

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Транспортний
(повне найменування, факультету)

«Транспортні технології»
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

бакалавра
(ступінь вищої освіти)

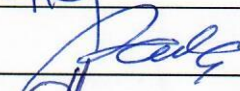
на тему УДОСКОНАЛЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ТА ПІДВИЩЕННЯ
БЕЗПЕКИ РУХУ НА АВТОБУСНОМУ МАРШРУТІ № 99
МІСТА ЗАПОРІЖЖЯ

Виконав: студент(ка) IV курсу, групи T-319

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

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



Богдан ПОПОВ
(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)
Керівник 

Ігор РАЙДА
(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)
Рецензент 

Олександр АРТЮХ
(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

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

«10» травня 2023 року

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

ПОПОВА Богдана Дмитровича

(ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Удосконалення організації перевезень та підвищення безпеки руху на автобусному маршруті № 99 міста Запоріжжя
 керівник проєкту (роботи) РАЙДА Ігор Михайлович

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від «22» травня 2023 року №207

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 06.06.2023 р.

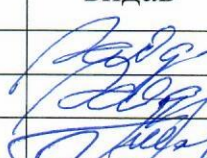
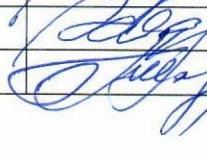
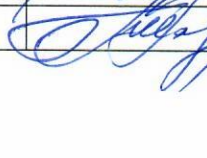
3. Вихідні дані до проєкту (роботи) паспорт маршруту №99, існуюча вулично-дорожня мережа, існуюча схема організації дорожнього руху

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналітична частина, 2. Розрахункова частина, 2.1 Спрощення схеми організації дорожнього руху на перехресті вул. Яценка – вул. Перемоги, 2.2 Використання детекторів транспорту для скорочення циклу регулювання на перехресті, 2.3 Особливості регулювання перехресть, 2.3 Особливості регулювання перехресть, 2.5 Підвищення безпеки пішохідного руху, 2.6 Підвищення безпеки руху на перехресті вул. Яценка – вул. Перемоги, 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 «10» травня 2023 року.

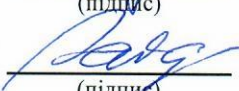
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ 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. – 30.06.	

Студент(ка)


(підпис)

Керівник проєкту (роботи)


(підпис)

Богдан ПОПОВ

(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Ігор РАЙДА

(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 60 стор., 29 табл., 23 рис., 7 використаних джерел.

АВТОБУСНИЙ МАРШРУТ, БЕЗПЕКА РУХУ, ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНА ПРИГОДА, ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ, ІНТЕНСИВНІСТЬ РУХУ, ОРГАНІЗАЦІЯ ДОРОЖНЬОГО РУХУ, ПЕРЕХРЕСТЯ, ПІШОХОДИ, РЕГУЛЮВАННЯ РУХУ, СВІТЛОФОР, СКЛАД ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКУ, ТРАМВАЙ, ТРАНСПОРТНИЙ ПОТІК, ТРОТУАР, ФАЗА РЕГУЛЮВАННЯ

Об'єкт дослідження – автобусний маршрут № 99 міста Запоріжжя.

Мета роботи – поліпшення організації перевезень пасажирів шляхом підвищення рівня безпеки перевезень.

Метод дослідження – аналітичний.

В дипломній роботі розглянутий автобусний маршрут № 99 міста Запоріжжя, визначені місця на маршруті, які є найбільш небезпечними.

Розглянуті питання організації дорожнього руху на перехресті вул. Яценка – вул. Перемоги, яке зазначене в паспорті автобусного маршруту № 99 серед інших, як місце концентрації дорожньо-транспортних пригод. Зібрані основні характеристики транспортних та пішохідних потоків на зазначеному перехресті.

Для підвищення безпеки руху на перехресті вул. Яценка – вул. Перемоги запропоновано удосконалення схеми організації дорожнього руху. Відмічено необхідність реконструкції тротуарів в межах перехрестя.

Зроблені економічні розрахунки для обґрунтування комплексу запропонованих рішень.

ЗМІСТ

	с.
Завдання на дипломну роботу.....	2
Реферат.....	4
Вступ.....	7
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА.....	8
1.1 Загальна характеристика автобусного маршруту № 99.....	8
1.2 Характеристика перехрестя вул. Яценка – вул. Перемоги.....	12
1.3 Дослідження та аналіз характеристик транспортних та пішохідних потоків на перехресті вул. Яценка – вул. Перемоги.....	14
1.3.1 Дослідження та аналіз інтенсивностей руху транспортних потоків.....	14
1.3.2 Дослідження та аналіз складу транспортних потоків.....	20
1.4 Аналіз організації дорожнього руху на перехресті вул. Яценка – вул. Перемоги.....	22
1.5 Аналіз статистичних даних аварійності на перехресті вул. Яценка – вул. Перемоги.....	25
1.6 Постанова завдань на дипломну роботу.....	28
2 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА.....	30
2.1 Спрощення схеми організації дорожнього руху на перехресті вул. Яценка – вул. Перемоги.....	30
2.2 Використання детекторів транспорту для скорочення циклу регулювання на перехресті.....	31
2.3 Особливості регулювання перехресть.....	33
2.4 Розрахунок нових режимів регулювання на перехресті вул. Яценка – вул. Перемоги.....	39
2.5 Підвищення безпеки пішохідного руху.....	47

2.6 Підвищення безпеки руху на перехресті вул. Яценка – вул. Перемоги.....	47
2.6.1 Застосування дорожніх знаків.....	47
2.6.2 Застосування дорожньої розмітки.....	48
2.6.3 Удосконалення схеми організації руху на перехресті вул. Яценка – вул. Перемоги.....	49
3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	51
Висновки.....	59
Перелік джерел посилання.....	60

ВСТУП

Автобусні перевезення відбуваються на загальній мережі міських вулиць і доріг. Автобуси рухаються разом з іншими транспортними засобами в загальних транспортних потоках. При цьому відбувається взаємний вплив. Автобуси в силу особливостей свого руху, пов'язаних з частими зупинками для посадки-висадки пасажирів, впливають на режими руху транспортних потоків в зонах розташування зупиночних пунктів. Але й транспортний потік впливає на рух автобусів через швидкісні режими руху, щільність автомобілів в потоці, тощо.

Саме тому питання загальної безпеки дорожнього руху мають значення для безпеки пасажирських перевезень. Чим ліпшою та безпечнішою є організація дорожнього руху, тим безпечнішим стає процес перевезення пасажирів автобусними транспортними засобами.

Тому заходи з поліпшення організації дорожнього руху та підвищення рівня безпеки на окремих ділянках маршрутів слідування громадського транспорту є доволі вагомим інструментом для забезпечення безпеки пасажирських перевезень загалом. Саме таким питанням на прикладі автобусного маршруту № 99 міста Запоріжжя й присвячена ця дипломна робота.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Загальна характеристика автобусного маршруту № 99

За автобусним маршрутом № 99 «4-й Південний мкрн. – Набережна» виконуються регулярні перевезення в міському сполученні [1].

На рисунку 1.1 наведена загальна класифікація режимів перевезень пасажирів автобусним маршрутом загального користування.

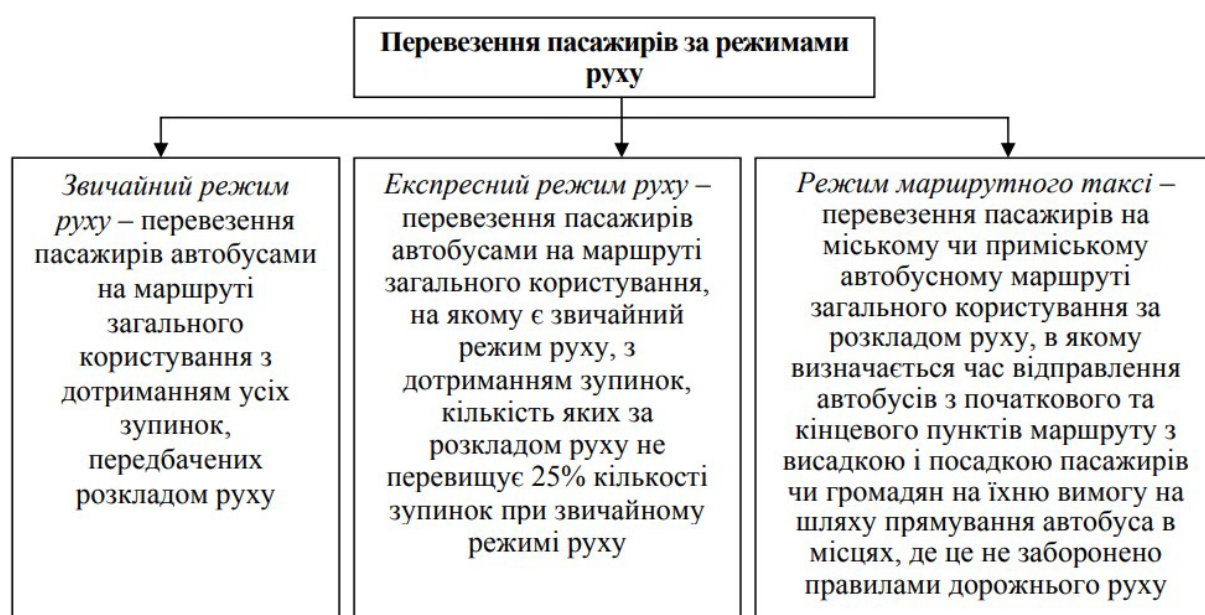


Рисунок 1.1 – Класифікація режимів перевезень пасажирів [2]

Автобуси, які обслуговують маршрут № 99 працюють як в звичайному режимі, так і в режимі маршрутного таксі [1].

В якості рухомого складу на автобусному маршруті № 99 використовуються автобуси Mercedes Sprinter різних модифікацій та років випуску. Приклад автобусу Mercedes Sprinter приведений на рисунку № 1.2.

Пасажирські перевезення на автобусному маршруті виконуються постійно та щоденно з 06:00 ранку до 23:16 вечора [1].



Рисунок 1.2 – Автобус Mercedes Sprinter

В таблицях 1.1 та 1.2 показані характеристики автобусного маршруту № 99.

Таблиця 1.1 – Загальні показники автобусного маршруту № 99 [1]

№	Показник	Значення	
		прямий напрямок	зворотних напрямок
1	Загальна довжина, км	14	13,8
2	Кількість зупинок	26	29
3	Тривалість рейсу за режимами, хв		
	звичайний	60	63
	маршрутне таксі	36	38

Таблиця 1.2 – Небезпечні ділянки на автобусному маршруті № 54 [1]

№	Характер небезпеки	Місце розташування
1	залізничний переїзд	1) вул. Привокзальна – вул. Миколи Лас-точкіна
2	трамвайні колії	1) пр. Соборний – вул. Дніпровська 2) вул. Фортечна – вул. Поштова 3) вул. Шкільна (трампарк) 4) вул. Яценка – вул. Перемоги
3	концентрація ДТП	1) пр. Соборний – вул. Фортечна 2) пр. Соборний (автовокзал) 3) вул. Яценка – вул. Перемоги 4) вул. Яценка – вул. Шкільна
4	вузький міст	1) вул. Перемоги (Вознесенівський ринок)

Схема автобусного маршруту № 99 представлена на рисунку 1.3.

Для підвищення безпеки руху на автобусному маршруті № 99 пропонується розглянути перехрестя вул. Яценка – вул. Перемоги. Це перехрестя віднесено до місць концентрації дорожньо-транспортних пригод та має перетин із трамвайними коліями. Подальшу увагу буду приділено саме цій ділянці вулично-дорожньої мережі.



Рисунок 1.3 – Схема автобусного маршруту № 99

1.2 Характеристика перехрестя вул. Яценка – вул. Перемоги

Загальний вигляд перехрестя та місце його розташування на вулично-дорожній мережі приведені на рисунках 1.4 та 1.5 відповідно.



Рисунок 1.4 – Загальний вигляд перехрестя вул. Яценка – вул. Перемоги



Рисунок 1.5 – Місце знаходження перехрестя вул. Яценка – вул. Перемоги

Перехрестя вул. Яценка – вул. Перемоги є хрестоподібним чотирьохбічним перехрестям з кутом перетину близько 90° . На ньому вулиця Яценка змінює ширину з 15 м (4 смуги руху) на 6 м (2 смуги руху). Вулиця Перемоги має по дві смуги руху в кожному напрямку й ще «зелену смугу», не призначену для руху. З боку проспекту Соборного вулиця Перемоги перед перехрестям поширюється до трьох смуг.

