

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівний, транспортний
(повне найменування інституту, факультету)

«Транспортні технології»
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

магістра
(ступінь вищої освіти)

на тему УДОСКОНАЛЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ РУХУ АВТОМОБІЛЬНОГО
ТРАНСПОРТУ НА ПЕРЕХРЕСТІ ПР. МОТОРОБУДІВНИКІВ ТА
ВУЛ. ЧЕРВОНОЇ МІСТА ЗАПОРІЖЖЯ

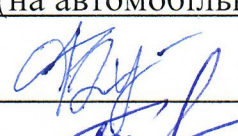
Виконав: студент ІІ курсу, групи T-319м

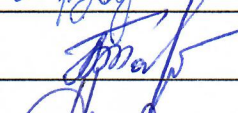
Спеціальності 275 Транспортні технології
(на автомобільному транспорті)
(код і найменування спеціальності)

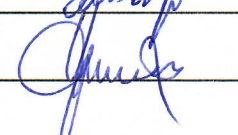
Освітня програма (спеціалізація)
Транспортні технології
(на автомобільному транспорті)

Керівник

Рецензент


В.С. Фролов
(прізвище та ініціали)


О.В. Тарасенко
(прізвище та ініціали)

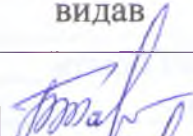
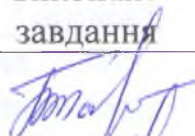
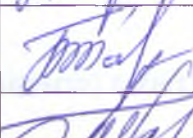
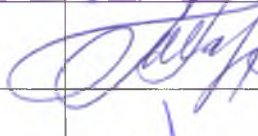
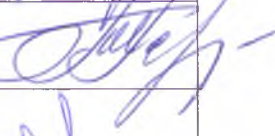

О.М. Артюх
(прізвище та ініціали)

« » 2020 року

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Удосконалення організації руху автомобільного транспорту на перехресті пр. Моторобудівників та вул. Червоної міста Запоріжжя
керівник проєкту (роботи) Тарасенко Олександр Віталійович,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом закладу вищої освіти від «27» листопада 2020 р. №354
2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 30.11.2020 р.
3. Вихідні дані до проєкту (роботи) існуюча схема організації дорожнього руху на перехресті, існуючі характеристики транспортних потоків, наявні технічні засоби організації руху
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналітична частина. 2. Основна частина. 2.1 Застосування детекторів транспорту. 2.2 Розробка режимів роботи світлофорного об'єкту. 2.3 Організація дорожнього руху на перехресті проспекту Моторобудівників та вулиці Червоної. 3. Економічна частина. 4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Презентація магістерської роботи.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
Аналітична частина	Тарасенко О.В., ст. викл.		
Основна частина	Тарасенко О.В., ст. викл.		
Економічна частина	Харченко Т.В., ст. викл.		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Лазуткін М.І., доцент		

7. Дата видачі завдання «05» жовтня 2020 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Захист звітів зі стажування	23.09-04.10	
2	Аналітична частина	07.10-18.10	
3	Основна частина	21.10-04.11	
4	Економічна частина	05.11-15.11	
5	Охорона праці	18.11-22.11	
6	Оформлення МР	25.11-29.11	
7	Перевірка МР на плагіат	01.12-14.12	
8	Отримання зовнішніх рецензій	15.12-18.12	
9	Захист магістерських робіт	22.12-24.12	

Студент(ка)

Керівник проекту (роботи)


 (підпис)
В.С. Фролов
(прізвище та ініціали)

 (підпис)
О.В. Тарасенко
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 61 с., 29 табл., 17 рис., 15 джерел.

АВТОДОРОГА, БЕЗПЕКА РУХУ, ДОРОЖНІ ЗНАКИ, ДОРОЖНІЙ РУХ, ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНА ПРИГОДА, ДОРОЖНЯ РОЗМІТКА, ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ РОБОТИ, ІНТЕНСИВНІСТЬ, КОНТРОЛЕР, ОСНОВНІ ТАКТИ, ПЕРЕХРЕСТЯ, СВІТЛОФОР, ТРАМВАЙ, ТРАНСПОРТНИЙ ПОТІК, ЦИКЛ РЕГУЛЮВАННЯ

Об'єкт дослідження: вулично-дорожня мережа Шевченківського району міста Запоріжжя.

Мета роботи: розробити заходи щодо поліпшення організації руху автомобільного транспорту на перехресті проспекту Моторобудівників та вулиці Червоної.

Методи дослідження: аналітичний, графо-аналітичний.

В роботі розглянуті дорожні умови на перехресті та поруч з ним, досліджені характеристики транспортних та пішохідних потоків, зроблено аналіз статистики ДТП.

Запропоновано використання дорожніх контролерів для фіксування руху частки транспортних потоків, у тому числі трамваїв. Запропоновані та розраховані чотири режими регулювання руху в нових умовах, виконані розрахунки нових параметрів світлофорної сигналізації.

Виконано економічне обґрунтування запропонованих рішень.

ЗМІСТ

	с.
Завдання на магістерську роботу.....	2
Реферат.....	4
Вступ.....	7
1 Аналітична частина.....	8
1.1 Коротка характеристика транспортного вузла міста Запоріжжя.....	8
1.1.1 Загальна характеристика території міста	8
1.1.2 Інфраструктура транспорту міста.....	9
1.2 Загальна характеристика району виконання роботи.....	9
1.3 Характеристики транспортних і пішохідних потоків.....	12
1.3.1 Інтенсивність та склад транспортних потоків	12
1.3.2 Аналіз швидкісних режимів руху.....	14
1.3.3 Характеристика пішохідних потоків.....	16
1.4 Визначення пропускних спроможностей вулично-дорожньої мережі.	17
1.5 Статистика та аналіз дорожньо-транспортних пригод.....	20
1.6 Характеристика руху маршрутного пасажирського транспорту.....	21
1.7 Аналіз організації дорожнього руху на перехресті проспекту Моторобудівників та вулиці Червоної.....	23
1.8 Існуючі недоліки та постановка задач на магістерську роботу.....	26
2 Основна частина.....	27
2.1 Застосування детекторів транспорту.....	27
2.2 Розробка режимів роботи світлофорного об'єкту.....	29
2.2.1 Аналіз схем пофазового роз'їзду.....	29
2.2.2 Розрахунок елементів світлофорного циклу.....	35
2.3 Організація дорожнього руху на перехресті проспекту Моторобудівників та вулиці Червоної.....	45
2.3.1 Організація руху за допомогою дорожніх знаків.....	45

2.3.2	Організація руху за допомогою дорожньої розмітки.....	47
2.3.3	Організація руху трамваїв у нових умовах.....	48
3	Економічна частина.....	50
4	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	58
	Висновки.....	59
	Перелік джерел посилання.....	60

ВСТУП

Проблема вдосконалення організації руху автомобілів у сучасних містах є дуже серйозною. Розвиток міської інфраструктури, нескінченне зростання автомобільного та вуличного транспорту ставлять це питання до найважливіших питань, від яких залежить нормальне функціонування міста, і, зрештою, здоров'я та добробут його людей.

Збільшення парку автомобілів та обсягів руху призводить до збільшення інтенсивності руху, що в ситуації міст з історично розвиненими будівлями призводить до проблем з транспортом. Це особливо серйозно у вузлах дорожньої мережі. Тут затримки руху збільшуються, трапляються черги та затори, що спричиняє уповільнення темпів руху, необґрунтоване споживання палива та збільшений знос деталей та агрегатів автомобіля. Коливання структури руху, часті зупинки та затори на перехрестях відповідають за підвищене забруднення міських повітряних басейнів через продукти неповного згоряння палива. У той же час мільйони людей гинуть і отримують поранення, пошкоджуються обладнання та вантажі, а кількість дорожньо-транспортних пригод збільшується. Місто Запоріжжя не є винятком.

Предметом магістерської роботи стала організація руху автомобільного транспорту та організація дорожнього руху в загалі на перехресті проспекту Моторобудівників та вулиці Червоної, яке знаходиться у Шевченківському районі нашого міста. Зниження транспортних витрат на цій ділянці є основними питаннями, що розглядаються в магістерській роботі.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Коротка характеристика транспортного вузла міста Запоріжжя

1.1.1 Загальна характеристика території міста

Місто Запоріжжя – обласний центр Запорізької області, один з найбільших адміністративних, індустріальних і культурних центрів півдня України. Кількість мешканців міста на 1 січня 2018 року складала 745 тис. чол., що є шостим показником в Україні [1].

Запоріжжя розкинулося на обох берегах Дніпра, між якими розташований острів Хортиця. Площа міста – 331 км², і це п'яте за площею місто України. Водні ресурси займають 13% території, промислові та складські об'єкти розмістилися на 24%, під сільське господарство використовуються 18%, решту займає житлова забудова [1].

Місто розділене на сім адміністративних районів: Олександрівський, Заводський, Комунарський, Дніпровський, Вознесенівський, Хортицький, Шевченківський. Центром міста вважається лівобережна частина Дніпровського району, Вознесенівський та Олександрівський райони. У Заводському районі зосереджені промислові підприємства, але також є житлові масиви. Решта районів – переважно спальні [1].

До складу міста входить близько 1300 проспектів, вулиць, провулків та площ. Головна вулиця міста, проспект Соборний, який простягнувся на 10,8 км через чотири райони міста [1].

Запоріжжя лежить в зоні континентального клімату у південній кліматичній області, яка характеризується посушливістю та великою кількістю сонячних днів. Зима помірно м'яка і малосніжна. Середньорічна температура + 9,0°C, середня температура липня + 22,8°C, січня - 4,9°C. Абсолютний максимум температур + 40,2°C, мінімум - 29,3°C [1].

1.1.2 Інфраструктура транспорту міста

Запоріжжя – важливий транспортний вузол півдня України. Транспортна інфраструктура міста включає шляхи зовнішнього сполучення, внутрішню транспортну мережу і мережу громадського пасажирського транспорту [1].

Запоріжжя – значущий пункт залізничного сполучення, який відноситься до Придніпровської залізниці. У місті функціонують два залізничні вокзали – Запоріжжя-1 та Запоріжжя-2 [1].

Транспортний зв'язок між лівим і правим берегами міста здійснюється через греблю ДніпроГЕСу і мости через Хортицю. Територію міста пересікають важливі транспортні автомобільні артерії: шляхи національного значення: Н08, Н23, Н15; європейська траса Е105; дорога міжнародного значення М14. Міжміські автобусні перевезення пасажирів здійснюються трьома автостанціями і одним автовокзалом [1].

Повітряне сполучення забезпечує міжнародний Запорізький аеропорт, розташований у північно-східній частині міста [1].

Вантажні і пасажирські перевезення водним транспортом обслуговуються річковим вокзалом «Дубовий гай» та річковим портом, що розташовані на лівому березі Дніпра у нижньому і верхньому б'єфі Дніпровської ГЕС відповідно [1].

1.2 Загальна характеристика району виконання роботи

Перехрестя пр. Моторобудівників та вул. Червоної є об'єктом дослідження у магістерській роботі.

За даними поліції м. Запоріжжя чисельність автомобільного парку Шевченківського району становила в 2017 році – 26724 автомобілів, а в 2018 році чисельність парку зросла на 567 одиниць транспортних засобів і складала 27291 автомобіль, а в 2019 році чисельність парку зменшилась

відносно 2018 року на 917 одиниць транспортних засобів і склала 26374 автомобілів.

