

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 ОРГАНІЗАЦІЯ ДОРОЖНЬОГО РУХУ НА ПЕРЕХРЕСТІ ВУЛ.
А. НЕЗОЛИ ТА МИХАЙЛОВА У МІСТІ ЗАПОРІЖЖЯ

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

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

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

ЛІМАНСЬКИЙ О.А.
(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)
Керівник ТРУШЕВСЬКИЙ В.Е.
(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)
Рецензент ЩЕРБИНА А.В.
(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

«Транспортні технології»

Сергій ТУРПАК

« 20 » травня 2024 року

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

ЛІМАНСЬКОГО Олександра Андрійовича

(ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Організація дорожнього руху на перехресті вул. А. Незоли та Михайлова у місті Запоріжжя

керівник проєкту (роботи) к.т.н. ТРУШЕВСЬКИЙ Вячеслав Едуардович,
(науковий ступінь, вчене звання, ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

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

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

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) схема організації дорожнього руху в районі перехрестя

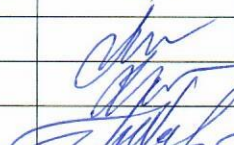
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1 Аналітична частина, 2 Розрахункова частина, 2.1 Вдосконалення схеми організації дорожнього руху, 2.2 Розрахунок режиму роботи світлофорного об'єкту, 3 Економічна частина, 3.1 Розрахунок капітальних витрат, 3.2 Розрахунок річних експлуатаційних витрат, 3.3 Економія від зменшення числа та важкості ДТП, 3.4 Розрахунок терміну окупності проєкту

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

Презентація дипломної роботи

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1	ТРУШЕВСЬКИЙ В.Е., доцент		
2	ТРУШЕВСЬКИЙ В.Е., доцент		
3	ХАРЧЕНКО Т.В., старш.викл.		

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Студент(ка)

Керівник проекту (роботи)


(підпис)

Олександр ЛІМАНСЬКИЙ
(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)


(підпис)

Вячеслав ТРУШЕВСЬКИЙ
(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 53 с., 20 табл., 15 рис., 7 використаних джерел.

ВУЛИЦЯ, ДОРОЖНІ ЗНАКИ, ДОРОЖНЯ РОЗМІТКА,
ЗАЛІЗНИЧНИЙ ПЕРЕЇЗД, КООРДИНОВАНЕ РЕГУЛЮВАННЯ,
ПЕРЕХРЕСТЯ, СВІТЛОФОРНЕ РЕГУЛЮВАННЯ, ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ,
ЦИКЛ РЕГУЛЮВАННЯ

Об'єкт дослідження – перехрестя вулиць Антона Незоли та Михайлова у Дніпровському районі м. Запоріжжя.

Мета проекту – підвищення рівня безпеки руху на вказаній ділянці.

Метод дослідження – аналітичний, графічний, використання ЕОМ.

У дипломній роботі запропоновано реорганізацію дорожнього руху на перехресті магістральної вулиці районного значення регульованого руху Антона Незоли та житлової вулиці Михайлова по Дніпровському районі міста Запоріжжя шляхом ведення гнучкого світлофорного регулювання із застосуванням детекторів.

ЗМІСТ

Завдання на дипломну роботу.....	2
Реферат	4
ВСТУП	6
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	7
1.1 Аналіз вулично-дорожньої мережі.....	7
1.2 Дослідження характеристик транспортного потоку	9
1.2.1 Визначення інтенсивності дорожнього руху	9
1.3 Аналіз недоліків та постановка задач дипломної роботи	11
2 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА.....	12
2.1 Вдосконалення схеми організації дорожнього руху	12
2.2 Розрахунок режиму роботи світлофорного об'єкту	13
3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	43
3.1 Розрахунок капітальних витрат	43
3.2 Розрахунок річних експлуатаційних витрат.....	46
3.3 Економія від зменшення числа та важкості ДТП	47
3.4 Розрахунок терміну окупності проєкту	50
ВИСНОВКИ.....	52
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	53

ВСТУП

Задача організації дорожнього руху на розв'язках водному рівні магістральних вулиць у міських умовах тісно пов'язана із введенням світлофорного регулювання.

В такому випадку широке застосування різноманітних датчиків значно підвищує ефективність функціонування світлофорного регулювання, що виражається у зменшенні кількості дорожньо-транспортних пригод та зменшення часу непродуктивних затримок учасників дорожнього руху. Порівняно з іншими заходами з організації дорожнього руху, введення світлофорного регулювання є дешевим та має достатньо широку область ефективного застосування.

Слід звернути увагу що під час написання дипломної роботи відповідним рішенням Міської ради перейменовано вулиці Таганську на вулицю Антона Незоли. У зв'язку із тим, що проведені дослідження ґрунтувалися на аналізі документації та креслень, на рисунках так в тексті роботи назва вулиці не змінювалася.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Аналіз вулично-дорожньої мережі

Перехрестя Таганської вул. та вул. Михайлова є чотиристороннім. Таганська вулиця є вулицею районного значення регульованого руху та має по дві смуги руху в кожному напрямі, зустрічні напрями розділено розміткою 1.3. Вулиця Михайлова є житловою вулицею та має по одній смузі руху в кожному напрямі. Вулиця Дніпровські зорі є місцевим проїздом. Тротуари наявні з усіх боків проїзних частин.

Розташування перехрестя вулиці таганської та Михайлова на вулично-дорожній мережі міста визначає його вирішальну роль у забезпеченні логістики правого берега міста Запоріжжя.

Перехрестя примикає до Арочного мосту, який є одним із двох шляхів об'їзду Дніпровської гідроелектростанції, яка, відповідно до свого технічного стану та умов експлуатації, перекрита для руху вантажних транспортних засобів у зв'язку зі зношеністю конструкції.

Саме тому основний шлях для руху вантажного транспорту в Правобережну частину міста пролягає через вказане перехрестя. Вулиця Таганська є магістральною вулицею районного значення регульованого руху, а вулиця Михайлова є житловою вулицею, проте, з урахуванням розташування перехрестям та інших магістральних вулиць, вулиця Михайлова виконує функції проїзду між вулицею районного значення з регульованим рухом бульваром Вінтера та Таганською вулицею.

Перехрестя характеризується дуже великою площею перетинів проїзних частин та значними величинами радіусів заокруглення. Такі геометричні характеристики зумовлені кутом перетину проїзних частин, а також необхідністю пропуску вантажного транспорту, в тому числі автопоїздів. Така геометрія зумовлює складність ведення світлофорного регулювання, оскільки зумовлює значні відстані від стоп-ліній до пішохідних

переходів та найвіддаленіших конфліктних точок розташованих на виїзді з перехрестів (рис. 1.1).

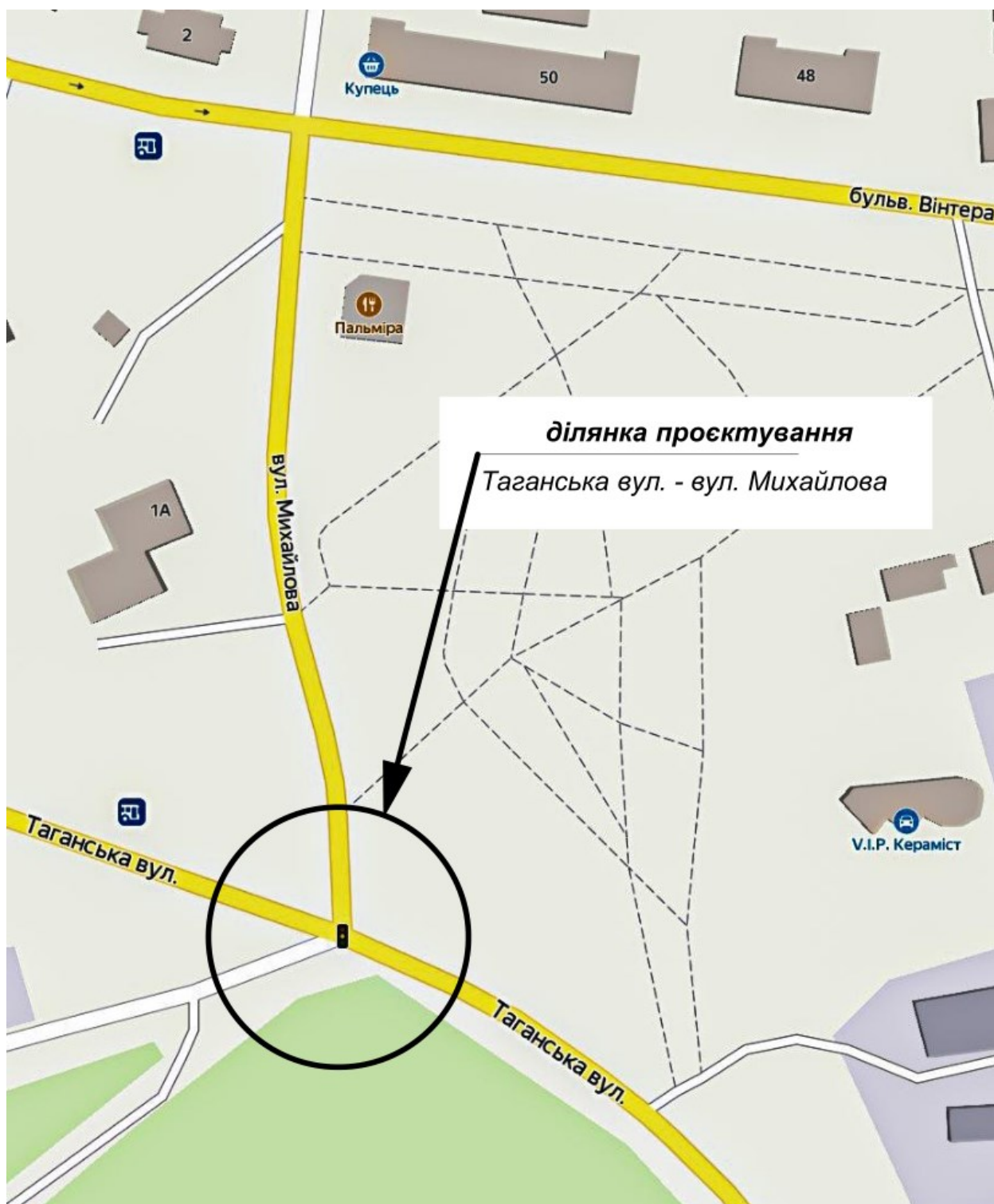


Рисунок 1.1 – Розташування ділянки проєктування

1.2 Дослідження характеристик транспортного потоку

1.2.1 Визначення інтенсивності дорожнього руху

Вулицею Таганською та вулицею Михайлова рухаються транспортні засоби різних типів. У складі потоку значна частина вантажних транспортних засобів великої вантажопідйомності, які характеризуються невисокими динамічними властивостями