Серед особливостей перехрестя обов'язково слід зазначити значний ухил вул. Яценка - підйом з кутом близьким до 25° , а також трамвайний рух вздовж вулиці Яценка.

Проїжджа частина та пішохідні переходи знаходяться у задовільному стані. Тротуари подекуди потребують реконструкції. Вид на перехрестя з кожного підходу наведений на рисунках 1.6-1.9.



Рисунок 1.6 – Вид на перехрестя з боку вулиці Яценка знизу

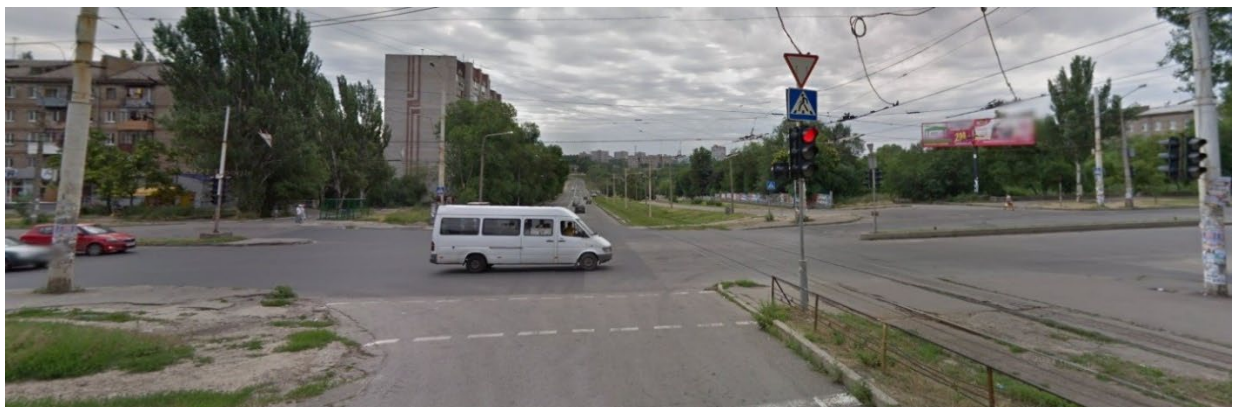


Рисунок 1.7 – Вид на перехрестя з боку вулиці Яценка зверху



Рисунок 1.8 – Вид на перехрестя з боку вулиці Перемоги (від 5-ї лікарні)

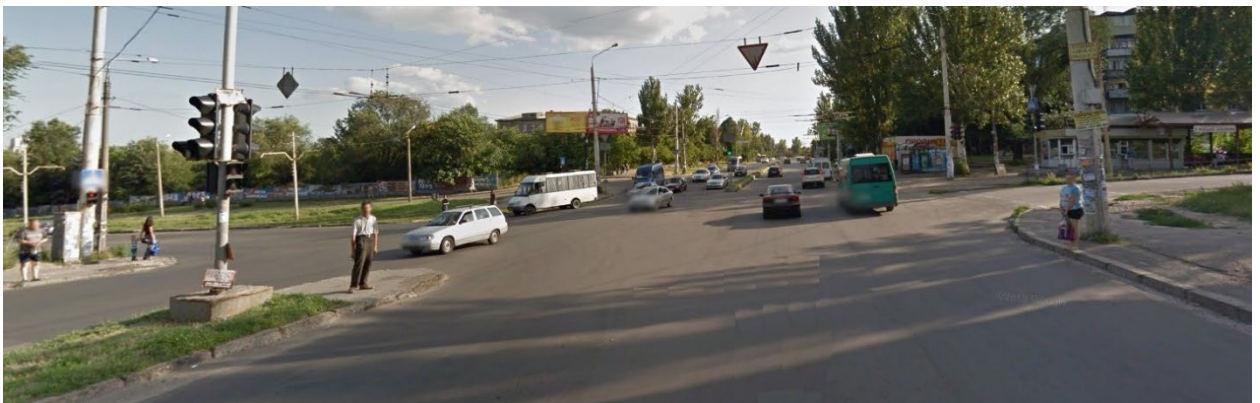


Рисунок 1.9 – Вид на перехрестя з боку вулиці Перемоги (від пр. Соборного)

Поряд з перехрестям розташована міська лікарня № 5, парк Перемоги та багатоповерхова забудова.

1.3 Дослідження та аналіз характеристик транспортних та пішохідних потоків на перехресті вул. Яценка – вул. Перемоги

1.3.1 Дослідження та аналіз інтенсивностей руху транспортних потоків

Інтенсивність є одним з основних показників, що впливають на такі важливі параметри автомобільної дороги, як ширина проїзної частини, констру-

кція дорожнього одягу, конструкція дорожніх розв’язок тощо. Вона характеризує рівень завантаження дороги і рівень зручності руху і є визначальною для призначення класності або так званої категорії дороги [3].

Найпростіший спосіб обліку інтенсивності руху, який досить поширений – візуальний. Інтенсивність визначається для кожного напрямку руху з розподілом на групи: легкові автомобілі, вантажні автомобілі різної вантажопідйомності, автобуси, мікроавтобуси, трамваї. На рисунку 1.10 наведені напрямки руху на перехресті вул. Яценка – вул. Перемоги, за якими проводилося дослідження характеристик транспортних та пішохідних потоків.

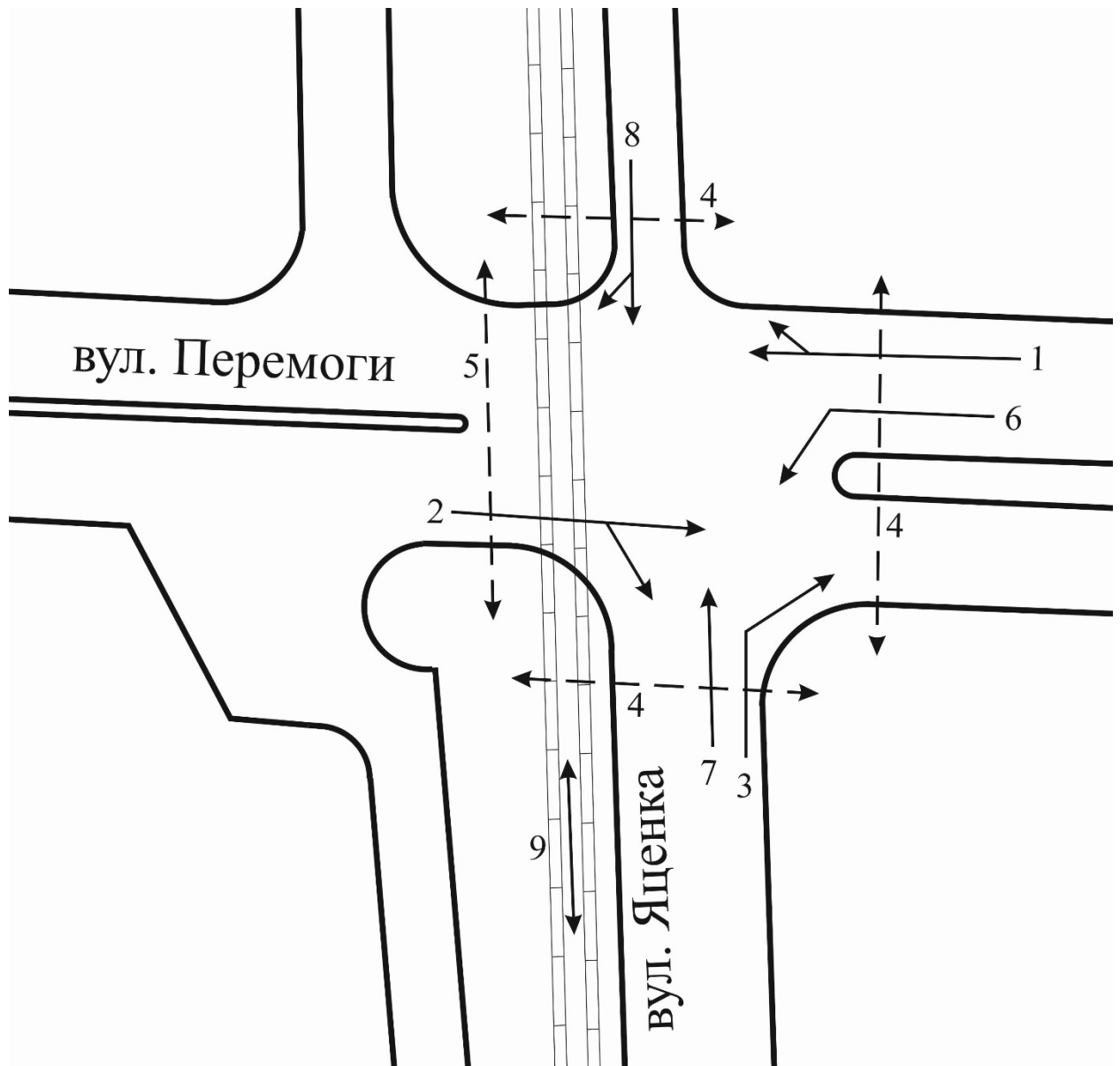


Рисунок 1.10 – Напрямки руху на перехресті вул. Яценка – вул. Перемоги

Облік інтенсивності на перехресті вул. Яценка – вул. Перемоги проводився в три різні години доби: в ранці 07:30 – 08:30, в обідній час 13:30 – 14:30 та ввечері 16:30 – 17:30. Ранкові та вечірні години приблизно відповідають годинам пікового транспортного навантаження на перехрестя. Результати досліджень інтенсивностей руху зведені до таблиць 1.3-1.5 відповідно годинам спостереження.

Таблиця 1.3 – Обсяги руху транспорту в ранці (8:30 – 9:30)

Тип ТЗ	Напрямки руху					
	1	2	3	6	8	9
Легковий	734	881	618	338	37	0
Мікроавтобус	31	37	26	2	0	0
Вант. < 2 т	27	35	24	12	2	0
Вант. 2 т – 5 т	16	24	17	8	1	0
Вант. 5 т – 8 т	10	9	7	3	0	0
Вант. 8 т – 14 т	9	11	7	1	0	0
Автопотяг	12	9	5	2	0	0
Автобус	12	15	12	2	0	0
Трамвай	0	0	0	0	0	8

Таблиця 1.4 – Обсяги руху транспорту в обідні години (14:30 – 15:30)

Тип ТЗ	Напрямки руху					
	1	2	3	6	8	9
Легковий	516	564	454	243	13	0
Мікроавтобус	25	24	17	1	0	0
Вант. < 2 т	13	17	10	8	0	0
Вант. 2 т – 5 т	9	11	9	7	0	0
Вант. 5 т – 8 т	4	5	6	3	0	0

Кінець таблиці 1.4

Тип ТЗ	Напрямки руху					
	1	2	3	6	8	9
Вант. 8 т – 14 т	4	3	3	0	0	0
Автопотяг	4	4	1	1	0	0
Автобус	9	10	9	0	0	0
Трамвай	0	0	0	0	0	5

Таблиця 1.5 – Обсяги руху транспорту ввечері (16:30 – 17:30)

Тип ТЗ	Напрямки руху					
	1	2	3	6	8	9
Легковий	636	904	560	329	25	0
Мікроавтобус	28	36	22	1	0	0
Вант. < 2 т	16	21	15	5	1	0
Вант. 2 т – 5 т	10	18	9	5	1	0
Вант. 5 т – 8 т	4	5	4	0	1	0
Вант. 8 т – 14 т	1	3	4	1	0	0
Автопотяг	1	0	1	0	0	0
Автобус	10	13	10	1	0	0
Трамвай	0	0	0	0	0	7

Далі отримані обсяги руху з метою усереднення показників необхідно привести до умовного легкового автомобіля й отримати приведені інтенсивності руху [3]:

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

де N_i – зафіксовані при дослідженнях фактичні інтенсивності автомобілів за їх типами;

K_i – коефіцієнт приведення до умовного легкового автомобіля відповідний певному типу автомобілів.

