

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Транспортний
(повне найменування факультету)

«Транспортні технології»
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проєкту (роботи)

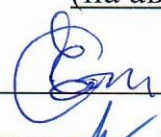
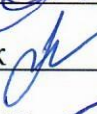
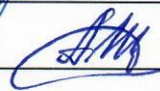
магістра
(ступінь вищої освіти)

на тему ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МЕРЕЖЕВОГО
СВІТЛОФОРНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ПО ВУЛ. ТРОЇЦЬКІЙ М. ЗАПОРІЖЖЯ

Виконав: студент ІІ курсу, групи Т-322м

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

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

	<u>Євген ЄВСЮКОВ</u> (прізвище та ініціали)
<u>Керівник</u> 	<u>Вячеслав ТРУШЕВСЬКИЙ</u> (прізвище та ініціали)
<u>Рецензент</u> 	<u>Андрій ЩЕРБИНА</u> (прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

«Транспортні технології»

Сергій ТУРПАК

«01» листопада 2023 року

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

ЄВСЮКОВА Євгена Володимировича

(ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Дослідження ефективності мережевого світлофорного регулювання по вул. Троїцькій м. Запоріжжя

керівник проєкту (роботи) к.т.н., доц. ТРУШЕВСЬКИЙ Вячеслав Едуардович

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

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

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

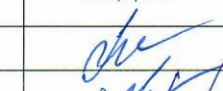
3. Вихідні дані до проєкту (роботи) існуюча вулично-дорожня мережа, існуючі характеристики транспортних та пішохідних потоків, існуюча схема організації дорожнього руху

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналітична частина, 2. Основна частина, 2.1 Розробка оперативних заходів організації дорожнього руху, 2.2. Визначення елементів світлофорних циклів для ізольованих перехресть, 2.2.1 Розрахунок параметрів світлофорного циклу регулювання 3 Економічна частина, 4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

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

Презентація магістерської роботи

6. Консультанти розділів 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.		
4	ЛАЗУТКІН М.І., доцент		

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Студент(ка)


(підпис)

Євген ЄВСЮКОВ
(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Керівник проекту (роботи)


(підпис)

Вячеслав ТРУШЕВСЬКИЙ
(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 74 с., 22 табл., 12 рис., 15 джерел.

ДОРОЖНІЙ РУХ, БЕЗПЕКА РУХУ, СВІТЛОФОР, ДОРОЖНЯ РОЗМІТКА, КООРДИНОВАНЕ РЕГУЛЮВАННЯ, ТЕЛЕМЕХАНІКА, ДИСТАНЦІЯ, ГРАФІК.

Об'єкт дослідження – координоване світлофорне регулювання по вулиці Троїцькій міста Запоріжжя.

Мета роботи – аналіз та вдосконалення системи мережевого координованого регулювання по вулиці Троїцькій міста Запоріжжя з урахуванням магістральної координації по Соборному проспекту.

Методи дослідження – картографічний, візуальний, графо-аналітичний, аналітичний.

Досліджено режими світлофорного регулювання по вулиці Троїцькій міста Запоріжжя, запропоновано зміну структури і параметрів світлофорних циклів регульованих перехресть по вулиці Троїцькій з урахуванням мережевої координації режимів світлофорного регулювання по цій вулиці у зв'язку із магістральною координацією по Соборному проспекту.

ЗМІСТ

	с.
Завдання.....	2
Реферат.....	4
Вступ.....	7
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	8
1.1 Дослідження ділянки проєктування	7
1.2 Характеристика транспортних та пішохідних потоків	14
1.2.1 Інтенсивність та склад транспортних потоків	14
1.2.2 Аналіз швидкісних режимів руху	20
1.2.3 Характеристика пішохідних потоків	23
1.3 Аналіз недоліків існуючої схеми організації дорожнього руху та постановка задач проєктування	24
2 ОСНОВНА ЧАСТИНА	25
2.1 Розробка оперативних заходів організації дорожнього руху	26
2.2 Визначення елементів світлофорних циклів для ізольованих перехресть	34
2.1.2 Розрахунок параметрів світлофорного циклу регулювання.....	36
2.3 Визначення параметрів координованих режимів	45
3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	53
3.1 Розрахунок капітальних витрат	53
3.2 Розрахунок річних експлуатаційних витрат	56
3.3 Економія від зменшення затримок транспорту на перехресті	57
3.4 Розрахунок терміну окупності проєкту	58
4 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	61

4.1 Аналіз потенційних небезпек	61
Висновки	62
Перелік джерел посилання	63
Додаток А – Розробка заходів з охорони праці	65

ВСТУП

Сучасні технології керування дорожнім рухом та сучасна програмно-апаратна база центральних та периферійних засобів автоматизованих систем керування дорожнім рухом дозволяє використовувати широкі можливості математичних методів оптимізації режимів світлофорного регулювання.

В умовах великих міст при значній щільності велично-дорожні мережі і її великій зв'язаності широкого застосування набувають методи мережевої координації роботи світлофорних об'єктів, які полягають у забезпеченні стійкого зв'язку між магістральними координованими режимами міських вулиць, що мають спільні перехрестя. При запровадженні таких режимів маршрути координації можуть пролягати не лише вздовж однієї вулиці а виконувати повороти між вулицями. Таким чином забезпечується підвищення ефективності роботи систем координованого регулювання, яке проявляється по зменшенні кількості та тяжкості дорожньо-транспортних пригод на ділянках координації та зниженням тривалості непродуктивних затримок учасників дорожнього руху в зоні регульованих перехресть.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 ДОСЛІДЖЕННЯ ДІЛЯНКИ ПРОЄКТУВАННЯ

Об'єктом дослідження у даній магістерській роботі є ділянка вулично-дорожньої мережі Олександрівського району, а саме вулиця Троїцька.

Вулиця Троїцька має рівномірний схил від початку вулиці Залізничної до кінця вулиці Набережна. На протязі всієї вулиці існують 8 перехресть, чотири з яких нерегульовані світлофорними об'єктами – це перехрестя вулиць Залізнична, провулок Тихий, вулиці Поштова, Святого Миколая та Амосова, та чотири регульованих перехресть – це перехрестя з вулицями Жуковського, Гоголя, Олександрівська та Соборний проспект. Перехрестя з вулицями Залізничною, провулок Тихий, та Амосова мають «Т – образну» будову. Вулиця Троїцька має чотири смуги руху, по дві смуги руху в кожному напрямку. Ширина вулиці від вул. Жуковського до Соборного проспекту складає 13 м, від Соборного проспекту до вул. Поштової складає 21 м, від вул. Поштової до вул. Святого Миколая – 9 м, від вул. Святого Миколая – до вул. Амосова - 11 м. По всій довжині вулиця обладнана пішохідними переходами. З кожного боку вулиця має тротуари. Дорожнє покриття та тротуари знаходиться в задовільному стані (рис. 1.1).

Відстані між перехрестями наступні:

- від вул. Залізнична – до вул. Жуковського – 53 м;
- від вул. Жуковського – до вул. Гоголя - 155 м;
- від вул. Гоголя – до вул. Олександрівська - 166 м;
- від вул. Олександрівська – до пр. – Соборного - 133 м;
- від просп. Соборного - до вул. Поштової - 104 м;
- від вул. Поштової – до вул. Св. Миколая - 106 м;
- від вул. Св. Миколая – до вул. Амосова - 175 м.
- від вул. Амосова – до вул. Набережна - 86 м.



Рисунок 1.1 – Схема вулично-дорожньої мережі

Отже загальна довжина вулиці Троїцької від вул. Жуковського до перехрестя вул.. Набережна складає 978 м.

Зазначена вулиця відносяться до вулиць районного значення, оскільки є другою головною вулицею, що з'єднує Олександрівський, Комунарський, та Космічний райони з Шевченківським районом, а також з головними об'єктами тяжіння: в Шевченківському районі с заводами ВАТ «Айс Запоріжжя», ЗАТ «Оліяжиркомбінат», ДП «Міжнародний аеропорт Запоріжжя», ДП МОУ «Запорізький державний авіаційний ремонтний завод «МіГремонт», ЗАО «Запорізький завод залізобетонних шпал», ЗАТ «Івеко-Мотор Січ», КП «НБК «Іскра», «Прогрес», та в Жовтневому районі з Запорізьким національним університетом, Запорізьким національним технічним університетом, центральним ринком «Анголенко».

Завантаження вулиці рухом по всій довжині є нерівномірним. Перехрестями з великою інтенсивністю по вулиці Троїцькій вважаються перехрестя з вулицями Жуковського, Гоголя, Олександрівською, а найнавантаженишим перехрестям є перехрестя з проспектом Соборним. Частка вулиці від готелю «Театральний» до перехрестя з вулицями Поштовою та Амосова мають нерівномірні геометричні розміри проїжджої частини по ширині, і оскільки вони не мають значущих транспортних розв'язок, то в більшій мірі не використовується основними транспортними потоками. Також перехрестям з незначною інтенсивністю, яке майже не використовується, вважається провулок Тихий та вул. Амосова.

Щодо видів руху на ділянці, то є обмеження за видами транспорту, зокрема по вулиці забороняється рух вантажного та транзитного транспорту. Вулицею рухається приватний, службовий транспорт, а також міський пасажирський транспорт, зокрема автобуси мікроавтобуси за маршрутами: №1 «вул.. Базарна – Дослідна станція», №6 «Вокзал Запоріжжя 1 - вул.. Авраменко», №9 «вул. Олімпійська – 3-й Шевченківський мікрорайон», №22 «пл.. Свободи - вул. Молочна», №35 б «Аеропорт – вул.. Олімпійська», №3-й Південний мікрорайон – Аеропорт», №42 «3-й Південний мікрорайон – 3-й

Шевченківський мікрорайон», №44 «Тепличний комбінат - вокзал Запоріжжя 1» та трамваї. №10, 12, 14,15.

Особливістю ділянки вулично-дорожньої мережі, що розглядається, є те, що більшість транспорту Шевченківського району проходить по ній до центру міста, а також Космічного та Південного районів, а також ця вулиця вважається головною для обслуговування об'єкту торгівлі ринку «Анголенко».

На перехрестях вулиці Троїцької наявна така організація дорожнього руху.

1) Перехрестя вул. Амосова та вул. Троїцької

Перехрестя має по 1 смузі руху на в'їзді та на виїзді з перехрестя в напрямку від центру міста до вокзалу Запоріжжя 1, та 1 смузі руху на в'їзді та на виїзді з перехрестя в напрямку Шевченківський район – вул. Набережна.

На перехресті використовуються знак 2.1- «Дати дорогу». Дорожня розмітка відсутня.

2) Перехрестя вул. Святого Миколая та вул. Троїцької

Перехрестя має по 1 смузі руху на в'їзді та на виїзді з перехрестя в напрямку від центру міста до вокзалу Запоріжжя 1, та 1 смузі руху на в'їзді та на виїзді з перехрестя в напрямку Шевченківський район – вул. Набережна.

На перехресті використовуються дорожні знаки:

2.1- «Дати дорогу»

2.3 – «Головна дорога »

3.35.1 -3.35.2 - «Пішохідний перехід»

Дорожня розмітка відсутня.

3) Перехрестя вул. Поштової вул. Троїцької

Перехрестя має по 1 смузі руху на в'їзді та на виїзді з перехрестя в напрямку від центру міста до вокзалу Запоріжжя 1, та 2 смуги руху на в'їзді

та на виїзді з перехрестя в напрямку Шевченківський район – вул. Набережна.

На перехресті використовуються знаки:

2.1- «Дати дорогу»

3.34 – «Зупинка заборонена»

4) Перехрестя Соборного просп. та Троїцької вулиці

Перехрестя має по 2 смуги руху на в'їзді та на виїзді з перехрестя в напрямку від центра міста до вокзалу Запоріжжя 1, та 2 смуги руху на в'їзді та на виїзді з перехрестя в напрямку Шевченківський район – вул. Набережна.

На перехресті використовуються знаки

2.1- «Дати дорогу»

2.3 – «Головна дорога »

3.21 – «В'їзд заборонено »

3.34 – «Зупинка заборонена»

3.35.1 -3.35.2 - «Пішохідний перехід»

5.16 – «Напрямок по смугам руху»

Невірно встановлений знак 2.3 в напрямку Шевченківський район – вул.. Набережна с точки зору видимості технічних засобів організації дорожнього руху. Дорожня розмітка відсутня.

5) Перехрестя вул. Олександрівської вул. Троїцької

Перехрестя має по 2 смуги руху на в'їзді та на виїзді з перехрестя в напрямку від центру міста до вокзалу Запоріжжя 1, та 2 смуги руху на в'їзді та на виїзді з перехрестя в напрямку Шевченківський район – вул. Набережна.

На перехресті використовуються знаки:

2.1- «Дати дорогу»

2.3 – «Головна дорога »

3.35.1 -3.35.2 - «Пішохідний перехід»

4.11 – «Рух легкових автомобілів»

Невірно встановлені дублюючі світлофори. Зайвий дорожній знак 2.3 в напрямку Запоріжжя1 – просп. Металургів. Дорожня розмітка відсутня.

6) Перехрестя вул. Гоголя вул. Троїцької

Перехрестя має по 2 смуги руху на в'їзді та на виїзді з перехрестя в напрямку від центру міста до вокзалу Запоріжжя 1, та 2 смуги руху на в'їзді та на виїзді з перехрестя в напрямку Шевченківський район – вул. Набережна.

На перехресті використовуються знаки:

2.1- «Дати дорогу»

2.3 – «Головна дорога »

3.3 – «Рух вантажних автомобілів заборонено»

3.34 – «Зупинка заборонена»

3.35.1 -3.35.2 - «Пішохідний перехід»

Невірно встановлені дублюючі світлофори. Дорожня розмітка відсутня.

7) Перехрестя вул. Жуковського вул. Троїцької

Перехрестя має по 2 смуги руху на в'їзді та на виїзді з перехрестя в напрямку від центру міста до вокзалу Запоріжжя 1, та 2 смуги руху на в'їзді та на виїзді з перехрестя в напрямку Шевченківський район – вул. Набережна.

На перехресті використовуються знаки:

2.1- «Дати дорогу»

2.3 – «Головна дорога »

3.21 – «В'їзд заборонено »

3.3 – «Рух вантажних автомобілів заборонено»

3.34 – «Зупинка заборонена»

3.35.1 -3.35.2 - «Пішохідний перехід»

3.8 – «Рух на велосипеді заборонено»

5.38 – «Зона стоянки»

5.5 – «Дорога з одностороннім рухом»

5.7.1 – «В'їзд на дорогу з одностороннім рухом»

Невірно встановлені дублюючі світлофори. 2 зайвих знаків 5.38 в напрямку від центра міста – до вокзалу Запоріжжя 1. Дорожня розмітка відсутня.

