею Бочарова показана на рисунку 1.14.

1.5.2 Перехрестя вулиці Чарівної з вулицею Полякова

Перехрестя вулиці Чарівної з вулицею Полякова є нерегульованим з визначеним пріоритетом руху. Головний напрямок руху здійснюється по вулиці Чарівна. Організація руху на перехресті здійснюється за допомогою відповідних дорожніх знаків та розмітки, яка практично відсутня.

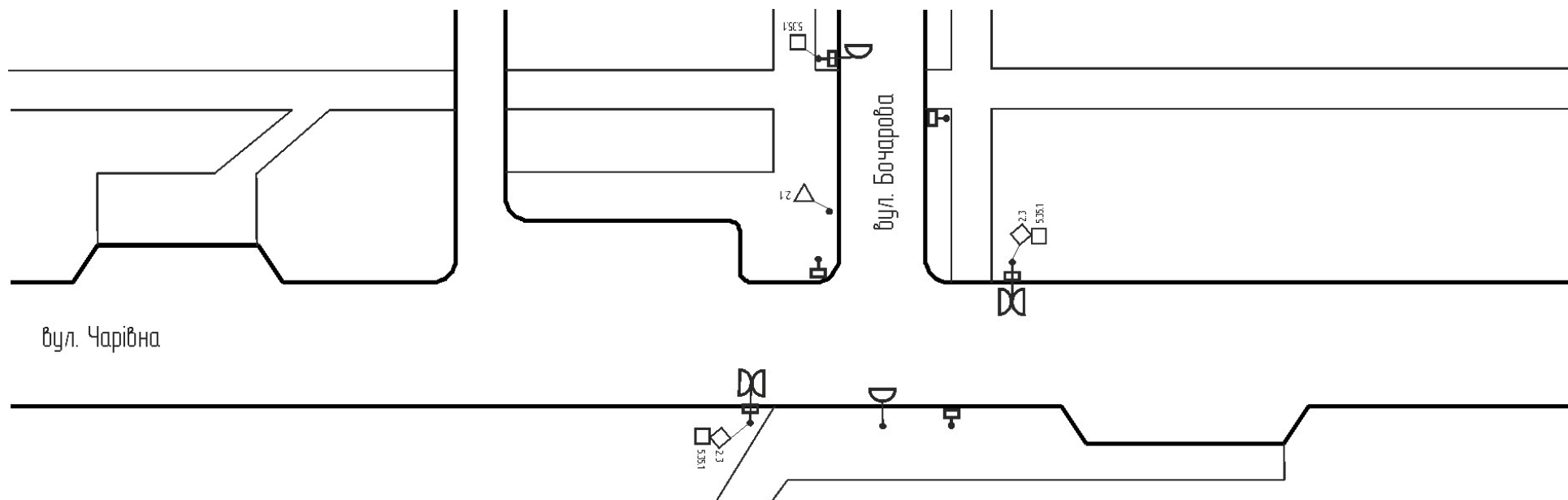


Рисунок 1.14 - Існуюча схема ОДР на перехресті вулиці Чарівної з вулицею Бочарова

Поруч із перехрестям вулиці Чарівної з вулицею Полякова розташований визивний регульований пішохідний перехід, обладнаний транспортними та пішохідними світлофорами. Фактична робота цих світлофорів представлена на рисунку 1.15.



Рисунок 1.15 – Циклограма роботи світлофорів на перехресті

На рисунку 1.15 напрямками 1 та 2 позначений рух транспорту, напрямком 3 – відповідно пішохідний рух через вулицю Чарівну. Перехід є визивним, тобто на ньому постійно ввімкнений зелений сигнал для транспортних потоків. В разі потреби пішохід натиском кнопки запускає дію зазначену вище програму з перехідного такту між фазами 1 та 2. Програма реалізує повний цикл управління і знову переключається на постійний зелений сигнал для транспорту, якщо за цей час не відбулося нових натискань визивної кнопки пішоходами.

Схема із вказівкою усіх наявних засобів організації руху на перехресті вулиці Чарівної з вулицею Полякова показана на рисунку 1.16.

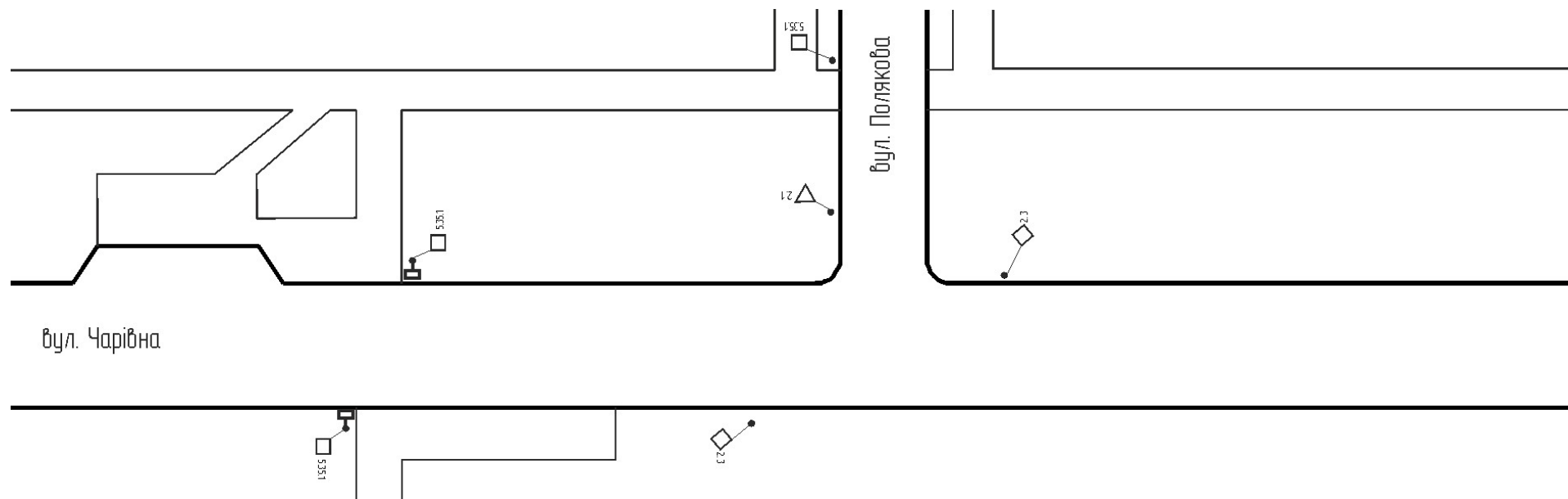


Рисунок 1.16 - Існуюча схема ОДР на перехресті вулиці Чарівної з вулицею Полякова

1.6 Аналіз рівня небезпеки об'єкту дослідження

1.6.1 Аналіз потенційної складності об'єкту дослідження

Існує доволі багато систем оцінки складності елементів вулично-дорожньої мережі в плані їх потенційної небезпеки. Однією з таких систем, можливо найрозповсюдженішою, є так звана п'ятибальна система оцінки. Ця нескладна система в своїй основі базується на понятті конфліктної точки.

Термін «конфліктна точка» означає фактичне місце на вулично-дорожній мережі, в якому взаємодіють транспортні або пішохідні потоки, які є між собою конфліктними. Конфліктні точки виникають на перегонах доріг, наприклад, при виконанні зміни смуги руху. Але більша їх кількість концентрується на перехрестях. Конфліктні точки є різними в залежності від характеру руху потоків в них [2].

На рисунку 1.17 показані основні види типових конфліктних точок.

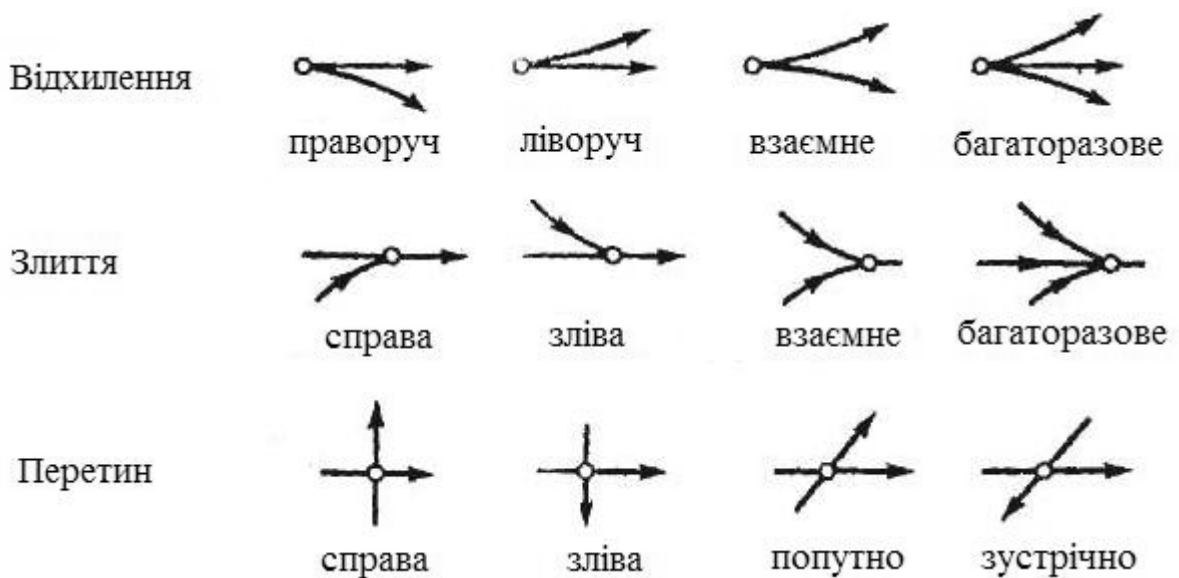


Рисунок 1.17 – Види типових конфліктних точок [2]

Чим більше конфліктних точок на ділянці вулично-дорожньої мережі, тим більш потенційно небезпечною є така ділянка. Взагалі фактична кількість

різних конфліктних точок визначається напрямками руху, які є дозволеними на ділянці, а також кількістю наявних смуг руху для автомобілів [2].

Різні конфліктні точки мають різний рівень потенційної небезпеки. Запропонована п'ятибальна система оцінює різні конфліктні точки певною кількістю умовних балів потенційної небезпеки. Так конфліктна точка відхилення має 1 бал, конфліктна точка злиття оцінюється в 3 бали, небезпека перетину становить 5 балів [2].

Знаючи кількість кожного виду конфліктних точок на ділянці вулично-дорожньої мережі, можливо отримати так званий показник складності ділянки [2]:

$$m = n_6 + 3n_3 + 5n_n, \quad (1.6)$$

де n_6 , n_3 , n_n – фактична кількість конфліктних точок певного виду (відповідно відхилення, злиття, перетин).

За п'ятибальною системою ділянка вулично-дорожньої мережі є простою, коли $m < 40$. Ділянка має середню складність при $m = 40 - 80$. Ділянка вважається складною, якщо $m = 80 - 150$. І ділянка є дуже складною вразі $m > 150$ [2].