Коефіцієнти приведення до умовного легкового автомобіля дозволяють врахувати вплив різних типів автомобілів на завантаження дороги в цілому. Коефіцієнти приведення залежать від розрахункових динамічних габаритів автомобілів [3].

Розрахунки приведених інтенсивностей руху зведені до таблиць 1.6-1.8.

Таблиця 1.6 – Приведені інтенсивності руху в ранці (08:30 – 09:30)

Тип ТЗ	Напрямки руху				
	1	2	3	6	8
Легковий	734	881	618	338	37
Мікроавтобус	47	56	39	3	0
Вант. < 2 т	41	53	36	18	3
Вант. 2 т – 5 т	32	48	34	16	2
Вант. 5 т – 8 т	25	23	18	8	0
Вант. 8 т – 14 т	27	33	21	3	0
Автопотяг	48	36	20	8	0
Автобус	24	30	24	4	0
Разом	977	1159	810	398	42

Таблиця 1.7 – Приведені інтенсивності руху в обідні години (14:30 – 15:30)

Тип ТЗ	Напрямки руху				
	1	2	3	6	8
Легковий	516	564	454	243	13
Мікроавтобус	38	36	26	2	0
Вант. < 2 т	20	26	15	12	0

Кінець таблиці 1.7

Тип ТЗ	Напрямки руху				
	1	2	3	6	8
Вант. 2 т – 5 т	18	22	18	14	0
Вант. 5 т – 8 т	10	13	15	8	0
Вант. 8 т – 14 т	12	9	9	0	0
Автопотяг	16	16	4	4	0
Автобус	18	20	18	0	0
Разом	647	705	559	282	13

Таблиця 1.8 – Приведені інтенсивності руху ввечері (16:30 – 17:30)

Тип ТЗ	Напрямки руху				
	1	2	3	6	8
Легковий	636	904	560	329	25
Мікроавтобус	42	54	33	2	0
Вант. < 2 т	24	32	23	8	2
Вант. 2 т – 5 т	20	36	18	10	2
Вант. 5 т – 8 т	10	13	10	0	3
Вант. 8 т – 14 т	3	9	12	3	0
Автопотяг	4	0	4	0	0
Автобус	20	26	20	2	0
Разом	759	1073	680	353	31

Аналіз приведених інтенсивностей транспортних потоків показав, що на перехресті вул. Яценка – вул. Перемоги має місце нерівномірність обсягів руху на протязі доби. Основний транспортний потік рухається з вулиці Перемоги на вулицю Яценка і в зворотному напрямку. Інтенсивності руху транспорту вулицею Яценка вище перехрестя дуже невеликі.

На перехрестя організований віднесений поворот ліворуч з Яценка (знизу) на вулицю Перемоги. Тобто транспорт спочатку повертає праворуч, а потім розвертається. Спостереження показали, що приблизно 70 % транспорту, який повертає праворуч з вулиці Яценка, потім повертаються на перехрестя вже вулицею Перемоги, виконуючи розворот.

Крім того, слід відмітити наявні затримки транспорту на перехресті в пікові години доби.

1.3.2 Дослідження та аналіз складу транспортних потоків

Перехрестя вул. Яценка – вул. Перемоги не має обмежень руху транспорту за його видами. На перехресті рухаються легкові автомобілі, незначна кількість маршрутних транспортних засобів та вантажні автомобілі різної вантажопідйомності, а також тролейбуси вулицею Перемоги. Підчас досліджень перехрестя тролейбусного руху зафіксовано не було. Склад транспортного потоку вранці наведений на рисунку 1.11. На протязі доби загальне співвідношення між видами транспортних засобів на перехресті змінюється в дуже незначних межах.

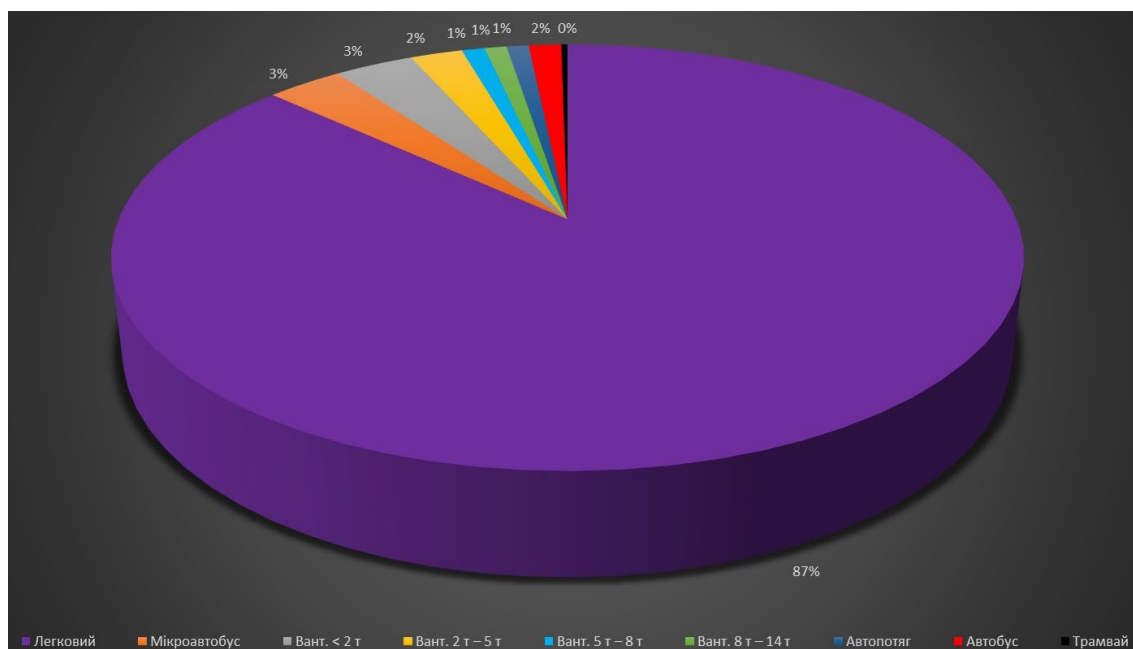


Рисунок 1.11 – Склад транспортних потоків на перехресті вул. Яценка – вул. Перемоги

1.3.3 Дослідження та аналіз пішохідного руху

Щоб оцінити рівень організації руху на ділянці дороги чи вулиці, потрібно враховувати основні характеристики як транспортних, так і пішохідних потоків. Останні мають значний вплив на організацію та безпеку дорожнього руху.

Пішохідний рух на перехресті відбувається повздовж всіх підходів до перехрестя вул. Яценка – вул. Перемоги та пішохідними переходами. Максимальна інтенсивність руху спостерігається в ранкові пікові години на напрямку руху 5 (див. рис. 1.10) через вулицю Перемоги з обсягом понад 250 чол/год.

Потрібно зазначити, що в районі перехрестя спостерігаються значні пошкодження пішохідних шляхів. Це стосується тротуарів для руху повздовж доріг (див. рис. 1.12).

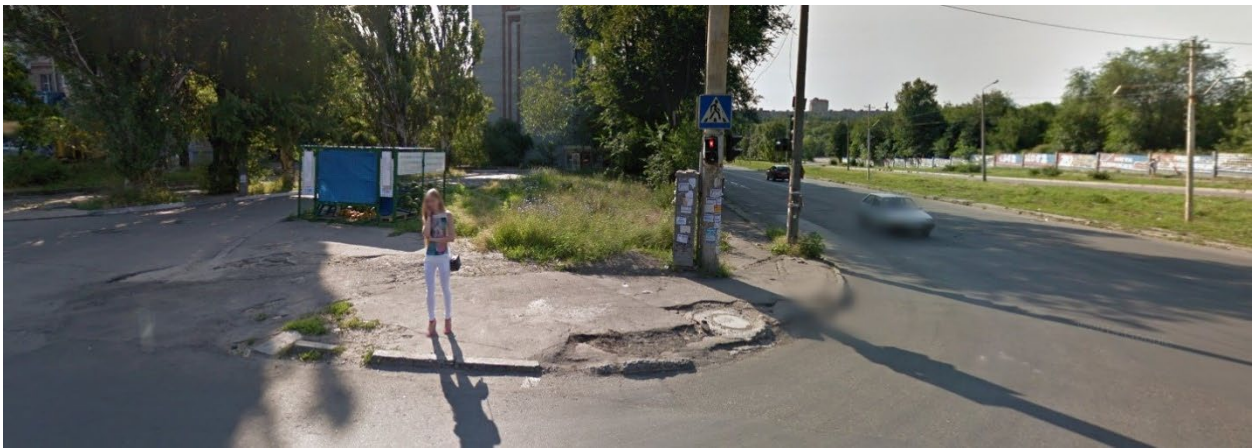


Рисунок 1.12 – Приклад поганого стану тротуару в районі перехрестя вул. Яценка – вул. Перемоги

1.4 Аналіз організації дорожнього руху на перехресті

вул. Яценка – вул. Перемоги

Організація дорожнього руху на перехресті вул. Яценка – вул. Перемоги організована за допомогою транспортних та пішохідних світлофорів, дорожніх знаків та дорожньої розмітки. Остання під час спостереження потребувала поновлення і подекуди зовсім була відсутньою.

Перехресті вул. Яценка – вул. Перемоги регулюється за трьохфазною схемою, яка представлена на рисунку 1.13.

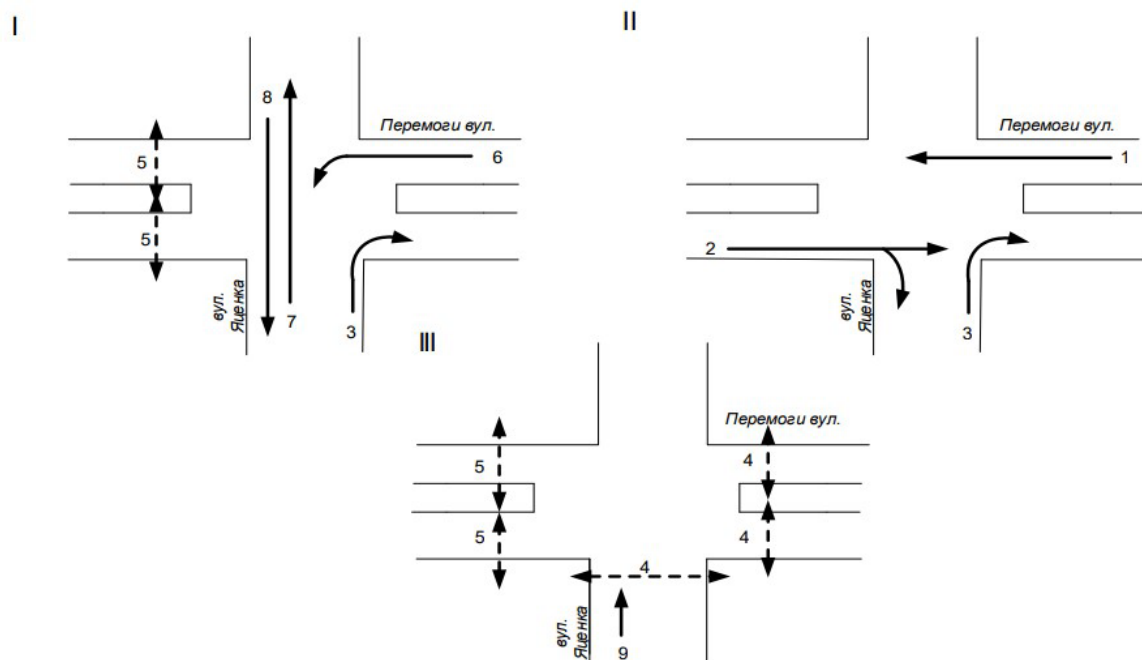


Рисунок 1.13 – Схема пофазового роз'їзду на перехресті

Довжина циклу регулювання світлофорного об'єкту, який перехрестя вул. Яценка – вул. Перемоги складає 72 с. Світлофори працюють цілодобово. На рисунку 1.14 показана циклограма роботи цього світлофорного об'єкту.



Рисунок 1.14 – Циклограма роботи світлофорів

Розташування світлофорів на перехресті вул. Яценка – вул. Перемоги показано на діючій схемі організації дорожнього руху, яка представлена на рисунку 1.15.

В таблиці 1.9 наведені дані, щодо встановлених на перехресті дорожніх знаків.