Цифрограми інтенсивності руху на перехресті, складені на основі натурних замірів інтенсивності руху по кожному напрямку з урахуванням типів транспортних засобів в години-пік, наведено на рис. 2.1 та 2.2.

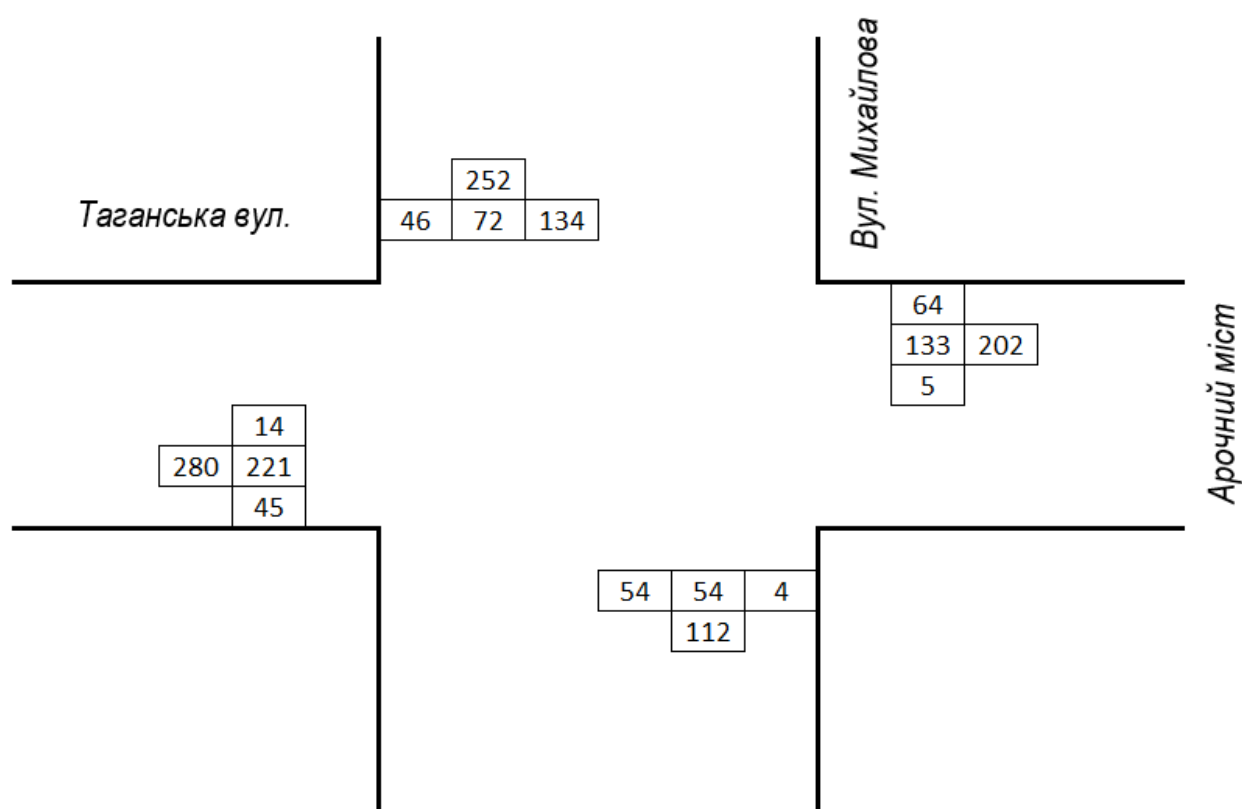


Рисунок 2.1 – Цифрограма інтенсивностей дорожнього руху
з 08:00 до 09:00 робочого дня

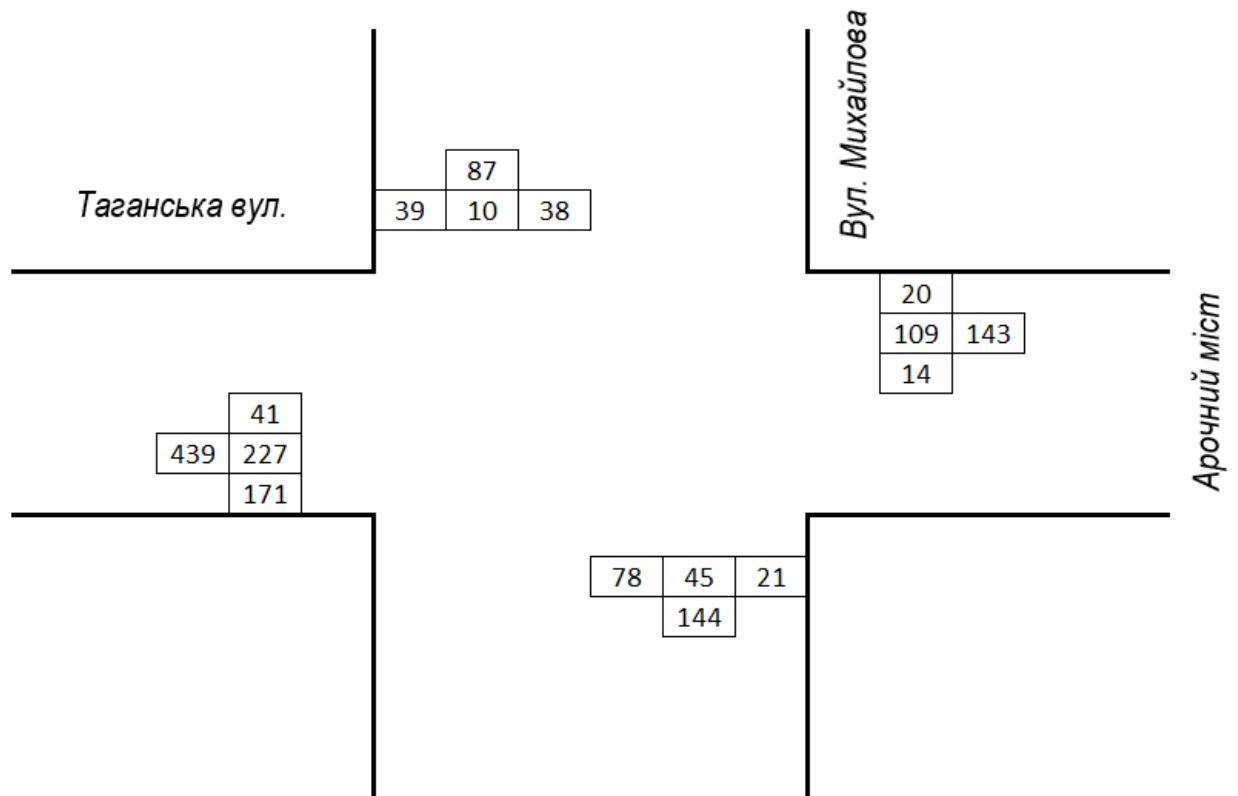


Рисунок 2.2 – Цифрограма інтенсивностей дорожнього руху
з 17:00 до 18:00 робочого дня

Дослідження миттєвих швидкостей транспортних засобів в зоні перехрестя, що виконували о 12⁰⁰ в робочий день дозволили встановити, що швидкості руху транспортних засобів розподіляються за нормальним законом розподілу, швидкість 85-% забезпечення дорівнює 50 км/год, частка водіїв, що порушують встановлений в межах міста швидкісний режим, становить 15 %.

Об'єктами тяжіння пішоходів є мостовий перехід до острову Хортиця, розташовані поблизу житлові будинки, зупинка громадського транспорту.

При натурному дослідженні темної пори доби встановлено, що освітленість зони перетину проїзних частин та. зокрема, зони переходів, є недостатньою, що, за умови великої ширини проїзної частини негативно впливає на рівень безпеки дорожнього руху.

1.3 Аналіз недоліків та постановка задач дипломної роботи

В ході дослідження дорожньо-транспортної ситуації на перехресті встановлено, що інтенсивності руху конфліктуючих транспортних потоків вимагають введення світлофорного регулювання відсутність світлофорного регулювання спричиняє численні дорожньо-транспортні пригоди, пов'язані із існуванням небезпечних конфліктних зон, що відповідають точкам перехрещення траєкторій руху, під'їзд по яких до перехрестя здійснюється з напрямку відповідно головної та другорядної доріг.