Потрібно відмітити, що будь-яка конфліктна точка не тільки має потенційну небезпеку зіткнення автомобілів, а й має значну імовірність того, що в ній будуть виникати затримки руху транспорту [2].

Щоб використати п'ятибальну систему оцінки потенційної складності ділянки вулично-дорожньої мережі, потрібно визначити на ній всі наявні конфліктні точки. Конфліктні точки на обох перехрестях, які розглядаються, будуть однаковими й показані на рисунку 1.18.

Згідно рисунку 1.18, при існуючій схемі організації руху на перехрестях вулиці Чарівної з вулицями Полякова та Бочарова мають місце 3 точки відхилення, 3 точки злиття та 3 точки перетину.

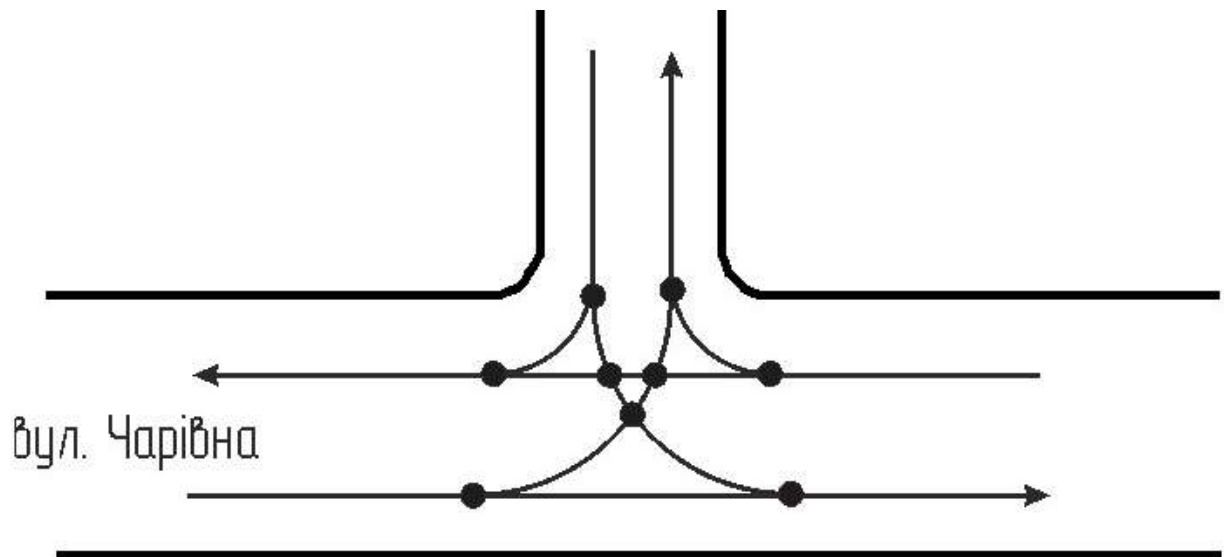


Рисунок 1.18 – Наявність конфліктних точок на обох перехрестях

Потенційна складність перехресть за п'ятибальною системою оцінки становитиме:

$$m = 3 + 3 \cdot 3 + 3 \cdot 5 = 27.$$

Запропонована система оцінки потенційної складності ділянки вулично-дорожньої мережі дозволяє стверджувати, що обидва перехрестя вулиці Чарівної з вулицями Бочарова та Полякова є простими й потенційно небезпечними.

1.6.2 Аналіз ДТП на об'єкті дослідження

Дорожно-транспортна пригода (ДТП) фактично є порушенням нормального процесу руху на ділянці автомобільної дороги чи вулиці, результатом якого є наявність постраждалих осіб або певного матеріального збитку [2].

У таблиці 1.3 та на рисунку 1.19 представлені дані щодо скоєних ДТП на обох перехрестях за 2016-2018 роки із позначенням трьох параметрів (кількість ДТП із матеріальними збитками - кількість ДТП із загиблими особами - кількість ДТП із пораненими особами).

Таблиця 1.3 – Кількість ДТП на ділянці за певний рік

Місце скоєння ДТП	Кількість ДТП		
	2016	2017	2018
Перехрестя Чарівна – Бочарова	6-0-3	7-0-3	1-0-4
Перехрестя Чарівна – Полякова	4-0-0	5-0-1	2-0-0

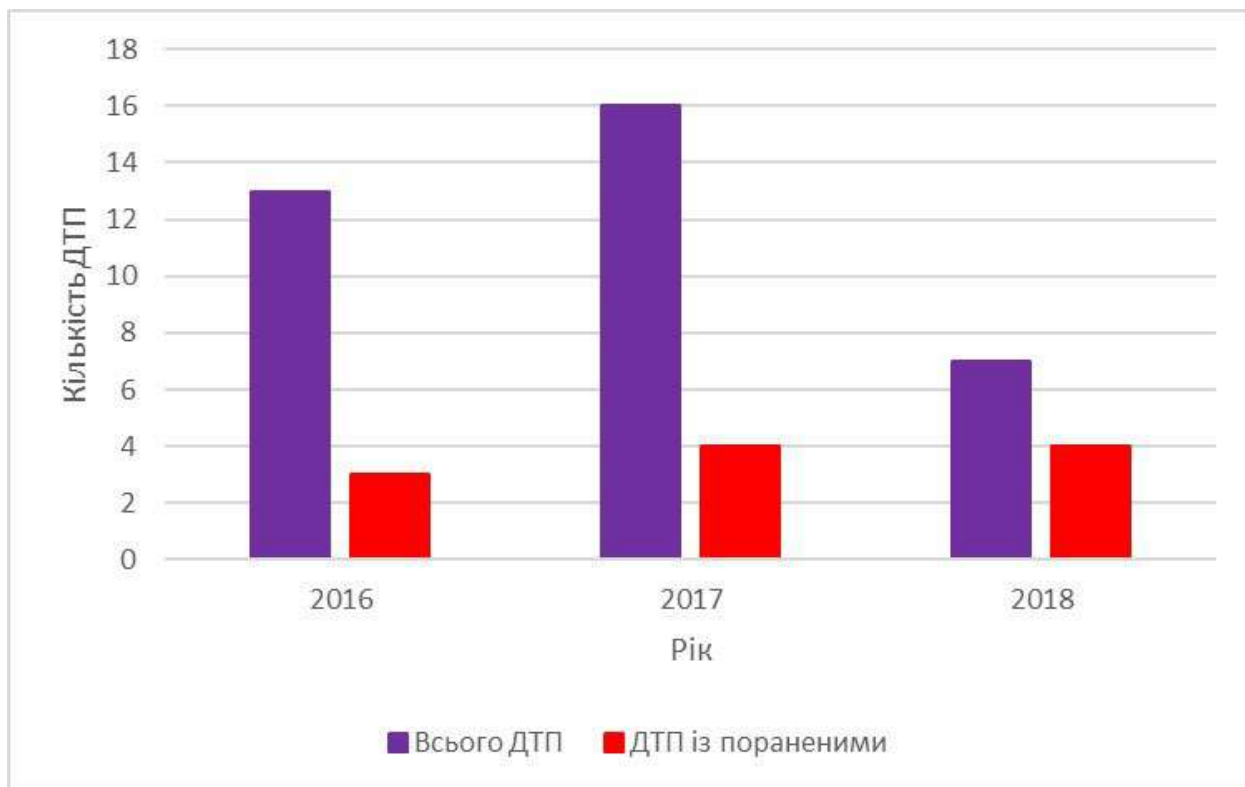


Рисунок 1.19 - Кількість ДТП на обох перехрестях

Загальний аналіз ДТП представлений наступними таблицями та рисунками. Так у таблиці 1.4 та на рисунку 1.20 розглянуто розподіл за видами ДТП, а у таблиці 1.5 та на рисунку 1.21 – розподіл за причинами скоєння ДТП.

Таблиця 1.4 – Розподіл ДТП за видами

Місце скоєння ДТП	Наслідки ДТП за видами			
	Зіткнення	Наїзд на пішохода	Наїзд на транспорт, що стоїть	Інші види
Перехрестя Чарівна – Бочарова	6-0-4	4-0-4	1-0-0	3-0-2
Перехрестя Чарівна – Полякова	11-0-1			



Рисунок 1.20 - Розподіл ДТП за видами

Таблиця 1.5 – Розподіл ДТП за причинами скоєння

Місце скоєння ДТП	Наслідки ДТП за причинами скоєння			
	Швидкість	Ненадання переваги у русі	Порушення ПДР пішоходами	Маневрування
Перехрестя Чарівна – Бочарова	4-0-4	4-0-2	4-0-4	2-0-0
Перехрестя Чарівна – Полякова	3-0-1	7-0-0		1-0-0



Рисунок 1.21 - Розподіл ДТП за причинами скоєння

Згідно таблиць 1.3-1.5 та рисунків 1.19-1.21, основними видами ДТП на об'єкті дослідження є зіткнення транспортних засобів між собою та наїзд на пішохода. Основними причинами виникнення ДТП є порушення швидкісного режиму руху автомобілів та порушення правил дорожнього руху пішоходами.

1.7 Загальний аналіз недоліків організації руху автомобільного транспорту на об'єкті дослідження

Після ретельного аналізу рівня організації дорожнього руху на перехрестях вулиці Чарівної з вулицями Бочарова та Полякова, а також на основі оцінки фактичного рівня безпеки транспортних та пішохідних потоків, можливо зазначити кілька основних недоліків:

- значна кількість ДТП на відносно не складних перехрестях;
- наявність руху пішоходів у невідповідних для цього місцях на перехресті вулиць Чарівної та Бочарова;
- невідповідність режимів регулювання на перехресті вулиць Чарівної та Бочарова змінам інтенсивності руху на протязі доби;
- наявність затримок транспорту при виконанні повороту ліворуч з вулиці Чарівної на вулицю Бочарова та Полякова;
- досить значні інтенсивності руху при відсутності примусового регулювання на перехресті вулиць Чарівної з вулицею Полякова;
- наявність технічних недоліків (відсутність деяких дорожніх знаків та практична відсутність дорожньої розмітки) в схемах організації дорожнього руху на обох перехрестях.

Боротися із затримками руху при недостатній пропускній спроможності можливо двома способами: глобальною реконструкцією або зменшенням фактичної інтенсивності транспортних потоків. Вулиця Чарівна в межах означених перехресть має можливості до розширення. Тому для вирішення питань затримок транспорту при виконанні маневрів повороту ліворуч з вулиці Чарівної пропонується розглянути можливість розширення проїжджої частини вулиці Чарівної і створення додаткових смугу руху для напрямків повороту ліворуч.

Порушення пішохідного руху на перехресті вулиць Чарівної та Бочарова за спостереженнями здебільшого пов'язані саме із поспіхом встигнути на стоячий на зупинці маршрутний транспортний засіб. Пропонується розглянути перенесення зупиночного пункту ближче до перехрестя для запобігання переходу пішоходами вулиці Чарівна поза пішохідним переходом.