Фотографія ділянки, що розглядається наведена на рисунку 1.1

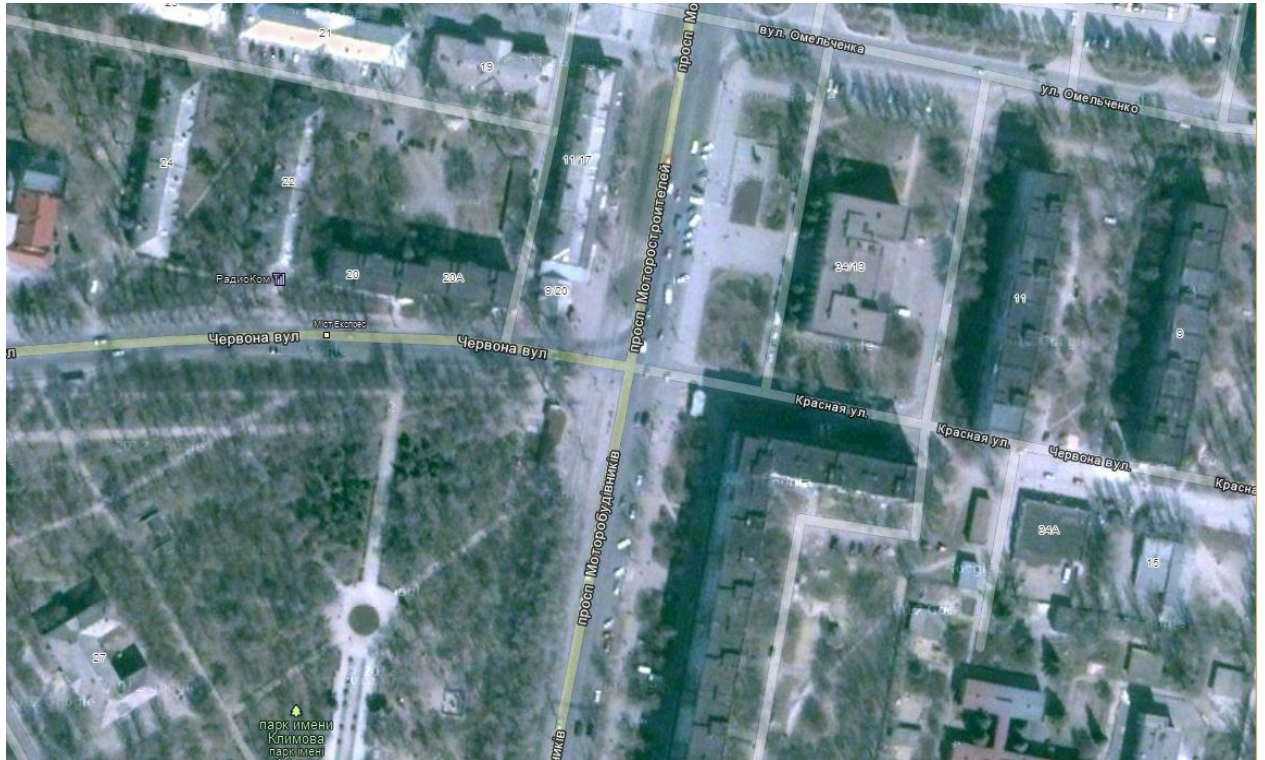


Рисунок 1.1 – Перехрестя проспекту Моторобудівників з вулицею Червоною

Проспект Моторобудівників відносяться до вулиць міського значення. Це пов'язано з використанням його для пропуску транспортного потоку з Шевченківського району в напрямку Космічного та Південного мікрорайонів міста Запоріжжя. Повздовж пр. Моторобудівників розташоване одне з найпотужніших промислових підприємств міста – АТ «Мотор Січ». Саме на проспект виходять дві основні прохідні цього заводу. Крім цього повздовж проспекту розташовані Андріївський Собор, Шевченківська районна адміністрація, дві зони відпочинку – парки ім. Шевченка та Клімова, житлова забудова та об'єкти соціальної сфери – магазини, перукарні тощо. Особливо потрібно відмітити, що проспект має тупиковий розвиток і закінчується біля центрального ринку. Все це зумовлює значний пасажиропотік як, транзитний – з одного району міста до іншого, так і

місцевий – до об'єктів тяжіння, що безпосередньо розташовані поряд з проспектом Моторобудівників та перехрестям, що розглядається.

Щодо видів руху на ділянці, то обмежень за видами транспорту немає. Перехрестям рухається приватний, службовий, вантажний транспорт, а також міський пасажирський транспорт, зокрема автобуси та мікроавтобуси. Повздовж проспекту на окремому шляху здійснюється рух трамваїв в обох напрямках.

Дорожнє покриття знаходиться в задовільному стані. Тротуари повздовж проспекту Моторобудівників присутні з обох боків. Стан їх задовільний. Вони відокремлені від проїжджої частини зеленими зонами майже на всьому протязі проспекту.

Проїзна частина по пр. Моторобудівників має по дві смуги в кожному напрямі. Ширина проїзної частини проспекту в районі перехрестя з вул. Червоною складає 18 м, ширина проїжджої частини вулиці Червоної складає 14 м. На рисунку 1.2 наведені фотографії перехрестя з різних ракурсів.



Рисунок 1.2 – Види на перехрестя проспекту Моторобудівників з вулицею Червона

1.3 Характеристики транспортних і пішохідних потоків

1.3.1 Інтенсивність та склад транспортних потоків

На досліджуваній ділянці було проведено дослідження, в ході якого була підрахована інтенсивність в часи пік (з 7:30 до 8:30 та з 16:30 до 17:30) та в між пікові години (з 12:30 до 13:30). На основі отриманих інтенсивностей розраховуються приведені інтенсивності за формулою [2]:

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

де N_i – інтенсивність групи автомобілів;

K_i – відповідний групі автомобілів коефіцієнт приведення.

На рисунку 1.3 наведені приведені інтенсивності транспортних потоків на перехресті в ранкові години «пік», на рисунку 1.4 – у вечірні години «пік», на рисунку 1.5 – у між пікові години.

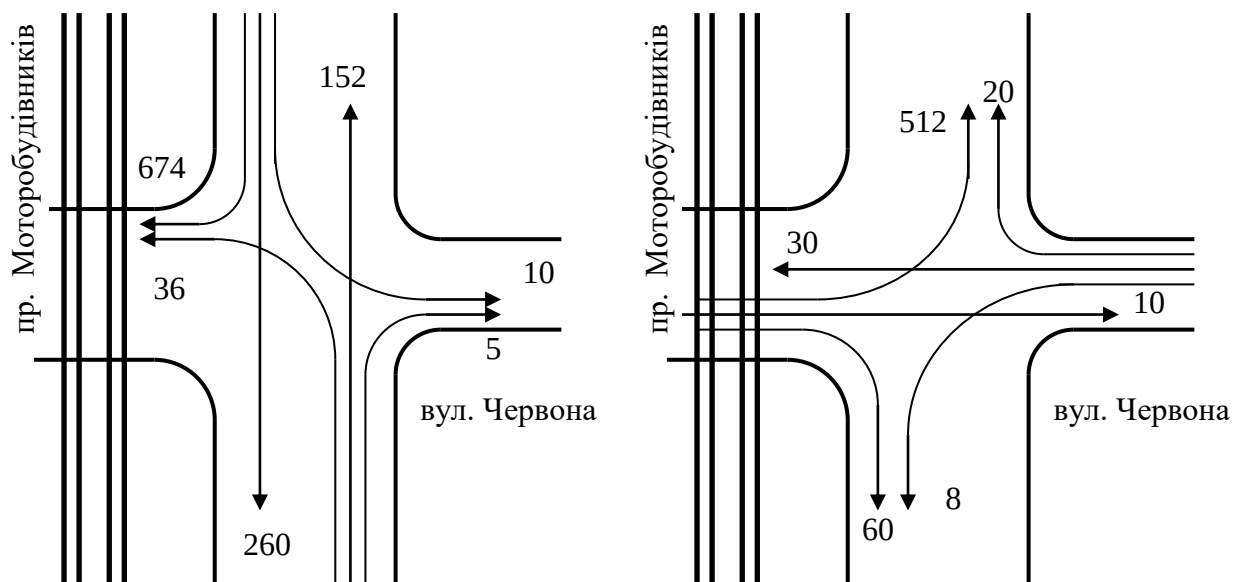


Рисунок 1.3 – Інтенсивності руху на перехресті
Моторобудівників – Червона з 7:30 до 8:30

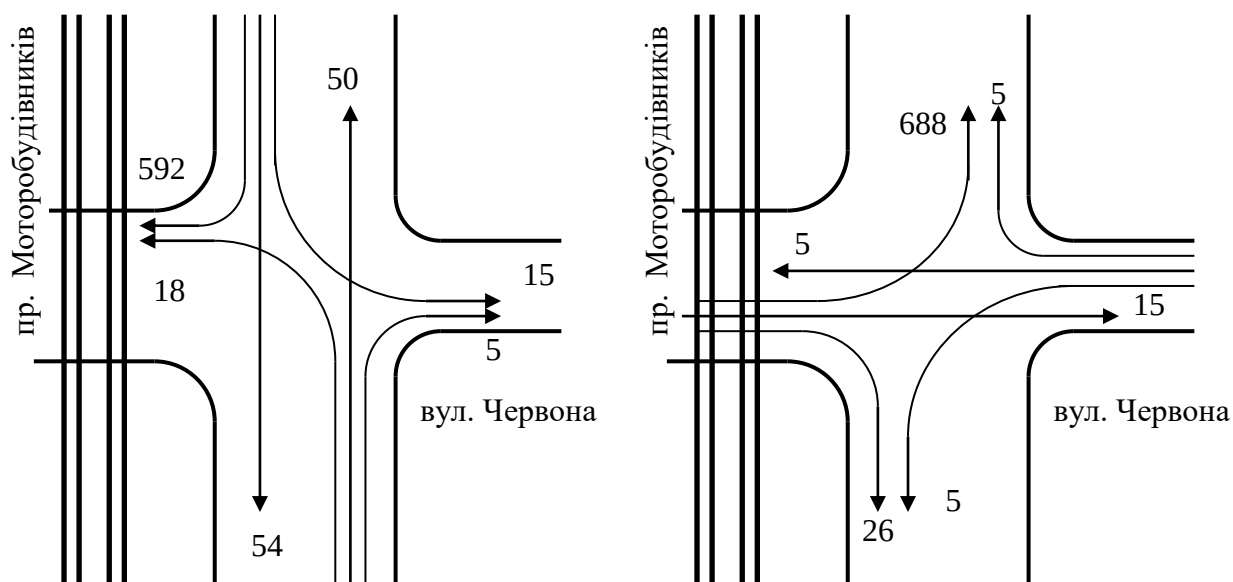


Рисунок 1.4 – Інтенсивності руху на перехресті
Моторобудівників – Червона з 16:30 до 17:30

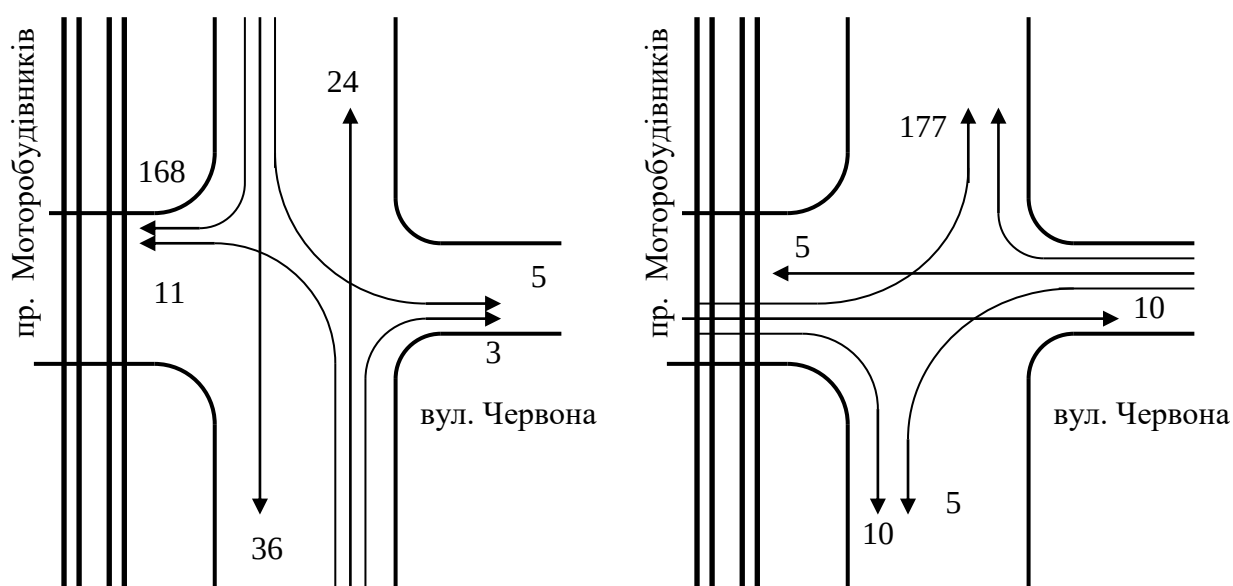


Рисунок 1.5 – Інтенсивності руху на перехресті
Моторобудівників – Червона з 12:30 до 13:30

Як бачимо в ранкові години «пік» більше транспорту рухається з Шевченківського району, у вечірні часи – навпаки у зворотному напрямку. Крім цього можна виділити, що перехрестя проспекту Моторобудівників та

вул. Червоної у між пікові години значно менше завантажено транспортом ніж в години пік.

На рисунку 1.6 наведений склад транспортних потоків на перехресті.

Отже, в транспортному потоці превалюють легкові автомобілі. Відсоток їх становить 75-80 % від загальної кількості автомобілів у потоці. Ці відсотки характерні для годин «пік». У між пікові години частка легкових автомобілів знижується до 45-50 % від загальної кількості. Це відбувається за рахунок зниження загальної інтенсивності руху та практично незмінної кількості засобів міських пасажирських перевезень у потоці.

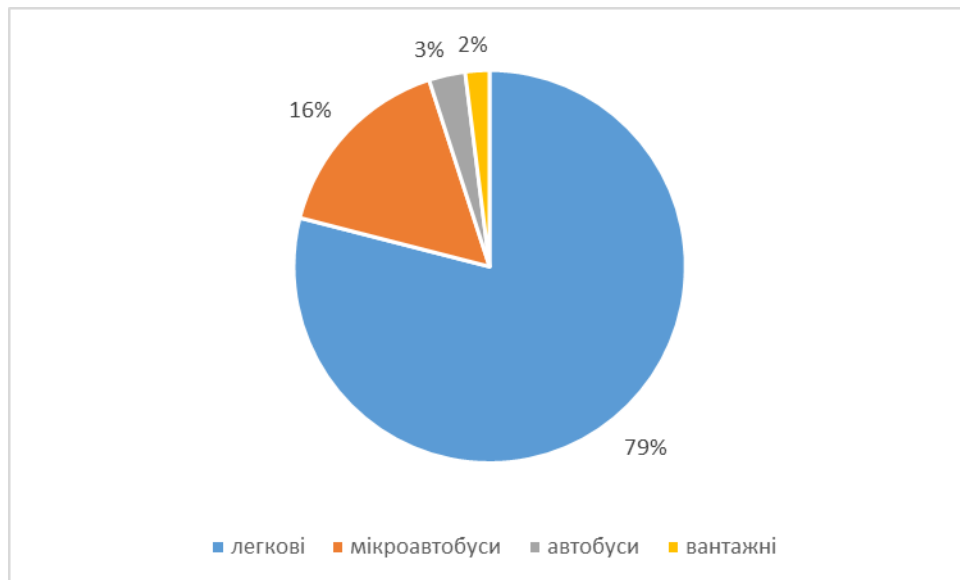


Рисунок 1.6 – Склад транспортного потоку на перехресті
Моторобудівників – Червона

1.3.2 Аналіз швидкісних режимів руху

Швидкість руху на вулиці Іванова вимірюємо приладом «ІСКРА–1».