8) Перехрестя вул. Залізнична та вул. Троїцька

Перехрестя має по 2 смуги руху на в'їзді та на виїзді з перехрестя в напрямку від центру міста до вокзалу Запоріжжя 1, та 2 смуги руху на в'їзді та на виїзді з перехрестя в напрямку Шевченківський район – вул. Набережна.

На перехресті використовуються знак:

2.1- «Дати дорогу»

2.3 – «Головна дорога »

3.34 – «Зупинка заборонена»

7.8 – « Напряг головної дороги»

Дорожня розмітка відсутня.

1.3 ХАРАКТЕРИСТИКА ТРАНСПОРТНИХ І ПІШОХОДНИХ ПОТОКІВ

1.3.1 Інтенсивність та склад транспортних потоків

На досліджуваній ділянці було проведене дослідження, в ході якого була підрахована інтенсивність в вечірній час пік (з 16:30 до 18:00), Одержані дані інтенсивності були оброблені і приведені до умовного легкового автомобіля по формулі:

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

де N_i - інтенсивність групи автомобілів;

K_i - відповідний групі автомобілів коефіцієнти зведення відповідно для вантажних автомобілів, автобусів та тролейбусів (приймаються $K_1=2$, $K_2=2,5$, $K_3=3$).

Розрахуємо приведені інтенсивності для перехрестя вулиці Жуковського та вулиці Троїцької для напрямку руху з Шевченківського району на вулицю Набережна:

$$N_{np} = 294 + 24 \times 2 + 6 \times 3 + 42 \times 2,5 = 126 \text{ од./год.}$$

Наступні інтенсивності зводимо таким же чином. Інтенсивності транспортних потоків на перехрестях зводимо з умовою нерозривності транспортного потоку. По отриманим даним робимо картограму інтенсивностей.

Як бачимо в вечірні години “пік” більше транспорту рухається з центру міста на Шевченківський район, оскільки він вважається спальним районом.

На всіх вище зазначених перехрестях були зібрані дані щодо складу транспортного потоку. На рисунку 1.1 приведені дані щодо складу транспортних потоків на вулиці Троїцькій. Як бачимо у транспортному потоці переважають легкові автомобілі на всіх ділянках вулично-дорожньої мережі, що розглядається складають 925 од. Їх частка становить майже 82,2 % від загальної кількості автомобілів.

Особливістю транспортних та пішохідних потоків, особливо на магістральних вулицях, що пов’язують між собою селятебну територію міста з його центром є їхня виражена нерівномірність, яка проявляється у існуванні стійких пікових та міжпікових годин.

Крім того, транспортні та пішохідні потоки, що мають місцем зародження або місцем призначення селятебні території характеризуються маятниковим характером, пов’язаним із коливаннями протягом доби.

Таблиця 1.1 – Дані про інтенсивність дорожнього руху

Перехрестя	Напрямо к	Орієнтири	Легковий	Вантажн ий до3т	Вантажн ий 3-5т	Тролейбу с	Автобус	Мікроав тобус	Зведені одиниці
Троїцька - Жуковського	А	Шевченківський - Металургів	102	12					126
		Шевченківський - Набережна	294	24			6	42	465
		Шевченківський - Запоріжжя 1	48	6	6				75
	D	Запоріжжя 1- Шевченківський	1	12	6			4	50
		Запоріжжя 1-Металургів	6	6					18
		Запоріжжя 1-Набережна	6						6
	С	Металургів-Шевченківський	144	6					156
		Металургів-Запоріжжя 1	48						48
		Металургів-Набережна	12						12
	В	Набережна-Металургів							0
		Набережна-Шевченківський	258	24	6		18	24	435
		Набережна-Запоріжжя 1	6						6
Троїцька - Гоголя	А	Шевченківський - Металургів	66	6					78
		Шевченківський - Набережна	312	12				48	456
		Шевченківський - Запоріжжя 1	4	7					18
	D	Запоріжжя 1- Шевченківський	6						6
		Запоріжжя 1-Металургів	66	1					68
		Запоріжжя 1-Набережна	6						6
	С	Металургів-Шевченківський	96						96

Продовження таблиці 1.1

Перехрестя	Напрямо к	Орієнтири	Легковий	Вантажн ий до3т	Вантажн ий 3-5т	Тролейбу с	Автобус	Мікроав тобус	Зведені одиниці
		Металургів-Запоріжжя 1	18						18
	В	Металургів-Набережна	18						18
		Набережна-Металургів	24						24
		Набережна-Шевченківський	276	18				13	345
		Набережна-Запоріжжя 1	12						12
Троїцька - Олександрівс ька	А	Шевченківський - Металургів	54						54
		Шевченківський - Набережна	342	12				30	441
		Шевченківський - Запоріжжя 1	6						6
	D	Запоріжжя 1- Шевченківський	24						24
		Запоріжжя 1-Металургів	72						72
		Запоріжжя 1-Набережна	78	12					102
	С	Металургів-Шевченківський	36						36
		Металургів-Запоріжжя 1	18						18
		Металургів-Набережна	24	6					36
	В	Набережна-Металургів	12						12
		Набережна-Шевченківський	204	24			6	12	300
		Набережна-Запоріжжя 1	18						18
Троїцька - Соборний	А	Шевченківський - Металургів	132						132
		Шевченківський - Набережна	114	6					126
		Шевченківський - Запоріжжя 1	234	18			6	36	378

Продовження таблиці 1.1

Перехрестя	Напрямо к	Орієнтири	Легковий	Вантаж ний до3т	Вантаж ний 3-5т	Тролейбу с	Автобус	Мікроав тобус	Зведені одиниці
	D	Запоріжжя 1- Шевченківський	228	18			12	42	405
		Запоріжжя 1-Металургів	522	18		36	24	186	1203
		Запоріжжя 1-Набережна							0
	C	Металургів-Шевченківський	6						6
		Металургів-Запоріжжя 1	522	6		8	12	222	1149
		Металургів-Набережна	42	18					78
	B	Набережна-Металургів	78						78
		Набережна-Шевченківський	96						96
		Набережна-Запоріжжя 1	18						18
Троїцька - Поштова	A	Шевченківський - Металургів	12						12
		Шевченківський - Набережна	120	12					144
		Шевченківський - Запоріжжя 1	12						12
	D	Запоріжжя 1- Шевченківський	66						66
		Запоріжжя 1-Металургів	12						12
		Запоріжжя 1-Набережна	18						18
	C	Металургів-Шевченківський							0
		Металургів-Запоріжжя 1	12						12
		Металургів-Набережна	6						6
	B	Набережна-Металургів	12	6					24
		Набережна-Шевченківський	102	12	6				141
		Набережна-Запоріжжя 1							0

Закінчення таблиці 1.1

Перехрестя	Напрямо к	Орієнтири	Легкови й	Вантажн ий до3т	Вантажн ий 3-5т	Тролейбу с	Автобус	Мікроав тобус	Зведені одиниці
ВСЬОГО			372	30	6	0	0	0	447
Троїцька – святого Миколая	А	Шевченківський - Металургів	66						66
		Шевченківський - Набережна	12						12
		Шевченківський - Запоріжжя 1	36						36
	D	Запоріжжя 1- Шевченківський	66						66
		Запоріжжя 1-Металургів	150	6					162
		Запоріжжя 1-Набережна	1						1
	С	Металургів-Шевченківський	60						60
		Металургів-Запоріжжя 1	126	42	24		6		288
		Металургів-Набережна	6						6
	В	Набережна-Металургів	6						6
		Набережна-Шевченківський	24						24
		Набережна-Запоріжжя 1							0
Всього			553	42	24	52	6	708	1385

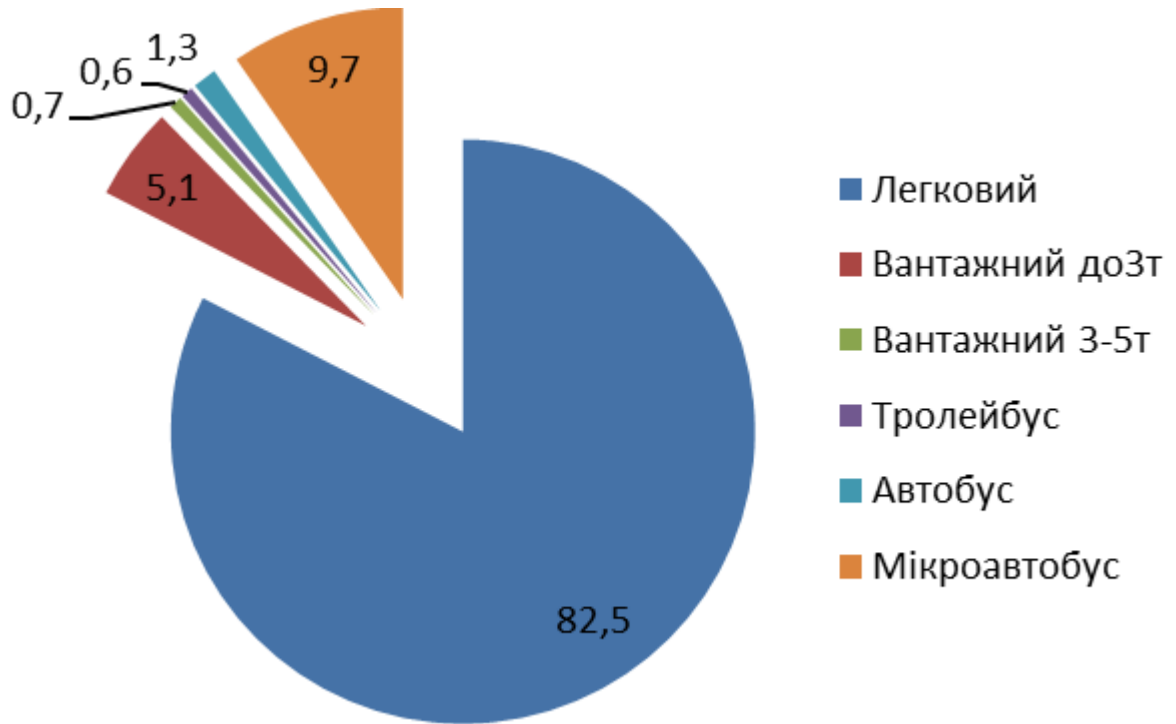


Рисунок 1.2 – Склад транспортного потоку на вулиці Троїцьку в одиницях

Слід відмітити, що найбільші інтенсивності спостерігаються на перехрестях вулиці Троїцькій та проспекту Соборному і складають – 3669 од., а також на перехрестях Жуковського – Троїцька – 1397 од., та Гоголя – Троїцька – 1145 од. Зокрема кожне перехрестя відрізняється одне від іншого складом транспортного потоку.

1.3.2 Аналіз швидкісних режимів руху

Встановлення величини швидкості руху на проводимо за допомогою вимірювача швидкості типу «ІСКРА-1». Це універсальний імпульсний вимірювач швидкості, який реалізує всі можливі роботи: у стаціонарному положенні й у русі (у тому числі по зустрічним і побіжним цілям), селекцію

цілей по напрямку, сполучається з відео фіксатором «Кадр–1» і персональним комп'ютером. Тактико-технічні характеристики дорожнього радара «ІСКРА–1»:

- робоча частота – $24,15 \pm 0,1$ ГГц (К-діапазон); дальність виявлення – не менше 500 – 800 м; діапазон вимірюваних швидкостей – 30 – 220 км/год;
- межі абсолютної погрішності виміру швидкості – ± 2 км/год;
- час виміру швидкості – не більше 1 с;
- дискретність установки граничного значення швидкості – 1 км/год;
- виділення найшвидшої цілі при перевищенні швидкості руху на 4 км/год;
- кількість комірок пам'яті – 2; час збереження значення швидкості в кожній з комірок пам'яті не менше 10 хвилин;
- припустима тривалість безупинної роботи не менше 16 годин;
- час установки робочого режиму після включення живлення не більше 3 с;
- щільність потоку вимірювання в зворотному напрямку на відстані 0,5 м не більш 10 мкВт/см^2 ;
- середня споживна потужність – не більше 8 Вт;
- маса – не більше 0,9 кг (без акумулятора);
- припустимі граничні температури від -50°C до $+55^\circ\text{C}$;
- габаритні розміри – не більше 265x180x65 мм.

Для аналізу швидкісного режиму руху транспортних потоків по довжині вулиці Троїцькій були проведені контрольні вимірювання швидкості руху автомобіля в транспортному потоці. Вулиця Троїцька була розділена на ділянки, де фіксувалися швидкості автомобілю під час проїзду цією ділянкою. Було виконано по 20 вимірювань у кожному напрямку руху по вулиці. Дослідження проводились у будній день, у між пікові години доби з 13:00 до 14:00.

Отримані данні по вулиці Троїцькій обробляємо та заносимо до таблиці

1.3 Результати вимірювань містять загальну інформацію, тобто це сумарні значення швидкостей руху, які вимірювались протягом години по всій вулиці.

Таблиця 1.2 – Розподіл швидкостей руху за годину.

Інтервали швидкостей руху	Середина інтервалу V_i	Кількість значень m_i	Частість $f_i = \frac{m_i}{\sum m_i}$	Накопичена частість $F(V)$
25-30	27,5	46	0,28750	0,28750
30-35	32,5	36	0,22500	0,51250
35-40	37,5	29	0,18125	0,69375
40-45	42,5	32	0,20000	0,89375
45-50	47,5	14	0,08750	0,98125
50-55	52,5	1	0,00625	0,98750
55-60	57,5	2	0,01250	1

Розраховуємо значення середньої швидкості руху за формулою 1.2 (згідно з даними таблиці 1.4):

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

$$V_{cp} = 5844,31 / 160 = 36,5 \text{ км/год.}$$

При аналізі статистичних показують з якими швидкостями рухається найбільш повільна частка транспортного потоку, яка є причиною дорожніх пригод, що пов'язані з обгонами.

Швидкості 50 % забезпеченості відповідають середній швидкості руху всіх автомобілів потоку, що розглядається.

Швидкості 85 % забезпеченості показують з якими швидкостями рухається найбільш швидка частка потоку автомобілів. Величина цієї швидкості використовується при організації руху.

Проаналізувавши отримані значення можна стверджувати, що середня швидкісний режим руху по всій вулиці Троїцькій становить 36,5 км/год, та 85 % забезпеченості швидкості. Як бачимо, на перехресті вулиць Гоголя та Олександрівською в напрямку Шевченківського району середня швидкість підвищується і складає 44,2 та 41, 3 км/год. Перепад швидкостей є негативним явищем, що значно впливає на безпеку дороги в цілому.

1.3.3 Характеристика пішохідних потоків

На ділянці вулично-дорожньої мережі, що розглядається, рух пішоходів здійснюється по тротуарах, якими обладнані практично усі ділянки.

За характером руху це пересування перш за все до та від зупинок маршрутного пасажирського транспорту. Крім цього, це рух до об'єктів тяжіння: магазинів, ринку Анголенко, та «університетського містечка», що розташовані у безпосередній близькості до самої ділянки дороги.