Також потрібно розглянути та оцінити необхідність реалізації примусового регулювання на перехресті вулиць Чарівної та Полякова. За його потреби розрахувати його основні параметри із врахуванням добової зміни інтенсивностей руху. Стосовно цих змін проаналізувати змінити режими регулювання й на перехресті вулиці Чарівної з вулицею Бочарова. Це дозволить зменшити фактичні транспортні затримки руху на перехрестях, визвані примусовим регулюванням.

Схеми організації дорожнього руху на обох перехрестях потрібно переглянути, враховуючи виконання всіх вище зазначених заходів.

2 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

2.1 Розширення проїжджої частини перехресть для додавання лівоповоротної смуги

Для підвищення пропускної спроможності передбачається розширення проїжджої частини вулиці Чарівна на підходах до обох перехресть для створення додаткової смуги руху для виконання повороту ліворуч з вулиці Чарівної. При цьому буде відбуватися певне зниження швидкості руху, що в умовах частих порушень швидкісного режиму руху транспорту на цій ділянці також є добрим.

Для забезпечення безпечних умов руху ширина смуги повинна бути достатньою для вільного роз'їзду зустрічних транспортних потоків та для виконання обгонів.

Ширина смуги руху визначається по формулі [4]:

$$C = A + D + y, \quad (2.1)$$

де A – середня ширина автомобіля, прийнята для розрахунків (для першої смуги ширина вантажного автомобіля, для другою смуги - легкового).

Розрахунок виконується за методикою [4] на основі позначень, наведених на рисунку 2.1.

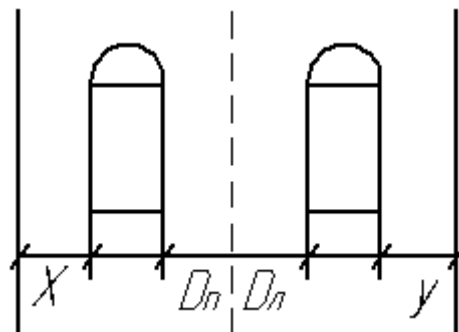


Рисунок 2.1 – Схема для розрахунку ширини смуг руху [4]

Відстань від зовнішнього боку колеса до бордюрного каменю проїжджої частини розраховується за формулою, м [4]:

$$y = 0,35 + 0,2\sqrt{V_p} \quad , \quad (2.2)$$

де V_p – очікувана чи розрахункова швидкість, м/с.

Для міського руху приймається $V_p = 50 \text{ км/год} = 13,9 \text{ м/с}$ виходячи із максимальної дозволеної швидкості.

$$y = 0,35 + 0,2\sqrt{13,9} = 1,1 \text{ м.}$$

$$D_n = \frac{2D}{2} \quad , \quad (2.3)$$

де D – відстань для забезпечення безпеки руху автомобілів сумісними смугами.

$$D = 1.05/2 = 0.525 \text{ м.}$$

Ширина першої смуги (правої) повинна бути не меншою за:

$$C_l = 2,5 + 0,525 + 1,1 = 4,125 \text{ м.}$$

Ширину першої смуги проїжджої частини приймаємо 4,5 м відповідно до рекомендацій [6].

Відстань до межі смуги руху зустрічного напрямку, м:

$$X = 0,3 + 0,05V_p \quad , \quad (2.4)$$

$$X = 0,3 + 0,05 \cdot 13,9 = 0,995 \text{ м.}$$

Ширина другої смуги повинна бути не меншою за:

$$C_2 = 1,8 + 0,525 + 0,995 = 3,32 \text{ м.}$$

Ширину другої смуги проїжджої частини приймаємо 3,5 м відповідно до рекомендацій [6].

Зараз ширина вулиці Чарівної складає 9 метрів в районі обох перехресть. З таких умов необхідне розширення проїжджої частини вулиці Чарівної на ширину 3,5 метри. Довжину зони розширення приймемо 50 м без перехідних ділянок. Перехідні ж ділянки утворюємо на відстані 20 м від початку наявності другої смуги руху. Загальна площа розширення проїжджої частини на одному перехресті складе:

$$S_p = 50 \cdot 3,5 + \frac{2 \cdot 20 \cdot 3,5}{2} = 245 \text{ м}^2.$$

Сумарна площа розширення на двох перехрестях становитиме 490 м².

Запропоновані зміни можливо побачити на рисунках 2.4 та 2.9 для обох перехресть відповідно.

2.2 Запропоновані заходи на перехресті вулиці Чарівної з вулицею Бочарова

2.2.1 Перенесення зупинки автомобільного маршрутного транспорту

Спостереження за рухом пішоходів на перехресті вулиці Чарівної з вулицею Бочарова показали, що порушення правил дорожнього руху пішоходами відбувається, коли вони поспіхом перетинають проїжджу частину вулиці

Чарівної в спробі встигнути на маршрутний пасажирський транспорт, який знаходиться чи під'їжджає до свого зупиночного пункту. Справа в тому що зупиночний пункт зроблено за перехрестям на певній відстані. Відповідно й пішохідного переходу поруч із ним нема.

Щоб уникнути небезпеки від такого пішохідного руху пропонується виконати перенесення зупинки автобусів ближче до перехрестя і розташувати її безпосередньо за пішохідним переходом. Це дозволить використовувати пішохідний перехід для перетину вулиці Чарівної. Для позбавлення можливості перетинати вулицю поза межами цього переходу пропонується використання спеціалізованої пішохідної огорожі.

Схему перенесення зупиночного пункту та встановлення пішохідної огорожі можливо побачити на рисунку 2.4.

Площа стандартної заїзної «кишені», яка призначена для обслуговування двох автобусів одночасно становить 77 м^2 [7]. Відповідно для перенесення зупиночного пункту потрібно буде виконати дорожні роботи на площі в 144 м^2 .

2.2.2 Удосконалення режимів регулювання на перехресті з урахування добових змін інтенсивностей руху

Дослідження об'ємів руху на обох перехрестях вулиці Чарівної з вулицями Бочарова та Полякова довели наявність значної нерівномірності між значеннями інтенсивностей руху транспортних потоків в різні години доби. Так вранці транспорт переважно рухається до центру міста, а ввечері – навпаки в напрямку житлової забудови Шевченківського району інтенсивність руху більша.

Зараз перехрестя регулюється в одно програмному режимі, який не враховує цих змін. Це призводить до не оптимального розподілу часу в режимах світлофорного регулювання, а, відповідно, й до неефективної організації руху.

Пропонується переглянути можливість реалізації двох режимів регулювання, які б відповідали наявним змінам інтенсивності руху на перехресті вулиць Чарівної та Бочарова.

Принци регулювання на перехресті змінюватися не буде. Існуюча схема пофазового роз'їзду, яка представлена на рисунку 1.12 задовольняє поставленим задачам й залишиться без змін. А ось параметри циклу регулювання повинні бути змінені.

На території України порядок чергування сигналів світлофорів, вигляд та значення цих сигналів відповідають вимогам [5].

Управління роботою світлофорів на перехресті звичайно поділяється на певні сигнальні групи, які по чергові надають можливість для проїзду через перехрестя в певних напрямках, які відповідають певній групі. Це забезпечує циклічність роботи світлофорів на перехресті [7].

Період часу, в якому працює певна комбінація сигналів світлофорного об'єкту, є тактом регулювання. Такти регулювання, в залежності від своїх функціональних особливостей, поділяються на основні та проміжні [7].

Коли працює основний такт, рух певної групи автомобілів та пішоходів є дозволеним чи забороненим. В свою чергу проміжний такт дозволяє підготуватися учасникам наступної групи до можливості виконання руху. Ця підготовка дозволяє звільнити перехрестя від автомобілів та пішоходів попередньої групи [7].

Сукупність основного та проміжного тактів є фазою регулювання. В свою чергу сукупність всіх фаз регулювання, яка періодично повторюється, є циклом регулювання. А вже тривалість цього циклу регулювання, кількість фаз в ньому, порядок їх чергування, а також фактична тривалість тактів регулювання разом складають загальний режим світлофорного регулювання на перехресті [7].

Розрахунок режимів світлофорного регулювання починається зі складання так званої конфліктної матриці транспортних напрямків, в яку заносяться фактичні відстані на перехресті для кожного можливого напрямку руху

транспорту від «Стоп» ліній розмітки до найдальшої конфліктної точки. На ці значення впливають як геометричні параметри перехрестя, так і виконання розподілу певних траєкторій руху за певними напрямками [7].

Значення елементу конфліктної матриці розраховується за формулою [7]:

$$B_{ij} = B_{\text{стоп-світ}} + B_{\text{світ-пч}} + B_{\text{траєктор}} , \quad (2.5)$$

де $B_{\text{стоп-світ}}$ – фактична відстань траєкторією руху від «Стоп» лінії до перпендикулярного умовного перерізу, де розташований світлофор, м;

$B_{\text{світ-пч}}$ – фактична відстань від перпендикулярного умовного перерізу, де розташований світлофор, до початку проїжджої частини конфліктного напрямку, м;

$B_{\text{траєктор}}$ – фактична відстань руху певною траєкторією на перехресті, м.

В таблиці 2.1 наведена конфліктна матриця для перехрестя вулиці Чарівної з вулицею Бочарова.

Таблиця 2.1 – Конфліктна матриця транспортних напрямків на перехресті вулиці Чарівної з вулицею Бочарова, м

Напрямки руху	1	2	3
1	-	- 9,7	14
2	- 12,3	-	14
3	- 9,7	-13,4	-

У світлофорному циклі є певні проміжки часу, коли здійснюється зміна сигналів із заборонного на дозволяючий і навпаки. Цей проміжок часу є так

званим перехідним інтервалом. Він необхідний для того, щоб був час для звільнення проїжджої частини перехрестя транспортом та пішоходами під час зміни сигналів світлофорів.

Значення перехідного інтервалу можливо визначити за формулою [7]:

$$t_{\phi_i} = t_p + \frac{V_k}{2a^k} + \frac{B_i + l_a}{V_k}, \quad (2.6)$$

де t_p – умовний середній час реакції водія, с;

V_k – прийнята або розрахована швидкість координації на перехресті, м/с;

a^k – значення величини прискорення, м/с²;

B_i – фактична ширина проїжджої частини перехрестя між двома «Стоп» лініями, м;

l_a – умовна середня довжина автомобіля, м.

Значення фазового коефіцієнту можливо визначити за формулою [7]:

$$y_j^i = \frac{N_j^i}{M_j}, \quad (2.7)$$

де N_j^i – фактична спостережена чи розрахункова очікувана інтенсивність руху транспорту на певному напрямку, од/год;

M_j – значення потоку насичення певного напрямку, од/год.