«ІСКРА–1» - універсальний імпульсний вимірювач швидкості, який в змозі вимірювати швидкість стаціонарно та у русі, вимірювати швидкість зустрічних та супутніх автомобілів, виконувати селекцію цілей за напрямком. Також «ІСКРА–1» сполучається з відеофіксатором «Кадр–1» і персональним комп'ютером [5].

Характеристики вимірювача швидкості «ІСКРА-1» наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Тактико-технічні характеристики «ІСКРА-1» [5]

№	Параметр	Значення
1	Робоча частота	24,15±0,1 ГГц (К-діапазон)
2	Дальність виявлення	не менше 500 – 800 м
3	Діапазон вимірюваних швидкостей	30 – 220 км/год
4	Межі абсолютної погрішності виміру швидкості	±2 км/год
5	Час виміру швидкості	не більше 1 с
6	Дискретність установки граничного значення швидкості	1 км/год
7	Виділення найшвидшої цілі при перевищенні швидкості руху	на 4 км/год
8	Припустима тривалість безупинної роботи	не менше 16 годин
9	Час установки робочого режиму після включення живлення	не більше 3 с
10	Середня споживна потужність	не більше 8 Вт
11	Маса	не більше 0,9 кг (без акумулятора)
12	Припустимі граничні температури	від - 50°C до + 55 °C
13	Габаритні розміри	не більше 265x180x65 мм

Результати вимірювань швидкості наведені у таблиці 1.2. Вони містять загальну інформацію по пр. Моторобудівників.

Таблиця 1.2 – Розподіл швидкостей руху на пр. Моторобудівників

Інтервали швидкостей руху	Середина інтервалу V_i	Кількість значень m_i	Частість $f_i = \frac{m_i}{\sum m_i}$	Накопичена частість $F(V)$
10-15	12,5	4	0,004	0,004
15-20	17,5	17	0,015	0,019
20-25	22,5	22	0,020	0,038
25-30	27,5	45	0,040	0,078
30-35	32,5	80	0,071	0,150
35-40	37,5	161	0,143	0,293
40-45	42,5	240	0,214	0,507
45-50	47,5	251	0,224	0,730
50-55	52,5	170	0,151	0,882
55-60	57,5	133	0,118	1,000

Значення середньої швидкості руху (згідно з даними таблиці 1.2):

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

$$\bar{V} = \frac{49412,5}{1123} = 44 \text{ км/год.}$$

1.3.3 Характеристика пішохідних потоків

В районі перехрестя пішоходи рухаються по тротуарах. Це рух до та від зупинок маршрутного пасажирського транспорту. Також, це рух до об'єктів тяжіння: магазинів, які розташовані у безпосередній близькості до ділянки дослідження.

При вивченні характеру пішохідних потоків були виявлені наступні недоліки та особливості:

- наявний немасовий хаотичний рух через проїжджу частину пішоходів;
- значний за інтенсивністю потік пішоходів на перехресті в усіх напрямках, а особливо до та від зупинок трамваю.

Перелічені недоліки та особливості слід врахувати при поліпшенні умов руху на ділянці, що розглядається.

Найбільш інтенсивним пішохідний рух є вздовж проспекту Моторобудівників. Інтенсивність руху пішохідних потоків досягає близько 2000 чол/год. Наведена інтенсивність стосується тільки найбільш пікових годин доби - з 6:30 до 8 ранку і з 16 до 17 годин.

1.4 Визначення пропускних спроможностей вулично-дорожньої мережі

Пропускна спроможність за ідеальних умов приймається наступною (для легкових автомобілів) [4]:

- на двохсмугових дорогах – 2200 авт/год;
- на трьохсмугових дорогах – 4000 авт/год;
- на чотирьохсмугових дорогах – 1800 авт/год (однією смугою).

Завантаження перехрестя будемо оцінювати, виконуючи аналіз інтенсивність руху транспортних потоків в часи пік і порівнюючи її із пропускною спроможністю.

Пропускна спроможність розраховується за формулою [4]:

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

де V – швидкість, відповідна пропускній спроможності, м/с;

t_p – час реакції водія, с;

l_0 – зазор безпеки, м;

l_a – довжина розрахункового автомобіля, м;

β – коефіцієнт гальмування.

Коефіцієнт гальмування розраховується за формулою [4]:

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

де g – прискорення сили тяжіння, м/с²;

f – коефіцієнт опору котінню;

i – повздовжній ухил вулиці;

φ – коефіцієнт повздовжнього зчеплення шин автомобіля з покриттям.

Розрахуємо пропускну спроможність проспекту Моторобудівників.

Для розрахунків використовуємо наступні значення:

- швидкість руху: $V = 13,5$ м/с;
- час реакції водія $t_p = 1,0$ с;
- зазор безпеки: $l_0 = 2$ м;
- довжина автомобіля (середня розрахункова) $l_a = 5$ м.

Для розрахунків коефіцієнту гальмування приймаємо для найгірших можливих умов руху:

- прискорення сили тяжіння $g = 9,8$ м/с²;
- коефіцієнт опору котінню $f = 0,02$;
- повздовжній ухил $i = 0$;
- коефіцієнт зчеплення шин з покриттям $\varphi = 0,3$.

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

$$A_c = \frac{3600 \cdot 13,5}{13,5 \cdot 1 + 0,16 \cdot 182,25 + 2 + 5} = 978 \text{ авт/год.}$$

Двосмуговий рух у кожному напрямку має місце на досліджуваній території. За таких обставин необхідно враховувати зменшення пропускної здатності двох смуг внаслідок маневрування автомобілів.

Пропускна спроможність кожної смуги проїзної частини визначається по формулі [2]:

$$A_n = A_c \cdot \varepsilon_i, \quad (1.5)$$

де ε_i – коефіцієнт зниження пропускної спроможності кожної смуги.

Коефіцієнт ε_i залежно смуги руху (за Фішельсоном) [2]:

- перша смуга - 1,00;
- друга смуга - 0,85;
- третя смуга - 0,70;
- четверта смуга і далі - 0,50.

Перша смуга – це смуга, яка в напрямку руху знаходиться праворуч.

$$A_{n1} = 978 \text{ авт/год.}$$

$$A_{n2} = 0,85 \cdot 978 = 831 \text{ авт/год.}$$

Далі розраховуємо середнє значення пропускних здатностей смуг руху на дорозі.

$$A_{cp} = \frac{978 + 831}{2} = 904 \text{ авт/год.}$$

Коефіцієнт завантаження рухом розраховується за формулою [2]:

$$z = \frac{N_a}{P}, \quad (1.6)$$

де N_a – інтенсивність руху, авт/год;

P – пропускна спроможність, авт/год.

$$z = \frac{825}{978} = 0,84.$$

Коефіцієнт завантаження дорівнює $z = 0,84$. Це насичені умови руху та велика щільність транспортного потоку.

1.5 Статистика та аналіз дорожньо-транспортних пригод

Статистика аварійності за останні роки на перехресті вул. Червона – пр. Моторобудівників наведена у таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Статистичні дані аварійності

2012р.	2013р.	2014р.	2015р.	2016р.	2017р.	2018р.	2019р.
7-1-1	9-0-5	4-0-1	1-0-0	2-0-0	3-0-1	1-0-0	1-0-0

Аналіз ДТП за видами та причинами наведений в таблицях 1.4 та 1.5 відповідно.

Таблиця 1.4 – Аналіз ДТП за видами.

Зіткнення	Наїзд на пішохода	Наїзд на стоячий транспорт
21-0-5	3-1-2	1-0-0

Таблиця 1.5 – Аналіз ДТП за причинами.

Швидкість	Обгін	Ненадання пріоритету в русі	Ненадання пріоритету пішоходам	Порушення ПДР пішоходами	Маневрування
5-0-1	-	6-0-0	3-0-2	5-1-2	7-0-2

Отже, за даними таблиць 1.4-1.6 можна зазначити, що основними видами ДТП на перехресті є зіткнення та наїзд на пішохода. Однак перехрестя не є місцем концентрації ДТП в останні роки, але все одно потребує поліпшення організації руху.

1.6 Характеристика руху маршрутного пасажирського транспорту

Перевезення пасажирів громадським транспортом, його швидкість, безпека та ефективність дуже важливі для зручності населення. Ефективність цих перевезень, з одного боку, залежить від якості організації перевізником, а з іншого - від загального рівня транспортної організації, оскільки пасажирські регулярні перевезення, в принципі, не мають ізольованих від загальних транспортних потоків маршрутів руху.

Необхідними умовами забезпечення безпеки масових пасажирських перевезень є [2]:

- а) справні пасажирські транспортні засоби, що відповідають дорожніх умов і обсягу перевезень;
- б) висока кваліфікація та дисциплінованість водіїв і всього службового персоналу;
- в) справні дороги з необхідним облаштуванням;
- г) раціональна організація руху з наданням в необхідних випадках пріоритету громадському маршрутному транспорту.

Розвиток пасажирського транспорту не тільки ставить багато питань для фахівців організації руху автомобільного транспорту, але й сам має величезний вплив на весь транспортний процес. Чітка робота пасажирського транспорту може зменшити використання особистих автомобілів, особливо у відрядженнях, і, отже, зменшити навантаження на дорожню мережу. Тому чітка організація пасажирських перевезень та рухомого складу на маршруті на сьогодні є глобальним питанням організації всього міського руху.

Використання громадського транспорту є набагато економнішим, ніж використання власних машин.

На ділянці проектування проходить 11 автобусних маршрутів та 4 трамвайні маршрути.

Дані по маршрутах наведені в таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 – Характеристики маршрутів пасажирського транспорту

Маршрут	Кінцеві пункти маршруту	Тип ТЗ
Автобусні маршрути		
9	вул. Олімпійська – вул. Маковського	Богдан, Mercedes
12	Гортоп – селище Будівників	БАЗ, ПАЗ
13	пл. Університетська – станція Запоріжжя-Ліве	ПАЗ, ГАЗ
22	Річковий вокзал – вул. Квіткова	ГАЗ, БАЗ
25	Гортоп – вул. Червонополянська	БАЗ
32	Матвіївське кладовище – Гортоп	ПАЗ, БАЗ
37	4-й Південний мкр-н – Аеропорт	Mercedes
42	3-й Південний мкр-н – вул. І.Сікорського	Богдан, Mercedes
44	Вокзал «Запоріжжя-1» – Тепличний комбінат	Mercedes
57	Гортоп – комбінат «Запоріжсталь»	МАЗ
60	Гортоп – вул. Авраменко	ГАЗ
94	вул Б. Завади – Сімферопольське шосе	МАЗ

Кінець таблиці 1.6

Маршрут	Кінцеві пункти маршруту	Тип ТЗ
Трамвайні маршрути		
10	м. Волі – м'ясокомбінат	трамвай
12	м. Волі – кільце «Зелений яр»	трамвай
14	Запорожцирк - Автострада	трамвай
15	м. Волі – Шевченківський мкр-н	трамвай

1.7 Аналіз організації дорожнього руху на перехресті проспекту Моторобудівників та вулиці Червоної

Дорожній рух на перехресті організовано за допомогою світлофорів та дорожніх знаків. Під час обстеження дорожня розмітка була повністю відсутня.

Світлофорний об'єкт на перехресті включає в себе транспортні та пішохідні світлофори. Робота його організована за пофазовою схемою. Регулювання на перехресті виконується за двома фазами, які наведені на рисунку 1.7.

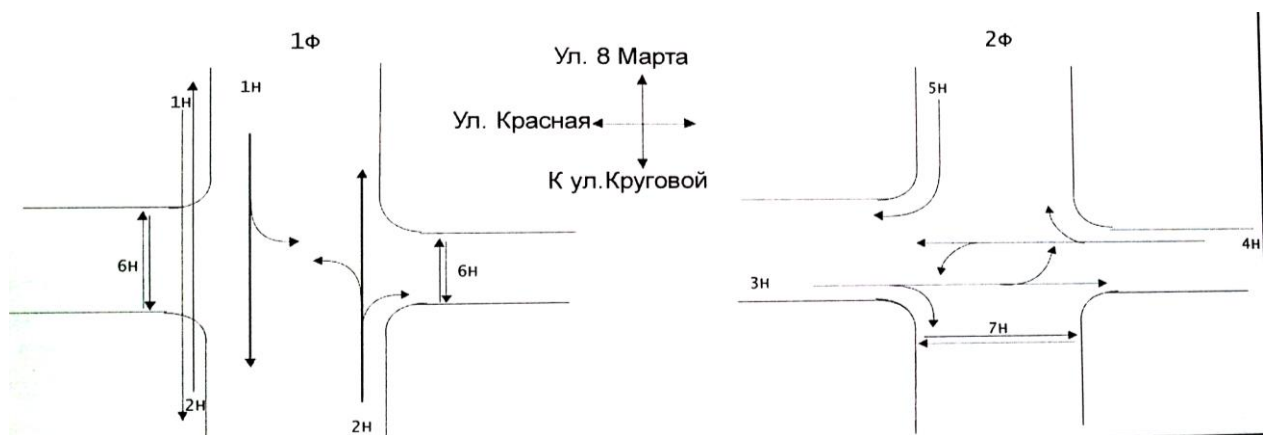


Рисунок 1.7 – Схема пофазового роз'їзду

Довжина циклу регулювання світлофорного об'єкту на перехресті дорівнює 52 с. Циклограма роботи світлофорного об'єкту на перехресті проспекту Моторобудівників та вулиці Червона наведена на рисунку 1.8.