Введення світлофорного регулювання дозволить підвищити рівень безпеки дорожнього руху за рахунок скасування небезпечних конфліктів.

У зв'язку із введенням світлофорного регулювання виникає необхідність реорганізації дорожнього руху із введенням каналізування із застосуванням тумб, а також дорожньої розмітки. Також необхідно застосувати відповідні дорожні знаки для позначення пішохідних переходів напрямів руху смугами напрямку об'їзду перешкод.

2 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

2.1 Вдосконалення схеми організації дорожнього руху

Введення світлофорного регулювання на перехресті міських вулиць дозволяє шляхом порівняно невеликих витрат радикально вирішити декілька задач організації регулювання дорожнього руху. Завдяки розділенню у часі транспортних та пішохідних траєкторії руху, які мають між собою небезпечні конфлікти, досягається підвищення рівня безпеки дорожнього руху, яке проявляється у зменшенні кількості дорожньо-транспортних пригод за участю транспортних засобів, пішоходів та велосипедистів. Для забезпечення належного рівня безпеки дорожнього руху так само важливим є і правильний розрахунок тривалостей перехідних інтервалів у світлофорному циклі, що на етапі розрахунку проявляється у визначенні мінімальних часових проміжків між конфліктними транспортними та пішохідними напрямками регулювання.

Правильне визначення тривалості мінімальних часових проміжків дозволяє розробити такий режим світлофорного регулювання, у якому час, що проходить між дозволяючими сигналами конфліктних напрямів визначений таким чином, що транспортні засоби, які на під'їзді до перехрестя проїхали критично точку прийняття рішення і в цей момент увімкнувся заборонний жовтий сигнал світлофорного регулювання, можуть безпечно проїхати перехрестям до найвіддаленішої для них небезпечної конфліктної точки із транспортними та пішохідними напрямками світлофорного регулювання, задіяними в інших фазах регулювання.

В той же час, транспортні засоби які будуть рухатися траєкторіями включеними до напрямів регулювання що відповідають наступній фазі руху в цей час ще не доїжджають до найближчих для них небезпечних конфліктних точок із транспортними та пішохідними напрямками регулювання, які завершують рух розпочати в попередній фазі. Таким чином, збільшення тривалостей мінімальних часових проміжків збільшує втрачений час у циклі

світлофорного регулювання, протягом якого з усіх транспортних та пішохідних напрямів не відбувається вихід та виїзд учасників дорожнього руху на перехресті втрачений час застосовується для того, щоб транспортні засоби, які проїхали критично точку прийняття рішення і продовжують рух через перехрестя, могли безпечно його завершити, а пішоходи, які вийшли на проїзну частину протягом дії дозволяючого світлофорного сигналу, мали можливість дістатися тротуару або дійти до острівця безпеки або залишитись на лінії, що розділяє транспортні потоки протилежних напрямів, і дочекатися там наступного дозволяючого світлофорного сигналу.

У випадку якщо максимальні значення мінімальних часових проміжків, визначені Національним стандартом ДСТУ 4092-2002 не дозволяють безпечно завершити перехід пішоходам, рекомендується застосування цифрових табло зворотного відліку часу сигналів.

2.2 Розрахунок режиму роботи світлофорного об'єкту

Для визначення мінімальних часових проміжків між дозволяючими сигналами на основі методу дальніх конфліктних точок пропонується діяти в такій послідовності.

1. Визначення часу, необхідного для проїзду автомобіля, що завершує рух від критичної точки до конфліктної точки.

$$t_z = t_p + \frac{V_z}{2a^k} + \frac{B_z + l_a}{V_z}, \quad (3.1)$$

де t_p – термін реакції водія, с (0,8., .1.2 с),

V_z – швидкість руху транспортного засобу, що завершує рух, м/с

a^k – прискорення уповільнення, $a^k = 3,0 \dots 4,0$ м/с²;

B_z – відстань від стоп-лінії до дальньої конфліктної точки, м

l_a – довжина зведеного автомобіля, м ($l_a = 5$ м).

2. Визначення часу, необхідного для проїзду автомобіля, що розпочинає рух від стоп-лінії до конфліктної точки

$$t_{pn} = \frac{B_{pn}}{V_{pn}}, \quad (3.2)$$

де B_{pn} – відстань від стоп-лінії до ближньої точки, м;

V_{pn} – швидкість руху транспортного засобу, що розпочинає рух, м/с

При визначенні часу за останньою формулою розглядаються найбільш несприятливі умови, коли транспортний засіб під'їхав до стоп-лінії з розрахунковою швидкістю в момент ввімкнення дозволяючого сигналу (черга по даній смузі в цей момент була повністю відсутня):

$$t = t_p + \frac{V_z}{2a^k} + \frac{B_z + l_a}{V_z} - \frac{B_{pn}}{V_{pn}}. \quad (3.3)$$

При застосуванні цієї формули для переведення матриці можливих траєкторій ММТ у матрицю мінімальних часових проміжків ММП отримаємо:

$$\begin{aligned} \text{ММП}[i, j, m, n] &= t_p + \frac{V[i, j]}{2a^k} + \\ &+ \frac{\text{ММТ}[i, j, m, n] + l_a}{V[i, j]} - \frac{\text{ММТ}[m, n, i, j]}{V[m, n]} + 3. \end{aligned} \quad (3.4)$$

Таким чином, отримане за формулою значення мінімального часового проміжку враховує всі характеристики руху транспортних засобів.

Для пішохідних напрямів регулювання мінімальні часові проміжки визначаються за формулою:

$$t = \frac{B}{V_n} - \frac{B_{pn}}{V_{pn}}, \quad (3.5)$$

де B - ширина проїзної частини, що її переходять пішоходи, м;

де V_n - розрахункова швидкість руху пішохода (1,3 м/с).

Далі на рис. 3.1 наведено схему для визначення елементів матриць ММТ.

До матриці заноситься відстань від стоп-ліній до найвіддаленішої конфліктної точки при русі за траєкторією, включеної до напрямку регулювання, рух за яким завершується у перехідному інтервалі фази. Для напрямку, рух за яким розпочинається, визначається відстань від стоп-лінії до найближчої конфліктної точки.

До проведення розрахунку повинні залучатися всі без винятки траєкторії руху транспортних засобів та пішоходів та всі без винятку конфліктні точки оскільки не є обов'язковою умовою, що найбільший тривалості втраченого часу відповідає найвіддаленіша конфліктна точка. Оскільки тривалість мінімального проміжку залежить як від відстані від стоп-лінії до найвіддаленішої небезпечної конфліктної точки, так і від швидкості руху транспортного засобу, який рухається по цій траєкторії.

Таким чином, траєкторії що характеризується низькою швидкості руху, особливо поворотні, можуть давати при меншому значенні відстані до дальніх античної точки більше тривалість втраченого часу у циклі світлофорного регулювання.

Таблиця 2.2 – Матриця відстаней до ближніх конфліктних точок

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0	0	19	37	0	0	0	0	0	0
2	0	0	23	20	0	0	0	0	0	0
3	43	17	0	0	0	0	0	0	0	0
4	31	37	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	74	7	0	0	0	0	0	0
6	0	0	7	40	0	0	0	0	0	0
7	0	48	0	0	0	0	0	0	0	0
8	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0
10	47	0	0	0	0	0	0	0	0	0

У таблиці 2.3 наведено матрицю розрахункових швидкостей руху за траєкторіями до дальніх конфліктних точок.

Таблиця 2.3 – Матриця розрахункових швидкостей руху за траєкторіями до дальніх конфліктних точок

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0	0	40	50	0	0	0	50	0	50
2	0	0	50	30	0	0	50	0	50	0
3	30	30	0	0	40	40	0	0	0	0
4	30	30	0	0	30	40	0	0	0	0
5	0	0	5	5	0	0	0	0	0	0
6	0	0	5	5	0	0	0	0	0	0
7	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0
8	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0
10	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0

У таблиці 2.4 наведено матрицю розрахункових швидкостей руху за траєкторіями до ближніх конфліктних точок.

Таблиця 2.4 – Матриця розрахункових швидкостей руху за траєкторіями до ближніх конфліктних точок

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0	0	30	40	0	0	0	5	0	5
2	0	0	40	30	0	0	5	0	5	0
3	50	50	0	0	5	5	0	0	0	0
4	50	50	0	0	5	5	0	0	0	0
5	0	0	40	40	0	0	0	0	0	0
6	0	0	40	40	0	0	0	0	0	0
7	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0
8	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0
10	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Розрахунок елементів матриці ММП проводиться за формулою (3.4), наприклад:

$$ММП[1,3,1,1] = 1 + \frac{40/\cancel{3,6}}{2 \cdot 4} + \frac{40+5}{50/\cancel{3,6}} - \frac{19}{30/\cancel{3,6}} + 3 = 6.3 \approx 7c$$

Значення елементів ММП наведено у табл. 3.5.

З огляду на те, що при поділі графу структури циклу регулювання, отриманого на підставі таблиці 3.1 на повні підграфи отримано два підграфи, то на перехресті можна влаштувати двофазну схему регулювання. В такому випадку задача чергування фаз не розв'язується, тому розрахункові тривалості перехідних інтервалів можна визначити за таблицею ММП без розв'язку задачі комівояжера.

Схему пофазового роз'їзду показано на рис. 3.2.

Згідно ДСТУ 4092-2002, для пішохідних напрямів величина мінімального часового проміжку, протягом якого пішоходи завершують рух, повинна бути в межах 6...8 с.