Суму фазових коефіцієнтів можливо визначити за формулою [7]:

$$Y = \sum y_{\max}^i. \quad (2.8)$$

Значення циклу регулювання можливо визначити за формулою [7]:

$$T_k = \frac{1,5 \cdot L_k + 5}{1 - Y}, \quad (2.9)$$

де L_k – величину часу в циклі, який втрачається, можливо визначити за формулою [7]:

$$L_k = \sum_{j=1}^m (t_{oj} - 1). \quad (2.10)$$

Значення довжини основного такту можливо визначити за формулою [7]:

$$\bar{t}_3^m = \frac{\bar{y}^m}{\bar{Y}} (\bar{T} - \bar{L}) - 1, \quad (2.11)$$

де $\bar{y}^m$ – значення фазового коефіцієнту для фази, в якій виконується рух транспорту магістраллю координації.

Значення відповідних коефіцієнтів корекції можливо визначити за формулами [7]:

$$k_1 = \frac{B/Vn + 5 - t_q^i}{t_3^i}, \quad (2.12)$$

$$k_2 = \frac{7}{t_3^i}, \quad (2.13)$$

де B – відстань, яку долають пішоходи, переходячи проїжджу частину, м;
 V_{niu} – значення середньої швидкості руху пішоходів по переходу, м/с.

Розрахунок зазначених вище режимів роботи світлофорів за двома програмами для ранкового та вечірнього режимів роботи був виконаний із застосуванням спеціального програмного забезпечення. Результати цих розрахунків для основних елементів зведені в таблицях 2.2 та 2.3.

Таблиця 2.2 – Режими роботи світлофорів на перехресті вулиці Чарівної та вулиці Бочарова в першій половині доби (06:00 – 14:00)

Довжина, с		
перехідний інтервал	фази 1 – 2	7
	фази 2 – 1	8
Загальна тривалість циклу регулювання – 61 с		
основний такт	1	37
	2	9

Таблиця 2.3 – Режими роботи світлофорів на перехресті вулиці Чарівної та вулиці Бочарова в другій половині доби (14:00 – 22:00)

Довжина, с		
перехідний інтервал	фази 1 – 2	7
	фази 2 – 1	8
Загальна тривалість циклу регулювання – 80 с		
основний такт	1	58
	2	7

Порівнюючи отримані значення із існуючими, бачимо, що існуючі параметри регулювання рухом на перехресті вулиці Чарівної з вулицею Бочарова майже відповідають розрахунковим для першої половини доби. Тоді як для

другої половини параметри регулювання істотно відрізняються. Впровадження нових параметрів регулювання із урахуванням наявних змін інтенсивностей руху транспорту на протязі доби дозволять зменшити затримки в русі транспортних потоків на цьому перехресті, що дасть певний економічний ефект.

Розраховані параметри роботи світлофорів на перехресті представлені у вигляді циклограм й наведені на рисунках 2.2 та 2.3.

2.2.3 Нова схема організації дорожнього руху на перехресті

Розглянуті вище зміни потребують перегляду існуючої схеми організації дорожнього руху. Потрібне застосування додаткових дорожніх знаків та нанесення дорожньої розмітки.

Необхідні дорожні знаки представлені в таблиці 2.4. Необхідна дорожня розмітка - в таблиці 2.5.

Нова схема організації дорожнього руху на перехресті вулиці Чарівної з вулицею Бочарова із урахуванням всіх змін наведена на рисунку 2.4.

Таблиця 2.4 - Дорожні знаки, які планується встановити на перехресті вулиці Чарівної з вулицею Бочарова

№ знаку	Кількість дорожніх знаків
5.35	10
5.41	2
Разом	12

Таблиця 2.5 – Дорожня розмітка, яку планується нанести на перехресті вулиці Чарівної з вулицею Бочарова

№ розмітки	Одиниця вимірювання	Кількість одиниць
1.1	м ²	4,5
1.5	м ²	6
1.6	м ²	1
1.12	м ²	13
1.14.3	м ²	20,5
Разом		45

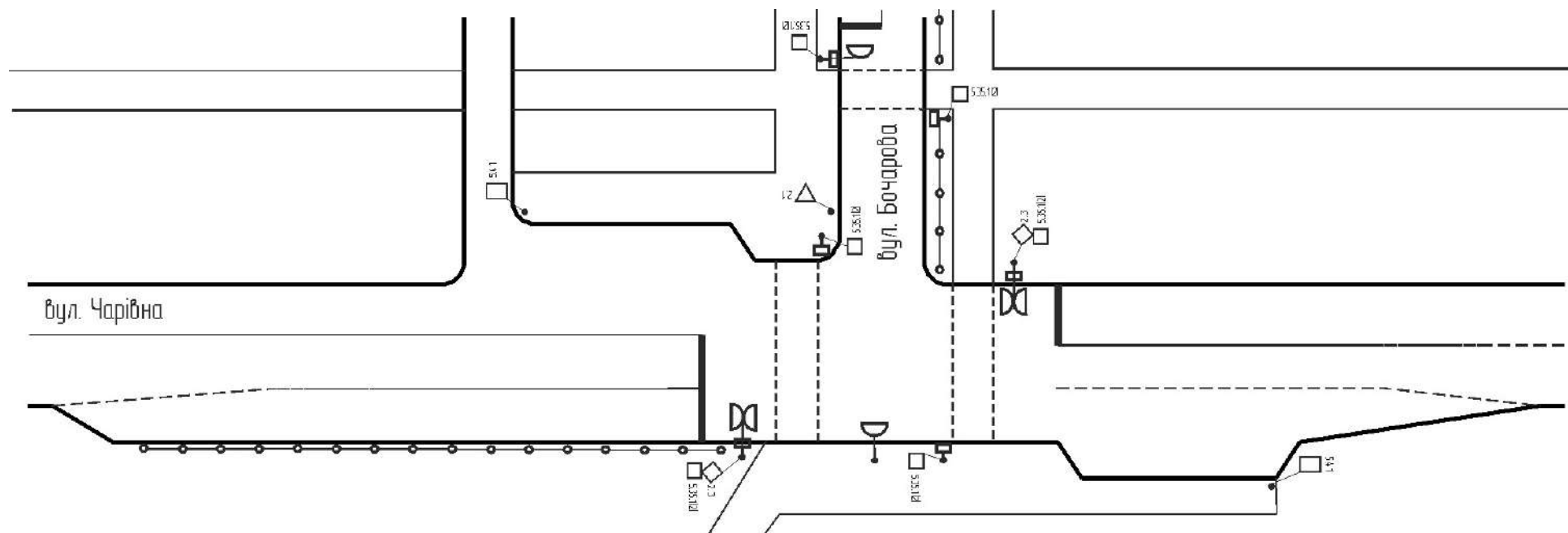


Рисунок 2.4 - Нова схема організації дорожнього руху на перехресті вулиці Чарівної з вулицею Бочарова

2.3 Запропоновані заходи на перехресті вулиці Чарівної з вулицею Полякова

2.3.1 Перевірка необхідності введення примусового регулювання

Введення світлофорного регулювання на перехрестях є важливим заходом для ліквідації конфліктних ситуацій шляхом розподілу пріоритетів напрямків руху у часі, що сприяє підвищенню рівня безпеки дорожнього руху. Однак, слід визнати, що впровадження світлофорного регулювання не завжди є оптимальним рішенням і вимагає обґрунтування.

За вигоди в уникненні конфліктів та покращення безпеки руху, світлофори ведуть до виникнення транспортних затримок, особливо на головних дорогах. Це може призвести до недоліків у потоці транспорту, зниження продуктивності і навіть спричинити негативний вплив на екологію через збільшення часу роботи двигуна автомобілів у стані очікування.

Таким чином, важливо збалансувати введення світлофорного регулювання з реальними потребами дорожнього руху, враховуючи інтенсивність руху, час доби, географічні особливості та технічні можливості.

В Україні є певні правила застосування світлофорного регулювання, які регламентовані вимогами [8].

Аналізуючи інтенсивності руху на перехресті вулиці Чарівної з вулицею Полякова можна стверджувати, що введення світлофорного регулювання на цьому перехресті виправдано вже за першою умовою, тобто за співвідношенням обсягів руху транспорту на головній та другорядній дорозі.

Отже, введення примусового регулювання є доцільним.

2.3.2 Розрахунок режимів регулювання на перехресті з урахування добових змін інтенсивностей руху

На перехресті вулиці Чарівної з вулицею Полякова пропонується використати стандартний принцип реалізації регулювання за допомогою світлофору, а саме реалізацію пофазового роз'їзду.

Щоб визначити потрібну кількість фаз регулювання на перехресті необхідно поділити усі можливі напрямки руху на конфліктні й неконфліктні.

За конфліктні напрямки рахуються всі можливі перетини та злиття транспортних потоків із врахуванням двох винятків [7]:

- інтенсивність транспортного потоку ліворуч не більша при конфлікті із зустрічним прямим транспортним потоком;
- інтенсивність транспортного потоку, який повертає, не більша за 120 авт/год при конфлікті із пішохідним потоком, інтенсивність якого не більша за 900 чол/год.

Організація пофазового роз'їзду є однією з найпростіших форм розподілу конфліктуєчих транспортних та пішохідних потоків у часі з метою забезпечення безпеки руху.

При організації пофазового роз'їзду необхідно [7]:

- у циклі регулювання прагнути до мінімально можливої кількості фаз;
- не допускати випуск транспортних засобів з однієї смуги в різних фазах.

Найпростішою є організація руху за двофазним циклом. При цьому всі автомобільні потоки поділяються на дві групи, які проїжджають перехрестя одна за одним. Така черговість руху фактично ліквідує на перехресті більшу кількість небезпечних конфліктних точок [7]. Стандартна двофазна схема наведена на рисунку 2.5.

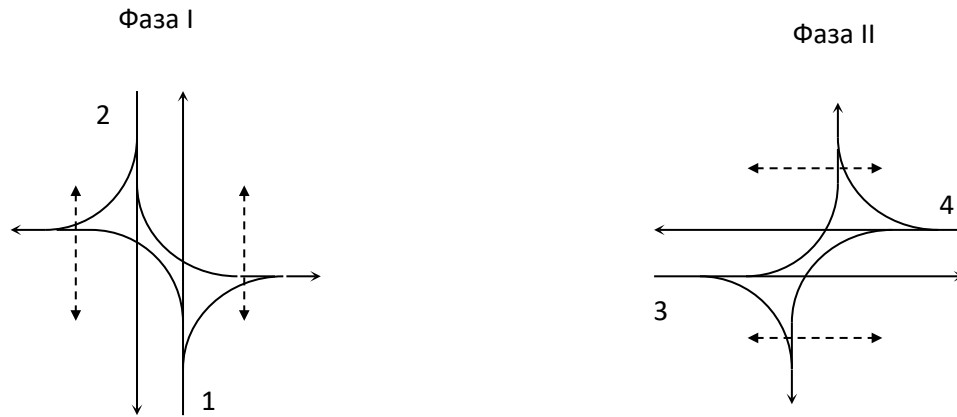


Рисунок 2.5 – Двофазна схема роз'їзду транспорту [7]

Три фази регулювання та більше використовуються у випадках наявності значних лівоповоротних потоків та у випадках значних інтенсивностей пішохідного руху [7].