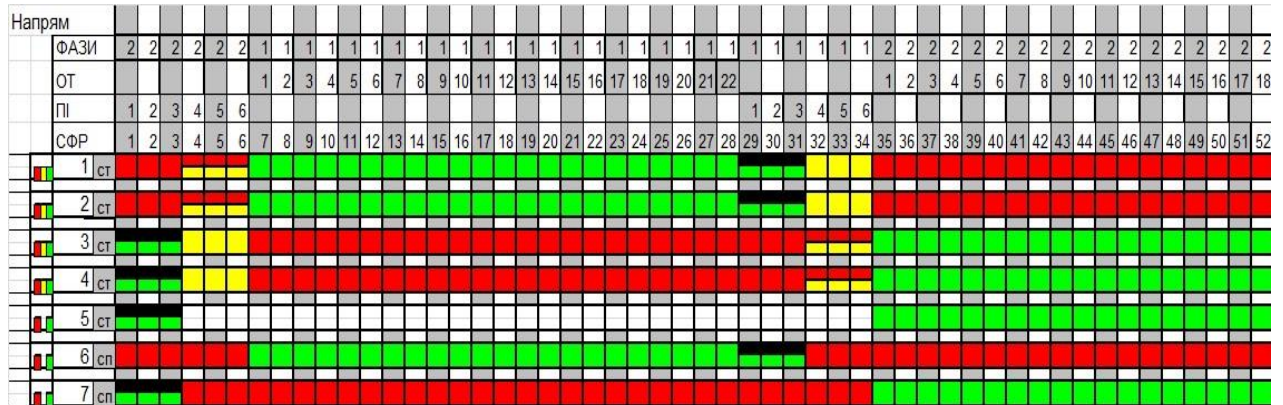


Рисунок 1.8 – Циклограма роботи світлофорного об'єкту

Схема розташування світлофорного обладнання на перехресті наведена на рисунку 1.9.

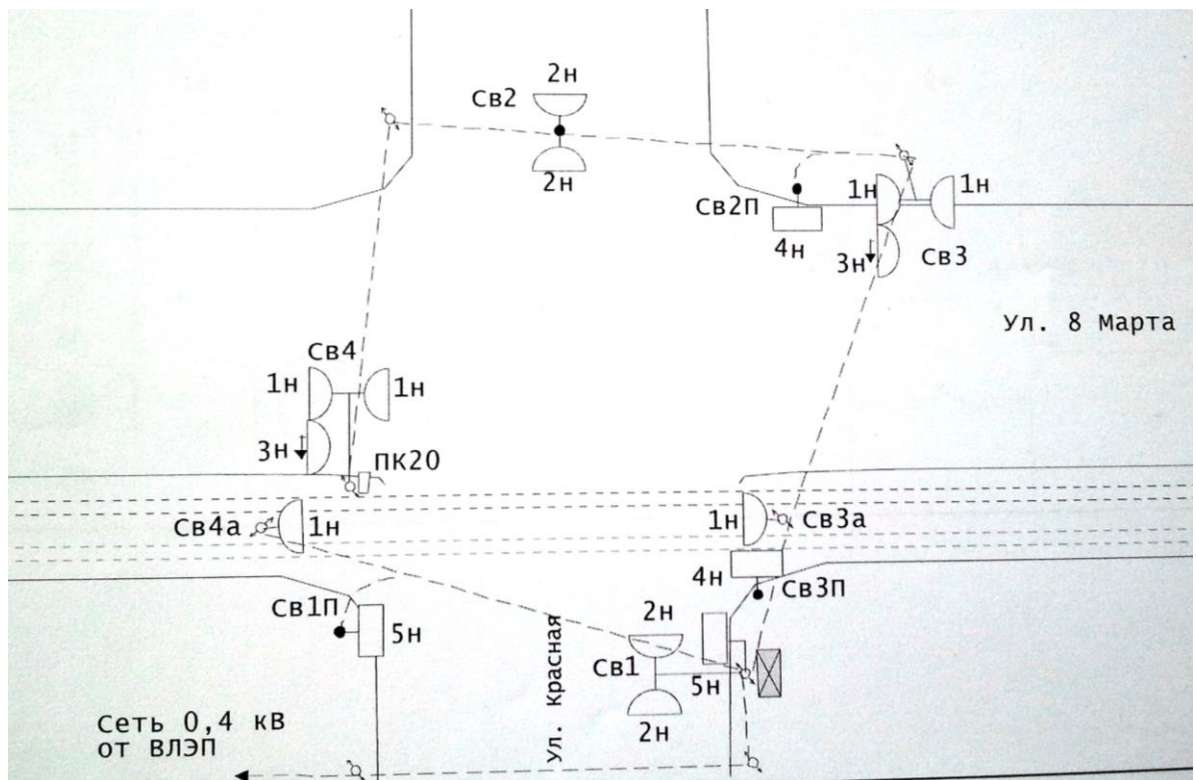


Рисунок 1.9 – Схема розташування світлофорного обладнання на перехресті проспекту Моторобудівників та вулиці Червона

1.8 Існуючі недоліки та постановка задач на магістерську роботу

Беручі до уваги схему організації дорожнього руху на перехресті проспекту Моторобудівників та вулиці Червоної та оцінивши існуючий рівень безпеки руху та ефективність його організації можливо зазначити ряд недоліків:

- складність регулювання на перехресті із застосуванням нестандартної схеми пофазових роз'їздів внаслідок руху трамваїв;
- внаслідок використання нестандартної схеми пофазового роз'їзду виникають небезпечні ситуації при наявності руху з другорядного напрямку по вулиці Червона;
- наявність значних коливань інтенсивностей транспортних потоків та неврахування цих коливань при організації руху на перехресті;
- деякі вади в застосуванні технічних засобів організації дорожнього руху на перехресті.

Для усунення зазначених недоліків та підвищення безпеки руху транспортних засобів та пасажирів на ділянці передбачається наступне:

- застосування детекторів транспорту для другорядного напрямку по вулиці Червона;
- застосування детекторів транспорту для трамваїв в обох напрямках руху;
- зміна режимів роботи світлофорного об'єкту на перехресті;
- застосування кількох режимів роботи світлофорного об'єкту для врахування змін інтенсивності руху транспортних потоків;
- встановлення додаткових дорожніх знаків та нанесення дорожньої розмітки.

2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Застосування детекторів транспорту

Детектори транспорту призначені для виявлення транспортних засобів та визначення параметрів транспортних потоків. Ці дані необхідні для реалізації алгоритмів гнучкого регулювання, розрахунку або автоматичного вибору програми управління дорожнім рухом. Саме для останнього пропонується використати детектори транспорту на перехресті проспекту Моторобудівників та вулиці Червоної.

Будь-який детектор складається з чуттєвого елементу, підсилювача-перетворювача та вихідного приладу. Чуттєвий елемент безпосередньо сприймає факт проходження або присутності транспортного засобу в зоні, яка контролюється детектором, і створює первинний сигнал. Підсилювач-перетворювач підсилює, оброблює та перетворює первинні сигнали до виду, який придатний для реєстрації параметру транспортного потоку, що вимірюється. Вихідний прилад призначений для зберігання і передачі спеціальними каналами зв'язку інформації до центру керування або контролеру світлофорного об'єкту [5].

За призначенням детектори поділяються на прохідні та присутності. Прохідні детектори видають нормовані по довжині сигнали при появі транспортного засобу в зоні контролю. Параметри сигналу не залежать від часу знаходження транспортного засобу в зоні. Тобто цей тип детекторів фіксує тільки факт появи автомобіля. Детектори присутності видають сигнали на протязі всього часу знаходження транспортного засобу в зоні контролю [5].

В нашому випадку використання детекторів дозволить реорганізувати пофазний роз'їзд, зменшити небезпеку на перехресті та значно скоротити транспортні затримки.

Прохідний детектор пропонується встановити на другорядному напрямку по вулиці Червона. Детектор буде сповіщати про наявність транспортних засобів з цього напрямку. Якщо такі присутні, світлофорний об'єкт буде працювати в режимі, як зараз. Якщо ж транспорту з цього боку немає, параметри регулювання будуть змінюватись.

Дослідження руху на перехресті дозволяє стверджувати наступне. Трамваї прибувають до перехрестя з частотою, яка менша в середньому, ніж один трамвай за один цикл роботи світлофорів. Це означає, що можливо розглянути застосування різних режимів регулювання для напрямів, в які входять траєкторії трамваїв. Тобто пропонується встановлення спеціалізованого детектору транспорту, який буде сповіщати систему про наявність трамвайного руху в оперативному режимі (див. рис. 2.1).

Сигнали з обох детекторних приладів будуть надходити до контролеру світлофорного об'єкту перехрестя. В залежності від цих сигналів буде змінюватись програма регулювання, що дозволить оптимізувати рух на перехресті з точки зору потенційних транспортних затримок.

Детальний опис та розрахунок роботи світлофорного об'єкту в різних випадках наведений в п. 2.2.2

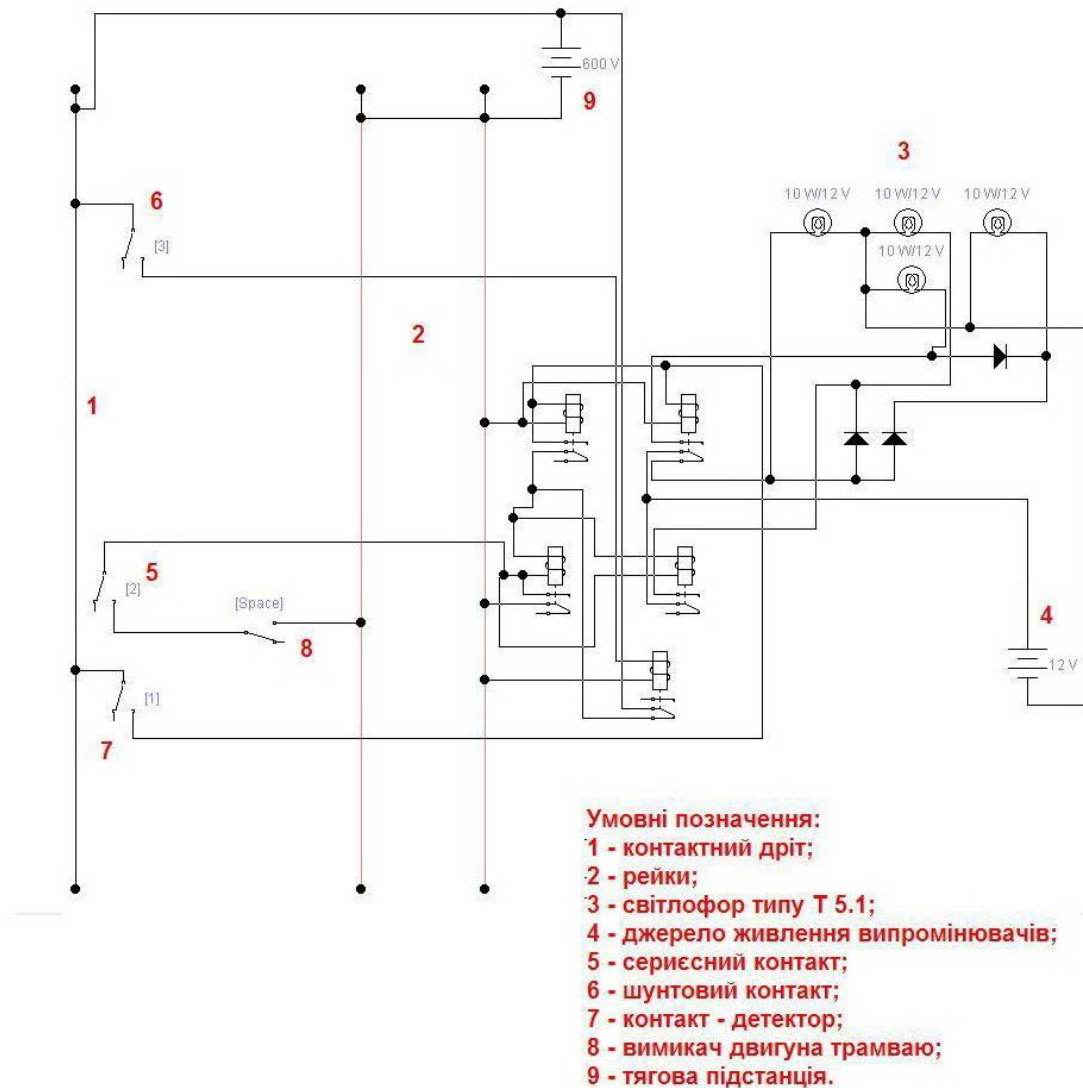


Рисунок 2.1 – Електрична схема детекторного приладу для трамваїв

2.2 Розробка режимів роботи світлофорного об'єкту

2.2.1 Аналіз схем пофазового роз'їзду

Управління дорожнім рухом на перехресті проспекту Моторобудівників та вулиці Червона виконується за допомогою світлофорів.