Таблиця 1.9 – Наявні дорожні знаки на перехресті

№	Номер знаку	Назва знаку	Кількість
1	2.1	Дати дорогу	5
2	2.3	Головна дорога	1
3	2.4	Кінець головної дороги	1
4	5.16	Напрямки руху по смугах	3
5	5.19.1	Використання смуги руху	3
6	5.35.1	Пішохідний перехід	5
7	5.35.2	Пішохідний перехід	5
8	5.60	Показчик напрямків	3
9	5.62	Схема руху	1
10	6.7.1	Автозаправні станції	1

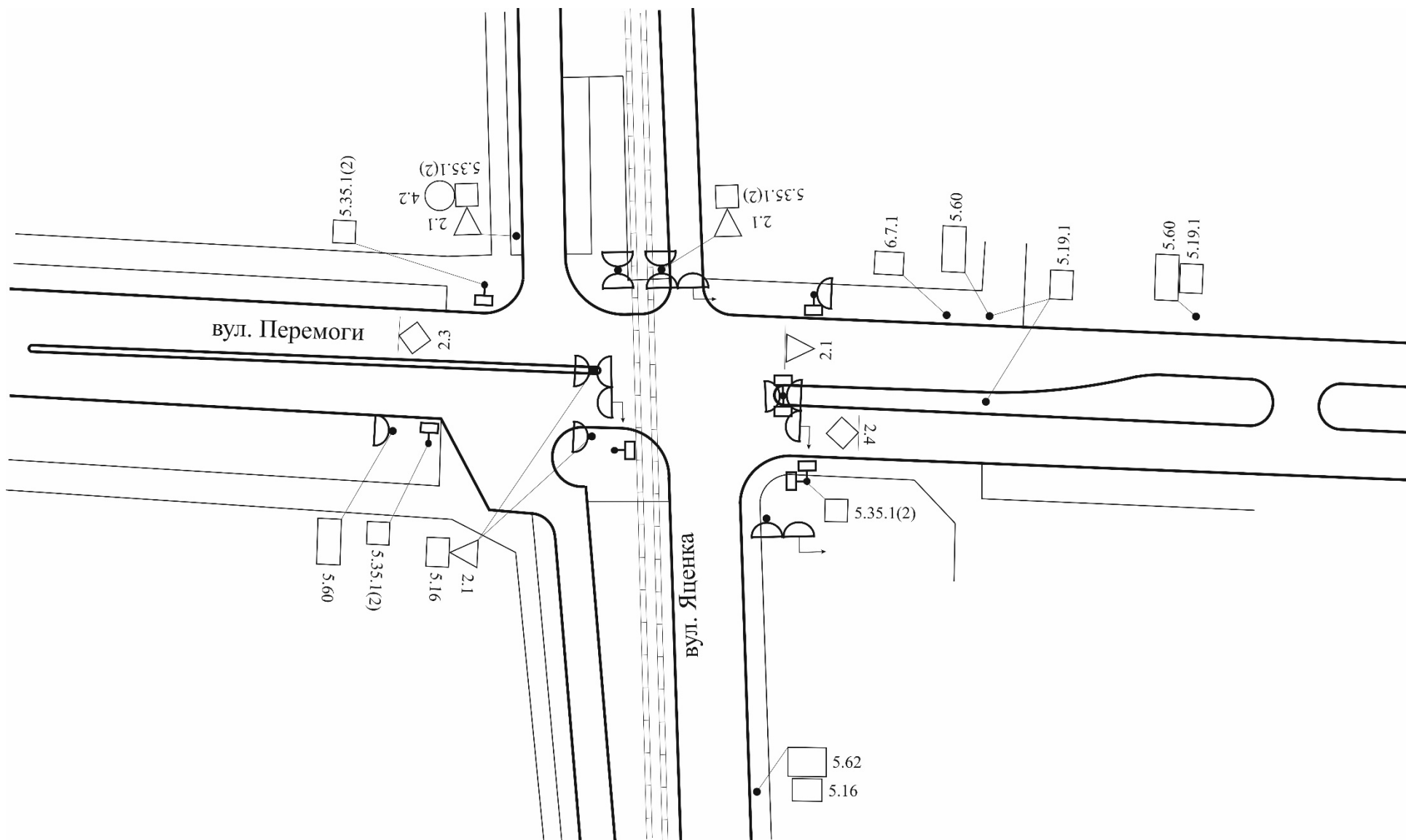


Рисунок 1.15 – Схема організації дорожнього руху на перехресті вул. Яценка – вул. Перемоги

1.5 Аналіз статистичних даних аварійності на перехресті вул. Яценка – вул. Перемоги

Дорожньо-транспортні пригоди підрозділяються на [3]:

- зіткнення транспортних засобів між собою;
- перевертання транспортних засобів в наслідок несприятливих дорожніх умов, технічної поломки, порушення правил перевезення вантажів;
- наїзди транспортних засобів на перепони, коли транспортні засоби наїжджають чи ударяються об нерухомі предмети, які знаходяться на проїзній частині дороги (вулиці);
- наїзди транспортних засобів на пішоходів, в тому числі і випадки, коли люди самі наштовхнулись на рухомий транспортний засіб та інше.

Майже всі ДТП відбуваються з вини учасників дорожнього руху – водіїв транспортних засобів та пішоходів.

ДТП в результаті неправильних дій водія можна класифікувати по признакам їх виникнення [3]:

- підвищення швидкості руху, припущеної в даній обстановці;
- неправильне припущення дистанції;
- недотримання правил маневрування, проїзду перехресть;
- порушення правил обгону;
- різке гальмування на мокрій поверхні дороги;
- різкі та круті повороти;
- неуважність, несвоєчасне реагування на небезпеку, надія на правильні дії других водіїв та пішоходів.

Особливо небезпечним порушенням правил руху водія є керування автомобілем у нетверезому стані, коли у водія послаблюється увага, коли він не може правильно координувати свої рухи.

Зазвичай причиною виникнення дорожньо-транспортних пригод є не тільки один із перерахованих факторів. Втрата уваги водієм тягне за собою порушення одного із правил руху і якщо при цьому учасники руху не проявляють обережності і не приймають необхідних мір, то виникнення дорожньо-транспортних пригод складно уникнути.

З пішоходами ще складніше. Вони є активними учасниками дорожнього руху, але вони гірше знають Правила дорожнього руху у порівнянні з водіями, можуть бути незібраними під час руху, а іноді свідомо порушують ці правила.

ДТП через дії пішоходів можна класифікувати здебільшого на дві основні групи:

- перехід дороги в непризначених для цього місцях;
- різкий вихід на дорогу перед їдучим транспортом.

Статистика аварійності на перехресті вул. Яценка – вул. Перемоги наведена в таблицях 1.10, 1.11 та на рисунках 1.16, 1.17.

Таблиця 1.10 – Статистичні дані аварійності на перехресті вул. Яценка – вул. Перемоги

№	Роки	Кількість ДТП
1	2019	10
2	2020	7
	Разом	17

Потрібно відмітити, що у 5 із 17 дорожньо-транспортних пригод, які відбулися на перехресті за 2019 та 2020 роки, взяли участь маршрутні транспортні засоби. Тому проблема безпеки на перехресті для пасажирських перевезень стоїть достатньо гостро.

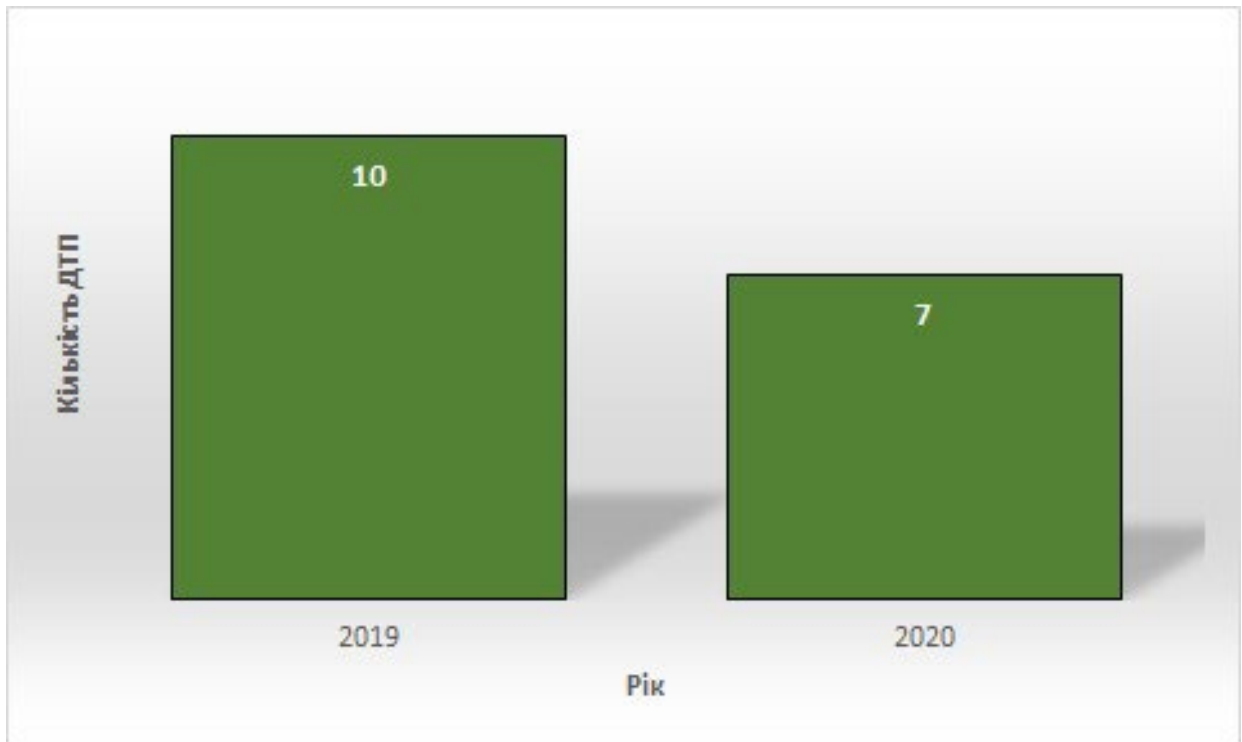


Рисунок 1.16 - Статистичні дані аварійності на перехресті вул. Яценка – вул. Перемоги

Таблиця 1.11 – Статистичні дані аварійності на перехресті вул. Яценка – вул. Перемоги за тяжкістю наслідків

№	Тяжкість наслідків	Роки	
		2019	2020
1	Кількість ДТП із постраждалими	3	1
2	Кількість ДТП із загиблими	1	0
3	Загальна кількість ДТП	10	7

Якщо аналізувати ДТП за видами, то всі вони це зіткнення транспортних засобів.