Враховуючи інтенсивності транспортних та пішохідних потоків на перехресті вулиці Чарівної з вулицею Полякова, двофазної системи регулювання буде достатньо. Схема пофазового роз'їзду на цьому перехресті наведені на рисунку 2.6.

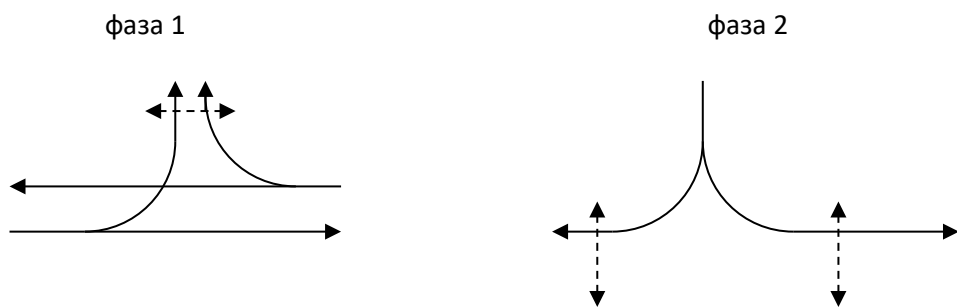


Рисунок 2.6 – Схеми пофазового роз'їзду на перехресті

Для розрахунків параметрів регулювання на перехресті використано методику, яка описана в п. 2.2.2.

В таблиці 2.6 наведена конфліктна матриця для перехрестя вулиці Чарівної з вулицею Полякова.

Таблиця 2.6 – Конфліктна матриця транспортних напрямків на перехресті вулиці Чарівної з вулицею Полякова, м

Напрямки руху	1	2	3
1	-	- 9,2	13,5
2	- 12,1	-	13,5
3	- 9,2	-12,9	-

Розрахунки режимів роботи світлофорів, як і на попередньо розглянутому перехресті, передбачені за двома програмами для ранкового та вечірнього режимів роботи й були виконані із застосуванням спеціального програмного забезпечення. Результати цих розрахунків для основних елементів зведені в таблицях 2.7 та 2.8.

Таблиця 2.7 – Режими роботи світлофорів на перехресті вулиці Чарівної та вулиці Полякова в першій половині доби (06:00 – 14:00)

Довжина, с		
перехідний інтервал	фази 1 – 2	7
	фази 2 – 1	8
Загальна тривалість циклу регулювання – 61 с		
основний такт	1	35
	2	11

Таблиця 2.8 – Режими роботи світлофорів на перехресті вулиці Чарівної та вулиці Полякова в другій половині доби (14:00 – 22:00)

Довжина, с		
перехідний інтервал	фази 1 – 2	7
	фази 2 – 1	8
Загальна тривалість циклу регулювання – 80 с		
основний такт	1	58
	2	7

Режим регулювання на перехресті вулиці Чарівної та вулиці Полякова в другій половині доби повністю співпадає з режимом регулювання в ці години на попередньому перехресті. Це можна пояснити, що більша частка транспорту проїжджає ці перехрестя в напрямку житлової забудови 3-го Шевченківського мікрорайону.

Розраховані параметри роботи світлофорів на перехресті представлені у вигляді циклограм й наведені на рисунках 2.7 та 2.8.

2.3.3 Нова схема організації дорожнього руху на перехресті

Розглянуті вище зміни потребують перегляду існуючої схеми організації дорожнього руху. Потрібне застосування додаткових дорожніх знаків та нанесення дорожньої розмітки.

Необхідні дорожні знаки представлені в таблиці 2.9. Необхідна дорожня розмітка - в таблиці 2.10.

Нова схема організації дорожнього руху на перехресті вулиці Чарівної з вулицею Полякова із урахуванням всіх змін наведена на рисунку 2.9.

Таблиця 2.9 - Дорожні знаки, які планується встановити на перехресті вулиці Чарівної з вулицею Полякова

№ знаку	Кількість дорожніх знаків
5.35	12
5.41	2
Разом	14

Таблиця 2.10 – Дорожня розмітка, яку планується нанести на перехресті вулиці Чарівної з вулицею Полякова

№ розмітки	Одиниця вимірювання	Кількість одиниць
1.1	м ²	4,5
1.5	м ²	6
1.6	м ²	1
1.12	м ²	12,5
1.14.3	м ²	20
Разом		44

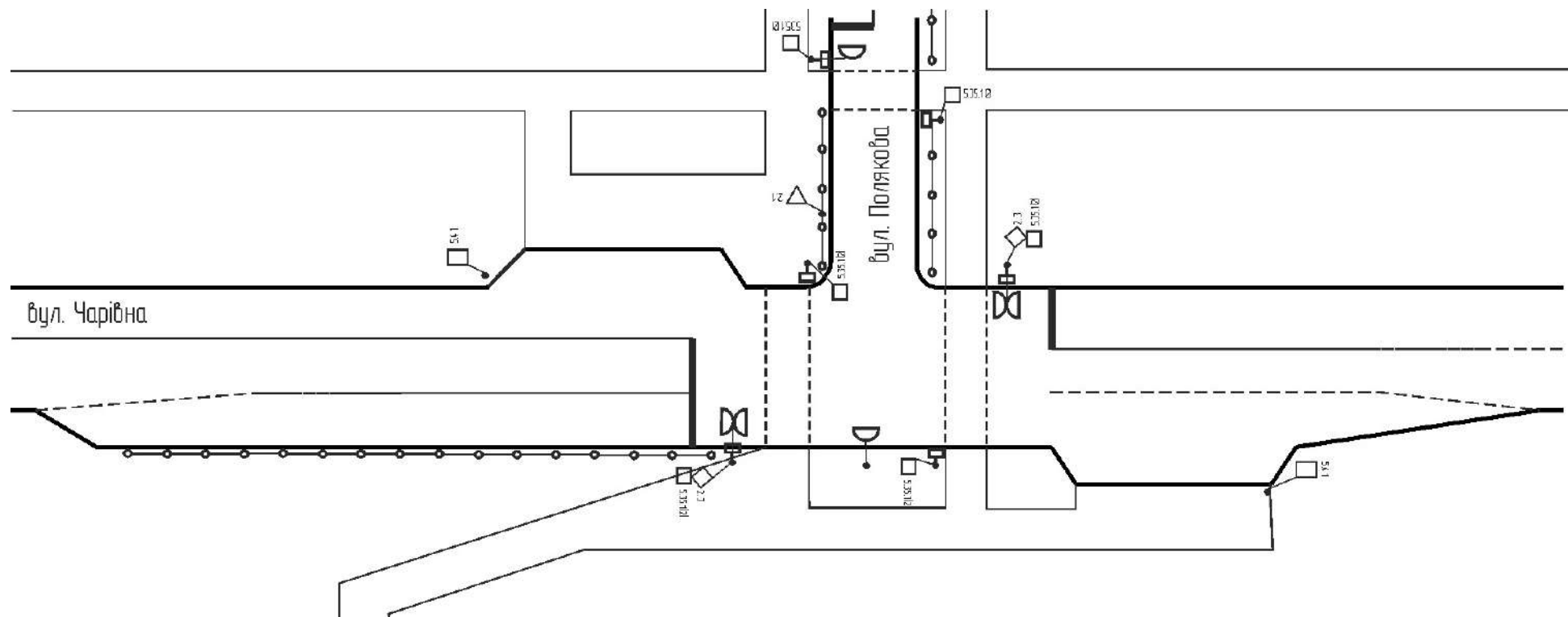


Рисунок 2.9 - Нова схема організації дорожнього руху на перехресті вулиці Чарівної з вулицею Полякова

3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Реалізація низки заходів на перехрестях вулиці Чарівної з вулицями Бочарова та Полякова призведе до зменшення затримок транспорту та підвищення безпеки руху на цих перехрестях. Це буде мати певні економічні наслідки.

Розмір інвестицій для реалізації заходів на обох перехрестях складається з наступних елементів:

$$I = I_{zn} + I_{zn} + I_{nc} + I_{cv} + I_{og} \quad , \quad (3.1)$$

де I_{zn} – необхідний розмір інвестицій на придбання та встановлення нових дорожніх знаків на обох перехрестях, грн.;

I_{zn} – необхідний розмір інвестицій на перенесення автобусного зупиночного пункту біля вулиці Бочарова, грн;

I_{nc} – необхідний розмір інвестицій на розширення проїжджої частини вулиці Чарівної на одному підході до обох перехресть, грн.;

I_{cv} – необхідний розмір інвестицій на закупівлю та встановлення світлофорів та контролеру на перехресті з вулицею Полякова, грн.;

I_{og} – необхідний розмір інвестицій на придбання та встановлення спеціалізованої пішохідної огорожі на обох перехрестях, грн.

Необхідний розмір інвестицій на придбання та встановлення нових дорожніх знаків:

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

де C_{zn} – фактична вартість закупівлі усіх дорожніх знаків, які планується встановити, грн.;

$C_{вст.зн}$ – фактична вартість робіт зі встановлення усіх дорожніх знаків, грн.

Фактичний розмір витрат на встановлення усіх дорожніх:

$$C_{вст.зн} = C_{1зн} \cdot n_{зн}, \quad (3.3)$$

де $C_{1зн}$ – фактична вартість робіт зі встановлення одного дорожнього знаку із застосуванням стойки враховуючи й монтажні матеріали (приймаємо $C_{1зн} = 462$ грн.);

$n_{зн}$ – фактична кількість усіх знаків, які планується встановити для організації дорожнього руху.

В таблиці 3.1 зібрані дані щодо усіх дорожніх знаків, які передбачається встановити, відповідно до даних таблиць 2.4 та 2.9.

Таблиця 3.1 - Дорожні знаки, які планується встановити

№ знаку	Показники		
	Кількість дорожніх знаків	Ціна за один дорожній знак, грн	Загальна вартість, грн
5.35	22	1217	26774
5.41	4	1720	6880
Разом	26		33654

$$C_{вст.зн} = 462 \cdot 26 = 12012 \text{ грн.}$$

Необхідний розмір інвестицій на дорожні знаки:

$$I_{зн} = 33654 + 12012 = 45666 \text{ грн.}$$

Середня вартість спорудження одного квадратного метру проїжджої частини із врахуванням вартості матеріалів та виконання всіх видів робіт для міста Запоріжжя приблизно становить 3328 грн.

Загальна площа робіт при перенесенні зупиночного пункту автобусів біля вулиці Бочарова згідно п. 2.2.1 становить 144 м².

$$I_{zn} = 144 \cdot 3328 = 479232 \text{ грн.}$$

Для передбаченого розширення проїжджої частини вулиці Чарівної на підставі розрахунків п. 2.1 необхідно провести роботи на площі в 490 м².

$$I_{nc} = 490 \cdot 3328 = 1630720 \text{ грн.}$$

На перехресті вулиці Чарівної з вулицею Полякова планується встановлення повноцінного світлофорного об'єкту у складі:

- світлофор транспортний трьохсекційний – 6 одиниць;
- світлофор пішохідний – 4 одиниці;
- дорожній контролер багатопрограмний – 1 одиниця.