Використання світлофорів усуває найнебезпечніші конфлікти між учасниками руху, що покращує його безпеку.

Світлофори - це технічний засіб першої групи організації дорожнього руху, що включає такі засоби, які безпосередньо впливають на дорожній рух та пішохідний потік для створення їх ключових параметрів. Світлофори забезпечують розподіл руху транспорту та потоку пішоходів, що рухаються у конфліктних напрямках, за часом.

Порядок використання світлофорів, їх тип та черговість сигналів відповідає Міжнародній конвенції про знаки та сигнали.

Транспортні світлофори використовуються з трьома секціями і з додатковим компонентом (секцією).

В складі світлофорного об'єкту на перехресті проспекту Моторобудівників та вулиці Червона є основні та дублюючі світлофори.

Зараз перехрестя проспекту Моторобудівників та вулиці Червона регулюється за двофазною схемою.

Фаза регулювання – це сукупність основного і наступного за ним проміжного такту. Такт регулювання – це період дії визначеної комбінації світлофорних сигналів. Цикл регулювання – сукупність фаз, яка періодично повторюється [5]. Частини світлофорного циклу отримуються за допомогою розрахунків.

Напрями руху об'єднуються в фази світлофорного регулювання. На рисунку 1.7 наведені існуючі фази світлофорного регулювання на перехресті проспекту Моторобудівників та вулиці Червона.

На перехресті проспекту Моторобудівників та вулиці Червона світлофорний цикл становить 52 секунди.

Робота світлофорів на перехресті представляється в якості циклограми.

Аналіз режимів регулювання рухом та аналіз існуючих інтенсивностей доводять невідповідність цих характеристик одна одній. Так в лівоповоротному напрямку з вулиці Червоної на проспект Моторобудівників в пікові години рухається більше 500 одиниць транспорту. При розрахунках кількості фаз в [5] рекомендовано не об'єднувати в одну фазу прямі та лівоповоротні потоки, що їх перетинають, з інтенсивністю більше 120

одиниць за годину. Отже, на перехресті виходячи з цієї вимоги повинно бути три фази.

Однак, потрібно врахувати дуже низьку інтенсивність руху по вулиці Червона з боку районної адміністрації. Тому, щоб вирішити обидва ці питання, пропонується змінити схеми пофазових роз'їздів. Крім цього, пропонується організувати регулювання руху на перехресті за трьома програмами, кожна з яких буде спеціалізована для ранкових, вечірніх та міжпікових годин.

Також для зменшення транспортних затримок на перехресті пропонується виконання змін в регулюванні рухом для пропуску трамваїв у випадку їх наявності. Таким чином, можна буде отримати досить гнучку систему регулювання. Розглянемо її більш детально.

Для зручності зведемо до таблиці 2.1 всі можливі варіанти на перехресті. Кожному з цих варіантів будуть відповідати свої схеми пофазних роз'їздів, які наведені на рисунках 2.2 – 2.5.

Таблиця 2.1 – Можливі варіанти руху на перехресті

Трамваї	Рух вул. Червона з другорядного напрямку	Схема роз'їзду
відсутні	відсутній	1 (рисунок 2.2)
наявні	відсутній	2 (рисунок 2.3)
відсутні	наявний	3 (рисунок 2.4)
наявні	наявний	4 (рисунок 2.5)