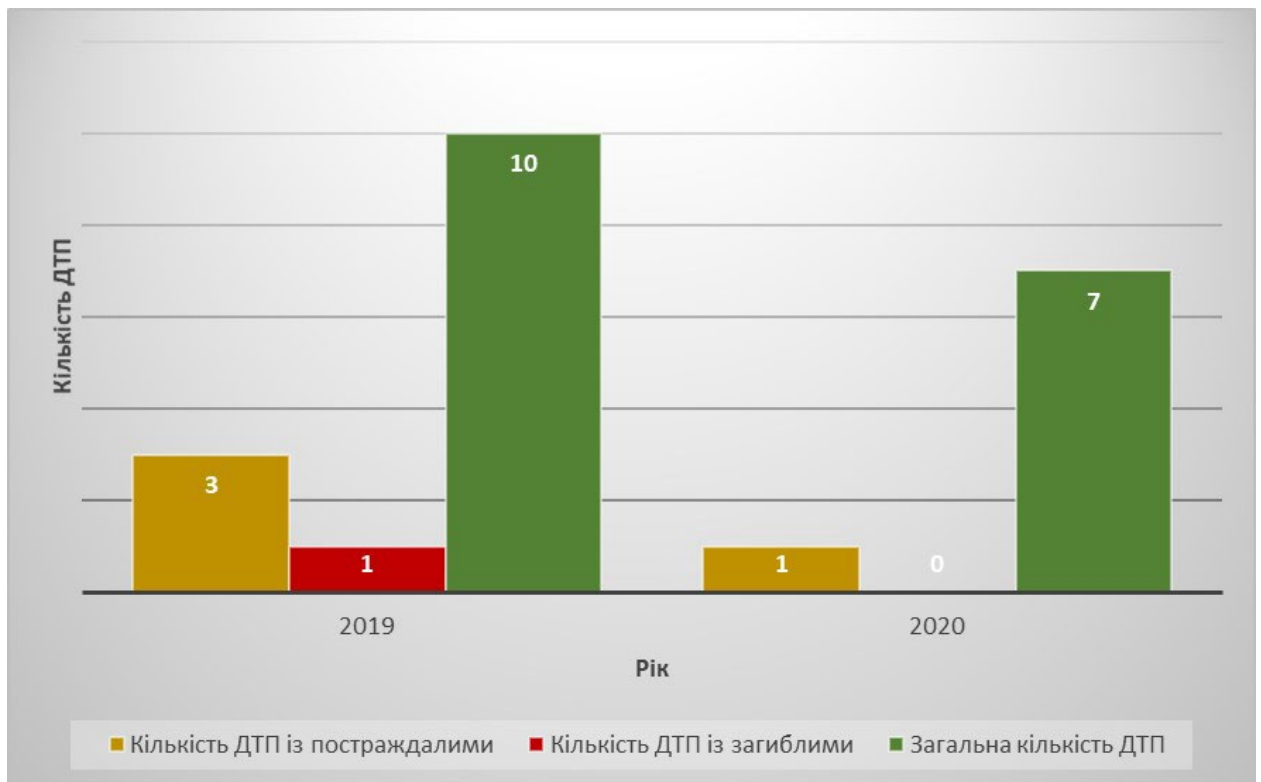


Рисунок 1.17 - Статистичні дані аварійності на перехресті вул. Яценка – вул. Перемоги за тяжкістю наслідків

1.6 Постанова завдань на дипломну роботу

Для підвищення загального рівня безпеки на автобусному маршруті № 99 пропонується розглянути перехрестя вул. Яценка – вул. Перемоги. Причини вибору саме цього перехрестя зазначені в п. 1.1.

На підставі дослідження транспортних та пішохідних потоків на перехресті, аналізу організації дорожнього руху та аналізу можливих причин виникнення дорожньо-транспортних пригод можливо виділити деякі недоліки організації руху на перехресті вул. Яценка – вул. Перемоги:

- значна кількість дорожньо-транспортних пригод, а саме зіткнень транспортних засобів;
- складна схема руху й наявність затримок транспорту;
- незадовільний стан тротуарів в межах перехрестя;
- практична відсутність дорожньої розмітки.

Щоб позбутися зазначених недоліків організації дорожнього руху на перехресті вул. Яценка – вул. Перемоги пропонуються наступні заходи:

- заборона одного з напрямків пішохідного переходу, що призведе до спрощення схеми руху, зменшення довжини циклу регулювання та, відповідно, до зменшення затримок транспорту;
- використання детекторів транспорту для скорочення циклу регулювання на перехресті;
- введення багатопрограмного регулювання, що дозволить оптимізувати параметри регулювання у відповідності до наявних обсягів руху;
- реконструкція пішохідних шляхів в межах перехрестя;
- використання додаткових дорожніх знаків;
- поновлення дорожньої розмітки на перехресті;
- розробка удосконаленої схеми організації дорожнього руху.

2 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

2.1 Спрощення схеми організації дорожнього руху на перехресті

вул. Яценка – вул. Перемоги

Основний обсяг руху на перехресті здійснюється у напрямку з вулиці Яценка (знизу) через віднесений поворот ліворуч на вулицю Перемоги та у зворотному напрямку – з вулиці Перемоги праворуч на вулицю Яценка. Обидва ці напрямки перетинають пішохідний перехід напрямку 4 через вулицю Яценка (див. рис. 1.10). Без цього переходу схему руху на перехресті можна було б спростити.

Сам перехід пропонується організувати вище перехрестя. Там і зараз відбувається рух пішоходів, але він ніяк не позначений і відбувається спонтанно. Щодо обсягів руху на пішохідному переході, який пропонується видалити цієї схеми, то він не перевищує 50 чол/год.

При реалізації цього заходу кількість фаз в циклі регулювання не зміниться, але фаза III (див. рис. 1.13) може стати дещо коротшою. Справа в тому, що зараз саме цей перехід визначає її довжину, бо потрібно забезпечити достатньо часу на перетин вулиці Яценка пішоходами, а це 4 смуги руху, ширина двох трамвайних колій та зазори між ними та проїжджою частиною, а це трохи менше 30 м. Всі інші переходи мають меншу довжину.

Перенесення ж цього переходу на інший бік перехрестя дозволить зменшити фактичну його довжину, бо там вулиця Яценко має ширину проїжджої частини всього 6,5 м.

Реалізація цього заходу буде врахована у подальших перероблених режимах регулювання на перехресті та в удосконаленій схемі дорожнього руху на ньому.

2.2 Використання детекторів транспорту для скорочення циклу регулювання на перехресті

Детектори транспорту використовуються для виявлення транспортних засобів і вимірювання параметрів транспортних потоків. Ці дані є необхідними для реалізації алгоритмів гнучкого регулювання, розрахунку або автоматичного вибору програми управління дорожнім рухом.

Кожен детектор складається з трьох основних компонентів: чутливого елемента, підсилювача-перетворювача та вихідного пристрою. Чутливий елемент безпосередньо сприймає факт проходження або присутності транспортного засобу в зоні, яку контролює детектор, і генерує первинний сигнал. Підсилювач-перетворювач підсилює, обробляє та перетворює первинні сигнали до форми, яка може бути використана для вимірювання параметрів транспортного потоку. Вихідний пристрій використовується для зберігання та передачі інформації до центру керування або контролера світлофорного об'єкту через спеціальні канали зв'язку. Це технологічне рішення дозволяє збирати об'єктивну інформацію про транспортний потік, що допомагає покращити ефективність управління [4].

Детектори транспорту поділяються на прохідні детектори та детектори присутності. Основна різниця між ними полягає в тому, яку інформацію вони надають про транспортний засіб.

Прохідні детектори фіксують тільки факт появи автомобіля в зоні контролю. Вони видаватимуть нормовані сигнали, що не залежать від часу знаходження транспортного засобу в цій зоні. Такі детектори можуть використовуватись, наприклад, для обліку транспортних засобів, вимірювання швидкості руху або контролю потоку автомобілів. Детектори присутності, натомість, надають сигнали протягом усього часу знаходження транспортного засобу в зоні контролю. Ці сигнали зазвичай залежать від часу і можуть надавати інформацію про тривалість присутності автомобіля, його рух або інші параметри. Такі

детектори можуть використовуватись для контролю пропускної здатності, вимірювання часу очікування або аналізу поведінки транспортних засобів [4].

Застосування детекторів транспорту на перехресті вул. Яценка – вул. Перемоги дозволить збирати дані про транспортний потік на цьому перехресті. Пропонується обладнати детекторами транспорту напрямки руху трамваїв та підхід до перехрестя зверху вулицею Яценка, який має дуже незначну інтенсивність транспортного потоку.

Використання детекторів транспорту дасть змогу реорганізувати схему пофазного роз'їзду, підвищити безпеку руху на перехресті та призведе до скорочення транспортних затримок.

Для фіксації факту прибуття на перехрестя пропонується встановити прохідний детектор транспорту на другорядному напрямку по вулиці Яценка. Якщо детектор показуватиме присутність транспорту з цього напрямку, світлофорне регулювання буде виконуватись в без змін. В разі, коли напрямок буде порожнім, світлофорне регулювання буде змінюватись.

Після аналізу інтенсивності дорожнього руху на перехресті з'явився висновок, що трамвайні поїзди прибувають на це перехрестя рідше, ніж один раз за цикл регулювання. Оскільки рух на перехресті є напруженим, а підходи до перехрестя достатньо завантажені, рекомендується розглянути можливість впровадження авторегулювання для груп напрямків, які включають трамвайні траєкторії. Це передбачає встановлення спеціалізованого детектора транспорту, який буде надсилати оперативні повідомлення системі про наявність руху трамваїв.

Сигнали з обох детекторних приладів будуть передаватися контролеру світлофорного об'єкту на перехресті. Залежно від цих сигналів програма регулювання буде змінюватися, що дозволить оптимізувати рух транспорту на перехресті, мінімізуючи потенційні транспортні затримки.

2.3 Особливості регулювання перехресть

На рівні служб дорожнього руху сама організація цього руху представляє комплекс інженерних і організаційних заходів на вулично-дорожній мережі. Ці заходи забезпечують безпеку й достатню швидкість транспортних та пішохідних потоків. До таких заходів відноситься й управління дорожнім рухом, яке є частиною організації руху й вирішує більш вузькі завдання.

Під управлінням розуміється вплив на певний об'єкт з метою поліпшення його функціонування. Стосовно дорожнього руху в якості об'єктів управління виступають транспортні та пішохідні потоки. Окремим видом управління рухом є регулювання, тобто підтримка параметрів руху в заздалегідь заданих межах. Сутність управління рухом в тому, щоб зобов'язувати водіїв та пішоходів до певних дій, забороняти або рекомендувати їм ті чи інші дії задля забезпечення швидкості і безпеки [4].

Частина функцій при реалізації управління дорожнім рухом виконується автоматичним обладнанням, що ї є фактично автоматичним управлінням. Автоматичне управління відбувається без участі людини за заздалегідь визначеній програмі. Контур автоматичного управління може бути замкнутим чи розімкнутим [4].

Розімкнутий контур більш простіший. При цьому управління засобами регулювання відбувається виключно за заздалегідь заданій програмі, тобто в режимі жорсткого програмного управління [4].

Замкнутий контур передбачає зворотній зв'язок між засобами й об'єктом управління. Цей зв'язок виконується спеціальними пристроями для збирання інформації про транспортні потоки – детекторами транспорту. Інформація потрапляє до автоматичних пристроїв і, після її обробки, ці пристрої визначають нові режими роботи засобів регулювання руху. Це режим гнучкого чи адаптивного управління [4].

Якщо розглядати перехрестя вул. Яценка – вул. Перемоги, на ньому реалізоване жорстке програмне управління фактично з однією програмою цілодобово.

Щоб розібратися в особливостях, розглянемо жорстке програмне управління більш детально.

Фактичне регулювання рухом на перехресті відбувається за допомогою світлофорного об'єкту, який складається із кількох транспортних та пішохідних світлофорів для управління різними напрямками руху на перехресті. Усі світлофорні об'єкти працюють циклічно, передаючи право на рух різним напрямкам. При цьому постійно повторюються певні комбінації світлофорних сигналів. Час виконання певної комбінації сигналів світлофорів є тактом регулювання [4].

Такти регулювання бувають основні й проміжні. Під час основного такту дозволений рух транспортних засобів і пішоходів певного напрямку, а для конфліктного напрямку руху не дозволений. Під час проміжного такту виїзд на перехрестя заборонений, але можна закінчувати вже розпочаті маневри. Проміжний такт забезпечує безпеку руху під час зміни основних тактів (зміни руху за конфліктними напрямками) [4].

Сукупність основного й проміжного тактів є фазою регулювання. Мінімально можлива кількість фаз регулювання – дві. Кількість фаз регулювання на перехресті визначається кількістю конфліктних напрямків руху та об'ємом руху на цих напрямках. Використання трьох фаз і більше, як правило, пов'язане із високою інтенсивністю лівоповоротних транспортних потоків чи пішохідного руху [4].

Так, на перехресті вул. Яценка – вул. Перемоги діє трьохфазна схема регулювання, через значний лівоповоротний потік з вулиці Перемоги від проспекту Соборного.

Сукупність усіх фаз регулювання, яка періодично повторюється на перехресті, називається циклом регулювання [4].

Із зазначених вище елементів складається програма регулювання певного перехрестя. При цьому вона розрахована на певні значення інтенсивностей руху транспортних потоків. При збільшенні інтенсивності руху транспортні засоби не встигатимуть покинути перехрестя за період дозволяючого сигналу світлофора й почне формуватися черга з автомобілів, яка буде накопичуватися, якщо інтенсивність не зменшиться до меж, на які розрахована програма регулювання. Це призводить до транспортних затримок, економічних збитків й, головне, до погіршення умов безпеки руху на перехресті.