Також планується переведення світлофорного об'єкту перехрестя вулиці Чарівної з вулицею Бочарова в багатопрограмний режим, тому потрібен ще один новий дорожній контролер багатопрограмний.

Вартість придбання та встановлення одного транспортного світлофору складає 21400 грн, одного пішохідного світлофору – 14050 грн.

Середня вартість багатопрограмного дорожнього контролера залежить від його типу та робочих характеристик. На обох перехрестях передбачається реалізація жорсткого регулювання за двома режимами, які будуть змінюватись в залежності від часу доби. Для реалізації цього не потрібен потужний дорож-

ний контролер, достатньо й контролеру моделі ДК-АТ. Приблизна вартість такого контролеру із врахуванням виконання робіт по його встановленню складась $I_{dk} = 160000$ грн.

$$I_{cs} = 21400 \cdot 6 + 14050 \cdot 4 + 160000 \cdot 2 = 504600 \text{ грн.}$$

Вартість 1 п. м. спеціалізованої пішохідної огорожі із урахуванням робіт з її встановлення становить 3200 грн. Потрібна довжина огорожі на обох перехрестях – 164 м.

$$I_{og} = 164 \cdot 3200 = 524800 \text{ грн.}$$

Необхідний розмір загальних інвестицій для реалізації заходів на обох перехрестях:

$$I = 45666 + 479232 + 1630720 + 504600 + 524800 = 3185018 \text{ грн.}$$

Організація руху потребує певних експлуатаційних витрат на утримання обладнання та його амортизацію [9]:

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

де C_p – розмір витрат на ремонт та утримання знаків та зупиночних пунктів, грн.;

C_a – розмір витрат на амортизацію знаків та зупиночних пунктів, грн;

C_e – розмір витрат на електричну енергію для роботи нового світлофорного об'єкту на перехресті вулиці Чарівної з вулицею Полякова, грн.

Розмір витрат на ремонт та утримання дороги та обладнання розраховується для всіх складових, грн [9]:

$$C_p = \frac{I \cdot n_p}{100}, \quad (3.5)$$

де n_p – нормативний розмір відрахувань на ремонт та утримання дороги та обладнання, % (відповідно до [9] $n_p = 5$ %).

$$C_p = \frac{3185018 \cdot 5}{100} = 159251 \text{ грн.}$$

Розмір амортизаційних витрат розраховується виключно на дорожнє обладнання (без проїжджої частини, тобто зупинки та розширення вулиці Чарівної), грн. [9]:

$$C_a = \frac{(I_{zn} + I_{cv} + I_{oc}) \cdot n_a}{100}, \quad (3.6)$$

де n_a – нормативний розмір амортизаційних відрахувань дорожнього обладнання, % (відповідно до [9] $n_a = 24$ %).

$$C_a = \frac{(45666 + 504600 + 524800) \cdot 24}{100} = 258016 \text{ грн.}$$

Встановлення нового світлофорного об'єкту потребує додаткове споживання електричної енергії. Світлофори працюють цілодобово в різних режимах, тобто в кожному елементі обов'язково є ввімкненою як мінімум одна лампа. Потужність світлофорної лампи складає 0,1 кВт.

За цих умов витрати електричної енергії на функціонування світлофорного об'єкту на перехресті складуть [9]:

$$C_e = 365 \cdot 24 \cdot K_e \cdot S_e \cdot P_e, \quad (3.7)$$

де K_e – значення коефіцієнту використання потужності електричної системи;

S_e – прийнята для розрахунків вартість 1 кВт електричної енергії, грн.;

P_e – фактична сумарна потужність всіх елементів світлофорного об'єкту, кВт·год.

$$P_e = \sum_{i=1}^6 (P_{св} \cdot n_i + P_{\partial ki}), \quad (3.8)$$

де n_i – фактична кількість транспортних та пішохідних світлофорів;

$P_{св}$ – значення потужності однієї лампи світлофору, кВт;

$P_{\partial ki}$ – значення потужності дорожнього контролеру, кВт.

$$P_e = 0,1 \cdot 10 + 0,17 = 1,17 \text{ кВт/год.}$$

$$C_e = 365 \cdot 24 \cdot 0,9 \cdot 5,46 \cdot 1,17 = 50365 \text{ грн.}$$

Розмір експлуатаційних витрат:

$$C_{експл} = 159251 + 258016 + 50365 = 467632 \text{ грн.}$$

Поточні витрати на утримання дорожнього обладнання складаються з експлуатаційних витрат та витрат на щорічне поновлення дорожньої розмітки.

В таблиці 3.2, зібрані дані щодо усіх видів дорожньої розмітки, які передбачається нанести згідно даних таблиць 2.5 та 2.10.

Таблиця 3.2 – Дорожня розмітка, яку планується нанести

№ розмітки	Одиниця вимірювання	Кількість одиниць	Ціна нанесення одиниці розмітки, грн	Вартість, грн
1.1	м ²	9	304,93	2744
1.5	м ²	12		3659
1.6	м ²	2		610
1.12	м ²	25,5		7776
1.14.3	м ²	40,5		12350
Разом		89		27139

Поточні витрати на утримання дорожнього обладнання:

$$C_{\text{поточ}} = 467632 + 27139 = 494771 \text{ грн.}$$

Економічну доцільність реалізації запланованих заходів можливо довести за рахунок зниження транспортних затримок та витрат від ДТП [9]:

$$E = (C_{\text{тр}}^p - C_{\text{тр}}^{\text{нр}}) + \Delta C_{\text{дтп}} - C_{\text{пот}} \quad , \quad (3.9)$$

де $C_{\text{тр}}^p, C_{\text{тр}}^{\text{нр}}$ – фактичний розмір вартості затримок транспортних засобів відповідно зараз та після реалізації заходів, грн.;

$\Delta C_{\text{дтп}}$ – очікуваний розмір зниження витрат від ДТП після впровадження заходів з підвищення безпеки руху, грн.

Розрахункове значення річних витрат від затримок транспорту можливо отримати за формулою [9]:

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

де S – розмір середньої вартості однієї машино-години транспортного засобу певного типу;
 Z – розмір фактичної затримки транспортних засобів певного типу за рік, год.

В таблиці 3.3 зведені дані вартості затримок транспортних засобів певного типу.

Таблиця 3.3 – Фактична вартість години затримки транспорту

№	Тип транспортного засобу	Вартість однієї години затримки, грн.
1	легковий	233,72
2	вантажний	377,75
3	мікроавтобус	454,36
4	автобус	681,55

Значення фактичних затримок транспорту різних типів зараз та після реалізації відповідних заходів на обох перехрестях приведені в таблиці 3.4. Дані таблиці 3.4 отримані за допомогою спеціального програмного забезпечення, яке використовувалось також для визначення параметрів роботи світлофорів на регульованих перехрестях.

Таблиця 3.4 – Фактичні та очікувані затримки транспорту

№	Місце	Загальні затримки транспорту, год	
		зараз	після реалізації
1	Чарівна – Бочарова	7966	5233
2	Чарівна – Полякова	0	4016
	Разом	7966	9249

Сумарні затримки транспорту на обох перехрестях очікувано зменшуються через введення примусового регулювання на одному з перехресть.

Дані наявного складу транспортних потоків, розподіл якого приблизно однаковий по всій ділянці спостереження, приведені в таблиці 3.5 згідно п. 1.2.2.

Таблиця 3.5 – Розподіл складу транспортного потоку

№	Тип транспортного засобу	Частка в транспортному потоці, %
1	легковий	71
2	вантажний	9
3	мікроавтобус	11
4	автобус	9

Загальні затримки транспорту зараз становлять:

$$C_{mp}^p = (0,71 \cdot 233,72 + 0,09 \cdot 377,75 + 0,11 \cdot 454,36 + 0,09 \cdot 681,55) \cdot 7966 = 2479480$$

грн.

Загальні затримки транспорту після впровадження заходів становитимуть:

$$C_{mp}^p = (0,71 \cdot 233,72 + 0,09 \cdot 377,75 + 0,11 \cdot 454,36 + 0,09 \cdot 681,55) \cdot 9249 = 2878824$$

грн.

Враховуючи статистику дорожньо-транспортних пригод, розмір збитків від них зараз становить, грн. [9]:

$$C_{\text{ДТП}}^{\text{існ}} = K_z \cdot Ц_z + K_n \cdot Ц_n + K_m \cdot Ц_m, \quad (3.11)$$

де K_z, K_n, K_m – фактична кількість дорожньо-транспортних пригод в кожній групі (ДТП із загиблими, із травмованими та із матеріальними збитками);

$Ц_z, Ц_n, Ц_m$ – розмір збитків від дорожньо-транспортної пригоди кожної групи (ДТП із загиблими, із травмованими та із матеріальними збитками), грн.

Для розрахунків приймаємо наступні дані збитків:

$$Ц_z = 256000 \text{ грн.}; Ц_n = 192000 \text{ грн.}; Ц_m = 128000 \text{ грн.}$$

Фактична кількість дорожньо-транспортних пригод за розрахунковий період згідно п. 1.6.2: $K_z = 0, K_n = 11, K_m = 36$.

Розмір збитків від дорожньо-транспортних пригод:

$$C_{\text{ДТП}}^{\text{існ}} = 192000 \cdot 11 + 128000 \cdot 36 = 6720000 \text{ грн.}$$

Після впровадження заходів для підвищення безпеки руху кількість дорожньо-транспортних пригод очікувано зменшиться. Розрахунок цього зменшення можливо виконати, використовуючи корегуючі коефіцієнти зменшення очікуваних збитків, які наведені в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Корегуючі коефіцієнти очікуваного зменшення збитків [9]

Заходи з підвищення безпеки руху	Коефіцієнт
Проведення реконструкції зупиночного пункту автобусів	0,33
Встановлення додаткових дорожніх знаків	0,15
Нанесення горизонтальної дорожньої розмітки на перехрестях	0,23
Встановлення примусового регулювання на перехресті	0,67
Встановлення пішохідної огорожі	0,23

Отриманий коригуючий коефіцієнт зменшення збитків від дорожньо-транспортних пригод [9]:

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

$$\Delta k = 1 - (1 - 0,33) \cdot (1 - 0,15) \cdot (1 - 0,23) \cdot (1 - 0,67) \cdot (1 - 0,23) = 0,889.$$

Очікуваний розмір зниження збитків від дорожньо-транспортних пригод після впровадження заходів з підвищення безпеки руху [9]:

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

$$\Delta C_{\text{дтп}} = 0,889 \cdot 6720000 = 5974080 \text{ грн.}$$

Розмір річної економії повинен скласти:

$$E = (2479480 - 2878824) + 5974080 - 494771 = 5079965 \text{ грн.}$$

Для визначення ефективності інвестицій потрібно виконати розрахунок розміру чистого дисконтованого прибутку [9]:

$$NPV = \sum_{i=1}^t \frac{E_t - K_t - C_t}{(1+i)^t}, \quad (3.14)$$

де E_t – розмір фактичної економії від підвищення безпеки руху у році t , грн.;
 K_t – розмір інвестицій, які необхідні для підвищення безпеки руху, грн.;
 C_t – розмір річної вартості експлуатації дорожнього обладнання, грн.;
 i – ставка дисконту при запозиченні коштів, %;
 t – очікуваний строк окупності інвестицій.