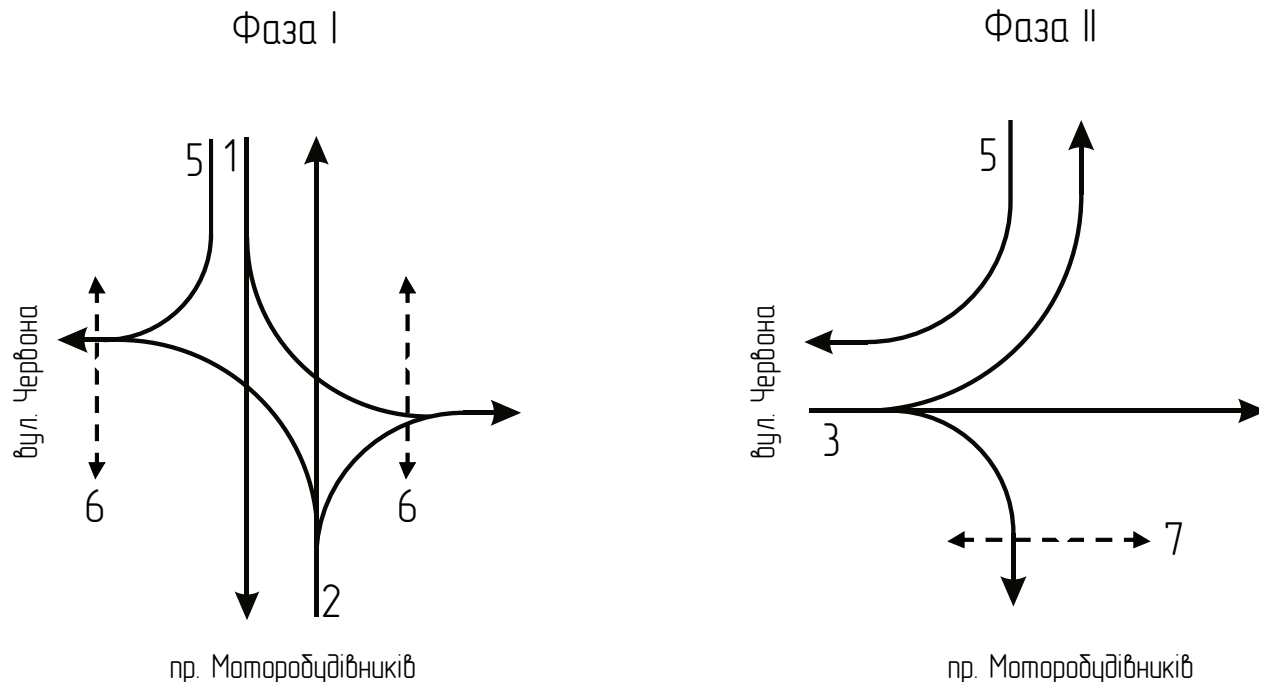


Рисунок 2.2 – Схема пофазного роз'їзду № 1

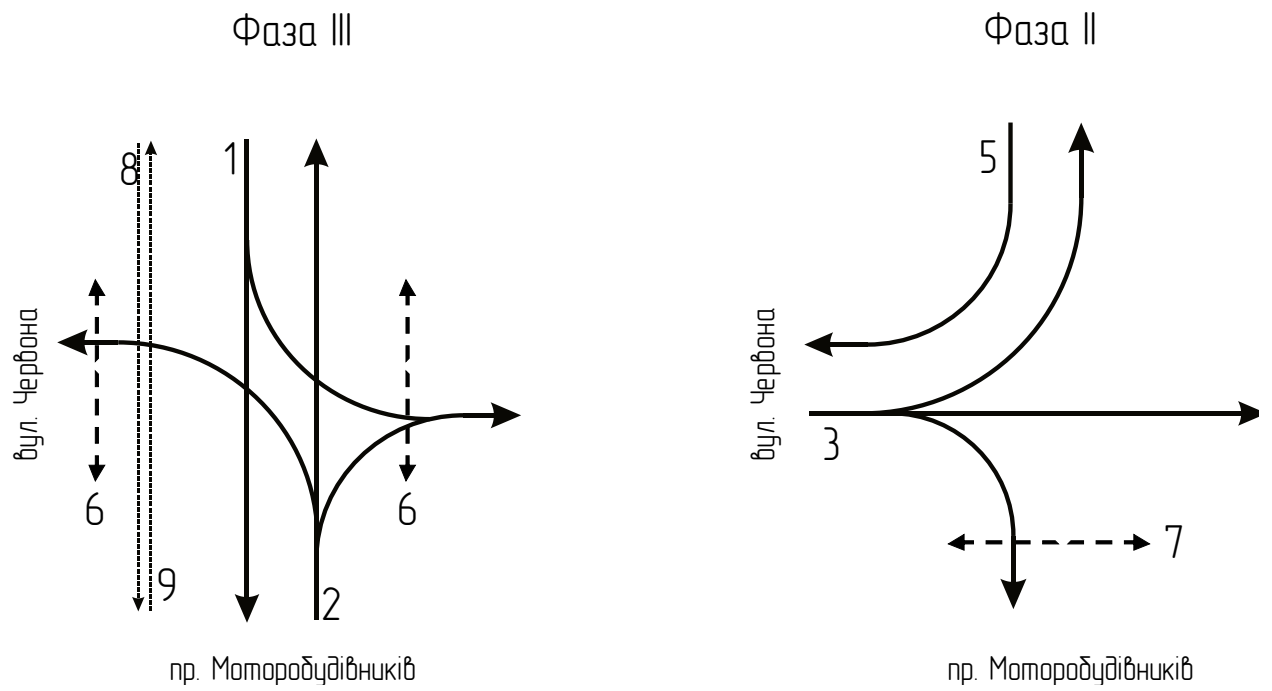


Рисунок 2.3 – Схема пофазного роз'їзду № 2

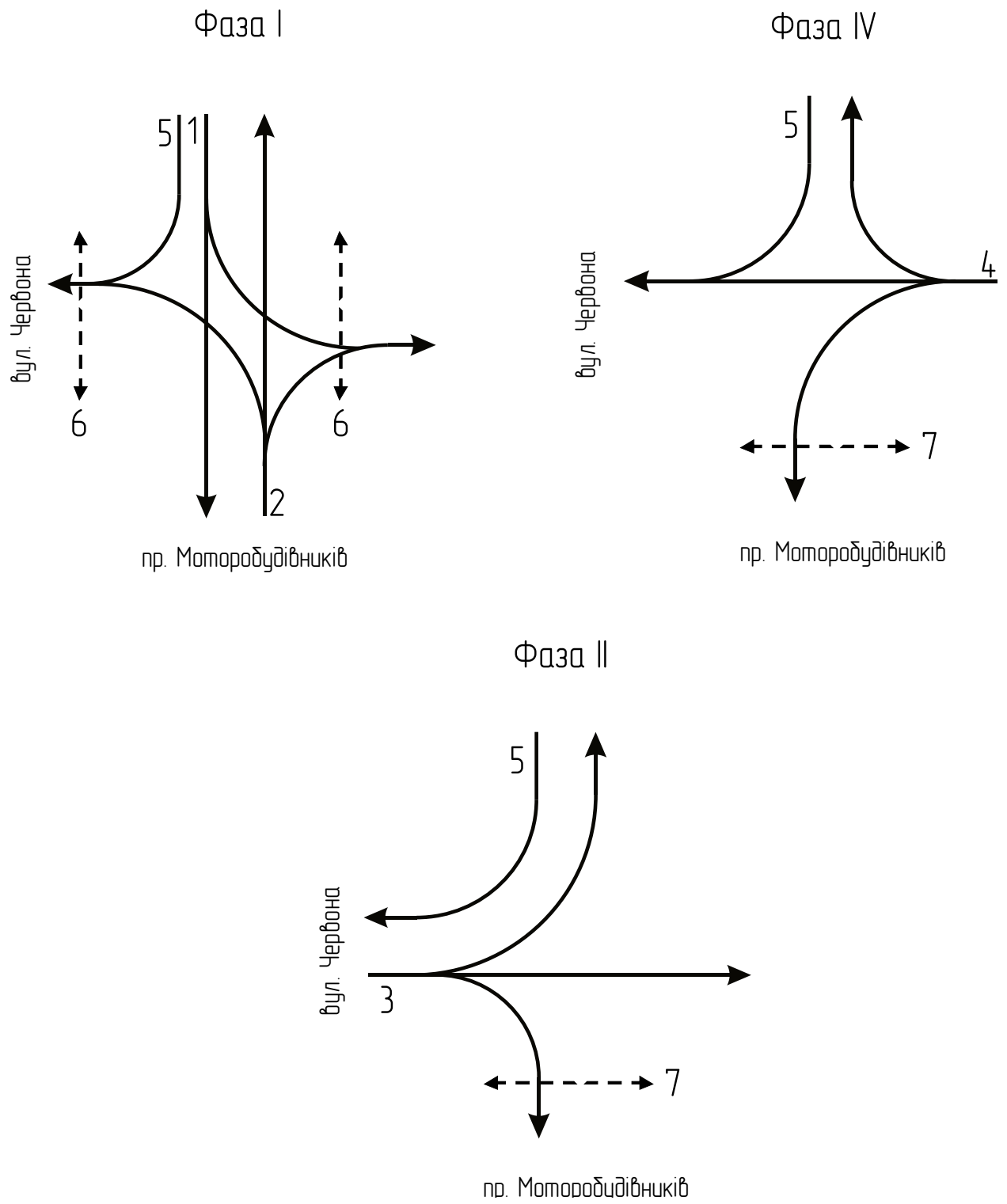


Рисунок 2.4 – Схема пофазного роз'їзду № 3

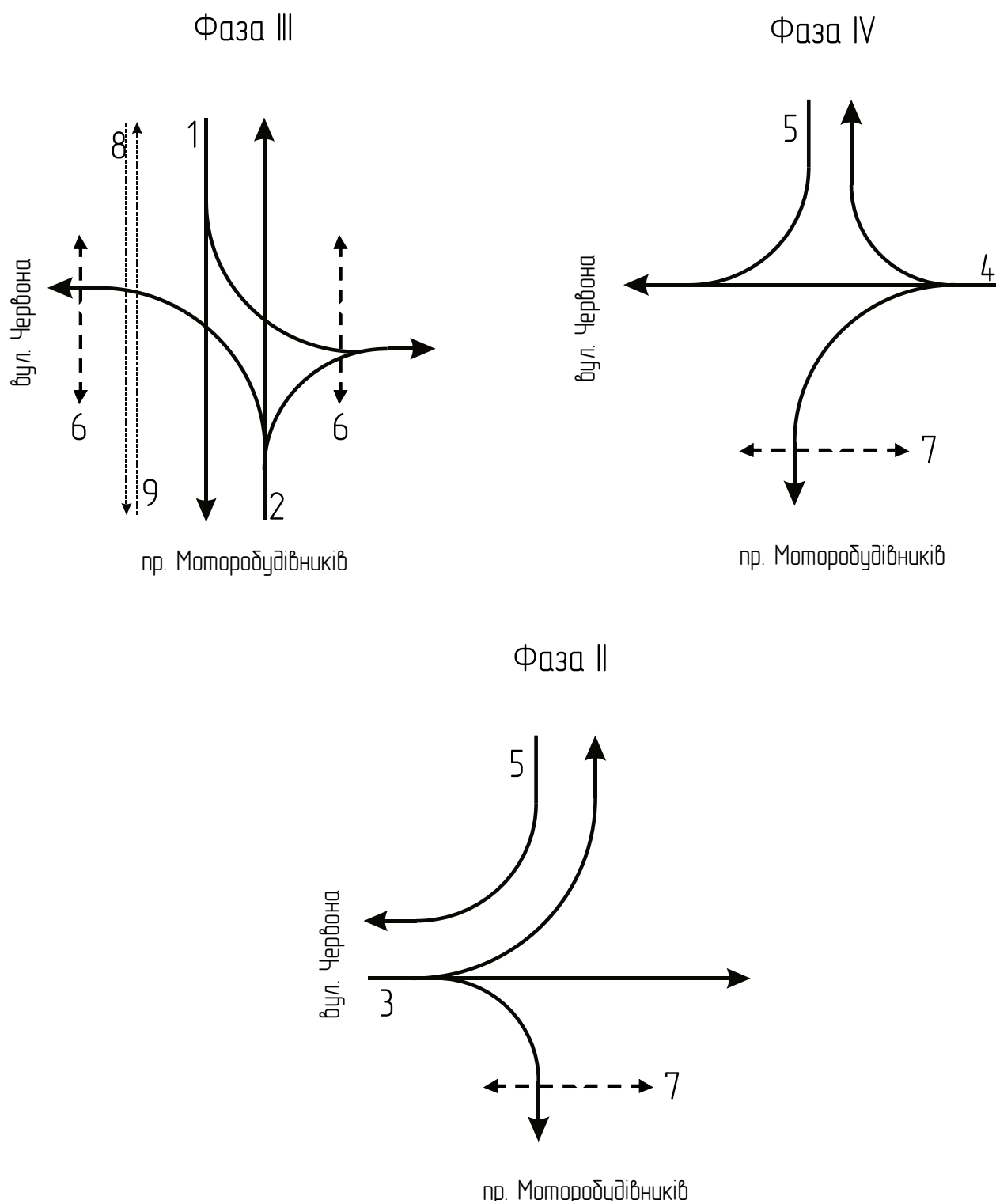


Рисунок 2.5 – Схема пофазного роз'їзду № 4

Як бачимо з попередніх рисунків, така система розподілу руху на перехресті складається з чотирьох схем, дві з яких мають по три фази регулювання світлофорного об'єкту.

Робота світлофорного об'єкту за цих умов буде виконуватись наступним чином. Перед включенням першої фази перевіряється наявність трамваїв за допомогою детектору транспорту. Якщо трамваї відсутні, починає працювати перша фаза. Якщо ж трамваї наявні, то спрацьовує третя фаза.

Далі перевіряється наявність транспорту по вулиці Червоній в другорядному напрямку. Якщо транспорту немає – працює друга фаза, якщо є – фаза четверта та друга відповідно.

Така організація роботи світлофорного об'єкту дасть змогу значно скоротити фактичні затримки руху на перехресті.

2.2.2 Розрахунок елементів світлофорного циклу

Для того, щоб зменшити затримки руху на перехресті, потрібно враховувати зміни обсягу руху на протязі доби в роботі світлофорів. Рекомендується використовувати три режими роботи - ранковий пік, вечірній пік та проміжний.

Щоб розрахувати ці режими, потрібно скласти матрицю конфліктів.

Матриця конфліктів транспортних напрямів B – це квадратна матриця, елемент B_{ij} якої дорівнює відстані від лінії «Стоп» транспортного напрямку i до дальньої конфліктної точки цього напрямку з траєкторіями, що входять до напрямку j [5].

Значення елементів матриці конфліктів залежать від [5]:

- геометричних параметрів перехрестя;
- розподілення траєкторій за напрямками.

Розрахунок конфліктної матриці виконується за формулою [5]:

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

де $B_{\text{стоп-світ}}$ – відстань від лінії «Стоп» до світлофора, $B_{\text{стоп-світ}} = 3$ м;

$B_{свим-пч}$ – відстань від світлофора до проїжджої частини, $B_{свим-пч} = 1$ м;

$B_{траектор}$ – довжина траєкторії руху, м.

Розрахунки зроблено та приведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Матриця конфліктів, м

Напрямки	1	2	3	4	5	8	9
1	X	0	26	-16,5	0	0	0
2	0	X	-28,5	21	0	0	0
3	-19,5	20,5	X	-16,5	0	12	5
4	20,5	-19,5	-7,85	X	0	5	12
5	0	0	0	0	X	5	12
8	0	0	3	25	-11,7	X	0
9	0	0	4,5	23,5	-10,2	0	X

Перехідний інтервал – це проміжок у світлофорному циклі, протягом якого хоч в одній сигнальній групі здійснюється перехід з зеленого на червоний сигнал та з червоного на зелений сигнал [5]. Перехідний інтервал призначений для проїзду через перехрестя транспортних засобів, які вже перетнули лінію «Стоп» під час активації заборонного сигналу.

Тактом називають проміжок часу в циклі світлофорного об'єкту, коли сигнали не змінюються для жодного світлофора. Такти розрізняють основні та додаткові. Основні такти є частинами світлофорного циклу, а додаткові такти при об'єднанні складають перехідний інтервал [5].

Величина перехідного інтервалу розраховується за формулою [5]:

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

де t_p – час реакції водія, $t_p = 1$ с;

V_k – швидкість координації, $V_k = 16,67$ м/с;

a^k – прискорення уповільнення, $a^k = 3,0$ м/с²;

B_i – ширина перехрестя між лініями «Стоп», м;

l_a – умовна довжина приведенного автомобіля, $l_a = 5$ м.

Величина фазових коефіцієнтів розраховується за формулою [5]:

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

де N_j^i – інтенсивність руху, од/год;

M_j – потік насичення, од/год.

Сума фазових коефіцієнтів розраховується за формулою [5]:

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

Величина циклу регулювання розраховується за формулою [5]:

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

де L_k – час циклу, с.

Час циклу розраховується за формулою [5]:

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

Величина тривалості основних тактів розраховується за формулою [5]:

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

де $\bar{y}^M$ – фазовий коефіцієнт фази, в якій відбувається рух вздовж магістралі.

Величини коефіцієнтів корекції розраховується за формулами [5]:

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

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

де B – ширина проїжджої частини, яку перетинають пішоходи, м;
 V_{niu} – швидкість руху пішоходів, м/с (згідно [6] $V_{niu} = 1,3$ км/год).

Задля автоматизації процесу всі вище наведені розрахунки виконуються із застосуванням спеціалізованого програмного продукту, що був розроблений на кафедрі «Транспортні технології» національного університету «Запорізька політехніка».

Результати розрахунків наведені в таблицях 2.3 – 2.14 для кожного пофазового роз'їзду, які зазначені на рисунках 2.2 – 2.5.

Таблиця 2.3 – Параметри циклу світлофорного регулювання на перехресті для схеми пофазового роз'їзду № 1 в ранкові години

Тривалості елементів циклу, с		
перехідний інтервал між фазами:	1 та 2	8
	2 та 1	8
Цикл регулювання – 36 с		
основний такт:	1	9
	2	11

Таблиця 2.4 – Параметри циклу світлофорного регулювання на перехресті для схеми пофазового роз'їзду № 1 в міжпикові години

Тривалості елементів циклу, с		
перехідний інтервал між фазами:	1 та 2	8
	2 та 1	8
Цикл регулювання – 34 с		
основний такт:	1	9
	2	9

Таблиця 2.5 – Параметри циклу світлофорного регулювання на перехресті для схеми пофазового роз'їзду № 1 у вечірні години

Тривалості елементів циклу, с		
перехідний інтервал між фазами:	1 та 2	8
	2 та 1	8
Цикл регулювання – 39 с		
основний такт:	1	9
	2	14

Таблиця 2.6 – Параметри циклу світлофорного регулювання на перехресті для схеми пофазового роз'їзду № 2 в ранкові години

Тривалості елементів циклу, с		
перехідний інтервал між фазами:	3 та 2	8
	2 та 3	8
Цикл регулювання – 50 с		
основний такт:	3	14
	2	20

Таблиця 2.7 – Параметри циклу світлофорного регулювання на перехресті для схеми пофазового роз'їзду № 2 в міжпикові години

Тривалості елементів циклу, с		
перехідний інтервал між фазами:	3 та 2	8
	2 та 3	8
Цикл регулювання – 46 с		
основний такт:	3	11
	2	19

Таблиця 2.8 – Параметри циклу світлофорного регулювання на перехресті для схеми пофазового роз'їзду № 2 у вечірні години

Тривалості елементів циклу, с		
перехідний інтервал між фазами:	3 та 2	8
	2 та 3	8
Цикл регулювання – 58 с		
основний такт:	3	16
	2	26

Таблиця 2.9 – Параметри циклу світлофорного регулювання на перехресті для схеми пофазового роз'їзду № 3 в ранкові години

Тривалості елементів циклу, с		
перехідний інтервал між фазами:	1 та 2	8
	2 та 4	7
	4 та 1	7
Цикл регулювання – 67 с		
основний такт:	1	19
	2	19
	4	7

Таблиця 2.10 – Параметри циклу світлофорного регулювання на перехресті для схеми пофазового роз'їзду № 3 в міжпикові години

Тривалості елементів циклу, с		
перехідний інтервал між фазами:	1 та 2	8
	2 та 4	7
	4 та 1	7
Цикл регулювання – 58 с		
основний такт:	1	14
	2	15
	4	7

Таблиця 2.11 – Параметри циклу світлофорного регулювання на перехресті для схеми пофазового роз'їзду № 3 у вечірні години

Тривалості елементів циклу, с		
перехідний інтервал між фазами:	1 та 2	8
	2 та 4	7
	4 та 1	7

Кінець таблиці 2.11

Цикл регулювання – 69 с		
основний такт:	1	13
	2	25
	4	7

Таблиця 2.12 – Параметри циклу світлофорного регулювання на перехресті для схеми пофазового роз'їзду № 4 в ранковій годині

Тривалості елементів циклу, с		
перехідний інтервал між фазами:	3 та 2	8
	2 та 4	7
	4 та 3	7
основний такт:	3	19
	2	21
	4	7

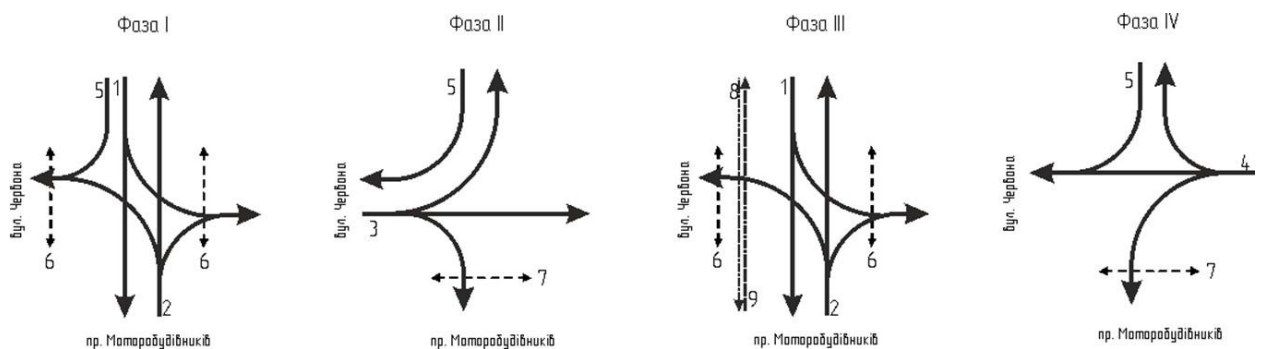
Таблиця 2.13 – Параметри циклу світлофорного регулювання на перехресті для схеми пофазового роз'їзду № 4 в міжпиковій годині

Тривалості елементів циклу, с		
перехідний інтервал між фазами:	3 та 2	8
	2 та 4	7
	4 та 3	7
Цикл регулювання – 62 с		
основний такт:	3	13
	2	20
	4	7

Таблиця 2.14 – Параметри циклу світлофорного регулювання на перехресті для схеми пофазового роз'їзду № 4 у вечірні години

Тривалості елементів циклу, с		
перехідний інтервал між фазами:	3 та 2	8
	2 та 4	7
	4 та 3	7
Цикл регулювання – 82 с		
основний такт:	3	21
	2	32
	4	7

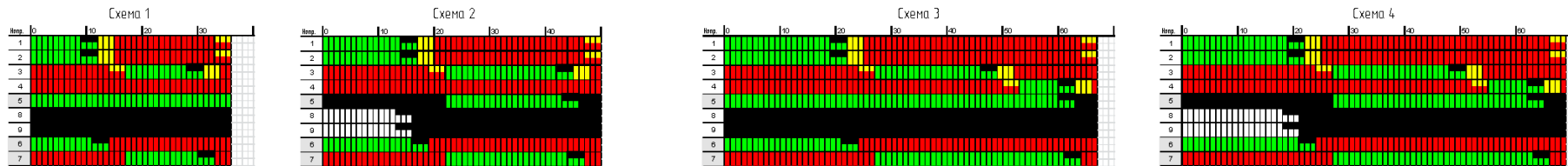
Розраховані режими роботи та відповідні їм циклограми світлофорних об'єктів наведені на рисунках 2.6 та 2.7.