З іншого боку, якщо інтенсивність значно зменшиться, час основних тактів буде використовуватися не повністю. Це не має таких негативних наслідків, як у першому випадку, але режими регулювання стають не оптимальними й це також призводить до певних потенційних економічних збитків, яких можна було б уникнути.

Саме в цих нюансах полягають недоліки жорсткого програмного управління.

Фактичних шляхів, щоб позбутися цих недоліків існують два. Перший передбачає розробку додаткових програм регулювання для різних ситуацій. Найрозповсюдженішим варіантом при цьому є виконання певної програми у визначені години доби. Розробці таких програм передують ретельне вивчення обсягів руху на перехресті і їх зміни на протязі доби, щоб параметри роботи програм регулювання рухом відповідали фактичним інтенсивностям. при цьому виходять із припущення, що відхилення фактичної довжини циклу регулювання від оптимального значення на 25 % в будь-який бік є припустимим і не впливає значно на збільшення затримок транспорту.

Другий шлях передбачає перехід від жорсткого до адаптивного регулювання. При цьому забезпечується можливість в режимі реального часу отримувати інформацію щодо об'ємів руху за напрямками і корегувати роботу засобів регулювання таким чином, щоб постійно підтримувати оптимальні значення довжини циклу регулювання та його структури. Однак можливість реалізації другого шляху набагато складніша й дорожча, бо потребує додаткового

обладнання для отримання інформації про транспортні потоки в режимі реального часу, програмне забезпечення для виконання розрахунків параметрів регулювання й більш досконалих засобів самого регулювання.

Отже, перехрестя вул. Яценка – вул. Перемоги регулюється за трифазним циклом і це змінити не можливо. Однак необхідно врахувати відносно низький об'єм руху вулицею Яценка зверху. Щоб врахувати обидва ці моменти, пропонується виконати певні зміни в схемах пофазового роз'їзду. Також передбачається використання трьох окремих програм регулювання, які відповідатимуть ранковим, обіднім та вечірнім інтенсивностям руху на перехресті.

Окремо потрібно врахувати зміни в регулюванні, якщо на певний момент трамвайний рух не потрібен (трамваїв немає) в певному циклі регулювання.

Крім того, для підвищення безпеки руху пропонується заборонити напрямки руху 7 та рух прямо у напрямку 8 (див. рис. 1.10). Відповідно до цього на рисунку 2.1 наведені нові напрямки руху на перехресті вул. Яценка – вул. Перемоги.

В таблиці 2.1 зведені варіанти руху на перехресті вул. Яценка – вул. Перемоги, які можуть виникати в нових умовах.

Таблиця 2.1 – Припустимі варіанти руху

Трамвай (з обох напрямків)	Наявність транспорту по вулиці Яценка (зверху)	Схема пофазового роз'їзду
відсутній	відсутній	1
наявний	відсутній	2
відсутній	наявний	3
наявний	наявний	4

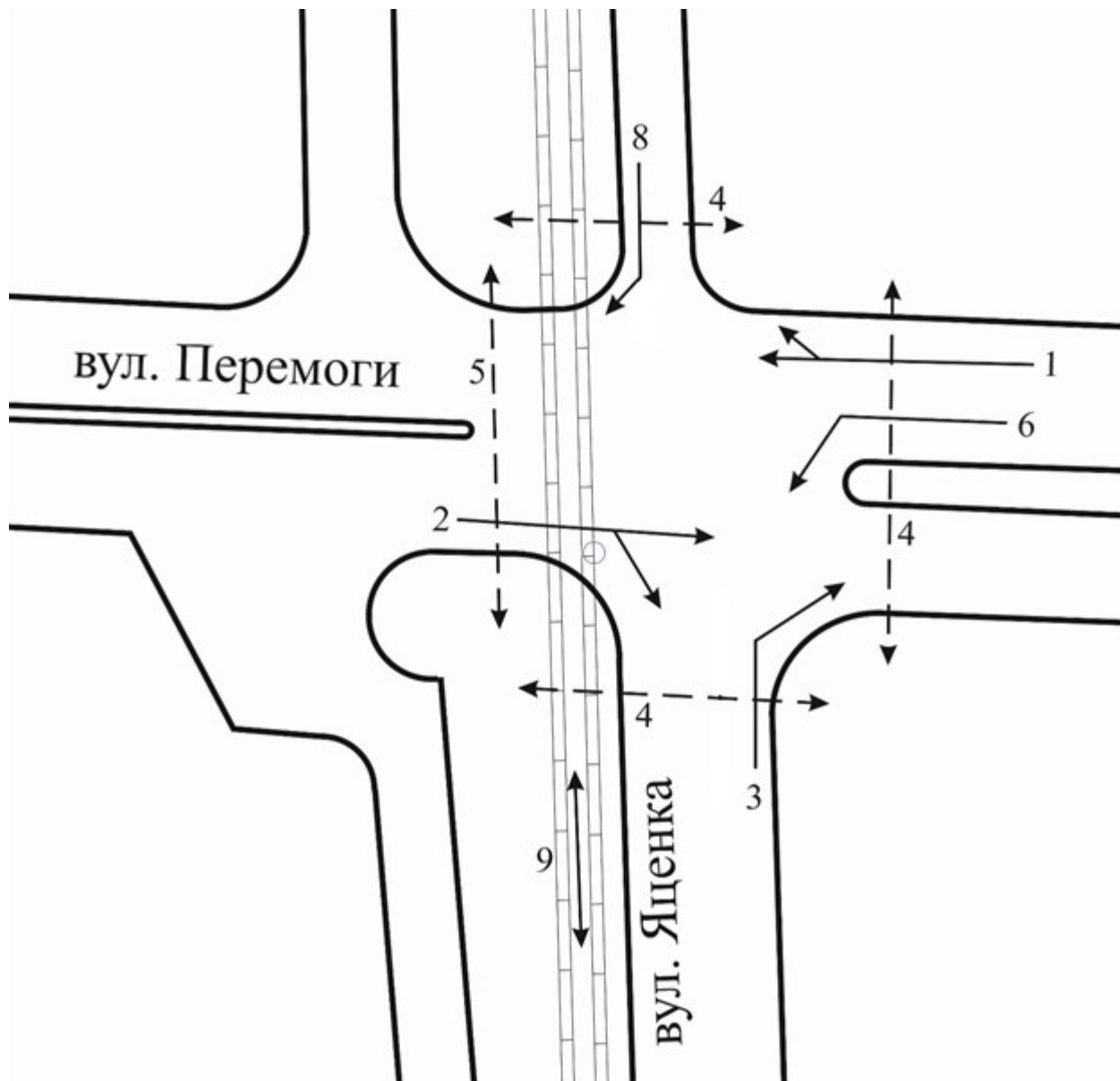


Рисунок 2.1 – Нові напрямки руху на перехресті

У відповідності до таблиці 2.1 та рисунку 2.1 сформовані нові схеми по-фазового роз'їзду, наведені на рисунках 2.2-2.5.