Значення тривалостей мінімальних часових проміжків між напрямими регулювання наведено у табл. 2.5.

Таблиця 2.5 - Значення елементів ММП

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	макс.	норм.	
1	0	0	7	7	0	0	0	7	0	10	7	7	1
2	0	0	8	6	0	0	10	0	7	0	8	8	2
3	6	7	0	0	10	7	0	0	0	0	7	7	3
4	7	8	0	0	7	10	0	0	0	0	8	8	4
5	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	6	6	5
6	0	0	5	3	0	0	0	0	0	0	5	6	6
7	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3	6	7
8	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	6	8
9	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	5	6	9
10	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	6	10

На основі отриманих даних відбувається нормалізація тривалостей МП згідно ДСТУ 4092-2002. Шляхом визначення максимуму по рядках для нормалізованих даних встановлюються можливі тривалості перехідних інтервалів.

Використовуючи набір напрямів у кожній фазі регулювання (рис. 3.2), визначаємо шляхом вибору максимального значення розрахункові тривалості перехідних інтервалів фаз.

Втрачений у циклі час на перехресті визначається за формулою:

$$L = \sum_{i=1}^m (t_{\text{п}}^i - 2 - 1), \quad (3.6)$$

де m - кількість фаз регулювання на перехресті.

$$L = (8 - 3) + (8 - 3) = 10 \text{ с.}$$

Для потоку, що рухається в прямому напрямі при ширині проїзної частини від 5,4 до 16 м, величина потоку насичення M_n визначається за емпіричною формулою:

$$M_n = 525H, \quad (3.7)$$

де H - ширина проїзної частини, м.

Якщо рух каналізований і ширина смуги $H < 5,4$ м, користуються таблицею 3.6.

У випадку, якщо значення ширини смуги руху знаходяться на числовій вісі між зазначеними у таблиці потоків насичення слід виконати лінійну інтерполяцію.

Таблиця 2.6 – Визначення потоку насичення

Н, м	3,0	3,3	3,6	4,2	4,8	5,2
M_n , од./год.	1850	1875	1950	2075	2475	2700

З урахуванням вимірної за масштабною схемою ширин проїзних частин встановлено величини потоків насичення за напрямом регулювання та номером смуги. Інтенсивності руху розподіляються по смугах рівномірно. Величина потоку насичення підлягає корекції залежно від напрямів руху транспортних засобів за конкретною смугою.

$$M_n^k = \frac{M_n}{\alpha + 1.25\beta + 1.75\gamma} \quad (3.8)$$

де M_n - величина потоку насичення розрахована для прямого напрямку, од./год;

α , β , γ - частки в потоці ТЗ, що рухаються відповідно прямо, праворуч, ліворуч.

Корекція проводиться, коли частка інтенсивності руху поворотних потоків у загальній інтенсивності руху смугою перевищує 10%.

У табл. 3.10 наведено скориговані значення потоків насичення смугами руху.

Таблиця 2.7 – Величини потоків насичення, од./год.

Напрями регулювання			
Смуга 1	Смуга 2	Смуга 1	Смуга 2
1		2	
2135	2033	1981	1887
3		4	
2341	2275	2054	-

Потім для кожного з поєднаних у фази напрямів розраховується значення фазових коефіцієнтів по формулі:

$$y_i = \frac{N_i}{M_{n_i}}, \quad (3.9)$$

де N_i - інтенсивність руху на і-му напрямі к-го перехрестя, од./год.;

M_{n_i} - потік насичення напрямку, од./год.

З урахуванням вимірної за масштабною схемою ширин проїзних частин встановлено величини потоків насичення за напрямками регулювання та номером смуги. Інтенсивності руху розподіляються по смугах рівномірно. Величина потоку насичення підлягає корекції залежно від напрямів руху транспортних засобів за конкретною смугою.

$$M_n^k = \frac{M_H}{\alpha + 1.25\beta + 1.75\gamma} \quad (3.10)$$

де M_n - величина потоку насичення розрахована для прямого напрямку, од./год;

α , β , γ - частки в потоці ТЗ, що рухаються відповідно прямо, праворуч, ліворуч.

Корекція проводиться, коли частка інтенсивності руху поворотних потоків у загальній інтенсивності руху смугою перевищує 10%.

Таблиця 2.8 – Величини коригованих потоків насичення, од./год. (ранок/вечір)

Напрями регулювання			
Смуга 1	Смуга 2	Смуга 1	Смуга 2
1		2	
1893/1786	2033/1779	1981/1981	1887/1599
3		4	
2341/2341	1529/1428	1786/1423	-

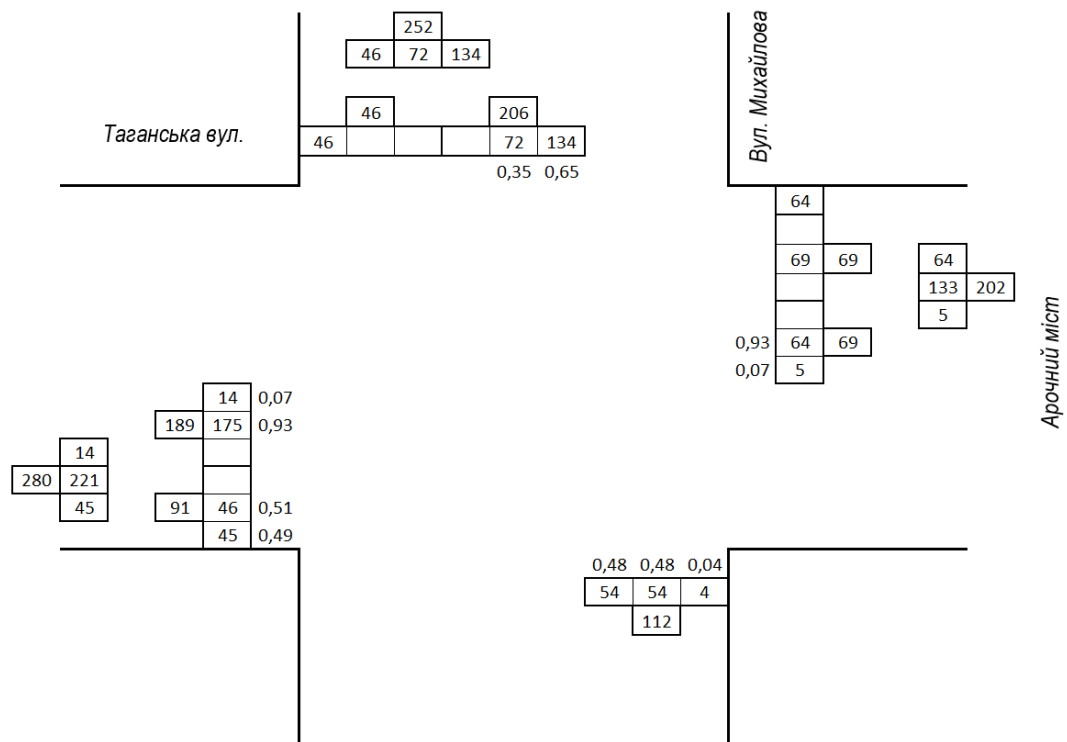


Рисунок 2.3 – Розподіл інтенсивностей руху по смугах (перша програма)

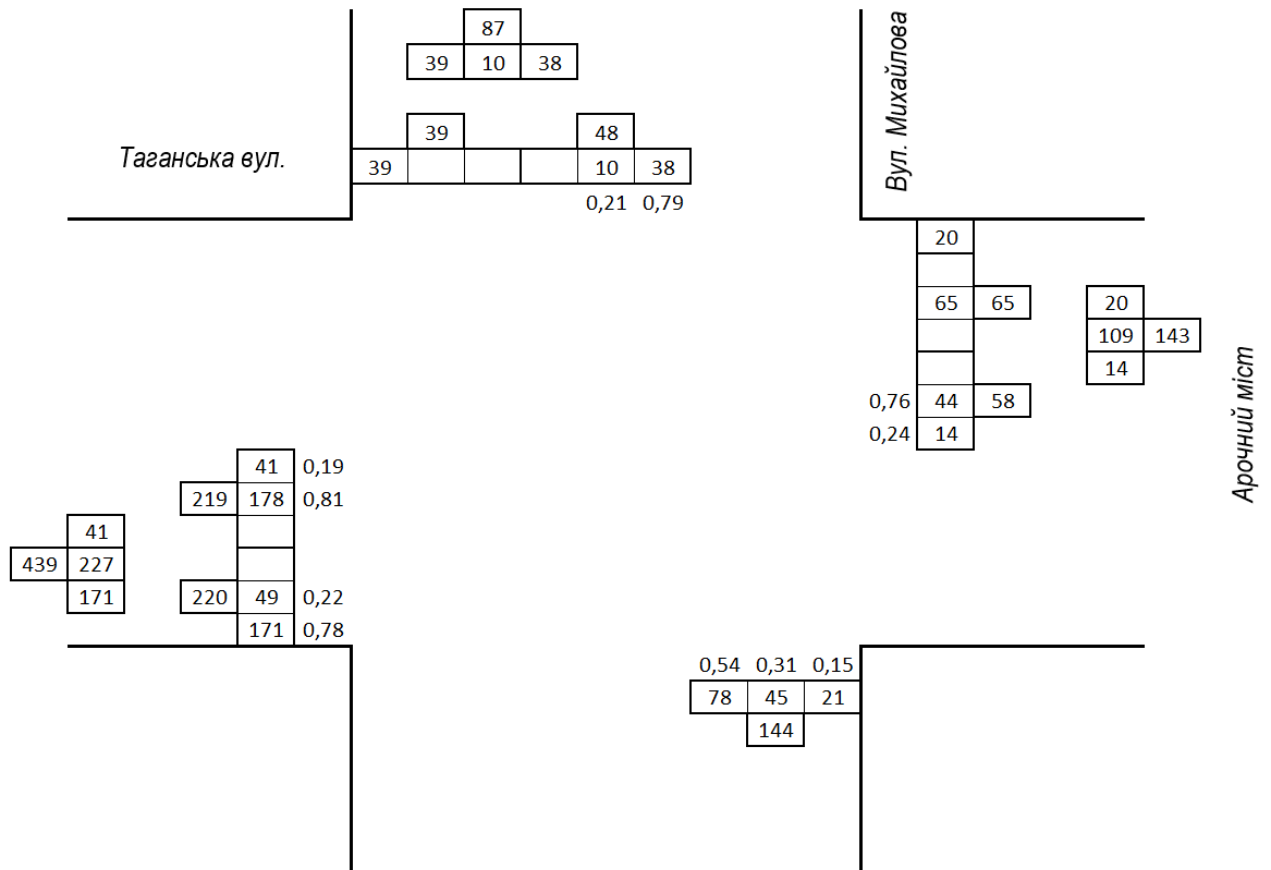


Рисунок 2.4 – Розподіл інтенсивностей руху по смугах (друга програма)