Під час спостережень та вивчення характеру пішохідних потоків були виявлені наступні недоліки:

- 1) відсутність відповідно до вимог обладнаного пішохідного переходу через вулицю Троїцьку в районі вулиці Святого Миколая, відсутність нанесеної розмітки пішохідних переходів по всій вулиці;
- 2) хаотичний рух через проїжджу частину пішоходів практично по всій довжині вулиці Троїцької;
- 3) значний потік пішоходів на перехресті вулиць Жуковського та Троїцької до та від зупинки міського пасажирського транспорту у не зазначених для цього місцях.

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

1.6 АНАЛІЗ НЕДЛОГІВ ІСНУЮЧОЇ СХЕМИ ОРГАНІЗАЦІЇ ДОРОЖНЬОГО РУХУ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ДЛЯ ПРОЄКТУВАННЯ

В останні роки значними темпами зростає інтенсивність дорожнього руху, що засвідчить про зростання рівнів автомобілекористування. України та підвищення рівня автомобілізації. Але такий соціальний фактор, як високий рівень автомобілізації має не тільки позитивні сторони, але й негативні. Зростання рівня автомобілізації в Україні викликає значне підвищення негативного впливу транспортно-дорожнього комплексу на навколишнє середовище та сприяє зростанню аварійності на дорогах.

Наприклад, зменшення експлуатаційних швидкостей приводить до виникнення заторів, а вони в свою чергу збільшують об'єми викидів відпрацьованих газів в атмосферу, шум, забрудненість ґрунтів та водних об'єктів. Таким чином, необхідно виконувати такі заходи з організації дорожнього руху, які б впливали на навколишнє середовище та дорожній рух лише позитивно.

Таким чином, розглядаючи вулицю Троїцьку, особливу увагу приділяємо таким аспектам :

- невідповідність діючої схеми організації дорожнього руху поточній дорожньо-транспортній ситуації, що потребує заміни частини дорожніх знаків та наведення дорожньої розмітки;
- відсутність координованого регулювання на перехрестях, що розташовані поруч, що призводить до значних транспортних затримок і потребує введення режиму «зеленої хвилі» у погодженні із Соборним проспектом.

2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 РОЗРОБКА ОПЕРАТИВНИХ ЗАХОДІВ ОРГАНІЗАЦІЇ ДОРОЖНЬОГО РУХУ

Дорожні знаки розташовуються таким чином, щоб їх добре бачили учасники дорожнього руху, та була забезпечена видимість інформації. Дорожні знаки повинні встановлюватись на відстані 50 – 100 м у населеному пункті, 150 – 300 м – поза ним від відповідних об'єктів; послідовно встановлені знаки повинні встановлюватись на відстані один від одного 25 м у населеному пункті, 50 м – поза ним. Якщо на дорозі дві та більше смуг руху в одному напрямку, знаки дублюються. Вони розташовуються на розділювальній смузі, при її відсутності на лівому боці дороги, або над проїзною частиною.

Відстань від нижнього краю знака до поверхні дорожнього покриття повинна становити від 1,5 м до 2,2 м поза населеним пунктом, 2,0 – 4,0 м – в населеному пункті, при встановленні знаків один під одним висота встановлення визначається по нижньому знаку.

Відстань від межі проїзної частини до найближчого до неї краю знаку, встановленого збоку від проїзної частини, повинна становити 0,5 – 2,0 м.

Відстань між сусідніми знаками, що розташовані на одній опорі, які поширюють свою дію на одну і ту ж проїзну частину повинна становити 50 – 200 мм. Всі дорожні знаки конструктивно повинні бути виготовленні з використанням світлоповертаючих плівок та можуть бути розташовані на окремих стійках.

Дорожня розмітка – це написи та інші позначення на проїзній частині, бордюрах, елементах дорожніх споруд, обстановки вулиць та доріг, що застосовуються самостійно та у поєднанні з дорожніми знаками або світлофорами [19].

Розмітка є засобом регулювання дорожнього руху і сприяє зменшенню ДТП на 30 – 50% . Розмітка супроводжується дорожніми знаками, що дублюють зміст.

Основне призначення дорожньої розмітки – забезпечити візуальну орієнтацію учасників дорожнього руху при виборі траєкторії, напрямку і режимів руху в різних дорожніх умовах.

Існує дві групи розмітки: горизонтальна та вертикальна. Кожному виду розмітки надається номер: перше число – номер групи розмітки, друге – порядковий номер розмітки в групі, третє – різновид розмітки.

Горизонтальна розмітка включає до себе лінії, написи, стрілки та інші позначення і поділяється на повздовжню (1.1 – 1.11), поперечну (1.12 – 1.15) та інші види розмітки (1.16 – 1.23) і наноситься на поверхню проїзної частини дороги.

До вертикальної розмітки відносяться лінії та позначення, що наносяться на торцевих поверхнях дорожніх споруд та інженерному обладнанні автомобільних доріг, а також світлоповертаючі елементи, що закріплені на цих поверхнях. Вертикальна розмітка буває чорного та білого кольорів (червоного з жовтим (білим) для світлоповертаючих елементів).

Розмітка повинна наноситись фарбами, термопластичними масами або іншими зносостійкими матеріалами. Розмітка, що виконана термопластичними масами, не повинна виступати над проїзною частиною більше ніж на 3 мм. У разі повторного нанесення розмітки не повинно залишатися слідів старої розмітки.

Світлоповертаючі елементи, що застосовуються разом із розміткою 2.4 – 2.6, повинні бути праворуч червоного кольору, а ліворуч – білого. Площина світлоповертаючого елемента повинна бути перпендикулярною до напрямку погляду водія.

На проїзну частину наносять осьову, бар'єрну, розділяючі, граничні та крайові лінії, а також лінії пішохідного переходу. Осьова лінія розділяє зустрічні транспортні потоки, вона може бути суцільною та переривчатою.

Довжина осьової лінії не повинна бути меншою 20 м . Бар'єрну суцільну лінію наносять поруч з переривчатою осьовою для заборони перетинання з одного боку. Граничні і крайові лінії обмежують проїзну частину з краю або відокремлюють автомобільні потоки від потоків пішоходів або велосипедистів. Вони застосовуються і в жовтому кольорі. Лінії пішохідного переходу представляють собою широкі поперечні смуги.

Також на проїзну частину наносять лінії повороту, направляючі стрілки, лінії островців безпеки, лінію майданчиків – стоянок, майданчиків для посадки, «стоп», та написи.

Особливого значення набуває розмітка у нічний час та в негоду. Тому матеріали, що використовують для розмітки, повинні відповідати таким вимогам: довговічність, жорсткість, чітка видимість в день і вночі, а також в тумані, стійкість проти забруднення тощо.

Світлофори повинні встановлюватись на спеціальних колонках, кронштейнах, що прикріплюються до існуючих опор або стін будинків, на консольних чи рамних опорах, на стійках, а також підвішуватись на тросах-розтяжках.

Спеціальні колонки та опорні елементи консольних або рамних опор повинні розташовуватись поза проїзною частиною дороги.

Висота встановлення світлофорів від нижньої точки корпусу до поверхні проїзної частини (рисунок 2.1) повинна складати:

для транспортних світлофорів (крім типу 3):

при розташуванні над проїзною частиною – від 5,0 до 6,0 м;

при розташуванні збоку від проїзної частини – від 2,0 до 3,0 м;

для транспортних світлофорів типу 3 – від 1,5 до 2,0 м;

для пішохідних світлофорів – від 2,0 до 2,5 м.

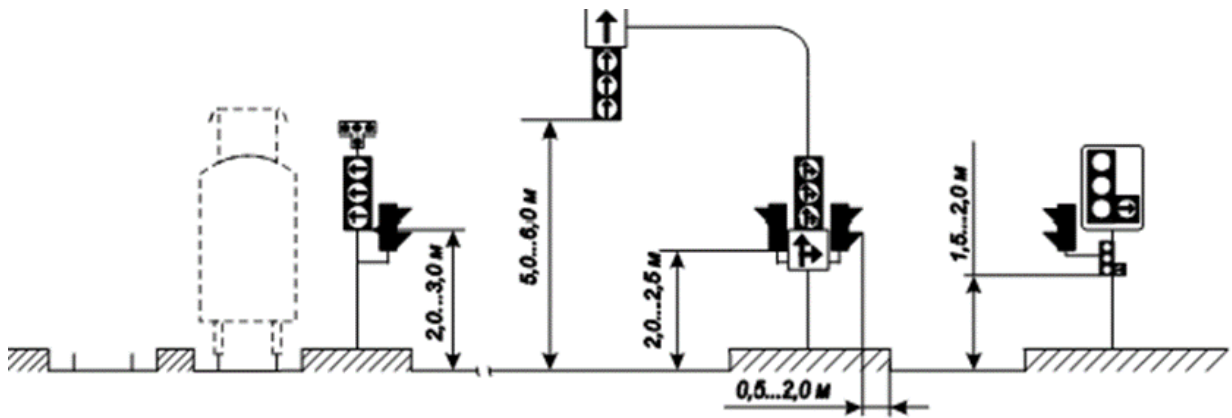


Рисунок 2.1 Висота встановлення світлофорів від нижньої точки корпусу до поверхні проїзної частини

При розташуванні на одній опорі з транспортними світлофорами типів 1 або 2 пішохідні світлофори не повинні розташовуватися вище них.

На протязі однієї дороги висота встановлення світлофорів та їх віддалення від проїзної частини повинні бути по можливості однакові.

Відстань від краю проїзної частини до світлофора, встановленого збоку від проїзної частини, повинна складати від 0,5 до 2,0 м (рисунок 2.1).

Розташування світлофорів відносно розмітки 1.12 “Стоп-лінія” повинно забезпечувати розпізнаваність їх сигналів водіями перших транспортних засобів, що стоять біля неї (рисунок 2.2).

Рекомендована відстань в горизонтальній площині від транспортних світлофорів до розмітки 1.12 “Стоп-лінія” на підході до регульованої ділянки повинна бути не менше 5,0 м при встановленні їх над проїзною частиною й не менше 3,0 м при встановленні збоку від проїзної частини.

При використанні світлофорів типу 3 відстань в горизонтальній площині від транспортного світлофору, встановленого збоку від проїзної частини, до стоп-лінії на підході до регульованої ділянки допускається зменшувати до 1,0 м .

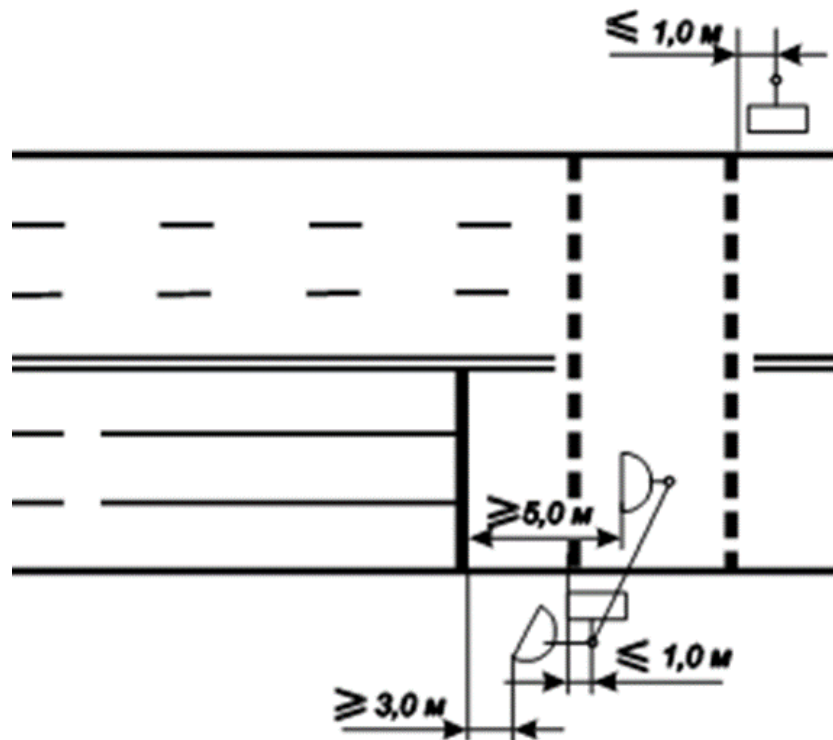


Рисунок 2.2 Розташування світлофорів відносно розмітки 1.12 “Стоп-лінія”

Пропускна спроможність дороги – це максимальне значення інтенсивності дорожнього руху в одному напрямку на певній ділянці дороги за умови забезпечення безпеки дорожнього руху, вона є одним з головних параметрів, що характеризують умови руху транспортних потоків.

За наявності на ділянці вулиці регульованих перетинів в одному рівні оцінка пропускну здатність її ведеться з урахуванням пропускну здатності у створі стоп-ліній перетинів. Скорочення часу проїзду регульованих перетинів дозволяє покращити умови руху по всій трасі вулиці, збільшити її пропускну спроможність, а отже, і пропускну здатність вулично-дорожньої мережі в цілому.

Особливо актуальним це питання є для ділянок та вузлів, що характеризуються високим рівнем завантаження рухом.