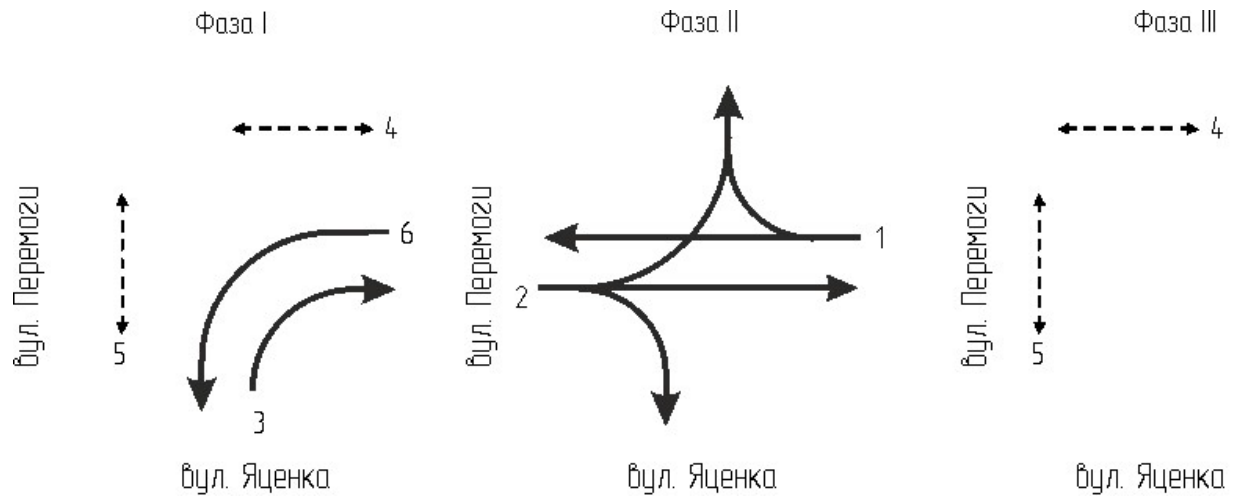


Рисунок 2.2 – Схема пофазового роз'їзду № 1

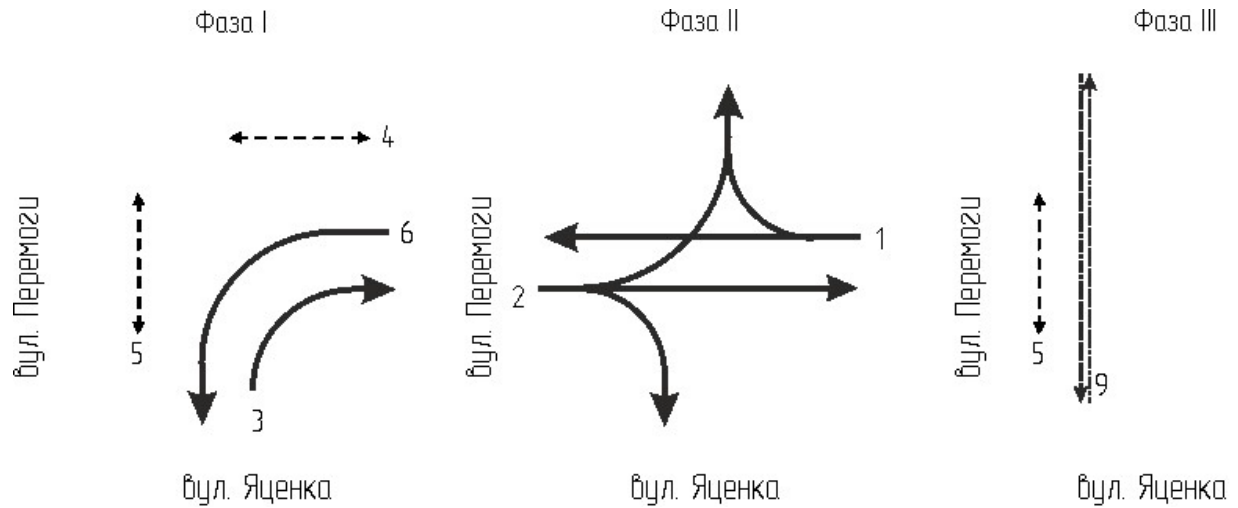


Рисунок 2.3 – Схема пофазового роз'їзду № 2

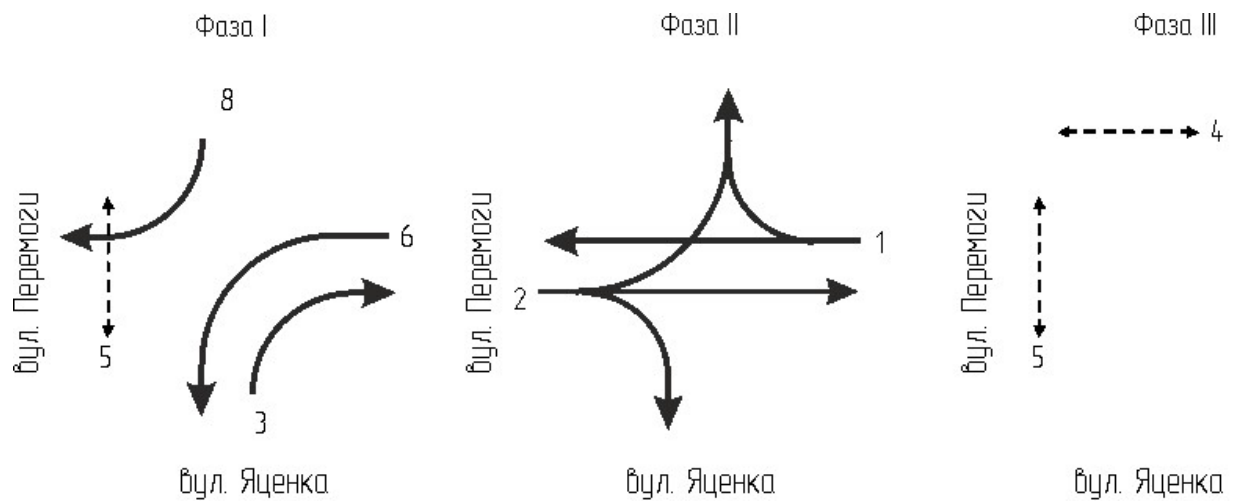


Рисунок 2.4 – Схема пофазового роз'їзду № 3

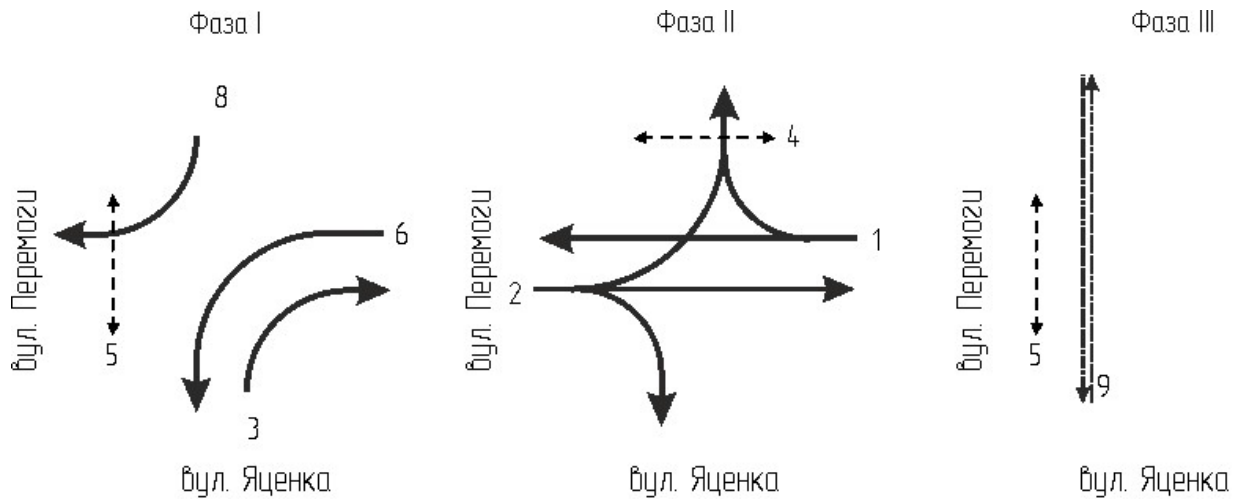


Рисунок 2.5 – Схема пофазового роз'їзду № 4

2.4 Розрахунок нових режимів регулювання на перехресті

вул. Яценка – вул. Перемоги

Початком розрахунку режимів світлофорного регулювання є розробка матриці конфліктів.

До матриці конфліктів входять відстані від лінії стоп-лінії для кожного напрямку руху транспорту на перехресті дальньої конфліктної точки цього ж напрямку, враховуючи всі траєкторії руху, які включені в напрямок руху. На ці відстані впливають геометричні параметри перехрестя й, відповідно, фактичний розподіл траєкторій руху за певними напрямками [4].

Значення окремого елемента матриці конфліктів [4]:

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

де $B_{\text{стоп-світ}}$ – фактична відстань між стоп-лінією та місцем розташування світлофора);

$B_{\text{світ-пч}}$ – фактична відстань між місцем розташування світлофора та узбіччям дороги;

$B_{\text{траєктор}}$ – фактична довжина траєкторії руху транспортного засобу територією перехрестя, м.

Отримані за формулою (2.1), значення в матриці конфліктів наведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Матриця конфліктів за напрямками руху, м

Напрямки	1	2	3	6	8
1	-	11,3	0	0	18
2	- 7,7	-	26	- 7,9	0
3	0	- 7,9	-	0	0
6	0	- 16,6	0	-	0
8	- 7,5	0	0	0	-

Далі визначаються перехідні інтервали [4]:

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

де t_p – значення часу сприйняття водієм зміни сигналу на світлофорі, с;

V_k – значення швидкості, яка є достатньою для збереження пропускних спроможностей дороги, м/с;

a^k – значення середнього уповільнення транспортних засобів м/с²;

B_i – значення ширини перехрестя між Стоп-лініями зустрічних напрямків, м;

l_a – значення довжини умовного розрахункового транспортного засобу, м.

Розраховується фазовий коефіцієнт [4]:

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

де N_j^i – значення об'єму руху транспорту в певному напрямі, од./год.;
 M_j – значення потоку насичення в певному напрямі, од./год.

Отримані фазові коефіцієнти складаємо для подальшого використання [4]:

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

Визначаємо значення циклу регулювання [4]:

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

де L_k – значення втраченого час в циклі регулювання [4]:

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

Розраховуємо далі значення основних тактів [4]:

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

де $\bar{y}^m$ – значення фазового коефіцієнту активної фази.

Далі отримуємо коригуючі коефіцієнти [4]:

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

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

де B – значення довжини пішохідного переходу (ширина проїжджої частини), м;

V_n – значення швидкості пересування пішоходів, м/с.

За формулами (2.2 – 2.9) виконуються розрахунки. Але для скорочення часу використаємо відповідне програмне забезпечення, яке дозволяє провести розрахунки значно швидше.

Після введення вихідних даних (матриця конфліктів, швидкість руху, середня довжина транспортного засобу) та зазначення особливостей засобів регулювання (наявність додаткових секцій для регулювання поворотного руху) потрібно прописати характеристики фаз регулювання (фактичні напрямки руху, геометричні параметри смуг руху, об'єми руху за напрямками, фактичні радіуси при виконанні поворотів, якщо має місце виділення окремих смуг руху для цього маневру). Результати розрахунків зведені в таблицях 2.2 – 2.13.

Таблиця 2.2 - Параметри циклу регулювання вранці за схемою 1

Такт	Тривалість, с	
перехідний	1 – 2	6
	2 – 3	6
	3 – 1	6
основний	1	17
	2	21
	3	12
Тривалість циклу регулювання – 68 секунд		

Таблиця 2.3 - Параметри циклу регулювання в обідні години за схемою 1

Такт	Тривалість, с	
перехідний	1 – 2	6
	2 – 3	6
	3 – 1	6
основний	1	14
	2	16
	3	12
Тривалість циклу регулювання – 60 секунд		

Таблиця 2.4 - Параметри циклу регулювання ввечері за схемою 1

Такт	Тривалість, с	
перехідний	1 – 2	6
	2 – 3	6
	3 – 1	6
основний	1	19
	2	18
	3	12
Тривалість циклу регулювання – 67 секунд		

Таблиця 2.5 - Параметри циклу регулювання вранці за схемою 2

Такт	Тривалість, с	
перехідний	1 – 2	6
	2 – 3	6
	3 – 1	6
основний	1	17
	2	21
	3	15
Тривалість циклу регулювання – 71 секунда		

Таблиця 2.6 - Параметри циклу регулювання в обідні години за схемою 2

Такт	Тривалість, с	
перехідний	1 – 2	6
	2 – 3	6
	3 – 1	6
основний	1	14
	2	16
	3	15
Тривалість циклу регулювання – 63 секунди		

Таблиця 2.7 - Параметри циклу регулювання ввечері за схемою 2

Такт	Тривалість, с	
перехідний	1 – 2	6
	2 – 3	6
	3 – 1	6
основний	1	19
	2	18
	3	15
Тривалість циклу регулювання – 70 секунд		

Таблиця 2.8 - Параметри циклу регулювання вранці за схемою 3

Такт	Тривалість, с	
перехідний	1 – 2	6
	2 – 3	6
	3 – 1	6
основний	1	17
	2	21
	3	12
Тривалість циклу регулювання – 68 секунд		

Таблиця 2.9 - Параметри циклу регулювання в обідні години за схемою 3

Такт	Тривалість, с	
перехідний	1 – 2	6
	2 – 3	6
	3 – 1	6
основний	1	14
	2	16
	3	12
Тривалість циклу регулювання – 60 секунд		

Таблиця 2.10 - Параметри циклу регулювання ввечері за схемою 3

Такт	Тривалість, с	
перехідний	1 – 2	6
	2 – 3	6
	3 – 1	6
основний	1	19
	2	18
	3	12
Тривалість циклу регулювання – 67 секунд		

Таблиця 2.11 - Параметри циклу регулювання вранці за схемою 4

Такт	Тривалість, с	
перехідний	1 – 2	6
	2 – 3	6
	3 – 1	6
основний	1	17
	2	21
	3	15
Тривалість циклу регулювання – 71 секунда		

Таблиця 2.12 - Параметри циклу регулювання в обідні години за схемою 4

Такт	Тривалість, с	
перехідний	1 – 2	6
	2 – 3	6
	3 – 1	6
основний	1	14
	2	16
	3	15
Тривалість циклу регулювання – 63 секунди		

Таблиця 2.13 - Параметри циклу регулювання ввечері за схемою 4

Такт	Тривалість, с	
перехідний	1 – 2	6
	2 – 3	6
	3 – 1	6
основний	1	19
	2	18
	3	15
Тривалість циклу регулювання – 70 секунд		

Згідно даних таблиць 2.2 – 2.13 встановлення детекторів для трамвайного руху має сенс, час циклу регулювання зменшується. А ось встановлення детектору транспорту на підході зверху по вулиці Яценка ніякого ефекту не дає через заборону руху прямо. Тому встановлювати детектори в цьому місці не потрібно.

2.5 Підвищення безпеки пішохідного руху

Основні вимоги до організації пішохідного руху це безпека пішоходів та їх комфорт [3].

Безпека досягається правильним розташуванням тротуару, належними умовами видимості, відповідністю геометричних розмірів тротуару наявному пішохідному потоку, відповідному освітленню.

Комфорт пішоходів залежить від зручності пересування тротуаром та якості освітлення. Зручність пересування ж буде найбільшою, якщо поверхня тротуару рівна та чиста. Тому слід передбачити в якості заходу підвищення безпеки руху на перехресті відповідні ремонтні роботи.

2.6 Підвищення безпеки руху на перехресті вул. Яценка – вул. Перемоги

2.6.1 Застосування дорожніх знаків

Дорожні знаки використовуються згідно вимогам [5].

На перехресті вул. Яценка – вул. Перемоги для поліпшення організації дорожнього руху та для дотримання вимог [5] передбачене встановлення додаткових дорожніх знаків. В таблиці 2.14 вказані знаки, які планується встановити.

Розташування дорожніх знаків в удосконаленій схемі організації дорожнього руху можливо побачити на рисунку 2.6.

Таблиця 2.14 – Дорожні знаки, які планується встановити

№	Номер знаку	Назва знаку	Кількість
1	4.1	Рух праворуч	2
2	5.35.1	Пішохідний перехід	4
3	5.35.2	Пішохідний перехід	4

2.6.2 Застосування дорожньої розмітки

Дорожня розмітка використовується згідно вимогам [6].

На перехресті вул. Яценка – вул. Перемоги для поліпшення організації дорожнього руху та для дотримання вимог [6] передбачене нанесення дорожньої розмітки, позначеної в таблиці 2.15.

Таблиця 2.15 – Дорожня розмітка, передбачена на перехресті вул. Яценка – вул. Перемоги

Вид розмітки	Одиниці вимірювання	Кількість
1.1	м ²	6,5
1.3		7,5
1.5		2
1.6		1,5
1.12		52
1.14.1		96
1.18		14
Разом		179,5

Розташування дорожньої розмітки в удосконаленій схемі організації дорожнього руху можливо побачити на рисунку 2.6.

2.6.3 Удосконалення схеми організації руху на перехресті вул. Яценка – вул. Перемоги

Якісна організація дорожнього руху є найважливішою умовою ефективного транспортного процесу на вулично-дорожніх мережах населених пунктів. При цьому воно обов'язково базується на комплексному підході та детально розробленому проєкті з урахуванням натурних обстежень. Особливо це важливо для великих міст, де виникають складні задачі ув'язки роботи пасажирського транспорту в умовах загальних транспортних потоків, масового руху пішоходів, забезпечення автомобільних стоянок, тощо [3].