За умов очікуваного приросту інтенсивності руху кожного року, передбачаємо щорічне зменшення економії від підвищення безпеки руху на 5 %. За цієї умови розрахунки розміру чистого дисконтованого прибутку представлені в таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 – Елементи розрахунку розміру чистого дисконтованого прибутку

Рік t	Розмір економії, грн	Розмір інвестицій, грн	Дисконтний коефіцієнт	Розмір чистого дисконтованого прибутку
0	5079965	3185018	1	1894947
1	4825966	-	0,8065	3892142
2	4584668	-	0,6504	2981868
3	4355434	-	0,5245	2284425
Разом				11053382

Незважаючи на відносно значний розмір інвестицій для реалізації заходів з підвищення безпеки руху на перехрестях вулиці Чарівної з вулицями Бочарова та Полякова, вони повертаються вже на першому році експлуатації. Отже, запропоновані заходи є дієвими та економічно виправданими.

Основні економічні показники зведені в таблицю 3.8.

Таблиця 3.8 - Економічні показники роботи

Показник	Значення	
	зараз	після заходів
1. Розмір інвестицій, грн.	-	3185018
2. Розмір затримок транспорту, год.	7966	9249
3. Розмір витрат від затримок транспорту, грн.	2479480	2878824
4. Розмір витрат від ДТП, грн.	6720000	745920
4. Розмір поточних витрат, грн.	-	494771
5. Розмір загальної економії від реалізації заходів відведення транспорту, грн.	-	5079965
6. Розмір чистого дисконтованого прибутку за три роки, грн.	-	11053382
7. Термін окупності інвестицій, років	-	< 1

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Для якісної організації охорони праці в магістерській роботі проаналізовано низку потенційно небезпечних ризиків для дослідника під час виконання магістерської роботи. З метою підвищення рівня охорони праці у відповідності до розглянутих потенційних ризиків запропонований ряд заходів, які дозволять або повністю усунути, або значно зменшити рівень небезпеки кожного окремого фактору. Окремо проаналізовані питання цивільного захисту.

Особливості навчання в дистанційній формі та військовий стан передбачають виконання магістерської роботи, в основному, працюючи за комп'ютером. У зв'язку з цим особлива увага приділяється організації праці дослідника. Під час збору матеріалу, опрацювання літератури, виконання розрахунків, написання тексту, форматування, які вимагають використання комп'ютерної техніки, можуть виникнути певні потенційні ризики:

- органи слуху дослідника можуть зазнати негативного впливу через несправності комп'ютерної техніки, які можуть викликати підвищений шум;
- порушення нормального режиму роботи може спричинити втому та головний біль у дослідника, внаслідок перевантаження та недосипання;
- неякісна ергономічна організація робочого місця дослідника може призвести до болісних відчуттів у спині та вплинути на його поставу;
- невиконання правил електричної безпеки може призвести до можливого ураження дослідника електричним струмом;
- погане освітлення під час роботи може погіршити самопочуття дослідника, через перевтомлення зорових органів;

- невідповідність сталої кімнатної температури нормальним умовам може викликати дискомфорт у дослідника.

Для запобігання цим ризикам важливо дотримуватися належних принципів охорони праці та забезпечити правильні умови праці під час виконання магістерської роботи за допомогою комп'ютерної техніки.

Розгляд окремих ризиків та заходи щодо їх усунення чи зменшення винесені в додатки магістерської роботи.

У додатку А представлені пропозиції щодо виправлення зазначених вище ризиків та подані рекомендації для зменшення загальних та виробничо-санітарних ризиків і для покращення умов праці. Додаток Б містить реальні оцінки шкідливих і небезпечних факторів, що впливають на напруженість праці, включаючи класифікацію та ступінь шкідливості. В ньому також представлені вимірювання параметрів, такі як температура повітря, шум, рівень освітленості, монотонність роботи та інші. Додаток В включає заходи пожежної безпеки.

ВИСНОВКИ

Завданням магістерської роботи передбачалося розробку заходів з підвищення безпеки руху на перехрестях вулиці Чарівної з вулицями Бочарова та Полякова. Для вирішення цього завдання були запропоновані наступні заходи:

- перенесення зупиночного пункту автобусів ближче до перехрестя з вулицею Бочарова;
- впровадження примусового регулювання на перехресті з вулицею Полякова;
- розширення приїжджої частини вулиці Чарівної на одному підході до обох перехресть для спрощення виконання лівоповоротних маневрів;
- встановлення двопрограмного режиму регулювання на обох перехрестях з метою врахування змін інтенсивностей руху транспорту, що відбуваються на протязі доби;
- встановлення спеціалізованої пішохідної огорожі для запобігання можливості виходу пішоходів на проїжджу частину поза межами пішохідних переходів.

Впровадження зазначених вище заходів дещо збільшує затримки транспорту на перехресті вулиці Чарівної з вулицею Полякова. При цьому відбувається суттєве зменшення небезпеки цього перехрестя. Економічні розрахунки підтвердили можливість реалізації описаних вище заходів.

Незважаючи на відносно значний розмір інвестицій, які потрібні для реалізації підвищення безпеки руху на обох перехрестях, ці інвестиції окуповуються вже на першому році експлуатації. Розмір чистого дисконтованого прибутку в разі залучення коштів на три роки складає більше 11 млн. грн.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Запорізька міська рада. Офіційний сайт. URL: <https://zp.gov.ua/> (дата звернення: 11.09.2023).
2. 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.
3. ДБН В.2.3-4:2015 Автомобільні дороги. Споруди транспорту. URL: <https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/1-1-0-197> (дата звернення: 27.09.2023).
4. Бабков В.Ф. Дорожные условия и безопасность движения: Учебное пособие для ВУЗов / В.Ф. Бабков - 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1982. - 288 с.
5. Конвенція про дорожні знаки та сигнали. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_902#Text (дата звернення: 08.10.2023).
6. ДБН В.2.3-5:2018 Вулиці та дороги населених пунктів. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=77079 (дата звернення: 14.10.2023).
7. Кременец Ю.А. Технические средства организации дорожного движения / Ю.А. Кременец – М: Транспорт, 1990. – 255 с.
8. ДСТУ 4092-2002 Безпека дорожнього руху. Світлофори дорожні. Загальні технічні вимоги, правила застосовування та вимоги безпеки. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=24575 (дата звернення: 21.10.2023).
9. Аксенов В.А. Экономическая эффективность рациональной организации дорожного движения / В.А. Аксенов, Е.П. Попова, О.А. Дивочкин – М.: Транспорт, 1987. – 128 с.

ДОДАТОК А

Заходи по забезпеченню безпеки

Рівні електромагнітного випромінювання моніторів, що вважаються безпечними для здоров'я, регламентуються нормами MPR 11 1990:10 Шведського національного комітету по вимірах і випробуванням. Ці значення рівнів вважаються базовими. Українські нормативні документи повністю збігаються в частині рівнів ЕМІ з вимогами MPR 11.

Необхідно враховувати, що будь-який персональний комп'ютер, допоміжне обладнання та периферійні пристрої які експлуатуються разом з ним (принтер, сканер, модем) є електроустановками які живляться напругою до 1000 В й на них і на все, що пов'язано з їх експлуатацією в повній мірі поширюються вимоги електробезпеки.

Тому з метою забезпечення безпеки, як користувачів, так і обслуговуючого персоналу комп'ютерів, при їх експлуатації в приміщеннях (лабораторіях) обладнаних комп'ютерами, повинні бути повністю дотримані вимоги електробезпеки ДСТУ 7237:2011 «Системи стандартів безпеки праці. Електробезпека. Загальні вимоги та номенклатура видів захисту».

Для запобігання ураження електричним струмом, необхідно всі дроти, що підходять до ПК та до адаптерів, згорнути у спеціальні ізолюючі вкриття. Розташувати їх на стіні, або на полу. Це не дасть можливості пошкодження дротів механічно.

Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці

Джерелом електростатичного поля є позитивний потенціал, який подається на внутрішню поверхню екрана монітора для прискорення електронного променя.

Напруженість поля для кольорових дисплеїв може досягати 18 кВ. Тому із зовнішньої сторони до екрана притягаються з повітря негативні частинки, які при нормальній вологості мають певну провідність.

Якщо зовнішня поверхня екрана заземлена, його електростатичний потенціал знижується: при сухому повітрі на 50%, при вологому більш ніж на 50%. Для зменшення впливу принтера, треба винести його в інше приміщення.

Для забезпечення оптимальних параметрів мікроклімату в приміщеннях з ПК повинні бути передбачені системи вентиляції, кондиціонування та опалення, згідно ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування».

При виборі системи вентиляції, необхідно врахувати, що в приміщеннях з комп'ютерною технікою повинен бути забезпечений 3-х кратний повітрообмін за годину.

Рівні позитивних і негативних іонів в повітрі приміщень з комп'ютерною технікою повинні відповідати санітарно-гігієнічним нормам ГН 2152-80 «Санітарно-гігієнічні норми допустимих рівнів іонізації повітря виробничих та громадських приміщень», які наведені в таблиці.

Таблиця А.1 - Рівні іонізації повітря приміщень з комп'ютерною технікою

Рівні іонізації повітря	Кількість іонів в 1 см ³ повітря	
	n^+	n^-
Мінімально необхідні	400	600
Оптимальні	1500-3000	3000-5000
Максимально допустимі	50000	50000

Для підтримки оптимального рівня легких позитивних і негативних аероіонів в повітрі приміщень, обладнаних комп'ютерною технікою, рекомендується використовувати біполярні коронні аероіонізатори.

ДОДАТОК Б

Загальна гігієнічна оцінка умов праці

В рамках дослідження шкідливих та небезпечних факторів виробничого середовища, важкості та напруженості праці були проведені відповідні виміри мікроклімату, освітлення, рівня шуму та інші у лабораторії де є ПК.

Відповідно до додатків методичних вказівок [1], за витратами енергії, визначаємо категорію робіт для дослідника це лабораторії обладнаної ПК. Умови праці, за витратами енергії, не перевищують 140 Вт (90-120 ккал/год.) та повинні відповідати легким фізичним роботам – категорії 1б.

З додатків [1], відповідно до категорії робіт 1б, розряду зорових робіт Б-2 та виявлених показників умов та напруженості праці, визначаємо ГДК (ГДР) виявлених факторів і показників та вносимо їх значення до таблиці В.1.