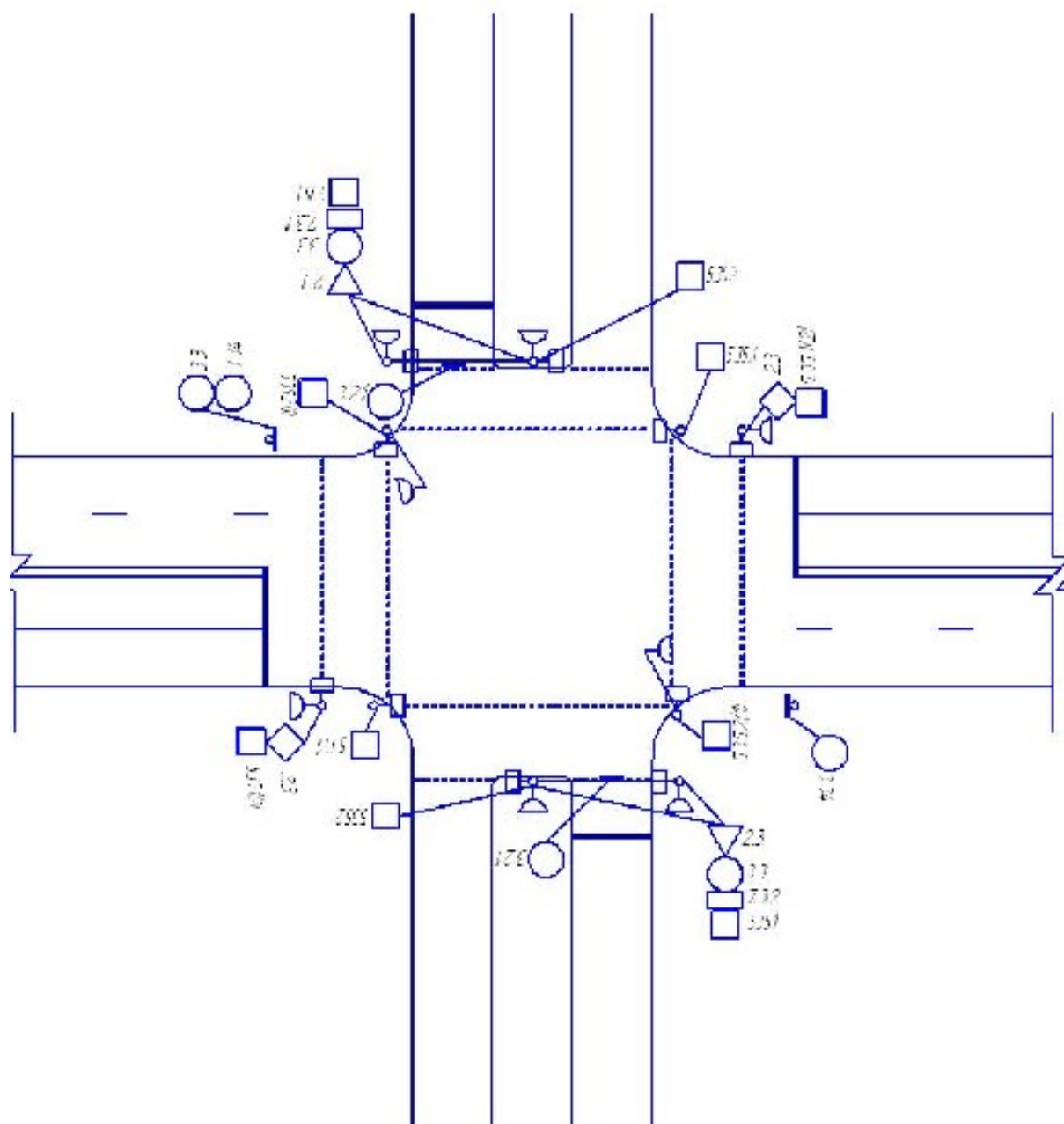


Рисунок 2.4 – Проектна схема організації дорожнього руху на перехресті вул. Троїцька – вул. Гоголя

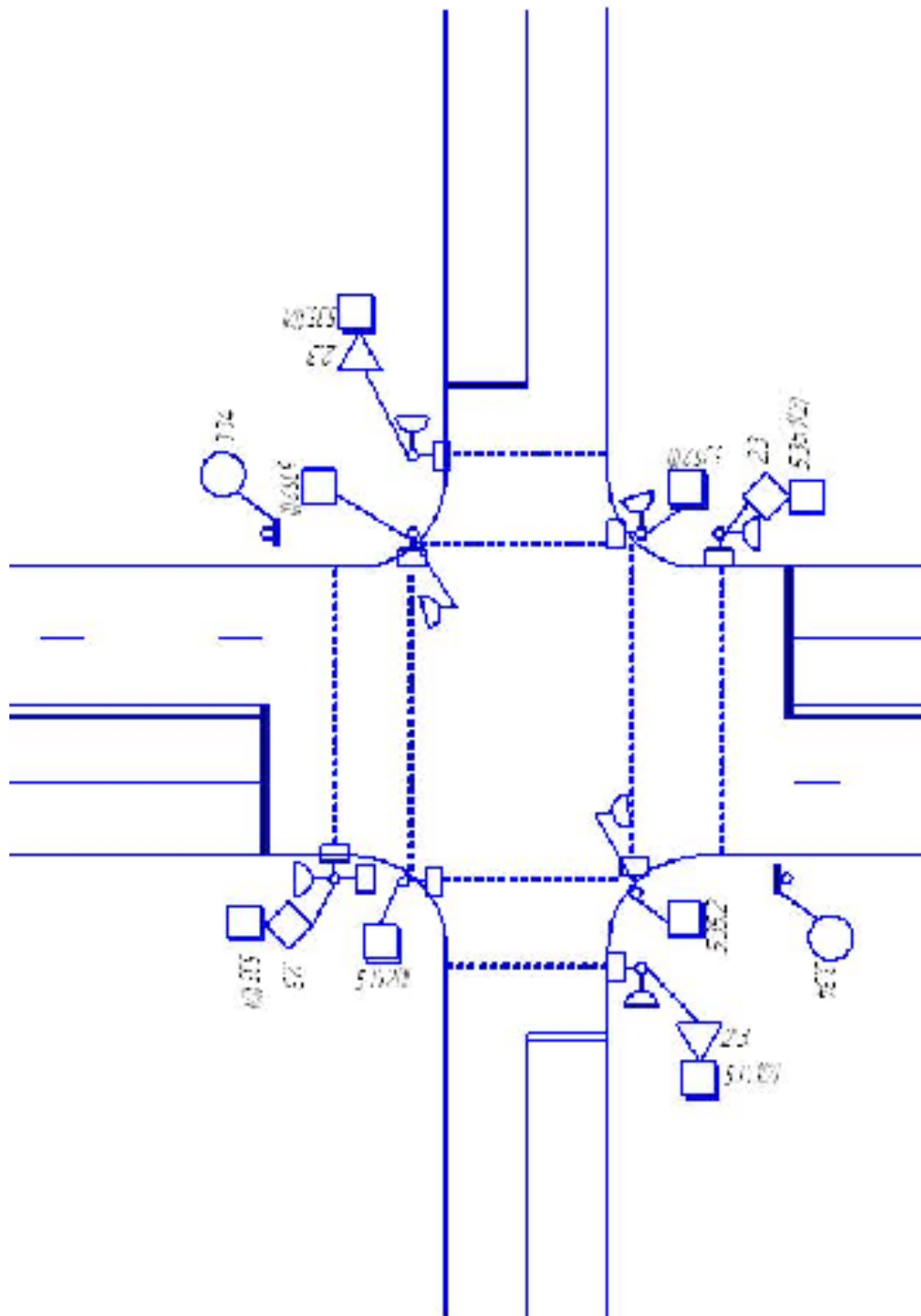
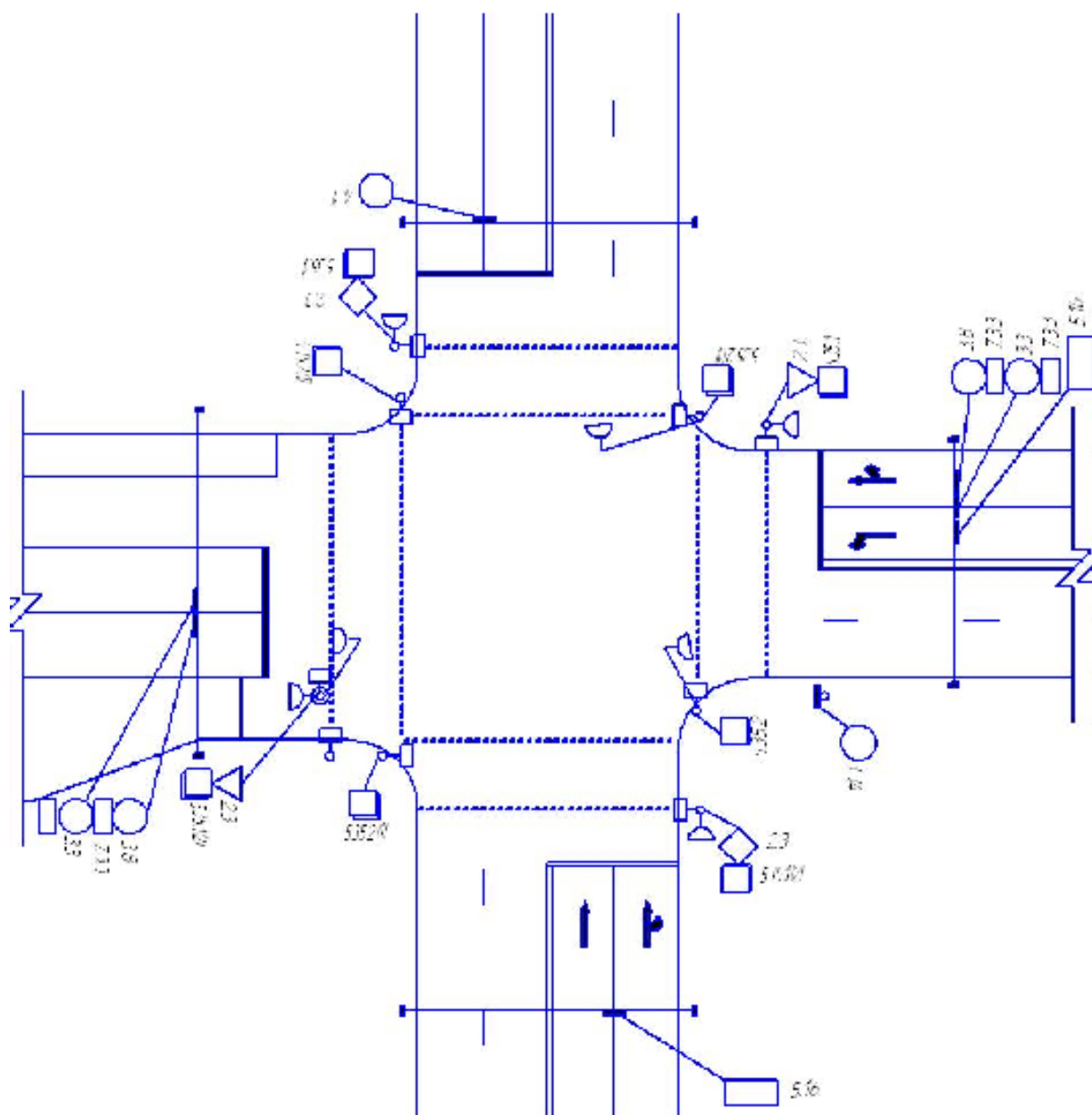


Рисунок 2.5 – Проєктна схема організації дорожнього руху на перехресті вул. Троїцька – вул. Олександрівська



2.2 ВИЗНАЧЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ СВІТЛОФОРНИХ ЦИКЛІВ ДЛЯ ІЗОЛЬОВАНИХ ПЕРЕХРЕСТЬ

Для розрахунку відстаней до дальніх конфліктних точок креслимо схему траєкторій на перехресті (рисунок 2.3).

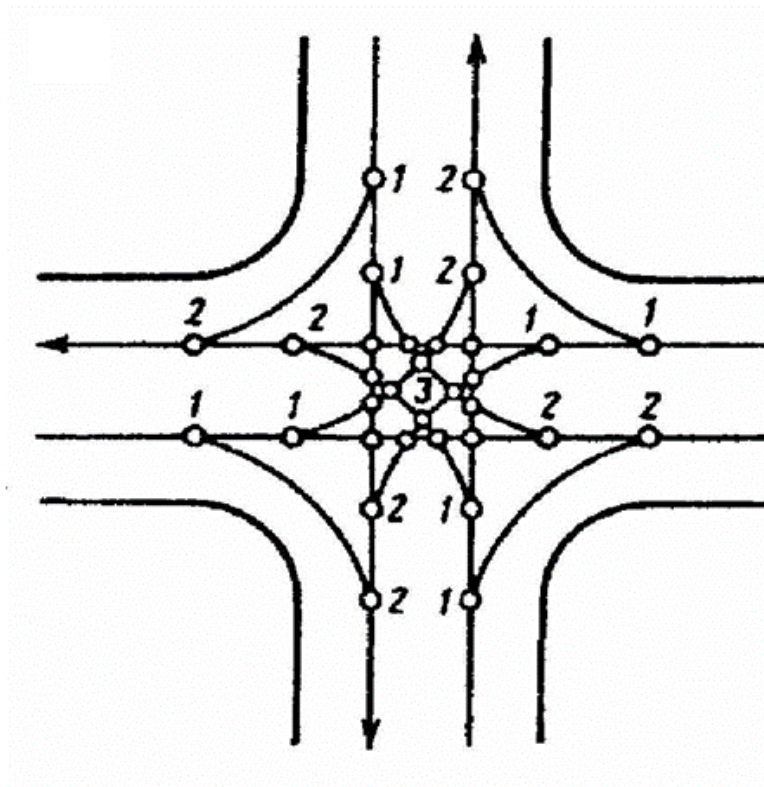


Рисунок 2.7 – Схема траєкторій перехрестя

Складаємо матрицю конфліктних напрямів, заносячи туди значення відстаней до конфліктних точок у метрах за формулою 2.1:

$$B_{ij} = B_{\text{стоп-світ}} + B_{\text{світ-ПЧ}} + B_{\text{тр}} \quad (2.5)$$

де, $B_{\text{стоп-світ}}$ - відстань від стоп-лінії до світлофора, - 4 м

$B_{\text{світ-ПЧ}}$ - відстань від світлофора до краю проїзної частини, 1 м

$B_{тр}$ - довжина траєкторії руху в межах перехрестя, м.

$B_{тр}$ знаходимо а формулою 2.2 і радіус за формулою 2.3:

$$B_{тр} = 2\pi R/4 \quad (2.2)$$

$$R = (r_1 + r_2)/2 \quad (2.3)$$

Довжина траєкторії визначається шириною проїзної частин, що перетинається як частина дуги кола з геометричних міркувань. В останньому випадку перед отриманим значенням ставиться «мінус».

Такт – проміжок часу в світлофорному циклі, впродовж якого не змінюються сигнали на кожному світлофорі транспортному або пішохідному. Бувають основні та додаткові Основні такти є елементами світлофорного циклу, а суміжні додаткові такти, які об'єднуються, дають перехідний інтервал [7].

Додаткові такти для напрямів встановлюються на основі наведеної формули 2.4:

$$t_{\partial_i} = t_p + \frac{V_k}{2a^k} + \frac{B_i + l_a}{V_k} \quad (2.4)$$

де, t_p - час реакції водія, с (0,8., .1.2 с),

V_k - швидкість координації, м/с;

a^k - прискорення уповільнення, $a^k = 2,5 \dots 3,0$ м/с²;

B_i - відповідна ширина перехрестя між стоп-лініями, м;

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

Для відокремленої фази повороту значення t_0 дорівнюватиме часу проїзду чверті кола радіуса r . Значення у цьому випадку зменшують на 20-30%, але не менше за 30 км/год.

2.4.2 Розрахунок параметрів світлофорного циклу регулювання

Розрахуємо відстані до дальніх конфліктних точок для всіх перехресть по вул. Троїцькій. Отримані значення записуємо в матрицю конфліктних напрямів.

Після розрахунку відстаней до дальніх конфліктних точок кожного напрямку за допомогою програмного комплексу КУРС визначають елементи світлофорного циклу на ізольованих перехрестях. Для перехрестя по вул. Жуковського та Троїцької розрахуємо параметри циклу вручну.