Ранкова програма

$$y_1^I = 0,09; y_2^I = 0,04$$

$$y_3^{II} = 0,13; y_4^{II} = 0,06$$

Визначаємо суму фазових коефіцієнтів за формулою:

$$y = \sum_{j=1}^m y_{j_{\max}} \quad (3.11)$$

Для першої програми

$$y = 0,23$$

Тривалість світлофорного циклу для перехрестя визначаємо за формулою:

$$T_y = \frac{1.5L_k + 5}{1 - Y}, \quad (3.12)$$

$$T_y = \frac{1.5 \cdot 10 + 5}{1 - 0,23} = 21,5c$$

Тривалість основного такту обчислюють за формулою:

$$\bar{t}_3^m = \frac{\bar{y}^i}{\bar{Y}} (\bar{T} - \bar{L}) - 1 - 2, \quad (3.13)$$

Для першої програми

$$\bar{t}_3^1 = \frac{0,09}{0,23} (21,5 - 10) - 1 - 2 = 1,5c$$

$$\bar{t}_3^2 = \frac{0,13}{0,23} (21,5 - 10) - 1 - 2 = 3,5c$$

При побудові циклограми методом доповнення головної послідовності тривалості основних тактів можуть коригуватися.

Визначається мінімальна тривалість основних тактів фаз регулювання:

$$t_{\min}^{OT} = b / V_n + 5 - ММПН[i, j, i, j], \quad (3.14)$$

де b – ширина проїзної частини, що її переходять пішоходи протягом фази регулювання;

V_n – швидкість руху пішохода, км/год. (за приймаємо 1,3 м/с. за ДСТУ 4092-2002);

$ММПН[i, j, i, j]$ - нормована величина мінімального часового проміжку пішохідного напрямку регулювання, с.

Значення ширини проїзної частини, що її переходять пішоходи, береться з табл. 3.1, а значення проміжків – з табл. 4.8.

Для першої фази регулювання:

$$t_{\min}^{OT1} = 17 / 1,3 + 5 - 8 = 12c$$

Для другої фази регулювання:

$$t_{\min}^{OT2} = 9 / 1,3 + 5 - 8 = 4c$$

Основні такти регулювання потребують корекції.

Знаходимо коригувальні коефіцієнти.

$$k_i = \frac{t_{\min}^{OT}}{t_3^i} \quad (3.15)$$

$$k_1 = \frac{12}{1,5} = 8$$

$$k_2 = \frac{4}{3,5} = 1,14$$

Серед отриманих коефіцієнтів знаходимо максимальне значення коефіцієнту корекції $k = 9,23$.

Домножуємо розрахункові значення тривалостей основних тактів на коефіцієнт корекції.

$$t_3^I = 1,5 \cdot 8 = 12c$$

$$t_3^{II} = 3,5 \cdot 8 = 28c$$

Вечірня програма

$$y_1^I = 0,12; y_2^I = 0,04$$

$$y_3^{II} = 0,03; y_4^{II} = 0,1$$

Для другої програми

$$y = 0,23$$

$$T_y = \frac{1,5 \cdot 10 + 5}{1 - 0,23} = 21,5c$$

Для другої програми

$$\bar{t}_3^1 = \frac{0,12}{0,23}(20-9) - 1 - 2 = 3c$$

$$\bar{t}_3^2 = \frac{0,13}{0,23}(20-9) - 1 - 2 = 2c$$

$$k_1 = \frac{12}{3} = 4$$

$$k_2 = \frac{4}{2} = 2$$

Серед отриманих коефіцієнтів знаходимо максимальне значення коефіцієнту корекції $k = 4,37$.

Домножуємо розрахункові значення тривалостей основних тактів на коефіцієнт корекції.

$$t_3^1 = 3 \cdot 4 = 12c$$

$$t_3^{II} = 2 \cdot 4 = 8c$$

Для забезпечення переходу пішоходами Таганської вулиці впродовж дії одного дозволяючого сигналу проводимо повторну корекцію. Параметри режиму для програмування вказано на рис. 2.5.- 2.7.

Мінімум для другої фази регулювання:

$$t_{\min}^{OT2} = 20 / 1,3 + 5 - 8 = 13c$$

$$k_2 = \frac{13}{8} = 1.62$$

$$t_3^1 = 12 \cdot 1.62 = 20c$$

$$t_3^{II} = 8 \cdot 1.62 = 13c$$

Програма	Параметр	Значення 1	Значення 2
1	Пріоритет програми	5	
1	Тип програми	НР	
1	Номер послідовності фаз	1	
1	Час вмикання програми (год., хв.)	06	00
1	Час вимикання програми (год., хв.)	16	00
1	Дата вмикання програми (місяць, число)	1	1
1	Дата вимикання програми (місяць, число)	1	1
1	Дні тижня (понеділок... неділя; 1 -програма активна, 0 - програма неактивна)	1111111	
1	Зміщення ОТ1 від початку години, с	0	
1	Основний такт 1-ї фази, с	12	
1	Основний такт 2-ї фази, с	28	
1	Основний такт 3-ї фази, с	0	
2	Пріоритет програми	4	
2	Тип програми	НР	
2	Номер послідовності фаз	1	
2	Час вмикання програми (год., хв.)	16	00
2	Час вимикання програми (год., хв.)	22	00
2	Дата вмикання програми (місяць, число)	1	1
2	Дата вимикання програми (місяць, число)	1	1
2	Дні тижня (понеділок... неділя; 1 -програма активна, 0 - програма неактивна)	1111111	
2	Зміщення ОТ1 від початку години. с	0	
2	Основний такт 1-ї фази, с	20	
2	Основний такт 2-ї фази, с	12	
2	Основний такт 3-ї фази, с	0	

Рисунок 2.5 – Параметри програмування режиму регулювання (скрін)

Задачею розрахунку параметрів режиму регулювання є встановити такі тривалості проміжків між сигналами, які були б достатні для завершення переходу проїзної частини пішоходами. В таких випадках рекомендується на пішохідних світлофорах застосовувати інтегровані цифрові табло зворотного

відліку часу, що залишився до закінчення дозволяючого сигналу. Така інтеграція дозволяє пішоходам правильно розрахувати час, необхідний для перетину проїзної частини і ще, знаходячись на тротуарі ухвалити рішення щодо початку переходу.

№	Параметр	Значення параметра
1	Кількість блоків ПСС	4
2	Кількість напрямів регулювання	10
3	Вулиця 1	Таганська
4	Вулиця 2	Михайлова
5	Пріоритет пульта	13
6	Пріоритет дистанційного керування	12
7	пріоритет ручного керування	14
8	Кількість послідовностей фаз	1
8	Інтервал "навколо червоний"	5
8	Загальна кількість програм	2

Рисунок 2.6 – Програмування параметрів блоку управління (скрін)

Програма	Параметр	Значення 1	Значення 2
3	Пріоритет програми	1	
3	Тип програми	ЖМ	
3	Номер послідовності фаз	1	
3	Час вмикання програми (год., хв.)	12	00
3	Час вимикання програми (год., хв.)	12	00
3	Дата вмикання програми (місяць, число)	1	1
3	Дата вимикання програми (місяць, число)	1	1
3	Дні тижня (понеділок... неділя; 1 -програма активна, 0 - програма неактивна)	1111111	
3	Зміщення ОТ1 від початку години, с	0	
3	Основний такт 1-ї фази, с	0	
3	Основний такт 2-ї фази, с	0	
3	Основний такт 3-ї фази, с	0	

Рисунок 2.7 – Програмування параметрів режимів регулювання (скрін)

Недоліком застосування таких табло є те, що у випадку зміни програми світлофорного регулювання у зв'язку з початком дії нового плану координації відбувається зміна тривалості сигналів, внаслідок чого табло, яке визначає тривалості сигналів і показує їх за даними попередніх циклів регулювання, оскільки тривалість сигналу змінюється, то табло або згасає або показує неправильні значення сигналу.