Схема організації дорожнього руху є передумовою для якісної організації самого руху. Від якості виконання схеми, її ретельної проробки залежать результати фактичної організації транспорту – транспортні затримки, умови руху, рівні безпеки.

Схема організації дорожнього руху представляє собою масштабне планування ділянки вулично-дорожньої мережі з нанесенням на нього всіх передбачених технічних засобів організації дорожнього руху, таких як: дорожні знаки всіх груп, вертикальна й горизонтальна дорожні розмітки, транспортні та пішохідні світлофори, транспортна та пішохідна огорожа, тощо.

На рисунку 2.6 зображено удосконалену схему організації дорожнього руху на перехресті вул. Яценка – вул. Перемоги із зазначенням всіх елементів для організації руху.

Впровадження схеми руху транспорту, зображеної на рисунку 2.6, дозволить підвищити рівень безпеки руху транспорту на перехресті вул. Яценка – вул. Перемоги, в тому числі й автобусів маршруту № 99.

3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Запропоновані заходи повинні призвести до збільшення рівня безпеки руху та зменшення транспортних затримок на перехресті вул. Яценка – вул. Перемоги. Однак для реалізації заходів потрібні певні інвестиції.

Для реалізації заходів з підвищення безпеки руху на перехресті вул. Яценка – вул. Перемоги необхідні певні капітальні вкладення, грн.:

$$K = K_{zn} + K_m + K_{cv} + K_{\partial} + K_k, \quad (3.1)$$

де K_{zn} – капітальні вкладення на придбання та встановлення дорожніх знаків, грн.;

K_m – капітальні вкладення на реконструкцію тротуарів в межах перехрестя, грн.;

K_{cv} – капітальні вкладення на перенесення 4 пішохідних світлофорів, грн.;

K_{∂} – капітальні вкладення на встановлення двох детекторів транспорту на трамвайних напрямках, грн.;

K_k – капітальні вкладення на заміну контролера світлофорів для реалізації багатопрограмного жорсткого регулювання, грн.

Капітальні вкладення на придбання та встановлення дорожніх знаків, грн:

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

де C_{zn} – вартість усіх дорожніх знаків, що встановлюються, грн.;

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

В таблиці 3.1 надані дорожні знаки, які планується встановити у відповідності до таблиці 2.14.

Загальна вартість встановлення усіх дорожніх знаків, грн:

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

де $C_{1\text{ зн}}$ – вартість встановлення одного дорожнього знаку;

$N_{зн}$ – кількість дорожніх знаків, які передбачається встановити.

Таблиця 3.1 – Дорожні знаки, які планується встановити

№	Знаки, що передбачено встановити		
	Кількість знаків	Ціна за один знак	Вартість одного знаку
4.1	2	951	1902
5.35.1	4	951	3804
5.35.2	4	951	3804
Разом	10		9510

$$C_{вст.зн} = 361 \cdot 10 = 3610 \text{ грн.}$$

$$K_{зн} = 9510 + 3610 = 13120 \text{ грн.}$$

Площа реконструкції тротуарів в межах перехрестя 124 м^2 . Вартість за будови 1 м^2 тротуару – 2600 грн. Тоді капітальні вкладення на реконструкцію тротуарів складуть:

$$K_m = 124 \cdot 2600 = 322400 \text{ грн.}$$

Вартість монтажу одного світлофору становить 816 грн, демонтажу – 246 грн. Відповідно капітальні вкладення на перенесення чотирьох пішохідних світлофорів складуть:

$$K_{ce} = 4 \cdot 816 + 4 \cdot 246 = 4248 \text{ грн.}$$

Капітальні вкладення на придбання та встановлення детекторів транспорту складаються із їх власної вартості та витрат на виконання монтажних робіт та підключення. Вартість нескладного детектору становить 3750 грн. Встановлення та підключення одного детектору – 800 грн.

$$K_{dm} = 3750 \cdot 2 + 800 \cdot 2 = 9100 \text{ грн.}$$

Вартість нового дорожнього контролеру з можливістю підтримки координованого регулювання складає близько 120 тис. грн. На перехресті вул. Яценка – вул. Перемоги координація не передбачена, тому можна обійтись більш дешевими аналогами тільки з підтримкою багатопрограмного жорсткого регулювання. Такий контролер разом із витратами на встановлення:

$$K_k = 80000 \text{ грн.}$$

Отже, капітальні вкладення для реалізації заходів підвищення безпеки руху на перехресті вул. Яценка – вул. Перемоги:

$$K = 13120 + 322400 + 4248 + 9100 + 80000 = 428868 \text{ грн.}$$

Експлуатаційні витрати для реалізації заходів підвищення безпеки руху на перехресті вул. Яценка – вул. Перемоги, грн. [7]:

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

де C_p – вартість обслуговування та ремонту обладнання, грн.;
 C_a – розмір витрат на виконання амортизаційних відрахувань, грн;
 C_{el} – розмір витрат на електроенергія для роботи об'єкту регулювання, грн.

Вартість обслуговування та ремонту обладнання, грн. [7]:

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

де K_{ϵ} – вартість обладнання (дорожні знаки, тротуари, детектори, контролер), грн.;
 n_p – норматив відрахувань на обслуговування обладнання, %.

$$C_p = 428868 \cdot 5 / 100 = 21444 \text{ грн.}$$

Розмір витрат на виконання амортизаційних відрахувань, грн. [8]:

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

де n_a – норматив на амортизаційні відрахування, %.

$$C_a = 428868 \cdot 24 / 100 = 102929 \text{ грн.}$$

Загальні витрати на електроенергію розраховуються як сума потужності споживання електричної енергії об'єктом регулювання, грн: [7]:

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

де K_e – значення коефіцієнту використання електричної потужності;
 S_e – значення ціни 1 кВт електричної енергії, грн.;

P_e – значення суми потужностей об’єктів регулювання, кВт·год.

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

де n_i – значення кількості транспортних та пішохідних світлофорів;

$P_{св}$ – значення середньої потужності одного світлофора, кВт;

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

$P_{\partial m}$ – значення потужності детектору транспорту, кВт.

$$P_e = 0,1 \cdot 22 + 0,17 + 0,36 \cdot 2 = 3,09 \text{ кВт/год.}$$

$$C_e = 365 \cdot 24 \cdot 0,9 \cdot 4,4 \cdot 3,09 = 107191 \text{ грн.}$$

Експлуатаційні витрати для реалізації заходів підвищення безпеки руху на перехресті вул. Яценка – вул. Перемоги:

$$C_{експл} = 21444 + 102929 + 107191 = 231564 \text{ грн.}$$

До поточних витрат також входять витрати на щорічне поновлення дорожньої розмітки. Вартість цих робіт зведена в таблицю 3.2 у відповідності до таблиці 2.15.

Таблиця 3.2 – Витрати на поновлення дорожньої розмітки

Вид розмітки	Одиниці вимірювання	Кількість	Ціна поновлення одиниці, грн	Загальна вартість поновлення, грн
1.1	м ²	6,5	238,23	1548
1.3		7,5		1787
1.5		2		476
1.6		1,5		357

Кінець таблиці 3.2

Вид розмітки	Одиниці вимірювання	Кількість	Ціна поновлення одиниці, грн	Загальна вартість поновлення, грн
1.12	м ²	52	238,23	12388
1.14.1		96		22870
1.18		14		3335
Разом		179,5		42762

Загальні поточні витрати для реалізації заходів підвищення безпеки руху на перехресті вул. Яценка – вул. Перемоги:

$$C_{\text{поточ}} = 231564 + 42762 = 274326 \text{ грн.}$$

Згідно даних п. 1.6 за два роки на перехресті відбулося 17 дорожньо-транспортних пригод, 4 з яких із пораненням людей, 1 – із загибеллю. Збитки від ДТП на перехресті вул. Яценка – вул. Перемоги, грн. [7]:

$$C_{\text{ДТП}}^{\text{існ}} = K_z \cdot C_z + K_n \cdot C_n + K_m \cdot C_m, \quad (3.9)$$

де K_z, K_n, K_m – кількість ДТП із загиблими, травмованими людьми та виключно з матеріальними збитками відповідно;

C_z, C_n, C_m – збитки при загибелі людини, в наслідок травмування, й виключно тільки при ушкодженні майна, грн.

Для розрахунків були прийняті наступні дані:

$$C_z = 200000 \text{ грн.}; C_n = 150000 \text{ грн.}; C_m = 100000 \text{ грн.}$$

Збитки від ДТП на перехресті вул. Яценка – вул. Перемоги склали:

$$C_{\text{ДТП}}^{\text{існ}} = 200000 \cdot 4 \cdot 150000 + 12 \cdot 100000 = 2000000 \text{ грн.}$$

Для того, щоб вирахувати реальне зниження збитків від ДТП після впровадження певних заходів, потрібно взяти до уваги коефіцієнти зниження з таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Коефіцієнти для вирахування зниження збитків від аварійності [7]

Заходи з підвищення безпеки руху	Коефіцієнт
встановлення додаткових дорожніх знаків	0,15
відновлення горизонтальної розмітки перехрестя	0,23
зменшення конфліктів на перехресті заборонаю маневрів	0,47

Коригуючий коефіцієнт зниження витрат від дорожньо-транспортних пригод, грн. [7]:

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

$$\Delta k = 1 - (1 - 0,15) \cdot (1 - 0,23) \cdot (1 - 0,47) = 0,653.$$

Враховуючи сумарний коригуючий коефіцієнт зменшення витрат від дорожньо-транспортних пригод, грн. [7]:

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

$$\Delta C_{\text{ДТП}} = 0,653 \cdot 2000000 = 1306000 \text{ грн.}$$

Економія за рік завдяки підвищенню безпеки руху на перехресті вул. Яценка – вул. Перемоги, грн [7]:

$$E = \Delta C_{\text{дтп}} - C_{\text{пот}} \quad . \quad (3.12)$$

$$E = 1306000 - 274326 = 1031674 \text{ грн.}$$

Річна економія майже в двічі більша за розмір капітальних вкладень. Тому можна стверджувати, навіть не враховуючи заощадження від зменшення затримок транспорту, що запропоновані заходи з підвищення безпеки руху на перехресті вул. Яценка – вул. Перемоги не тільки є дієвим заходом, але й економічно виправданим.

ВИСНОВКИ

В дипломній роботі розглянуті питання поліпшення організації перевезень на автобусному маршруті № 99 шляхом підвищення рівня безпеки руху.

Був виконаний ретельний аналіз організації дорожнього руху на одному з небезпечних перехресть на маршруті – вул. Яценка – вул. Перемоги. Для транспортних та пішохідних потоків була зібрана інформація щодо їх інтенсивностей та складу. Детально розглянута статистика ДТП. В якості основних недоліків були визначені високий рівень аварійності на перехресті з участю маршрутного транспорту, незадовільний стан пішохідного руху тротуарами.

З метою зменшення аварійності на перехресті вул. Яценка – вул. Перемоги та підвищення безпеки руху було виконано удосконалення загальної схеми організації дорожнього руху. Запропоновано заборона певних маневрів на перехресті. Організаційні заходи стосувалися розташування дорожніх знаків та нанесення дорожньої розмітки.

Крім того, для підвищення пропускної спроможності перехрестя, зменшення транспортних затримок було розглянуто введення замість одної програми жорсткого регулювання використання трьох різних програм.

Були виконані економічні розрахунки, які підтвердили можливість реалізації заходів з підвищення безпеки руху на перехресті вул. Яценка – вул. Перемоги з економічного боку.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Паспорт автобусного маршруту № 99 регулярних перевезень «Аеро-порт – пр. Металургів» - 37 с.
2. Маруніч В.С. Організація та управління пасажирськими перевезеннями: підручник / за ред. доц. В.С. Маруніч, проф. Л.Г. Шморгуна – К.: Міленіум, 2017. – 528 с.
3. 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.
4. Кременец Ю.А. Технические средства организации дорожного движения / Ю.А. Кременец – М: Транспорт, 1990. – 255 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: 27.05.2023).
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: 27.05.2023).
7. Аксенов В.А. Экономическая эффективность рациональной организации дорожного движения / В.А. Аксенов, Е.П. Попова, О.А. Дивочкин – М.: Транспорт, 1987. – 128 с.