Розрахуємо мінімальний час для першого перехрестя за формулою 2.4:

$$\begin{aligned}
 t_{д 1-3} &= 1 + 8,6 / (2 \times 3) + (27 + 5) / 8,6 = 6,2 \text{ с;} \\
 t_{д 1-4} &= 1 + 8,6 / (2 \times 3) + (20,6 + 5) / 8,6 = 5,4 \text{ с;} \\
 t_{д 1-6} &= 1 + 8,6 / (2 \times 3) + (20,6 + 5) / 8,6 = 5,4 \text{ с;} \\
 t_{д 2-3} &= 1 + 8,6 / (2 \times 3) + (20,6 + 5) / 8,6 = 5,4 \text{ с;} \\
 t_{д 2-4} &= 1 + 8,6 / (2 \times 3) + (28 + 5) / 8,6 = 6,3 \text{ с;} \\
 t_{д 2-6} &= 1 + 8,6 / (2 \times 3) + (28 + 5) / 8,6 = 6,3 \text{ с;} \\
 t_{д 3-1} &= 1 + 8,6 / (2 \times 3) + (20,6 + 5) / 8,6 = 5,4 \text{ с;} \\
 t_{д 3-2} &= 1 + 8,6 / (2 \times 3) + (29,2 + 5) / 8,6 = 6,4 \text{ с;} \\
 t_{д 3-6} &= 1 + 8,6 / (2 \times 3) + (18,5 + 5) / 8,6 = 5,2 \text{ с;} \\
 t_{д 4-1} &= 1 + 8,6 / (2 \times 3) + (29,2 + 5) / 8,6 = 6,4 \text{ с;} \\
 t_{д 4-2} &= 1 + 8,6 / (2 \times 3) + (20,6 + 5) / 8,6 = 5,4 \text{ с;} \\
 t_{д 6-1} &= 1 + 8,6 / (2 \times 3) + (20,6 + 5) / 8,6 = 5,4 \text{ с;} \\
 t_{д 6-2} &= 1 + 8,6 / (2 \times 3) + (17,3 + 5) / 8,6 = 5,1 \text{ с;} \\
 t_{д 6-3} &= 1 + 8,6 / (2 \times 3) + (26,6 + 5) / 8,6 = 6,1 \text{ с.}
 \end{aligned}$$

Отримані округлені значення записуємо в матрицю мінімальних часових проміжків (таблиця 2.7), а також записуємо округлені значення :

Таблиця 2.1 - Округлені значення мінімальних часових проміжків на перехресті вул. Жуковського – вул. Троїцької

	1	2	3	4	5
1			7	6	6
2			6	7	7
3	6	7			6
4	7	6			
5	6	6	7		

Визначення структури світлофорного циклу починається з вибору схеми по фазового роз'їду для кожного з перехресть.

Визначаємо потік насичення для кожного напрямку.

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 2.5:

$$M_n = 525 N \quad (2.5)$$

де, N - ширина проїзної частини, м.

Якщо $N < 5,4$ м, користуються таблицею 2.9:

Таблиця 2.2 – Значення потоку насичення в залежності від ширини смуги

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

Якщо поворот праворуч чи ліворуч виконується безконфліктно з окремої смуги, залежить від радіуса повороту за формулою 2.6:

$$M_n = \frac{1800}{1 + \frac{r}{1,525}} \quad (2.6)$$

де, r - радіус повороту, який визначається як середнє арифметичне між початковим і кінцевим радіусами руху ТЗ, м.

Якщо поворотні маневри здійснюються із загальної смуги руху і доля ТЗ, що повертають, більша за 10%, користуються формулою 2.7:

$$M_n^k = \frac{M_n \cdot 100\%}{\alpha + 1,75\beta + 1,25\alpha} \quad (2.7)$$

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

α, β, γ ТЗ, що рухаються відповідно прямо, ліворуч, праворуч, %.

Враховуючи лівоповоротний рух на перехресті вул. Жуковського - Троїцька, розрахуємо потік насичення для кожної смуги кожного напрямку окремо за формулою 2.6 та таблицею 2.7.

Для перехрестя вул. Жуковського - Троїцька

$$M = 1950 + (4 - 3,6) \frac{2075 - 1950}{4,2 - 3,6} = 2034 \text{ од/год.}$$

Оскільки доля ТЗ для 2 смуги другого напрямку, що повертають більша за 10%, то потік насичення корегується за формулою 2.7:

$$M_{11} = 1875 \text{ од/год;}$$

$$M_{21} = 1875 / (0,66 + 1,25 \times 0,34) = 1729 \text{ од/год.};$$

$$M_{22} = 1875 / (0,85 + 1,75 \times 0,34) = 1686 \text{ од/год.}$$

Таким же чином розраховуємо всі наступні напрями

$$M_{31} = 1800 / (1 + (1,525)/8) = 1513 \text{ од/год.};$$

$$M_{32} = 1875 / (0,74 + 1,25 \times 0,25) = 1579 \text{ од/год.};$$

$$M_{41} = 1875 / (0,8 + 1,25 \times 0,2) = 1786 \text{ од/год.};$$

$$M_{42} = 1800 / (1 + (1,525)/13,5) = 1611 \text{ од/год.}$$

Знаходимо перехідний інтервал для даної фази як максимальне значення з матриці мінімальних часових проміжків для напрямів наступної фази. Перший перехідний інтервал знаходимо як максимальне значення серед перехідних інтервалів для 1 та 2 напрямів, що входять до першої фази. Бачимо, що максимальне 7 с. Таким же чином знаходимо 2 перехідний інтервал як максимальне значення серед 3 та 4 напрямів, що входять до другої фази, та 3 перехідний інтервал, як максимальне значення серед 4 та 6 напрямів, що входять до третьої фази.

Для перехрестя вул. Жуковського - Троїцька:

$$\Pi_1 = 7 \text{ с}$$

$$\Pi_2 = 7 \text{ с}$$

$$\Pi_3 = 7 \text{ с}$$

Розраховуємо втрачений у циклі час для перехрестя вул. Жуковського – Троїцька. Втрачений час для перехрестя складає за формулою 2.8:

$$L = \sum_{j=1}^m (t_{\partial_j} - 1) \quad (2.8)$$

де, m - кількість фаз регулювання на перехресті.

Наприклад, для першого перехрестя мінімальний час за формулою 2.8 дорівнює:

$$L_1=(7+7+7)-3=18\text{с}$$

Цикл - це сума основних тактів та перехідних інтервалів

Для кожного з поєднаних у фази напрямів для всіх перехресть розраховують значення фазових коефіцієнтів за формулою 2.9:

$$y_i = \frac{N_i}{M_{n_i}} \quad (2.9)$$

де N_i - інтенсивність ТП на i -му напрямі k -го перехрестя, од./год;

Інтенсивність ТП- це кількість автомобілів, що перетнули переріз дороги за одиницю часу [7].

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

Визначаємо фазовий коефіцієнт для перехрестя вул. Жуковського - Троїцька

$$y^1_{1-1}=870/3750 = 0,23.$$

$$y^1_{2-1}=491/1729 = 0,28$$

$$y^1_{2-2}=491/1686 = 0,29$$

$$y^2_{3-1}=50/1513 = 0,033.$$

$$y^2_{3-2}=24/1579 = 0,015$$

$$y^2_{4-1}=50/1786 = 0,028$$

$$y^2_{4-2}=119/1611 = 0,074$$

$$y^3_{4-1}=10/1786 = 0,005$$

$$y^3_{6-1}=37/1611 = 0,023$$

З кожної фази обираємо максимальний фазовий коефіцієнт.

Визначаємо максимальний фазовий коефіцієнт для перехрестя вул. Жуковського - Троїцька

$$y^1_{\max}=0,29$$

$$y^2_{\max}=0,074$$

$$y^3_{\max}=0,023$$

Сума максимальних фазових коефіцієнтів визначається за формулою 2.10:

$$Y_k = \sum_{j=1}^m y_{j_{\max}} \quad (2.10)$$

Знаходимо сумарний фазовий коефіцієнт для перехрестя вул. Жуковського - Троїцька

$$Y=0,29+0,074+0,023 = 0,387$$

Розраховуємо цикл на перехрестях.

Якщо завантаженість рухом на магістральному напрямі більша 400...600 од./год, цикли розраховують за формулою 2.11:

$$T_k = \frac{0,9L_k}{0,9 - Y_k} \quad (2.11)$$

якщо менша - за формулами 2.12 та 2.13:

для двофазних циклів

$$T_k = \frac{2L_k}{1-Y_k} \quad (2.12)$$

для трифазних циклів

$$T_k = \frac{1,5L_k + 5}{1-Y_k} \quad (2.13)$$

Результати всіх обчислень заносять до додатку Ж

Тривалість зеленого сигналу на магістральному напрямку обчислюють за формулою 2.14:

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

де $\bar{y}^m$ - фазовий коефіцієнт фази, за якої відбувається рух вздовж магістралі на ключовому перехресті.

Якщо є відокремлена фаза для лівоповоротного руху, тривалість її зеленого сигналу буде за формулою 2.15:

$$\bar{t}_3^{.m} = \frac{\bar{y}^{.m}}{\bar{Y}} (\bar{T} - \bar{L}) - 1 \quad (2.15)$$

де $\bar{y}^{.m}$ - фазовий коефіцієнт лівоповоротної фази.

Тривалість зеленого сигналу на другорядних напрямках відшукують за формулою 2.16:

$$\bar{t}_3^{op} = \frac{\bar{y}^{op}}{\bar{Y}} (\bar{T} - \bar{L}) - 1 \quad (2.16)$$

де $\bar{y}^{\partial p}$ - фазовий коефіцієнт фази, за якої відбувається рух на другорядних напрямках.

Розраховуємо цикл для перехрестя вул. Жуковського - Троїцька

$$T_{kl}=(0,9 \times 18)/(0,9-0,387)=32 \text{ с.}$$

Розраховуємо тривалість зеленого сигналу на магістральному напрямку за формулою 2.14:

$$t_{31}=0,29/0,387 \times (32-18)-1=9,49 \text{ с}$$

Розраховуємо тривалість зеленого сигналу на другорядних напрямках за формулою 2.16:

$$t_{32}=0,074/0,387 \times (32-18)-1=1,68 \text{ с}$$

Розраховуємо для лівоповоротного руху, тривалість зеленого сигналу за формулою 2.15:

$$t_{33}=0,023/0,387 \times (32-18)-1=1 \text{ с}$$

Оскільки значення зеленого такту замале, вводимо коефіцієнт корекції:

$$K = 7/1,68 = 4,17$$

Тоді цикл буде дорівнювати

$$T = 40 + 7 + 7 + 7 + 1 + 7 = 69 \text{ с.}$$

Необхідно розрахувати коефіцієнти корекції, що розраховується за формулою за пішохідним 2.16:

$$k_1 = \frac{B/Vn + 5 - t_q^i}{t_3^i}, \quad (2.16)$$

де B – ширина проїзної частини, що перетинають пішоходи, м;

V_{nii} - швидкість руху пішоходів, м/с (згідно з ДСТУ 4092-2002 швидкість руху пішоходів приймаємо 5 км/год або 1,3 м/с).

Розраховуємо коефіцієнти k , для кожної фази за формулами 2.16 :

$$k_1 = \frac{20/1.3 + 5 - 7}{40} = 0,33,$$

$$k_2 = \frac{13/1.3 + 5 - 7}{7} = 1,14,$$

Розраховуємо повний цикл світлофорного регулювання за формулою 2.17:

$$\bar{T} = \bar{t}_3^m + \bar{t}_3^{ln} + \bar{t}_3^{dp} + \bar{t}_o^m + \bar{t}_o^{ln} + \bar{t}_o^{dp} \quad (2.17)$$

$$T = 46 + 7 + 8 + 7 + 1 + 7 = 76 \text{ с.}$$

З розрахунків видно, що отримане значення тривалості циклу на даному перехресті приблизно співпадає зі значенням, яке було розраховане на ЕОМ.

Для проведення розрахунків значення основних і додаткових тактів та тривалості світлофорного циклу на 1, 2, 3, 5, 6 ізольованому перехресті

необхідно також знати геометричні параметри перехрестя (ширини проїзних частин, кількість смуг руху), швидкість руху та розподілення інтенсивностей транспортних потоків за смугами руху. На даному етапі використовуємо програму формалізатор, яка виконує формалізацію параметрів ізольованих перехресть.

Результатом розрахунків є файл з наступною інформацією: порядком чергування фаз, значенням перехідних інтервалів між відповідними фазами, значенням тривалостей основних тактів, а також циклограмою для кожного напрямку на перехресті у числовому вигляді.

2.3 ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ КООРДИНОВАНИХ РЕЖИМІВ

Ключовим буде третє перехрестя, бо для нього розрахована тривалість циклу найбільша.

Задачею координованого регулювання є забезпечення безупинного пропуску транспортних засобів на дозволяючий сигнал світлофора вздовж всього маршруту координованого регулювання. Такий режим світлофорного регулювання має декілька позитивних особливостей, а саме:

- за рахунок того, що транспортні засоби не зупиняються перед перехрестями, різко знижується тривалість непродуктивних транспортних затримок;
- при вдалому режимі координації транспорт, який проїхав перше перехрестя магістрального напрямку без зупинки, проїжджає всі перехрестя магістрального напрямку без подальших зупинок;
- за рахунок так званого ефекту ведучого вогню, що полягає у збільшенні швидкості руху транспортних засобів, перед якими засвідчується зелений сигнал світлофора, спостерігається зростання швидкості сполучення, в результаті експлуатація транспортних засобів на даній ділянці вулично-дорожньої мережі стає більш ефективною;

- знижуються витрати палива, знижується відсоток роботи двигунів у режимі розгону та гальмування, а як відомо, саме в таких режимах відбувається найбільша витрата палива, і, як наслідок найбільше утворення відпрацьованих газів.

Екологічний ефект введення режиму координованого регулювання полягає не тільки в тому що знижується загазованість цієї ділянки величносторожньої мережі, де застосовуються режими координованого регулювання а також сильно знижується шумове забруднення за рахунок поліпшення загального режиму роботи двигунів. Крім того, введення режиму координатного регулювання дозволяє досягти зменшення кількості дорожньо-транспортних пригод.

Такий ефект зумовлюється тим, що транспортні засоби проїжджають перехрестя групами, так званими пачками, а світлофори налаштовуються таким чином, що під час зеленого сигналу світлофора пачка транспортних засобів обов'язково приїжджає через перехрестя, тобто, за рахунок того, що стрічки безперервного часу пролягають тільки в кальках зеленого сигналу, забезпечується менший відсоток випадків, коли пішоходи, ігноруючи заборонні сигнали пішохідних світлофорів допускають вихід на проїзну частину протягом транспортної фази руху.

Недоліком координованого регулювання є те що для забезпечення фазових зсувів між світлофорними циклами Тривалість циклу на всіх перехрестях окрім ключових є неоптимальною а підвищеною до величини тривалості циклу на ключовому перехресті це необхідне підвищення застосовується для того аби фізично забезпечити ефект координації.