Номер каналу	Номер клеми прямого дроту	Номер напрямку	Колір сигналу та тип	Тип контролю прямого дроту
1	БПСС 1, L1	1	червоний	група 1
2	БПСС 1, L2	1	червоний дубл. 1	група 1
3	БПСС 1, L3	1	жовтий	перевірка
4	БПСС 1, L4	1	зелений	контроль
5	БПСС 1, L5	2	червоний	група 2
6	БПСС 1, L6	2	червоний дубл. 1	група 2
7	БПСС 1, L7	2	жовтий	перевірка
8	БПСС 1, L8	2	зелений	контроль
9	БПСС 2, L1	3	червоний	група 3
10	БПСС 2, L2	3	червоний дубл. 1	група 3
11	БПСС 2, L3	3	червоний дубл. 2	група 3
12	БПСС 2, L4	3	жовтий	перевірка
13	БПСС 2, L5	3	зелений	контроль
14	БПСС 2, L6	4	червоний	група 4
15	БПСС 2, L7	4	червоний дубл. 1	група 4
16	БПСС 2, L8	4	жовтий	перевірка
17	БПСС 3, L1	4	зелений	контроль
18	БПСС 3, L2	5	червоний	перевірка
19	БПСС 3, L3	5	зелений	перевірка
20	БПСС 3, L4	6	червоний	перевірка
21	БПСС 3, L5	6	зелений	перевірка
22	БПСС 3, L6	7	червоний	перевірка
23	БПСС 3, L7	7	зелений	перевірка
24	БПСС 3, L8	8	червоний	перевірка
25	БПСС 4, L1	8	зелений	перевірка
26	БПСС 4, L2	9	червоний	перевірка
27	БПСС 4, L3	9	зелений	перевірка
28	БПСС 4, L4	10	червоний	перевірка
29	БПСС 4, L5	10	зелений	перевірка

Рисунок 2.8 – Конфігурація підключень контрольних кабелів (скрін)

Те саме стосується не тільки дозволяючих та заборонних сигналів, оскільки сучасні транспортні та пішохідні світлофори мають інтегровані табло, що показують тривалості як заборонних, так і дозволяючих сигналів світлофорів, а винятком є тривалість жовтого та червоного жовтим сигналів для транспортного світлофору, оскільки в більшості випадків цифрові табло інтегровані саме в секцію жовтого сигналу, тому не можуть працювати під час того, як ця секція випромінює світло. Також винятком є неможливість застосування інтегрованих табло у світлофорах типу 2, оскільки на розсіювачі цих світлофорів наклеюються контурні стрілки, що показують напрями, в яких діють сигнали цього світлофора. В таких випадках слід застосовувати або матричним жовті сигнали на яких стрілка утворюється шляхом погашення частини світлодіодів, або відмовлятися від застосування табло що вказують час який залишився до завершення сигналу.

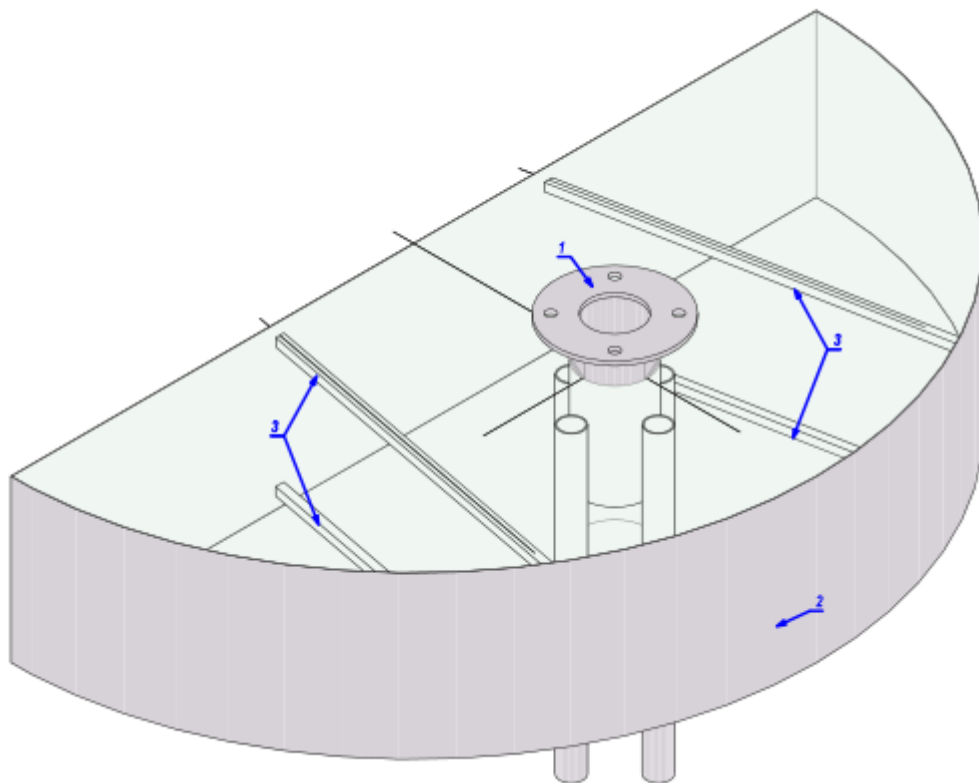


Рисунок 2.9 – Тумба на острівці безпеки

Практика показує, що значний відсоток (до 15%) зниження кількості порушень Правил дорожнього руху пішоходами може бути пов'язаним із застосуванням цифрового табло.

У випадку застосування інтегрованих світлодіодних табло такий ефект проявляється як за рахунок того, що пішоходи завчасно мають інформацію щодо часу, який залишився до завершення дозволяючого сигналу так само і за рахунок того, що в очікуванні дозволяючого сигналу вони мають інформацію що до завершення заборонного сигналу залишилось набагато часу, тому варто почекати всього лиш декілька секунд, а не порушувати вимоги Правил дорожнього руху (рис. 2.11)..

Так само знайшли позитивний ефект для забезпечення транспортної дисципліни пішоходів має застосування координованого світлофорного регулювання, оскільки при застосуванні координованого світлофорного регулювання рух транспортних засобів по магістралі відбувається пачками, тобто щільними групами то, як правило, під час дії заборонного сигналу для пішоходів та відповідно дозволяючого сигналу для транспортних засобів відбувається інтенсивний рух транспортних засобів по магістралі.

Таким чином, у пішоходів немає фізичної можливості перетнути проїзну частину і таким чином порушити Правила дорожнього руху. Важливим моментом при застосуванні координованого регулювання в таких випадках є розробка великої кількості планів координації, оскільки при координованому регулюванні вздовж магістралі, як правило, забезпечується додаткова тривалість зеленого сигналу для транспорту з метою забезпечення побудови графіку і корекції тривалості стрічок неперервного часу а також для забезпечення виконання ефекту ведучого вогню, оскільки тривалості зелених сигналів на магістралі таким чином збільшується, то при низьких інтенсивностях транспортних потоків вони перестають бути оптимальними з точки зору забезпечення безпеки дорожнього руху і насичення рухом перехресть, і в пішоходів виникають сумніви щодо адекватності світлофорного режиму (рис. 2.12 та 2.13)..

Об'єкт	Характеристики напрямку регулювання						Час до завершення сигналу, с				
	Послідов- ність	Номер	Тип	Світлоблок	Номери фаз	Конф. напрямки	ЗД	ЗМ	Ж	Ч	ЧЖ
1	1-2	1	Т	Світлодіод	1	3 4 8 10	10	7	4	3	1
	1-2	2	Т	Світлодіод	1	3 4 7 9	11	8	5	2	0
	1-2	3	Т	Світлодіод	2	1 2 5 6	8	5	2	5	3
	1-2	4	Т	Світлодіод	2	1 2 5 6	8	5	2	5	3
	1-2	5	П	Світлодіод	1	3 4	9	6	6	0	0
	1-2	6	П	Світлодіод	1	3 4	9	6	6	0	0
	1-2	7	П	Світлодіод	2	2	7	4	4	1	1
	1-2	8	П	Світлодіод	2	1	7	4	4	3	3
	1-2	9	П	Світлодіод	2	2	7	4	4	4	4
	1-2	10	П	Світлодіод	2	1	7	4	4	0	0

Рисунок 2.11 – Програмування параметрів перехідних інтервалів (скрін)



* протягом часу, не охопленого жодною з програм, об'єкт працює в режимі миготіння жовтих сигналів

Рисунок 2.13 – Циклограма першої програми світлофорного регулювання

Тож вони частіше порушують вимогу Правил дорожнього руху особливо у вечірній і ранковий час.

Для забезпечення оптимальності режимів окрім розробки великої кількості планів координованого регулювання необхідно також застосування транспортних і пішохідних детекторів, які в автоматичному режимі змінювали ці плани координації залежно від завантаження рухом проїзних частин, а також від кількості пішоходів, які прагнуть перейти проїзну частину.

З цією метою слід застосовувати не тільки транспортні детектори а й пішохідні які, як правило, виглядають як кнопка що її натискають пішоходи, які хочуть перейти проїзну частину. Окрім того, що кнопка дозволяє фіксувати інтенсивності руху пішоходів та інтервали між ними, вона також дозволяє визначати пішоходів, що мають обмежені фізичні можливості і таким чином збільшувати для них тривалості дозволяючих сигналів, а також спеціально вмикати пристрої звукового супроводження які в звичайному режимі цілий день дають шумове забруднення для перехрестя.

З метою організації каналізованого руху в межах регульованого перехрестя з урахуванням великої площі перетинів проїзних частин пропонується частину світлофорів встановити на тумбах. Таким чином, вони будуть розташовані в межах перетину проїзних частин, однак своїм розташуванням створювати канали для здійснення каналізованого руху через перехрестя. При застосуванні каналізованого руху траєкторії транспортних засобів, які проминають перехрестям стають більш наближеними до теоретичних (рис.2.14).