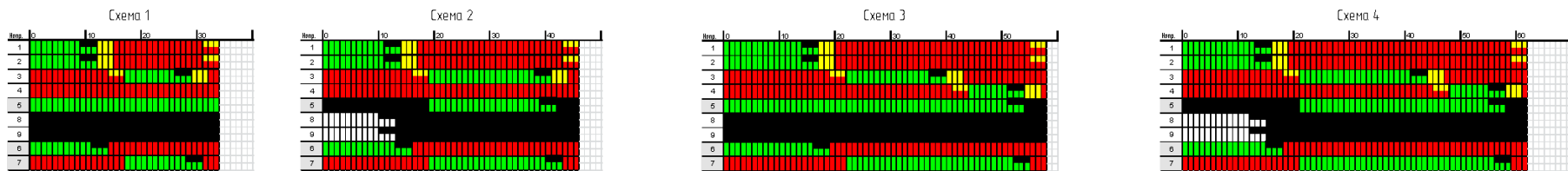
Схеми	Трамваї	Рух вул. Червона з другорядного напрямку	Схема роз'їзду
1	відсутні	відсутній	фази I – II
2	наявні	відсутній	фази III – II
3	відсутні	наявний	фази I – II – IV
4	наявні	наявний	фази III – II – IV

Рисунок 2.6 – Фази регулювання та можливі варіанти руху на перехресті

Циклограми світлофорного об'єкту в ранковій години з 7:30 до 8:30



Циклограми світлофорного об'єкту в міжпиковій години з 12:30 до 13:30



Циклограми світлофорного об'єкту у вечірній години з 16:30 до 17:30

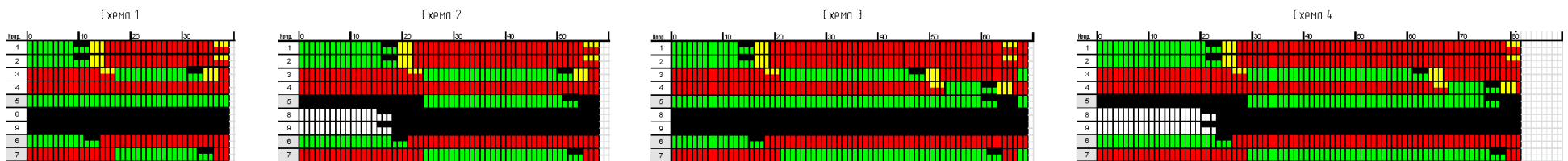


Рисунок 2.7 – Циклограми роботи світлофорного об'єкту

2.3 Організація дорожнього руху на перехресті проспекту Моторобудівників та вулиці Червоної

2.3.1 Організація руху за допомогою дорожніх знаків

Основне призначення дорожніх знаків – це забезпечення безпеки руху та процесів управління рухом на автомобільних дорогах усіх категорій. Умови на дорогах бувають різні. Дорожні знаки інформують учасників руху (пішоходів та водіїв) про наявні особливості дорожніх умов. Також дорожні знаки можуть визначати певний порядок руху на ділянках автомобільних доріг та вулицях населених пунктів.

Дорожні знаки поділяються на керовані та некеровані. Перші мають можливість для зміни інформації, яку надають. Другі не мають такої можливості [5].

За своїм призначенням згідно [7] дорожні знаки класифікуються в наступні групи: попереджувальні, пріоритету, заборонні, наказові, інформаційно-вказівні, сервісу та знаки додаткової інформації.

Дорожні знаки відрізняються один від одного формою, розмірами, нумерацією, вимогами до розташування на вулично-дорожній мережі.

Експертиза розташування дорожніх знаків на перехресті проспекту Моторобудівників та вулиці Червоної виявила кілька недоліків у використанні та встановленні. Крім того, для нового плану дорожнього руху повинні бути встановлені додаткові дорожні знаки.

В таблиці 2.15 наведена відомість нових дорожніх знаків, які встановлюються.

Таблиця 2.15 – Відомість дорожніх знаків, що встановлюються

№ знака	Дорожні знаки	
	Кількість	Група
5.35	1	Інформаційно-вказівні
5.18	4	
Всього	5	

Нова схема організації руху наведена на рисунку 2.8.

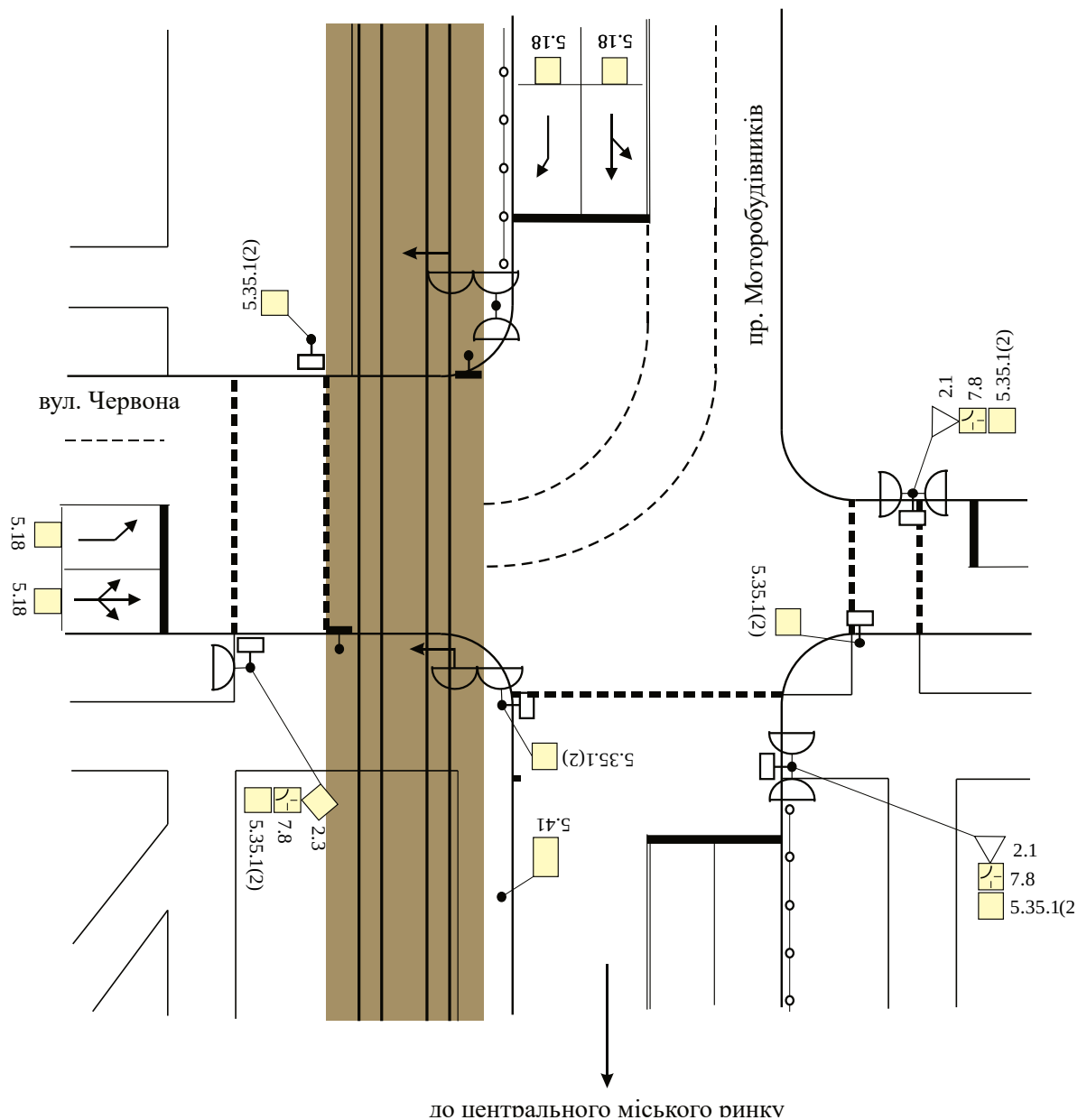


Рисунок 2.8 – Нова схема ОДР на перехресті

2.3.2 Організація руху за допомогою дорожньої розмітки

Розмітка дорожня призначена для встановлення порядку руху на автомобільних дорогах та вулицях та для інформування учасників руху про наявні дорожні умови. Розмітка дорожня представляє собою лінії, написи та інші позначення, які безпосередньо нанесені на проїжджу частину чи дорожні споруди [5].

Основна класифікація дорожньої розмітки поділяє її на горизонтальну та вертикальну.

Дорожня розмітка, яка нанесена на проїжджу частину називається горизонтальною, розмітка ж, яка нанесена на дорожні споруди, називається вертикальною. Зазвичай вертикальну розмітку використовують для позначення небезпечних об'єктів повздовж проїжджої частини доріг [5].

Використання дорожньої розмітки в Україні регламентовано вимогами [8].

При дослідженні перехрестя проспекту Моторобудівників та вулиці Червоної розмітка була частково відсутня. Необхідно розробити схему її нанесення.

В таблиці 2.16 приведений перелік розмітки, яку необхідно нанести на перехресті.

Таблиця 2.16 – Дорожня розмітка, що має бути на перехресті

Тип розмітки	Одиниці виміру	Кількість
1.1	м ²	6,5
1.3		2,5
1.5		5,5
1.6		0,8
1.14.2		10,5
1.18		10,5
Всього		36,3

2.3.3 Організація руху трамваїв у нових умовах

Відокремлення напрямків руху трамваїв від напрямків руху автомобільних потоків в режимах регулювання на перехресті, що передбачаються пропонованими рішеннями, потребують реорганізації управління рухом трамваїв. В нових умовах управління трамвайним рухом пропонується виконувати за допомогою світлофорів типу 5.

Управління трамвайним рухом планується здійснювати за допомогою транспортного світлофору типу Т 5.1, який наведений на рисунку 2.6.

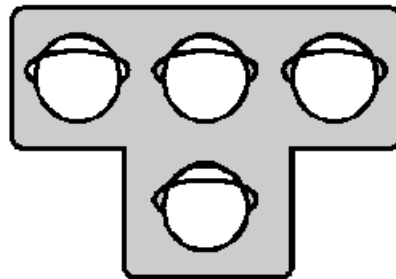


Рисунок 2.6 – Трамвайний світлофор типу 5.1

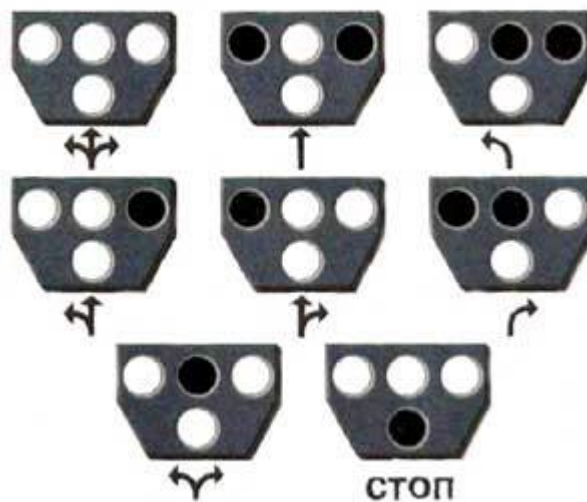


Рисунок 2.7 – Значення сигналів трамвайного світлофора [5]

Якщо нижній сигнал світлофору горить разом із одним чи кількома верхніми сигналами – рух дозволено. Рух заборонено, якщо горять тільки три верхні сигнали. Значення сигналів трамвайного світлофору на ведені на рисунку 2.7.