Оскільки тангенс кута нахилу стрічок неперервного часу до вісі абсцис є відношенням та відстані між перехрестями, а точніше вхідними стоп лініями перехресть по графіку координованого регулювання до часу що необхідний транспортним засобам аби подолати ці відстані в прямому та зворотному напрямку то кут нахилу дорівнює швидкості руху для статистичного визначення швидкості руху проводяться заміри на вулично-

дорожній мережі за допомогою приладу вимірювання швидкості Іскра один в результаті замірів отримано вибірки швидкості які аналізуються на предмет відповідності нормальному закону розподілу а також для визначення його параметрів математичного очікування та середнього квадратичного відхилення (табл. 2.3).

оскільки Троїцька вулиця та Соборний проспект перетинаються то графіки координації що застосовуються на цих магістралях повинні бути узгоджені між собою для цього спочатку досліджується вже діючий графік координатного регулювання на ділянці соборного проспекту від вулиці Зорського до вулиці Привокзальної (рис. 2.11).

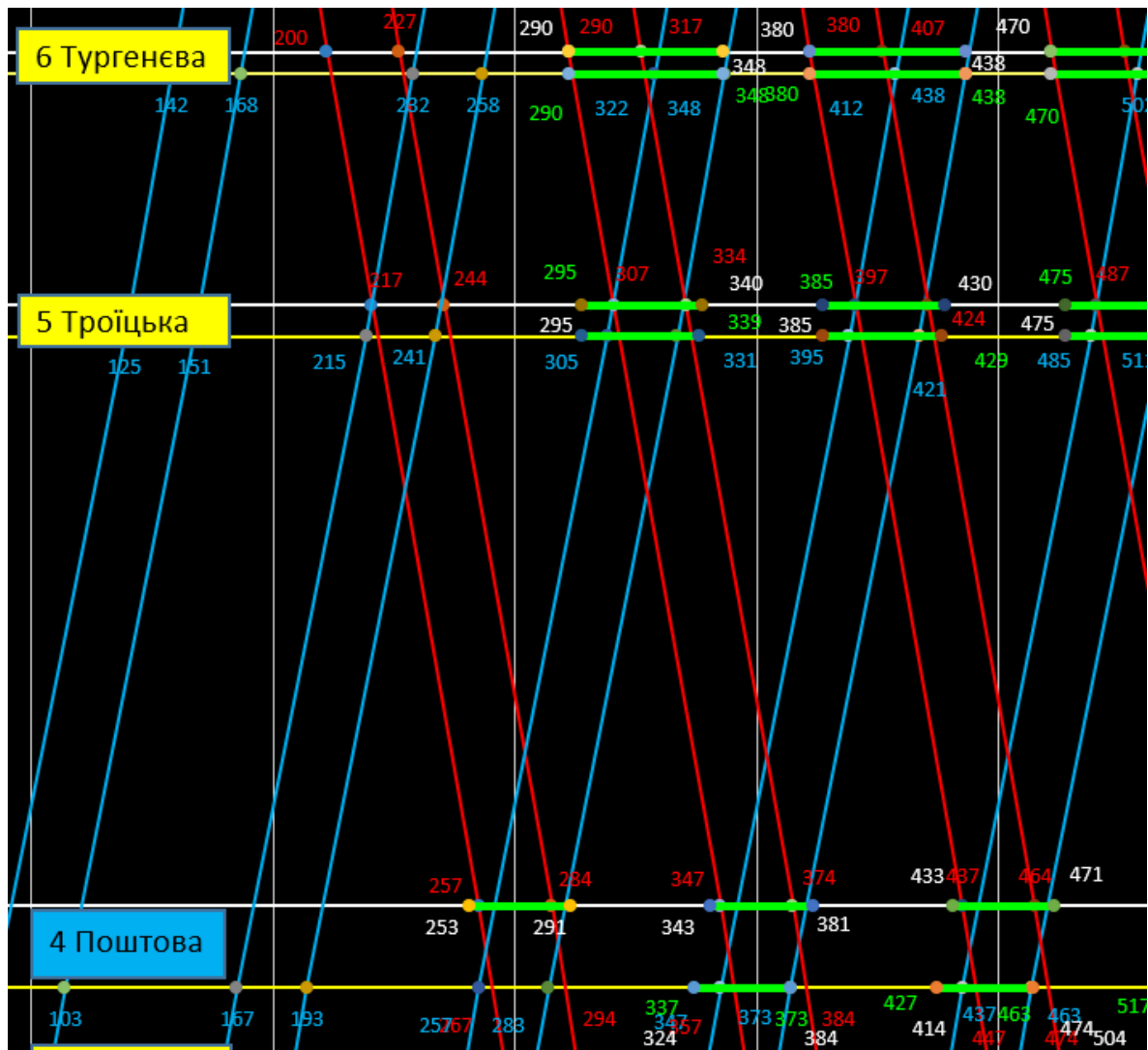


Рисунок 2.11 – Фрагмент графіку координованого регулювання по Соборному проспекту

Таблиця 2.3 – Значення елементів вибірок швидкостей

		Швидкості, км/год.																				Середня швидкість, км/год.
Перехрестя	Орієнтири	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Троїцька - Жуковського	В напрямку Набережної	29	29	29	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	31	31	32	30,1
	В напрямку Шевченківського	29	29	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	31	31	31	32	33	30,3
Троїцька-Гоголя	В напрямку Набережної	29	30	30	30	30	30	30	31	31	32	32	34	35	36	38	39	42	43	44	47	34,7
	В напрямку Шевченківського	35	36	36	37	38	39	40	42	43	43	44	45	45	46	47	48	48	51	60	60	44,2
Троїцька – Олександрівська	В напрямку Набережної	29	30	31	32	33	34	36	37	37	38	39	40	42	42	43	45	47	47	48	48	38,9
	В напрямку Шевченківського	29	30	38	40	40	41	41	42	42	42	42	42	43	43	44	44	44	45	46	47	41,3
Троїцька – Соборний просп.	В напрямку Набережної	29	32	33	36	37	38	39	39	40	40	40	41	41	41	42	42	45	46	46	48	39,8
	В напрямку Шевченківського	30	30	31	31	31	31	32	32	32	32	32	33	34	34	34	35	35	36	39	39	33,2

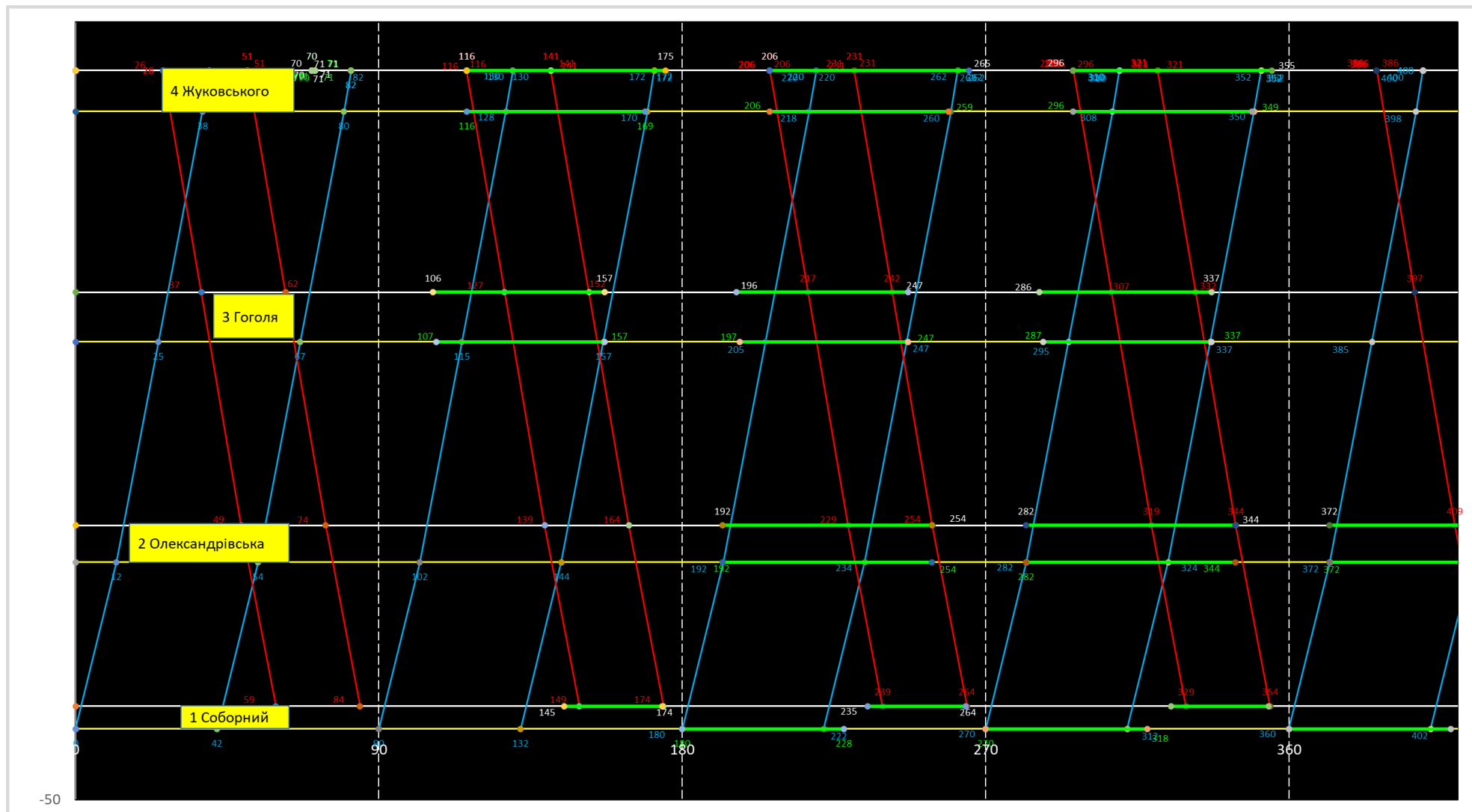


Рисунок 2.8 – Графік координованого регулювання по Троїцькій вулиці

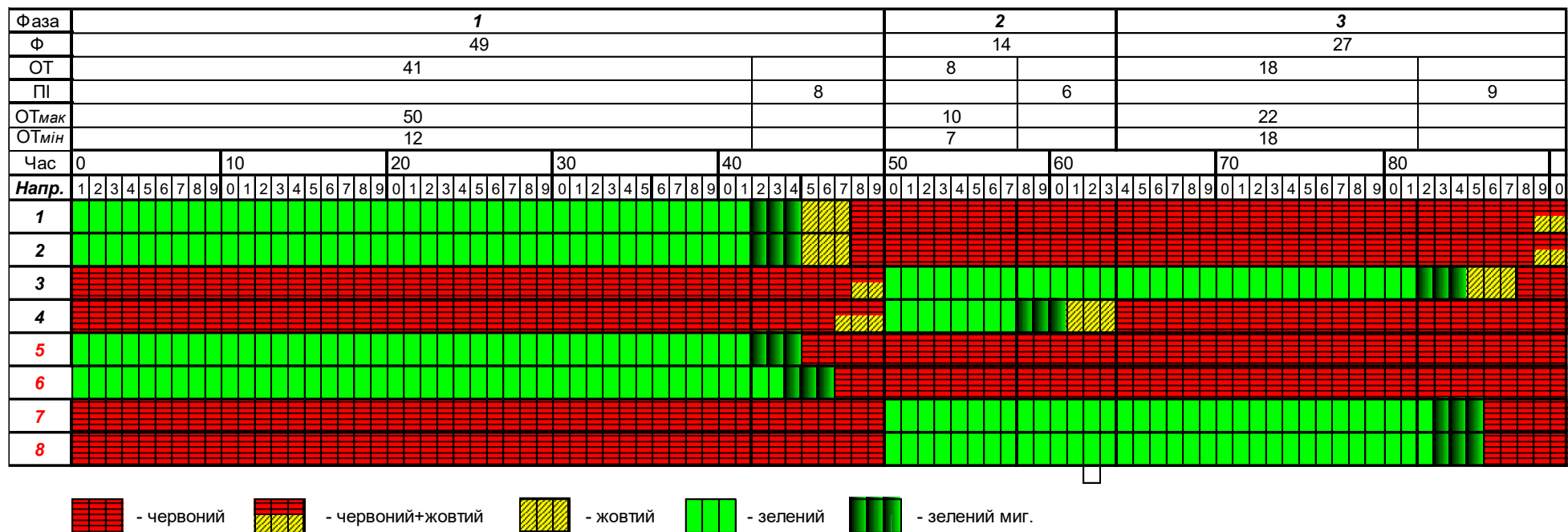


Рисунок 2.9 – Циклограма режиму світлофорного регулювання на перехресті Троїцької вул. та Соборного проспекту

Таблиця 2.4 – Параметри графіку координованого регулювання

Номер	Назва	Перегін	Смуга	$V_{пр}$	$V_{зв}$	поч	кін	поч	кін	зсув
1	соборний	0	16	0	45	84	42	49	78	6
2	олександр	118	26	35	50	82	54	82	54	20
3	гоголя	156	35	45	50	17	67	16	67	0
4	жуковською	163	29	45	50	27	80	27	86	-1