Для окремих факторів і показників за методикою визначеною «Гігієнічною класифікацією праці», визначаємо розрахункові коефіцієнти $X_{визн}$ та вносять їх значення до таблиці В.1.

Для гігієнічної оцінки мікроклімату використовуємо ТНС-індекс, додаток Б [1]. Розрахунковий коефіцієнт $X_{визн}$ при оцінка мікроклімату визначаємо в балах, за формулою 7.1[1]:

$$X_{визн} = \frac{1 \cdot t_1 + 2 \cdot t_2 + 3 \cdot t_3 + 4 \cdot t_4}{T} = \frac{4 \cdot 8}{8} = 4$$

Таблиця В.1 - Результати оцінювання за бальною шкалою

Фактор (показник)	Вимі- ряні показ- ники $P_{вим}$	Час дії $год.(хв.)$	ГДК, ГДР, по- казники, $P_{доп}$	$X_{визн},$ бали	Клас умов праці	$X_i,$ бали
Мікроклімат за ТНС-індек- сом, $t, ^\circ C$	28,3	8	22,9- 25,8	4	3.4	4
Освітленість приміщення $E, лк$	250	8	300	—	3.1	1
Розряд і підрозряд зорових робіт, $З_{ор}$	Б-1	—	—	—	—	—
Рівень шуму $L, дБА$	102	5	60	—	3.3	1,88
Загальні енергозатрати ор- ганізму, Bm	240	8	290	0,83	3.3	3
Стереотипні робочі рухи (кількість за зміну), при ло- кальному навантаженні (за участю м'язів кистей та па- льців рук)	55000	8	40000	1,38		
Тривалість зосередження уваги (в % від часу зміни)	83	8	75	1,11		
Тривалість робочого дня, $год.$	8	8	8	0,15		

Для показників важкості та напруженості праці розрахункові коефіцієнти визначаються за основними та допоміжними показниками, що є характерними для конкретного робочого місця, за формулою 7.2 [1]:

а) Загальні енергозатрати організму, $K_{знач} = 1,0$

$$X_{визн} = \frac{P_{вим} \cdot T \cdot K_{знач}}{8 \cdot P_{доп}} = \frac{240 \cdot 8 \cdot 1,0}{8 \cdot 290} = 0,83;$$

б) Стереотипні робочі рухи (кількість за зміну), при локальному навантаженні (за участю м'язів кистей та пальців рук), $K_{знач} = 1,0$

$$X_{визн} = \frac{P_{вим} \cdot T \cdot K_{знач}}{8 \cdot P_{доп}} = \frac{55000 \cdot 8 \cdot 1,0}{8 \cdot 40000} = 1,38;$$

в) Тривалість зосередження уваги (% від часу зміни), $K_{знач} = 1,0$

$$X_{визн} = \frac{P_{вим} \cdot T \cdot K_{знач}}{8 \cdot P_{доп}} = \frac{84 \cdot 8 \cdot 1,0}{8 \cdot 75} = 1,11;$$

г) Тривалість робочого дня (зміни), $K_{знач} = 0,15$

$$X_{визн} = \frac{P_{вим} \cdot T \cdot K_{знач}}{8 \cdot P_{доп}} = \frac{8 \cdot 8 \cdot 0,15}{8 \cdot 8} = 0,15;$$

Визначаємо клас та ступінь шкідливості умов праці для кожного з виявлених факторів і показників та вносимо їх значення до таблиці В.1:

- для мікроклімату, відповідно до значення розрахункового коефіцієнта $X_{визн} = 4$, з таблиці 7.2 [1] – 3 клас, 4 ступінь (3.4);

- при оцінці освітленості робочої зони приміщення, клас та ступінь шкідливості умов праці визначаємо у відповідності до $P_{вим} = 250$ лк, за додатками Г та табл. Г.1 [1] – 3 клас, 1 ступінь (3.1);

- для гігієнічної оцінки рівня шуму, клас та ступінь шкідливості умов праці визначаємо у відповідності до виміряного значення рівня шуму $P_{вим} = 102$ дБА, за додатками Д та табл. Д.1 [1] – 3 клас, 3 ступінь (3.3).

Клас і ступінь важкості та напруженості праці визначаємо як суму розрахованих балів усіх показників $X_{визн}$ за формулою 7.3 [1]:

$$X_{\text{сум}} = \sum_{i=1}^n X_i = 0,83 + 1,38 + 1,11 + 0,15 = 3,46$$

З таблиці 7.3 [1] за значенням суми розрахованих балів показників $X_{\text{сум}} = 3,46$ – 3 клас, 3 ступінь (3.3).

Загальна гігієнічна оцінка умов праці за ступенем шкідливості та небезпечності, з урахуванням комбінованої та сумісної дії виробничих факторів, встановлюється за найбільш високим класом та ступенем шкідливості окремих факторів і показників, тому в результаті досліджень, відповідно до розрахунків, встановлено, що умови праці на робочому місці дослідника лабораторії обладнаної ПК належать до 3 класу, 3 ступеню.

Оскільки при гігієнічній оцінці виявлена наявність шкідливих та особливо шкідливих, важких та особливо важких умов праці, проводимо дослідження фактичного стану умов праці, з метою визначення розмірів доплат за ступені шкідливості факторів виробничого середовища та показників важкості та напруженості праці за бальною шкалою, та вносимо їх значення до таблиці В.1:

- для оцінки впливу мікроклімату, виходимо з того що він відповідає 3 класу, 4 ступеню умов праці, а час його дії уже врахований, тому – $X_{\text{см}} = X_i = 4$;

- при оцінці впливу освітленості, виходимо з того що вона відповідає 3 класу, 1 ступеню умов праці та діє протягом 8 годин, тому коректування не потрібно – $X_{\text{см}} = X_i = 1$;

- для оцінки впливу шуму, виходимо з того, що його рівень відповідає 3 класу, 3 ступеню умов праці та діє протягом 8 годин, тому значення X_i визначаємо за формулою 7.4 [1]:

$$X_i = X_{\text{см}} \cdot \frac{T}{8} = 1 \cdot \frac{3 \cdot 5}{8} = 1,88$$

- для оцінки впливу важкості та напруженості праці, виходимо з того що вони відповідають 3 класу, 3 ступеню умов праці, а час їх дії уже врахований, тому $X_{cm} = X_i = 3$.

Для визначення конкретного розміру доплати, умови праці оцінюємо по сумі значень X_i , за формулою 7.5 [1]:

$$X_{факт} = \sum_{i=1}^n X_i = 4 + 1 + 1,88 + 3 = 9,88$$

Розмір доплати за умовами праці визначаємо в залежності від їх фактичного стану $X_{факт} = 9,88$, на підставі Типового положення «Про оцінку умов праці на робочих місцях і порядок застосування галузевих переліків робіт, на яких можуть установлюватися доплати робітникам за умови праці», з таблиці 7.4 [1]. Розмір доплати до тарифної ставки (окладу) – 20 %.

На підставі результатів загальної гігієнічної оцінки умов праці за ступенем шкідливості та небезпечності, а також дослідження фактичного стану умов праці робимо висновки та пропозиції.

Умови, важкості та напруженості праці на робочому місці інженера-дослідника центральній заводської лабораторії, згідно результатів досліджень, належать до 3 класу, 3 ступеню (особливо важкі та особливо шкідливі умови праці), що не відповідає вимогам Державних санітарних норм та правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу» до даного робочого місця.

Відповідно до класифікації умови, важкість та напруженість праці на робочому місці -дослідника належать до категорії 1б, тому необхідно привести ці умови у відповідність до нормативних значень, які відповідають оптимальним параметрам для категорії 1б, а саме:

- мікрокліматичні умови, за інтегральним показником теплового навантаження середовища - ТНС-індексом - 20,2-22,8°C;

- освітленість приміщення для роботи з дисплеями відповідає розряду зорових робіт Б-1, нормована загальна освітленість якого, на робочих столах – $E = 300 \text{ лк}$;

- рівень шуму в робочій зоні дослідника – 60 дБА ;
- загальні енергозатрати організму, до 175 Вт ;
- стереотипні робочі рухи (кількість за зміну), при локальному навантаженні (за участю м'язів кистей та пальців рук), до 20000;
- тривалість зосередження уваги (в % від часу зміни), до 50%;
- тривалість робочого дня, 6 або 7 год.

Для приведення умов, важкості та напруженості праці до вищезазначених показників необхідно передбачити комплекс заходів які забезпечать нормалізацію умов праці, наприклад:

- для приведення мікрокліматичних умов до відповідності, необхідно забезпечити припливно-витяжну механічну вентиляцію та кондиціонування приміщення;

- для забезпечення нормованої освітленості приміщення яка відповідає розряду зорових робіт необхідно провести додаткові розрахунки та визначитися з потужністю ламп, типом ламп та світильників та їх раціональним розміщенням;

- для зниження рівня шуму в робочій зоні дослідника необхідно замість матричних принтерів застосувати лазерні; з метою зниження зовнішнього шуму замінити вікна на пластикові з трикамерним склопакетом;

- для зменшення загальних енергозатрат організму, необхідно скоротити тривалість робочого дня 6 або 7 год

- для зменшення напруженості праці від стереотипних рухів за зміну при локальному навантаженні кистей рук та пальців необхідно передбачити перерви, не менш 15 хвилин, кожні 1-2 години;

- для зменшення тривалості зосередження уваги, необхідно скоротити тривалість робочого дня, передбачити додаткові перерви.

Якщо, з об'єктивних причин, вищезазначені заходи неможливо виконати, необхідно забезпечити доплати до тарифної ставки (окладу) за особливо шкідливі та особливо важкі умови праці, відповідно до таблиці 7.4 [1], у розмірі 20%.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ ДОДАТКУ Б

1. Лазуткін М. І., Журавель М. О. Дослідження шкідливих та небезпечних факторів виробничого середовища, важкості і напруженості праці : методичні вказівки до лабораторного заняття з дисципліни «Цивільний захист і охорона праці в галузі» : для студентів усіх спеціальностей та усіх форми навчання : Запоріжжя: ЗНТУ. Каф. ОП і НС, 2018 – 44 с.

ДОДАТОК В

Заходи з пожежної безпеки

Оскільки приміщення дослідницької лабораторії, що обладнане ПК має площу 45 м², тому відповідно до вимог п. 5 розділу VI «Вибір типу та необхідної кількості вогнегасників», «Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників», затверджених наказом МВСУ 15.01.2018 № 25 та зареєстрованих в МЮУ 23.02.2018 р. за № 225/31677 для гасіння електроустановок, що знаходяться під напругою, передбачені вуглекислотні вогнегасники типу ВВК-3,5 у кількості 3 штук (з розрахунку один вогнегасник з величиною заряду вогнегасної речовини 3 кг. і більше, на 20 м² площі приміщення). Додатково, на кожному поверсі будівлі, в якій розміщене приміщення обладнане ПК з ВДТ, передбачене два переносних порошкових вогнегасника – ВП-5. Відстань між вогнегасниками та місцями можливих загорянь не перевищує 10 м.