Слід зазначити, що згідно пункту 7.6 [6], транспортні світлофори типу 5 повинні використовуватись виключно для реалізації безконфліктного трамвайного руху.

3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Економічна ефективність нової схеми ОДР на перехресті проспекту Моторобудівників та вулиці Червоної буде отримана внаслідок зменшення затримок руху.

Капіталовкладення на реалізацію нової схеми ОДР має наступну структуру:

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

де K_{cv} – капітальні вкладення на придбання та встановлення додаткових світлофорів, грн.;

K_{dm} – капітальні вкладення на придбання та підключення детекторів транспорту, грн.;

K_k – капітальні вкладення на заміну контролера, грн.;

K_{zn} – капітальні вкладення на дорожні знаки, грн.

Для реалізації нової схеми руху необхідно встановлення двох світлофорів типу 5 для управління трамвайним рухом. За даними «Символ» вартість одного світлофора складає 7720 грн., встановлення – 616 грн. Отже, капітальні вкладення на світлофори складуть:

$$K_{cv} = 7720 \cdot 2 + 616 \cdot 2 = 16672 \text{ грн.}$$

Капітальні вкладення на детектори транспорту складаються з його вартості та вартості його підключення до системи. За даним «Символ» для поставленої задачі достатньо найпростіших детекторів транспорту вартістю 11800 грн. для автомобілів і 3750 грн. для трамваїв. Підключення кожного до системи коштуватиме близько 800 грн.

$$K_{\text{дм}} = 11800 + 2 \cdot 3750 + 3 \cdot 800 = 21700 \text{ грн.}$$

Капіталовкладення на заміну контролера світлофорного об'єкту за даними «Символ» складе $K_k = 38165$ грн, включаючи монтажні роботи.

Капітальні витрати на дорожні знаки, грн:

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

де $C_{\text{зн}}$ – витрати на придбання знаку, грн;

$C_{\text{вст.зн}}$ – витрати на встановлення знаку, грн.

У таблиці 3.1 зазначено дорожні знаки, які необхідно придбати та встановити.

Таблиця 3.1 – Кількість та вартість дорожніх знаків

№ знаку	Дорожні знаки		
	кількість	ціна за одиницю	вартість
5.18	4	622	2488
5.35	1	622	622
Всього	5	-	3110

Витрати на встановлення дорожніх знаків визначаються за формулою:

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

де $C_{I \text{ зн}}$ – витрати на встановлення одного знаку (712 грн. з урахуванням матеріалів);

$K_{\text{зн}}$ – кількість передбачених до встановлення знаків.

$$C_{\text{вст.зн}} = 712 \cdot 5 = 3560 \text{ грн.}$$

$$K_{3H} = 3110 + 3560 = 6670 \text{ грн.}$$

Отже, капітальні вкладення для реалізації нової схеми ОДР на перехресті:

$$K = 16672 + 21700 + 38165 + 6670 = 83207 \text{ грн.}$$

Далі необхідно розрахувати витрати на експлуатацію зазначених вище технічних засобів.

Витрати на експлуатацію технічних засобів розраховуються за формулою [9]:

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

де C_p – витрати на ремонт та обслуговування системи, грн.;

C_a – витрати на амортизаційні відрахування, грн.;

C_e – витрати на електроенергію, грн.

Витрати на ремонт та обслуговування системи визначаються за формулою [9]:

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

де $K_{\text{б}}$ – балансова вартість технічних засобів, грн.;

n_p – норма відрахувань на ремонт та утримання, % ($n_p = 5 \%$).

До балансової вартості технічних засобів входять вартості дорожніх знаків, трамвайних світлофорів та детекторів транспорту, що встановлювалися.

$$C_p = 45042 \cdot 5 / 100 = 2253 \text{ грн.}$$

Витрати на амортизацію визначаються за формулою [9]:

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

де n_a – норма амортизаційних відрахувань на повне відновлення обладнання, % ($n_a = 24$ %).

$$C_a = 45042 \cdot 24 / 100 = 10811 \text{ грн.}$$

Електроенергію на перехресті використовується для роботи світлофорів та детекторів транспорту. Витрати на електроенергію визначаються за формулою, грн [9]:

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

де K_e – коефіцієнт використання потужності ($K_e = 0,9$);

S_e – вартість 1 кВт електроенергії, грн. ($S_e = 3,24$ грн);

P_e – сумарна потужність енергоспоживачів системи, кВт-год.

$$P_e = \sum_{i=1}^m P_{ce} n_i + \sum_{i=1}^k P_{ок} n_k, \quad (3.8)$$

де n_i, n_k – кількість світлофорів і детекторів відповідно;

P_{ce} – потужність світлофора, кВт (0,1 кВт);

$P_{ок}$ – потужність детектора транспорту, кВт (0,14 кВт).

$$P_e = 0,1 \cdot 20 + 0,14 \cdot 2 = 2,28 \text{ кВт-год.}$$

$$C_e = 365 \cdot 24 \cdot 0,9 \cdot 3,245 \cdot 2,28 = 58331 \text{ грн.}$$

Таким чином, витрати на експлуатацію технічних засобів:

$$C_{\text{експл}} = 2253 + 10811 + 58331 = 71395 \text{ грн.}$$

Також необхідно врахувати поновлення дорожньої розмітки кожного року.

Вартість нанесення розмітки зведена в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Витрати на розмітку

Тип розмітки	Одиниці виміру	Кількість	Ціна за одиницю, грн	Вартість, грн
1.1	м ²	6,5	94	611
1.3	м ²	2,5		235
1.5	м ²	5,5		517
1.6	м ²	0,8		75
1.14.2	м ²	10,5		987
1.18	м ²	10,5		987
Всього		36,3		3412

Поточні витрати за новою схемою ОДР складають:

$$C_{\text{поточ}} = 71395 + 3412 = 74807 \text{ грн.}$$

Умовна річна економія досягається за рахунок зниження транспортних затримок на перехресті [9]:

$$E = (C_{\text{тр}}^{\text{б}} - C_{\text{тр}}^{\text{н}}) - C_{\text{пот}}, \quad (3.9)$$

де C_{mp}^b, C_{mp}^n – вартість затримки транспортних засобів на перехресті в базовій та новій схемах ОДР відповідно, грн.

Річні витрати через затримки транспорту на перехресті розраховується за формулою [9]:

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

де S – середня вартість однієї машино-години, грн;

Z – затримка автомобілів за рік, год.

Середні вартості 1 години затримки автомобілів за видами складають:

- для легкового автомобіля – 300 грн.;
- для мікроавтобуса – 400 грн.;
- для автобуса – 750 грн.;
- для вантажівки – 600 грн.

Кількісні значення затримок транспорту, отримані за допомогою програмного продукту, наведені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Затримки транспортних потоків

№	Затримки, год		Вартість затримок, грн	
	існуюча ОДР	нова ОДР	існуюча ОДР	нова ОДР
1	4752	4187	1331448	1173144

Отже, річна економія:

$$E = (1331448 - 1173144) - 74807 = 83497 \text{ грн.}$$

Чистий дисконтований прибуток розраховується за формулою [9]:

$$NPV = \sum_{i=1}^t \frac{E_t - K_t - C_t}{(1+i)^t}, \quad (3.11)$$

де E_t – економія від впровадження нової схеми руху за рік t , грн.;

K_t – капіталовкладення в першому році, грн.;

C_t – витрати на перехресті за рік, грн.;

i – ставка дисконту, % ($i = 24\%$);

t – тривалість реалізації нової схеми ОДР, ($t = 3$ роки).

Розрахунки чистого дисконтованого прибутку зведено в таблиці 3.4. Потрібно зазначити, що річна економія знижується щорічно на 5 відсотків через збільшення інтенсивності руху.

Таблиця 3.4 – Чистий дисконтований прибуток

Рік	Економія від впровадження	Капітало-вкладення	Коефіцієнт дисконтування	Чистий дисконтований прибуток
0	83497	83207	1	290
1	79322	-	0,8065	63 973
2	75356	-	0,6504	49 012
3	71588	-	0,5245	37 548
				150 823

Показники економічної ефективності нової схеми ОДР представлені у таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Техніко-економічні показники

Показники	Величина	
	існуюча схема ОДР	нова схема ОДР
1. Капітальні вкладення, грн.	-	83207
2. Поточні експлуатаційні витрати, грн.	-	74807
3. Витрати від затримок руху, грн.	1331448	1173144
4. Економія від впровадження нової схеми руху, грн.	-	83497
5. Чистий дисконтований прибуток, грн.	-	150823
6. Строк окупності капіталовкладень, рік	-	1

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАХЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В розділі магістерської роботи «Удосконалення організації руху автомобільного транспорту на перехресті пр. Моторобудівників та вул. Червоної м. Запоріжжя» проаналізовано потенційні небезпеки, з якими може зустрітися дослідник при виконанні спостережень на перехресті. Запропоновані заходи щодо усунення зазначених потенційних небезпек.

Більшу частину робочого часу дослідник працює з комп'ютером. Тому пропонується саме цьому аспекту приділити найбільшу увагу. При використанні комп'ютера існує ряд потенційних небезпек:

- підвищений шум через несправності вентиляторів, принтеру і т.п., що може мати негативний вплив на дослідника;
- значний час роботи та її монотонність призводить до перевтомлювання дослідника, появи головного болю, погіршення сну;
- погана ергономіка робочого місця може викликати болісні відчуття в спині та приводити до погіршення осанки дослідника;
- можливе ураження електричним струмом через недбале підключення комп'ютеру до електромережі, велике скупчення електродротів під столом дослідника чи за ним;
- погане освітлення під час роботи може призводити до погіршення самопочуття дослідника, різей в очах, тощо;
- недотримання вимог щодо температурного режиму в приміщенні може призводити до втомлювання дослідника та викликати дискомфорт.

Заходи щодо усунення зазначених потенційних небезпек наведені в презентації магістерської роботи.

ВИСНОВКИ

Для покращення організації руху автомобільного транспорту на перехресті проспекту Моторобудівників та вулиці Червона в магістерській роботі запропоновано, обґрунтовано та розраховано наступні заходи:

- запропоновано використання детектору транспорту для другорядного напрямку руху з вулиці Червоної, що дозволило зменшити транспортні затримки;
- запропоновано використання детекторів транспорту для трамвайних поїздів, що рухаються проспектом Моторобудівників, що дозволило зменшити транспортні затримки на перехресті;
- запропоновано чотири режими регулювання рухом на перехресті в залежності від конкретної транспортної ситуації, тобто реалізоване часткове адаптивне регулювання;
- запропоновані зміни в організації руху на перехресті в залежності від часу доби;
- усунені деякі недоліки розташування технічних засобів організації дорожнього руху на перехресті.

Реалізація нової схеми організації руху на перехресті проспекту Моторобудівників та вулиці Червона суттєво зменшить затримки автомобільного транспорту, а, відповідно, буде мати економічний ефект.

Організація руху автомобільного транспорту за новою схемою призведе до зменшення витрат від затримок транспорту на перехресті більш ніж на 200 тис. грн. на рік.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Офіційний сайт Запорізької міської ради [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zp.gov.ua/>.
2. Гаврилов Е.В. Системологія на транспорті: підручник у 5 кн. / Е.В. Гаврилов, М.Ф. Дмитриченко, В.К. Доля, О.Т. Лановий, І.Е. Линник, В.П. Поліщук; за заг. ред. М.Ф. Дмитриченка - Книга 4. Організація дорожнього руху – Київ: Знання України, 2007. - 452 с.
3. Измерители скорости движения транспортных средств радиолокационные «Искра-1». Руководство по эксплуатации. – С-Пб.: Симикон, 1998. 34 с.
4. Бабков В. Ф. Дорожные условия и безопасность движения: учебник для вузов. / В.Ф. Бабков – М.: Транспорт, 1988. 271 с.
5. Кременец Ю.А. Технические средства организации дорожного движения / Ю.А. Кременец – М: Транспорт, 1990. –255 с.
6. Національний стандарт України. ДСТУ 4092-2002. Безпека дорожнього руху. Світлофори дорожні. Загальні технічні вимоги, правила застосовування та вимоги безпеки. – 27 с.
7. Національний стандарт України. ДСТУ 4100-2014. Знаки дорожні. Загальні технічні умови. Правила застосовування. – 54 с.
8. Національний стандарт України. ДСТУ 2587-2010. Розмітка дорожня. Загальні технічні вимоги. Методи контролювання. Правила застосовування. – 46 с.
9. Щелкунов В. І. Основи економіки транспорту: Підручник / В.І. Щелкунов, Ю.Ф. Кулаєв, Л.Г. Зайончик, В.М. Загорулько - К.: Кондор, 2011. - 392 с.
10. Державні стандарти України. ДСТУ 7237:2011 «Система стандартів безпеки праці. Електробезпека». – 10 с.
11. ДСН 3.3.6.042-99. «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень». – 37 с.

12. Державні будівельні норми. ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування». – 147 с.
13. Лазуткін М. І. 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 / М.І. Лазуткін, М.О. Журавель – Запоріжжя: ЗНТУ. Каф. ОП і НС, 2018. 44 с.
14. Наказ МОЗ України 08.04.2014 № 248 Про затвердження Державних санітарних норм та правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу»
15. Кодекс цивільного захисту України, 2018. – 214 с.