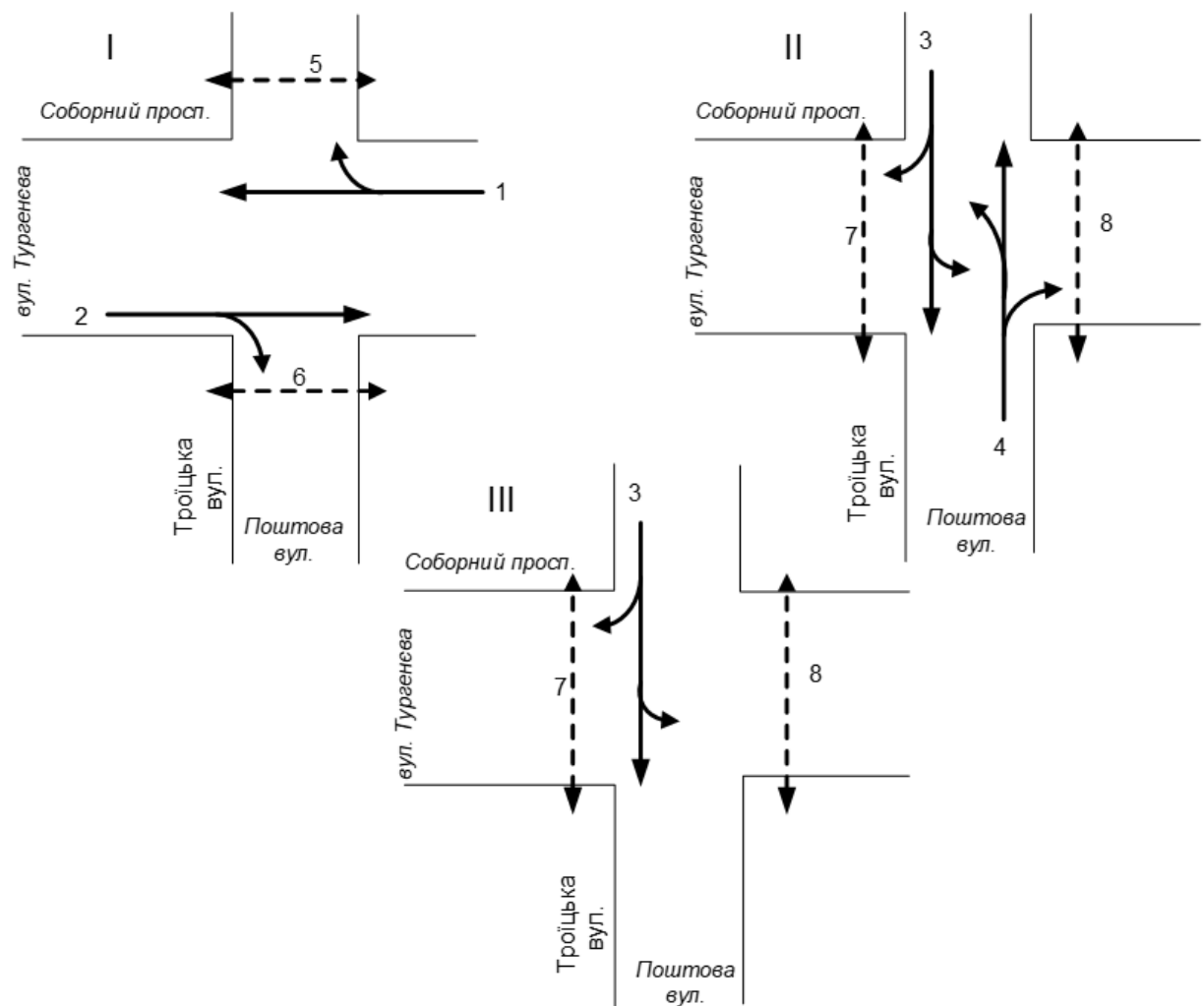


Рисунок 2.10 – Схема пофазового роз'їзду

Таблиця 2.5 – Параметри графіку координованого регулювання по
Соборному проспекту

Ном ер	Назва	Пере гін	Сму га	V пр	V зв	Поча ток	Кіне ць	Поча ток	Кіне ць	зс ув	кл юч
1	прохідна ЗАЗ	0	58	50	55	0	63	0	63	45	2
2	Серікова	444	150	55	55	58	79	79	37	37	2
4	поштова	103	75	50	50	84	30	0	38	- 17	3
5	троїцька	600	29	45	50	0	44	0	45	25	3
6	Тургєєва	242	20	50	55	0	58	0	58	20	3
7	дніпровс ька	205	68	50	55	0	52	0	52	67	2
8	Чабаненк а	235	85	50	55	0	47	0	44	69	3
9	ливарна	227	27	55	55	0	57	0	57	66	3
10	фортечна	444	38	55	55	0	49	0	39	27	3
11	Франка	166	29	55	55	0	55	0	55	23	3
12	запорізьк а	404	58	55	50	0	52	0	52	63	3
13	українсь ка	401	53	50	50	0	27	63	24	86	2

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 дорожньої контролерів K_4 .

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	1159	8	9272
Круглий	1217	8	9736
Квадратний	1217	20	24340
Прямокутний	1720	2	3440
Табличка	603	4	2412
, , , , ,		42	49200

Витрати на монтаж 42 дорожніх знаків K_2 з урахуванням вартості монтажу одного знаку 462 грн., складатимуть

$$K_2 = 42 \cdot 462 = 19404 \text{ грн} \quad (3.1)$$

Вартість демонтажу 21 старого дорожнього знаку становить:

$$K_3 = 21 \cdot 462 = 9702 \text{ грн} \quad (3.2)$$

Вартість дорожнього контролера КДК 40-02 за даними заводу-виробника складає 200050 грн. З урахуванням необхідності заміни усіх дорожніх контролерів по вул. Троїцькій, крім перетину із Соборним проспектом, для досягнення ефекту координації, слід встановити 3 нових дорожніх контролери.

$$K_4 = 3 \cdot 200050 = 600150 \text{ грн.} \quad (3.3)$$

Таким чином, сума капітальних вкладень становитиме:

$$K = 49200 + 19404 + 9702 + 600150 = 678456 \text{ грн.}$$

Оскільки демонтовані дорожні знаки списуються з нульовою вартістю, основні фонди після запровадження проєкту будуть мати таку вартість:

$$\Phi = 49200 + 19404 + 600150 = 668754 \text{ грн.} \quad (3.4)$$

3.2 РОЗРАХУНОК РІЧНИХ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВИТРАТ

Поточні витрати складаються з витрат на відновлення дорожньої розмітки а також робіт, пов'язаних з ремонтом технічних засобів.

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 1180,2 м².

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

$$C_n = 1180,2 \cdot 304,9 = 359884 \text{ грн. / рік} \quad (3.5)$$

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):

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

$$A = 668754 \cdot 0,24 = 160501 \text{ грн. / рік}$$

Експлуатаційні витрати на ремонт технічних засобів становлять:

$$C_{\text{рем}} = (K_1 + K_4) \cdot 0,05$$

$$C_{\text{рем}} = (K_1 + K_4) \cdot 0,05 = 32467,5 \text{ грн. / рік}$$

Загальні експлуатаційні витрати складають:

$$C = 359884 + 160501 + 32467,5 = 552852 \text{ грн. / рік}$$

3.3 ЕКОНОМІЯ ВІД ЗМЕНШЕННЯ ЗАТРИМОК ТРАНСПОРТУ НА ПЕРЕХРЕСТІ

Економія від зменшення затримок на перехресті визначається добутком різниці тривалостей затримок в проектному та базовому варіантах та вартості цієї різниці затримок.

$$E_{затр} = C_{затр.баз} - C_{затр.проект} \quad (3.6)$$

За даними програми МРЛ, сумарна річна затримка за магістральними напрямками регулювання в базовому та проектному варіантах наведена у табл. 3.2.

Таблиця 3.2 –Тривалості транспортних затримок

Напрямок	Перехрестя Троїцької вул.	Тривалість затримки за базовим варіантом, год./год.	Тривалість затримки за проектним варіантом, год./год.	Різниця затримок, год./год.	Різниця затри- мок, год./рік
Прямий	Олександрівська	3,26	2,36	0,9	3285
Прямий	Гоголя	2,1	1,41	0,69	2518,5
Прямий	Жуковського	2,86	2,04	0,82	2993
Зворот- ний	Гоголя	2	1,32	0,68	2482
Зворот- ний	Олександрівська	1,9	1,21	0,69	2518,5
Зворот- ний	Соборний	3,46	2,06	1,4	5110
Разом		15,58	10,4	5,18	18907

Таким чином, загальна різниця тривалостей затримок приведених транспортних засобів за напрямом регулювання на перехресті протягом року складатиме 18907 год./рік.

Вартість цієї різниці визначається таким чином:

$$C_{mз} = \frac{Z_{заг} \times D_i \times S}{K_{зв}} \quad (3.9)$$

де $Z_{заг}$ - загальні транспортні затримки, год/рік;

D_i - частка в потоці транспортних засобів i - го виду;

$K_{зв}$ - коефіцієнт зведення ТЗ i -го типу до легкового автомобіля;

S - вартість машино-години i -го виду ТЗ.

Наприклад, для мікроавтобусів:

$$C_{мікр} = \frac{18907 \cdot 0,1 \cdot 454,36}{1,5} = 1260,47 \text{ грн / рік}$$

Розрахунок вартості затримок пасажирів транспортних засобів проводиться за формулою:

$$C_{пас} = \frac{Z_{заг} \times D_i \times \Pi \times K_{впм} \times S_g}{K_{зв}} \quad (3.10)$$

де Π - пасажиромісткість i -го виду ТЗ;

$K_{впм}$ - коефіцієнт використання пасажиромісткості;

S_g - вартість години часу пасажирів.

Проміжні результати розрахунків наведено у табл. 3.3 та 3.4.

Таблиця 3.3 –Параметри розрахунку вартості затримок

Тип учасника дор. руху	пішохід	легкові	вантажні	автобуси	мікроавт
Частка в потоці, %		73	12	5	10
Пасажиромісткість		4		50	18
Коеф. використ. пас.-місткості		0,4		0,75	0,75
Вартість машино-години, грн		233,72	337,75	681,55	454,36
Вартість години людини, грн	40,46				

Таблиця 3.4 –Параметри розрахунку вартості затримок

Вид транспортного засобу	легкові	вантажні	автобуси	мікроавт	РАЗОМ
Транспортні затримки, год/рік	13802,11	1134,42	315,11	1260,46	16512,11
Вартість затримок пасажирів, грн/рік	893493,39	0	478110,76	688479,49	2060083,65
Вартість згаяних машино-годин, грн/рік	3225762,9	383154,43	214767,38	572707,65	4396392,37
<i>ЗАГАЛОМ, грн/рік</i>	4119256,29	383154,43	692878,14	1261187,1	6456476,02

$$E_{затр} = 6456476 \cdot 0,2 = 1291295 \text{ грн/рік}$$

3.5 РОЗРАХУНОК ТЕРМІНУ ОКУПНОСТІ ПРОЄКТУ

Оскільки за результатами запровадження запропонованих у проєкті оперативних заходів організації дорожнього руху ефект спостерігається у зменшенні транспортних затримок, то загальна економія дорівнює величині вартості збереженого учасниками дорожнього руху часу та заощаджених машино-годин:

$$E = E_{затр} \quad (3.14)$$

$$E = 1291295 \text{ грн/рік}$$

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:

$$T_{ок} = \frac{678456}{1291295 - 552852} = 0,92 \text{ року}$$

Термін окупності проєкту – 0,92 року.

Техніко-економічні показники проєкту наведено у таблиці 3,8.

Таблиця 3.8 - Техніко-економічні показники проєкту

Показник	Базове значення	Проектне значення
Капітальні вкладення, грн.	-	678456
Додаткові річні експлуатаційні витрати, грн	-	552852
Затримки транспорту і пасажирів, год./год.	15,58	10,4
Економія від зменшення затримок, грн/рік	-	1291295

Закінчення таблиці 3.8

Показник	Базове значення	Проектне значення
Загальна економія, грн./рік	-	738443
Термін окупності проекту, років	-	0,92

У результаті проведення розрахунків можна зробити висновок, що застосування системи автоматизованого керування дорожнім рухом по вулиці Троїцькій міста Запоріжжя у мережевій координації з магістраллю Соборним проспектом дозволить знизити непродуктивні затримки учасників дорожнього руху, досягти економії за рахунок зниження кількості машино-годин, що непродуктивно витрачені перед перехрестями в очікуванні дозволяючих світлофорних сигналів. Проект є економічно доцільним оскільки окупається менше ніж за рік.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАХЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В розділі магістерської роботи «Дослідження ефективності мережевого світлофорного регулювання по вул. Троїцькій м. Запоріжжя» розглянуто аналіз потенційних небезпек, які можуть вплинути на дослідника під час проведення досліджень. Запропоновані заходи по їх усуненню.

4.1. АНАЛІЗ ПОТЕНЦІЙНИХ НЕБЕЗПЕК

Світлофорні об'єкти, периферійне обладнання, тракти дротового зв'язку, апаратура центрального пульта керування, сервери, апаратура зв'язку є діючими електроустановками, що в нормальному режимі експлуатації перебувають під небезпечною для життя напругою.

Ситуацію також ускладнює те, що периферійне обладнання знаходиться в напольних умовах тобто в умовах коли підлога є провідником електричного струму. Крім того, у випадках ускладнення погодних умов (дощу, снігу, ожеледі, ожеледиці) перехідний опір покриття ще більше знижується, що підвищує небезпеку ураження електричним струмом співробітника, який проводить ремонтні чи планові роботи під час випадкового доторкання до струмопровідних частин, які перебувають під напругою.

Додаткової небезпекою є проникнення електричного потенціалу на корпуси дорожніх контролерів, світлофорів, металевих світлофорних кронштейнів. Електричне заземлення забезпечує низький перехідний опір між металевою частиною, яка може випадково опинитися під напругою, та заземленими предметами.

Більш докладно особливості заходів з охорони праці розглянуто у Додатку А.

ВИСНОВКИ

В магістерській роботі проаналізовано можливість запровадження по вулиці Троїцькій на регульованих перехрестях системи мережевого координованого світлофорного регулювання, яка перебуває у зв'язку із магістральною координацією по Соборному проспекту. В результаті запровадження такої системи досягнуто економії від зменшення затримок учасників дорожнього руху в очікуванні дозволяючих сигналів перед перехрестями у розмірі 1291295 грн. Термін окупності проекту склав менше одного року.

Застосування мережевої координації дозволило забезпечити безупинний рух транспортних засобів, які повертають праворуч з Соборного проспекту на вулиці Троїцьку та рухаються в напрямку Шевченківського району міста Запоріжжя, а також забезпечити проїзд без зупинок по вулиці Троїцькій транспортних засобів, які під'їхали на дозволяючий світлофорний сигнал з боку вулиці Червоної і рухаються в напрямку Соборного проспекту.

Також з метою підвищення рівня безпеки дорожнього руху запропоновано перевести у відповідність схеми розташування технічних засобів регулювання дорожнього руху на регульованих перехрестях по вулиці Троїцькій до вимог державних норм і стандартів, а саме демонтувати частину дорожніх знаків, розташування та застосування яких не відповідає поточній дорожньо-транспортній ситуації, а також встановити нові дорожні знаки, стан яких та місце розташування забезпечує виконання головної задачі дослідження – забезпечення координованих світлофорних режимів.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Управління дорожнім рухом на регульованих перехрестях у містах [Електронний ресурс] : монографія / Є. Ю. Форнальчик, І. А., Могила, В. Е. Трушевський, В. В. Гілевич ; за заг. ред. Є. Ю. Форнальчика . — Львів : Вид-во Львів. політехніки, 2018 . — 236 с. — Режим доступу: <http://elib.chdtu.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. ДСТУ 8749:2017 «Огородження та організація дорожнього руху в місцях проведення дорожніх робіт». - Державне підприємство «Державний дорожній науково-дослідний інститут імені М. П. Шульгіна» (ДП «ДерждорНДІ»). Уведено вперше. - Київ: УкрНДНЦ, 2019. - 37 с.
4. 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.
5. 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.
6. Bobyr M.V., Yakushev A.S., Dorodnykh A.A. Fuzzy devices for cooling the cutting tool of the CNC machine implemented on FPGA // Measurement: Journal of the International Measurement Confederation, 2020, 152, 107378.
7. Bobyr M.V., Emelyanov S.G. A nonlinear method of learning neuro-fuzzy models for dynamic control systems // Applied Soft Computing. 2020. Т. 88. С. 106030.