Зменшується свобода маневру і таким чином зменшується площа конфліктних зон по траєкторії руху, що відповідають різним напрямкам світлофорного регулювання. Крім того, розташування світлофорів на тумбах дозволяє в повній мірі виконати вимоги національного стандарту ДСТУ 4092-2002 «світлофорне регулювання» в частині розташування основних і дублюючих транспортних світлофорів, а також розташування пішохідних світлофорів. Крім того, розташування світлофорів на тумбах дозволяють створити на проїзній частині острівця безпеки і таким чином зменшити тривалість мінімального часу фази регулювання, до якої включені пішохідні напрями регулювання.

Особливо це важливо з урахуванням того, що переходом можуть користуватися пішоходи з обмеженими фізичними можливостями, швидкість руху яких менша за швидкість звичайного пішохода, тому при підстановці такої швидкості у розрахунок перехідного інтервалу збільшиться тривалість втраченого часу, внаслідок чого виникають непродуктивні затримки транспортних засобів і пішоходів з усіх напрямів регулювання перед регульованим перехрестям.

Особливо цей момент є негативним на перехрестях, під'їзди до яких характеризується значним ухилом, а також високою часткою транспортних засобів вантажного типу у загальному потоці. Зупинки таких транспортних засобів перед стоп-лініями створюють серйозне навантаження на верхній шар дорожнього одягу проїзної частини, внаслідок чого спостерігається швидка деформація цих шарів з утворенням специфічних напливів, що негативним чином впливають на безпеку дорожнього руху особливо для легкових автомобілів, оскільки гальмування на такій проїзній частині є набагато менш ефективним за рахунок того, що зчеплення коліс з верхнім шаром дорожнього покриття набагато погіршується у зв'язку з його деформацією.

Крім того, розташування світлофорів на тумбах дозволить зафіксувати ширину смуг на під'їздах і таким чином зменшити швидкість руху

транспортних засобів через перехрестя, а також дасть можливість пішоходам, які не встигли перейти проїзну частину протягом дії дозволяючого сигналу чекати наступного дозволяючого сигналу в порівняно комфортних умовах, не ризикуючи стати жертвою наїзду транспортного засобу. Особливо це є важливим в темну пору доби та в умовах недостатньої видимості, коли імовірність наїздів на пішоходів, спровокованих поганою оглядовістю та засліпленням водіїв транспортних засобів значно підвищується.

Таким чином, завдяки застосуванню розташованих на тумбах світлофорів є можливість застосовуючи також вертикальну дорожню розмітку і комплексно розв'язати питання організації руху на цьому перехресті, застосувавши прийоми каналізування а також забезпечивши максимально можливий в даних умовах руху рівень безпеки дорожнього руху.

З метою розв'язання проблеми невідповідності мінімальної тривалості дозволяючих сигналів за пішохідними напрямками, що перетинають вулицю Таганську та завантаженістю рухом на під'їзді по вулиці Михайлова з боку бульвару Вінтера пропонується застосувати на пішохідних переходах табло викличні пішохідні. Застосування таких табло дозволить викликати фази, до яких входять пішохідні напрями і відповідно які мають доволі високе значення мінімальної тривалості дозволяючого сигналу, тільки в тому випадку, коли надходить виклик від пішоходів.

З урахуванням невисокої пішохідної інтенсивності, такі випадки, особливо в міжпікові години будуть траплятися нечасто. В іншому разі, якщо пішоходи не викликають довгої фази, буде викликатися така фаза, до якої пішохідні напрями, що відповідають траєкторіям руху пішоходів, які перетинають Таганську вулицю, не будуть включатися. Натомість, до неї будуть включатися лише напрями вздовж вулиці Михайлова та від вулиці Дніпровські зорі. Оскільки в міжпікові години обидва цих під'їзди характеризуються невисокою інтенсивністю руху, а також за складом транспортного потоку абсолютна більшість в них складають легкові

автомобілі, то можна в певній з впевненістю сказати, що тривалість основного такту цієї короткої фази регулювання буде не більше семи секунд, тобто не більше встановленого мінімуму для основних тактів регулювання. Таким чином буде забезпечуватися в максимально можливій степені зменшення затримок транспортних засобів та їх пасажирів вздовж основного проїзду по вулиці Таганській.

Незважаючи на високе значення потоку насичення на під'їздах по Таганській вулиці, необхідність забезпечувати відповідність пішохідному мінімуму основних тактів регулювання другої фази спровокувало би значні затримки, особливо на під'їзді до перехрестя з боку Арочного мосту, оскільки в цьому місці повздовжній профіль проїзної частини характеризується значним ухилом, і зрушення з місця транспортних засобів, що характеризується високою вантажопідйомністю, вимагало би значних витрат енергії, тобто значних витрат палива, а також великих динамічних навантажень на дорожнє покриття проїзної частини. Всі ці фактори разом призводили би до утворення ненасичених фаз регулювання, внаслідок чого спричинялися би значні збитки пов'язані із затримками транспорту.

Відповідно до державних будівельних норм щодо вимог до вулиць і доріг населених пунктів, розташування пішохідних переходів на розв'язках в одному рівні, тобто на перехрестях, повинно бути не в межах заокруглень проїзної частини. Така вимога спровокована тим, що, незважаючи на зменшення швидкості транспортних засобів при проходженні ними поворотної кривої, при зміні напрямку руху транспортного засобу суттєво знижується оглядовість з місця водія і таким чином водій може не звернути увагу на пішохода, що перетинає проїзну частину, особливо якщо такий рух відбувається одночасно із рухом транспортного засобу.

В той же час пішоходам теж доволі складно виявити наближення такого транспортного засобу у випадку якщо пішохідний перехід розташований в межах кривої, оскільки транспортний засіб наближається з напрямку, який погано проглядається пішоходом, тобто слід повернути голову

для того, щоб побачити наближення цього транспортного засобу. Однак з урахуванням конфігурації перехрестя, винесення пішохідних переходів у зону, де відсутні криві, призвело би до дуже великого збільшення відстаней від вхідних стоп-ліній перехрестя до найвіддаленіших конфліктних точок транспортних та пішохідних напрямів. Таке збільшення при розрахунку режиму регулювання призвело б до дуже великого зростання втраченого часу і, як наслідок, невиправданого збільшення тривалості циклу регулювання, результатом чого стало би серйозне зростання транспортних затримок та значна мотивація учасників дорожнього руху на порушення вимог світлофорних сигналів. Особливо це стосується пішоходів. Таким чином, виконання вимог стандарту без введення додаткових заходів організації дорожнього руху посприяло би зниженню рівня безпеки дорожнього руху та зростанню дорожньо-транспортної аварійності.

Для розв'язання цієї проблеми пропонується розташувати на перехресті у значній кількості напрямні островці, оскільки дорожня розмітка є все ж таки тимчасовим заходом, особливо якщо для її нанесення застосовується фарба і може в різних умовах бути малопомітною, а також закритою снігом, брудом тощо. Пропонується для позначення напрямних островців застосовувати бетонні тумби, які виступають додатковим засобом каналізованих руху. На цих тумбах будуть встановлені світлофорні стійки з розташованими на них транспортними та пішохідними світлофорами, а також щити для нанесення вертикальної розмітки, й необхідні дорожні знаки, в тому числі і знаки, які вказують напрям об'їзду перешкоди якою є тумба.

З одного боку, існування таких перешкод для руху могло би збільшити дорожню аварійність через зростання ризику наїзду транспортних засобів на ці перешкоди, а, з іншого боку, існування таких перешкод чинить позитивний вплив на вибір швидкісного режиму водіями.

3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Розрахунок капітальних витрат

До капітальних витрат належать витрати по придбанню дорожніх знаків, визначених у основній частині, K_1 монтажу цих дорожніх знаків K_2 та демонтажу старих дорожніх знаків K_3 , а також на закупівлю дорожніх контролерів K_4 , світлофорного обладнання K_5 , монтаж світлофорів K_6 , закупівлю світлофорних стійок K_7 та їх монтаж K_8 , закупівлю кабелів та тросів K_9 та їх монтаж K_{10} .

Витрати на закупівлю дорожніх знаків K_1 розраховані в табл. 3.1 на основі таблиці демонтажу та встановлення дорожніх знаків, що їх наведено у основній частині роботи.