8. Cihan Karakuzu, Osman Demirci, Fuzzy logic based smart traffic light simulator design and hardware Implementation // *Applied Soft Computing*. 2010. № 10. P. 66–73.
9. Ella Bingham. Reinforcement learning in neurofuzzy traffic signal control // *European Journal of Operational Research*. 2001. №131. P. 232–241. 11. С.-Н. Chou, J.-C. Teng, A fuzzy logic controller for traffic junction signals // *Information Sciences*. 2002. №143. P. 73–97.
10. Лазуткін М. І., Журавель М. О. Дослідження 35шкідливих та небезпечних факторів виробничого середовища, важкості і напруженості праці : методичні вказівки до лабораторного заняття з дисципліни «Цивільний захист і охорона праці в галузі» : для студентів усіх спеціальностей та усіх форми навчання : Запоріжжя: ЗНТУ. Каф. ОП і НС,
11. Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу. [На заміну ГН 3.3.5-8.6.6.1-2002 ; чинний від 2014-05-30]. К. : МОЗ України, 2014. 37 с. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0472-14>. (Державні санітарні норми та правила)
12. Стеблюк М. І. Цивільна оборона та цивільний захист : навчальний посібник для вузів. К. : Знання, 2013. 487 с.
13. Кодекс цивільного захисту України [Електронний ресурс] – Чинний від 2012-11-21. : станом на 01.01.2019 р. – К. : ВР України, 2012. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/5403-17>. – (Закон України)
14. Про захист людини від впливу іонізуючих випромінювань [Електронний ресурс] – Чинний від 1998-01-14. : станом на 29.09.2013 р. – К. : ВР України, 1998. – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/15/98-вр>. – (Закон України)
15. Положення про єдину державну систему цивільного захисту [Електронний ресурс] : – Чинний від 2014-01-31. – К. : Кабінет Міністрів України, 2014. – URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/11-2014-п>. – (Положення)

ДОДАТОК А

РОЗРОБКА ЗАХОДІВ З ОХОРОНИ ПРАЦІ

Заходи з пожежної безпеки

Оскільки приміщення дослідницької лабораторії, що обладнане ПК, має площу 39 м², тому відповідно до вимог п. 5 розділу VI «Вибір типу та необхідної кількості вогнегасників», «Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників», затверджених наказом МВСУ 15.01.2018 № 25 для гасіння електроустановок, що знаходяться під напругою, передбачені вуглекислотні вогнегасники типу ВВК-3,5 у кількості 2 штук (з розрахунку один вогнегасник з величиною заряду вогнегасної речовини 3 кг. і більше, на 20 м² площі приміщення). Додатково, на кожному поверсі будівлі, в якій розміщене приміщення обладнане ПК з ВДТ, передбачене два переносних порошкових вогнегасника – ВП-5. Відстань між вогнегасниками та місцями можливих загорянь не перевищує 10 м.

Заходи з цивільного захисту

Організація навчання працюючого та непрацюючого населення діям у надзвичайних ситуаціях.

Згідно до статті 39 «Кодексу цивільного захисту України».

Навчання населення діям у надзвичайних ситуаціях здійснюється:

- 1 за місцем роботи - працюючого населення;
- 2 за місцем навчання - дітей дошкільного віку, учнів та студентів;
- 3 за місцем проживання - непрацюючого населення.

Організація навчання діям у надзвичайних ситуаціях покладається:

1 Працюючого та непрацюючого населення - на центральний орган виконавчої влади, який забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері цивільного захисту,

2 Дітей дошкільного віку, учнів та студентів - на центральний орган виконавчої влади, що забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері освіти і науки,

3 Стандартами професійно-технічної та вищої освіти передбачається набуття знань у сфері цивільного захисту.

4 Порядок здійснення навчання населення діям у надзвичайних ситуаціях встановлюється Кабінетом Міністрів України.

5 Громадські організації та позашкільні навчальні заклади здійснюють навчання діям у надзвичайних ситуаціях відповідно до своїх статутів.

Стаття 40 регламентує навчання працюючого населення.

Навчання працюючого населення діям у надзвичайних ситуаціях є обов'язковим і здійснюється в робочий час за рахунок коштів роботодавця за програмами підготовки населення діям у надзвичайних ситуаціях, а також під час проведення спеціальних об'єктових навчань і тренувань з питань цивільного захисту.

Ознаки небезпеки

-при появі підвищеного шуму, джерелами якого є жорсткий диск, вентилятор блока живлення мережі, сканери, пересувні механічні частини принтера. Підвищений шум впливає на центральну та вегетативну нервову систему людини, а також на органи слуху;

-монотонність роботи за ПК приводить до швидшої втоми, це більш ніж 600 однакових дій упродовж 75 % робочого часу за годину. Монотонність роботи, не ергономічність робочого місця призводить до

захворювань загально-невротичного характеру у вигляді підвищеної загальної втоми, головного болю, відчуття важкості голови, поганого сну;

-підвищене значення напруги в електричній мережі, і замикання якої може пройти через тіло людини. Пошкодження ізоляції електропроводки може спричинити коротке замикання та уразити оператора. Пошкодження може бути від скручування проводів, через зачеплення ногами за проводи та інше;

-підвищений рівень електромагнітних випромінювань, джерелами яких є блоки живлення (50 Гц), системи кадрової розгортки (5 -2 кГц), блок модуляції променю ЕПТ (5-10 МГц). Електромагнітні поля біля комп'ютера (особливо низькочастотні) негативно впливають на нервову систему, викликаючи головний біль, запаморочення, депресію, безсоння.;

-електризований екран монітору притягує частки пилу, який є у повітрі, та заряджає їх, що викликає роздратованість, свіж, запалення шкіри. При роботі на лазерному принтері виділяється озон, який сильно роздратовує слизову оболонку носа, очей, горла і може приводити до онкологічного захворювання;

-при виникненні короткого замикання та попадання іскри до легкозаймистих матеріалів (бумага, спирт для обтирки та інше) може виникнути пожежа. Якщо своєчасно її не загасити, то виникне пожежа, яка може призвести до опіків людини;

-негативний вплив шкідливих факторів середовища такі як не задовільнена освітленість, не відповідність нормам мікроклімату, підвищений шум та інше в дослідницькій лабораторії облаштованої ПК.

Заходи по забезпеченню безпеки

Для запобігання ураження електричним струмом, необхідно всі дроти, що підходять до ПК та до адаптерів, згорнути у спеціальні ізолюючі вкриття

(пластмасові коробки). Розташувати їх на стіні, або на полу. Це не дасть можливості пошкодження дротів механічно.

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

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

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

Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці

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

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

Якщо зовнішня поверхня екрана заземлена, його електростатичний потенціал знижується: при сухому повітрі на 50%, при вологому більш ніж на

50%. Для зменшення впливу шуму принтера, треба винести його в інше приміщення.

У відповідності до вихідних даних, були зроблені розрахунки і внесені наявні фактори умов праці та виробничого середовища що впливають на працівника в процесі трудової діяльності їх фактичне значення та час дії до стовпчиків 1, 2, 3, таблиці «Результати оцінювання за бальною шкалою».

Відповідно до додатків методичних вказівок [10], за витратами енергії, визначаємо категорію робіт для дослідника лабораторії обладнаної ПК. Умови праці, за витратами енергії, не перевищують 140 Вт (90-120 ккал/год.) та повинні відповідати легким фізичним роботам – категорії 1б.

Таблиця А1 – Результати оцінювання за бальною шкалою

Фактор (показник)	Виміряні показники $P_{вим}$	Час дії $год.(хв.)$	ГДК, ГДР, показники, $P_{доп}$	$X_{визн},$ бали	Клас умов праці	$X_i,$ бали
1	2	3	4	5	6	7
Мікроклімат за ТНС-індексом, $t, ^\circ C$	27,9	7	22,9-25,8	3	3.3	3
Освітленість приміщення $E, лк$	180	7	200	—	1-2	0
Розряд і підрозряд зорових робіт, $Зор$	Б-2	—	—	—	—	—
Рівень шуму $L, дБА$	94	6	50	—	3.2	1,25
Загальні енергозатрати організму, $Вт$	290	7	290	0,88	3.3	3
Стереотипні робочі рухи (кількість за зміну), при локальному навантаженні (за участю м'язів кистей та пальців рук)	49000	7	40000	1,07		
Тривалість зосередження уваги (в % від часу зміни)	86	7	75	1,0		
Тривалість робочого дня, $год.$	7	7	8	0,11		

З додатків [10], відповідно до категорії робіт 1б, розряду зорових робіт Б-2 та виявлених показників умов та напруженості праці, визначаємо ГДК (ГДР) виявлених факторів і показників та вносимо їх значення до стовпчика 4, таблиці «Результати оцінювання за бальною шкалою».

Для окремих факторів і показників за методикою визначеною «Гігієнічною класифікацією праці», визначаємо розрахункові коефіцієнти $X_{визн}$ та вносять їх значення до стовпчика 5, таблиці «Результати оцінювання за бальною шкалою»:

- для гігієнічної оцінки мікроклімату використовуємо ТНС-індекс, додаток Б [10]. Розрахунковий коефіцієнт $X_{визн}$ при оцінка мікроклімату визначаємо в балах, за формулою 7.1:

$$X_{визн} = \frac{1 \cdot t_1 + 2 \cdot t_2 + 3 \cdot t_3 + 4 \cdot t_4}{T} = \frac{3 \cdot 7}{7} = 3$$

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

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

$$X_{визн} = \frac{P_{вим} \cdot T \cdot K_{знач}}{8 \cdot P_{дон}} = \frac{290 \cdot 7 \cdot 1,0}{8 \cdot 290} = 0,88;$$

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

$$X_{визн} = \frac{P_{вим} \cdot T \cdot K_{знач}}{8 \cdot P_{дон}} = \frac{49000 \cdot 7 \cdot 1,0}{8 \cdot 40000} = 1,07;$$

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

$$X_{визн} = \frac{P_{вим} \cdot T \cdot K_{знач}}{8 \cdot P_{дон}} = \frac{80 \cdot 7 \cdot 1,0}{8 \cdot 75} = 1,0;$$

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

$$X_{визн} = \frac{P_{вим} \cdot T \cdot K_{знач}}{8 \cdot P_{дон}} = \frac{7 \cdot 7 \cdot 0,15}{8 \cdot 8} = 0,11;$$

Визначаємо клас та ступінь шкідливості умов праці для кожного з виявлених факторів і показників та вносимо їх значення до стовпчика 6,

таблиці «Результати оцінювання за бальною шкалою»:

- для мікроклімату, відповідно до значення розрахункового коефіцієнта $X_{визн} = 3$, з таблиці 7.2 [10] – 3 клас, 3 ступінь (3.3);
- при оцінці освітленості робочої зони приміщення, клас та ступінь шкідливості умов праці визначаємо у відповідності до $P_{вим} = 180$ лк, за додатками Г та табл. Г.1 [10] – 2 клас ;
- для гігієнічної оцінки рівня шуму, клас та ступінь шкідливості умов праці визначаємо у відповідності до виміряного значення рівня шуму $P_{вим} = 94$ дБА, за додатками Д та табл. Д.1 [10] – 3 клас, 2 ступінь (3.2);
- клас і ступінь важкості та напруженості праці визначаємо як суму розрахованих балів усіх показників $X_{визн}$ за формулою 7.3 [10]:

$$X_{сум} = \sum_{i=1}^n X_i = 0,88 + 1,07 + 1,0 + 0,11 = 3,07$$

З таблиці 7.3 [10] за значенням суми розрахованих балів показників $X_{сум} = 3,07$ – 3 клас, 3 ступінь (3.3);

В результаті досліджень, відповідно до розрахунків, встановлено, що умови праці на робочому місці дослідника лабораторії обладнаної ПК належать до 3 класу, 3 ступеню.

Тому що при гігієнічній оцінці виявлена наявність шкідливих та особливо шкідливих, важких та особливо важких умов праці, проводимо дослідження фактичного стану умов праці, з метою визначення розмірів доплат за ступені шкідливості факторів виробничого середовища та показників важкості та напруженості праці за бальною шкалою, та вносимо їх значення до стовпчика 7, таблиці «Результати оцінювання за бальною шкалою»:

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

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

- для оцінки впливу шуму, виходимо з того, що його рівень відповідає 3 класу, 2 ступеню умов праці та діє протягом 5 годин, тому значення X_i визначаємо за формулою 7.4 [10]:

$$X_i = X_{cm} \cdot \frac{T}{8} = 1 \cdot \frac{2 \cdot 5}{8} = 1,25$$

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

Для визначення конкретного розміру доплати, умови праці оцінюємо по сумі значень X_i , за формулою 7.5 [10]

$$X_{факт} = \sum_{i=1}^n X_i = 3 + 0 + 1,25 + 3 = 7,25$$

Розмір доплати за умовами праці визначаємо в залежності від їх фактичного стану – $X_{факт} = 7,25$, на підставі Типового положення «Про оцінку умов праці на робочих місцях і порядок застосування галузевих переліків робіт, на яких можуть установлюватися доплати робітникам за умови праці», з таблиці 7.4 [10]. Розмір доплати до тарифної ставки (окладу) – 16 %.

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

1. Умови, важкості та напруженості праці на робочому місці дослідника лабораторії, згідно результатів досліджень, належать до 3 класу, 3

ступеню (особливо важкі та особливо шкідливі умови праці), що не відповідає вимогам Державних санітарних норм та правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу» до даного робочого місця;

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

- мікрокліматичні умови, за інтегральним показником теплового навантаження середовища - ТНС-індексом - 20,2-22,8°C;
- освітленість приміщення для роботи з дисплеями відповідає розряду зорових робіт Б-2, нормована загальна освітленість якого, на робочих столах – $E = 200 \text{ лк}$;
- рівень шуму в робочій зоні дослідника – 50 дБА;
- загальні енергозатрати організму, до 175 Вт;
- стереотипні робочі рухи (кількість за зміну), при локальному навантаженні (за участю м'язів кистей та пальців рук), до 20000;
- тривалість зосередження уваги (в % від часу зміни), до 50%;
- тривалість робочого дня, 6 або 7 год.

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

- для приведення мікрокліматичних умов до відповідності, необхідно забезпечити припливно-витяжну механічну вентиляцію та кондиціонування приміщення;
- для зниження рівня шуму в робочій зоні дослідника необхідно замість матричних принтерів застосувати лазерні; з метою зниження зовнішнього шуму замінити вікна на пластикові з трикамерним склопакетом;

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

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

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

4. Якщо, з об'єктивних причин, вищезазначені заходи неможливо виконати, необхідно забезпечити доплати до тарифної ставки (окладу) за особливо шкідливі та особливо важкі умови праці, відповідно до таблиці 7.4 [10], у розмірі 16%.