Таблиця 3.1 – Витрати на дорожні знаки

Тип знаку	Вартість 1 знаку	Кількість знаків	Сума
Трикутний	906	4	3624
Круглий	951	6	5706
Квадратний	951	19	18069
Прямокутний	1344	1	1344
Табличка	471	1	471
		31	29214

Витрати на монтаж 31 дорожніх знаків K_2 з урахуванням вартості монтажу одного знаку 209 грн., складатимуть

$$K_2 = 31 \cdot 209 = 6479 \text{ грн} \quad (3.1)$$

Вартість демонтажу 12 старих дорожніх знаків становить:

$$K_3 = 12 \cdot 209 = 2508 \text{ грн} \quad (3.2)$$

Вартість дорожнього контролера КДК 40-02 за даними заводу-виробника складає 200050 грн.

$$K_4 = 200050 \text{ грн.} \quad (3.3)$$

Ціна транспортного світлофора складає 19085 грн., ціна пішохідного світлофора – 13009 грн. Витрати на купівлю світлофорів становлять:

$$K_5 = 8 \cdot 19085 + 8 \cdot 13009 = 256752 \text{ грн.} \quad (3.4)$$

Вартість монтажу одного світлофора складає 979 грн., тому витрати на монтаж світлофорів становитимуть:

$$K_6 = 16 \cdot 979 = 15664 \text{ грн.} \quad (3.5)$$

Ціна світлофорної стійки складає 14592 грн. Для об'єкта необхідно 4 нових стійки (частина світлофорів розміщується на існуючих електроопорах). Витрати на купівлю світлофорів становлять:

$$K_7 = 4 \cdot 14592 = 58368 \text{ грн.} \quad (3.6)$$

Вартість монтажу однієї світлофорної стійки складає 648,2 грн., тому витрати на монтаж стійок становитимуть:

$$K_8 = 4 \cdot 1648,2 = 6592 \text{ грн.} \quad (3.7)$$

Ціна одного метра світлофорного 19- жильного кабеля разом із несучим тросом складає 103,53 грн. Для об'єкта необхідно 190 м кабелю. Витрати на купівлю кабелю становлять:

$$K_9 = 190 \cdot 103,53 = 19665 \text{ грн.} \quad (3.6)$$

Вартість монтажу одного метру кабелю на тросовому підвісі складає 219 грн., тому витрати на монтаж кабелю становитимуть:

$$K_{10} = 190 \cdot 219 = 41610 \text{ грн.} \quad (3.7)$$

Загальна сума збільшення основних фондів за рахунок капітальних вкладень становитиме:

$$\Phi = 29214 + 200050 + 19665 + 152680 + 104072 + 58368 = 564049 \text{ грн.} \quad (3.4)$$

Витрати на проведення робіт зі знаками, світлофорами, кабелями та стійками становитимуть:

$$K_p = 6479 + 2508 + 41610 + 15664 + 6592 = 72853 \text{ грн}$$

$$K = \Phi + K_p = 564049 + 72853 = 636902 \text{ грн}$$

3.2 Розрахунок річних експлуатаційних витрат

Поточні витрати складаються з витрат на відновлення дорожньої розмітки а також робіт, пов'язаних з ремонтом технічних засобів, і на оплату електроенергії світлофорів та дорожнього контролера.

Розрахунок площі дорожньої розмітки, що буде щорічно відновлюватися в межах зони проєктування, наведено в таблиці у основній частині роботи. За даними розрахунку, сумарна площа розмітки складатиме 333,6 м².

Витрати на нанесення 1 м² розмітки становлять 304,9 грн., таким чином витрати на оновлення розмітки становитимуть:

$$C_n = 333,6 \cdot 304,9 = 101725 \text{ грн.} / \text{рік} \quad (3.5)$$

Амортизаційні витрати на технічні засоби для першого року експлуатації становлять (з урахуванням амортизації усіх капітальних витрат, окрім демонтажу старих дорожніх знаків, які вже не є основними фондами):

$$A = K \cdot 0,24 \quad (3.6)$$

$$A = 636902 \cdot 0,24 = 152856 \text{ грн} / \text{рік}$$

Експлуатаційні витрати на ремонт технічних засобів становлять:

$$C_{\text{рем}} = \Phi \cdot 0,05$$

$$C_{\text{рем}} = 564049 \cdot 0,05 = 28202,45 \text{ грн} / \text{рік}$$

Витрати на електроенергію з урахуванням потужності дорожнього контролера 40 Вт, секції світлофора 15 Вт та вартості кВт×год. електрики 5, грн., складатимуть:

$$C_e = (16 \cdot 0,015 + 0,04) \cdot 10 \cdot 5 \cdot 365 = 5110 \text{ грн} / \text{рік}$$

Загальні експлуатаційні витрати складають:

$$C = 101725 + 5110 + 152856 + 28202,45 = 287894 \text{ грн} / \text{рік}$$

3.3 Економія від зменшення числа та важкості ДТП

Економія від зменшення числа ДТП встановлюється порівнянням збитків від ДТП на ділянці вулично дорожньої мережі до та після впровадження заходів.

$$E_{\text{ДТП}} = C_{\text{ДТПдо}} - C_{\text{ДТПпісля}} \quad (3.10)$$

З урахуванням коефіцієнту зниження аварійності k :

$$E_{\text{ДТП}} = C_{\text{ДТПдо}} - k C_{\text{ДТПдо}} \quad (3.11)$$

Коефіцієнт зниження аварійності розраховується на основі частинних коефіцієнтів за формулою:

$$k = \prod (1 - k_i) \quad (3.12)$$

де k_i - частинні коефіцієнти зниження аварійності (таблиця 3.6)

Таблиця 3.6 - Значення k_i

Захід	k_i	$1-k_i$
Встановлення дорожніх знаків	0,34	0,66
Введення світлофорного регулювання на перехресті	0,52	0,48
Горизонтальна розмітка перехрестя	0,38	0,62
Добуток коефіцієнтів		0,196

$$k = 0,196$$

Розрахунок ефекту по ДТП наведено в табл. 3.7 та 3.8. з урахуванням того, що при визначенні величини збитків від ДТП з постраждалими у загальну величину враховується також і матеріальні збитки.

$$E_{\text{ДТП}} = 4960000 - 974223 = 3985777 \text{ грн / рік}$$

Таблиця 3.7 – Розрахунок збитків від ДТП

Наслідки ДТП	Збиток від одного ДТП, грн	Кількість ДТП за рік	Збиток за рік за базою, грн/рік	k	Збиток за рік за проектом, грн/рік
Матеріальні збитки	128000	25	3200000	0,196	628531,20
Середні поранення	192000	3	960000	0,196	188559,36
Важкі поранення	288000	1	416000	0,196	81709,06
Смертельний випадок	256000	1	384000	0,196	75423,74
Загалом		30	4960000	0,196	974223,36

3.4 Розрахунок терміну окупності проєкту

Оскільки в даній роботі враховується ефект від зростання рівня безпеки дорожнього руху, то загальна економія буде дорівнювати економії від зниження числа та важкості дорожньо-транспортних пригод.

$$E = E_{ДТП} \quad (3.14)$$

$$E = 3985777 \text{ грн/рік}$$

У випадку, коли умовна економія від запровадження заходів організації дорожнього руху протягом першого року життя проєкту суттєво перевищує витрати на його реалізацію, термін окупності проєкту розраховується за формулою:

$$T_{ок} = \frac{K}{E - C} \quad (3.15)$$

З урахуванням попередньої формули, отримаємо:

$$T_{ок} = \frac{636902}{3985777 - 287894} = 0,17 \text{ року}$$

Термін окупності проєкту – 0,17 року.

Техніко-економічні показники проєкту наведено у таблиці 3.8.

Таблиця 3.8 - Техніко-економічні показники проекту

Показник	Базове значення	Проектне значення
Капітальні вкладення, грн.	-	636902
Додаткові річні експлуатаційні витрати, грн	-	287894
Витрати від ДТП, грн./рік	4960000	974223
Загальна економія, грн./рік	-	3985777
Термін окупності проекту, років	-	0,17

ВИСНОВКИ

Згідно завдання, в дипломній роботі проаналізовано дорожні умови та інтенсивність дорожнього руху на перехресті вулиць Антона Незоли та Михайлова у Дніпровському районі міста Запоріжжя.

За результатами аналізу визначено, що перехрестя має складну конфігурацію, а інтенсивності дорожнього руху, тип та розташування конфліктних точок вимагають введення світлофорного регулювання. Проведено розрахунки тривалостей основних тактів та перехідних інтервалів циклу світлофорного регулювання на основі формули Вебстера. В результаті введення регулювання на перехресті прогнозується зниження кількості та тяжкості дорожньо-транспортних пригод, що загалом призведе до річної економії у сумі близько 4 млн. грн. Таким чином, витрати на реалізацію проекту окупляться менш ніж за рік.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Управління дорожнім рухом на регульованих перехрестях у містах [Електронний ресурс] : монографія / Є. Ю. Формальчик, І. А., Могила, В. Е. Трушевський, В. В. Гілевич ; за заг. ред. Є. Ю. Формальчика . — Львів : Вид-во Львів. політехніки, 2018 . — 236 с. — Режим доступу: <http://elib.chdту.edu.ua/e-books/4224>
2. Geometrical and Functional Criteria as a Methodological Approach to Implement a New Cycle Path in an Existing Urban Road Network: A Case Study in Rome / Paola Di Mascio, Gaetano Fusco, Giorgio Grappasonni [та ін.]. // Sustainability. - 2018. - С. 1-19.
3. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни „Екологічні характеристики схем організації дорожнього руху”, на тему „Екологічна характеристика руху транспортного потоку на ділянці міської магістралі”, для студентів спеціальності „Організація дорожнього руху” / Укл. В.М. Богаченко, О.О. Бакуліч, О.В. Красильнікова. —К.: КАДІ, 1993 – 28 с.
4. Організація та регулювання дорожнього руху: підручник / за заг. ред. В.П. Поліщука, О.О. Бакуліч, О.П. Дзюба, В.І. Єресов та ін. — К.: Знання України, 2012. — 467 с.
5. Запорізька міська рада [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://zp.gov.ua/ru/page/dniprovskij>
6. Возняк, О. М. Забезпечення безпеки руху на залізничних переїздах [Текст] : монографія / О. М. Возняк, В. І. Гаврилюк; Дніпровськ. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. — Дніпро, 2019. — 282 с.
7. Дзюба О.П. Елементи теорії масового обслуговування в організації дорожнього руху / О.П. Дзюба, Н.Т. Кунда. — К.: УТУ, 1996. — 28 с.