

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Транспортний
(повне найменування факультету)

«Транспортні технології»
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

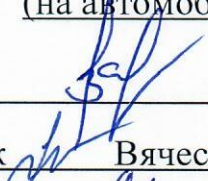
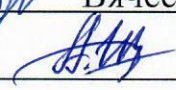
магістра
(ступінь вищої освіти)

на тему ОПТИМІЗАЦІЯ СПОСОБІВ ОРГАНІЗАЦІЇ І РЕГУЛЮВАННЯ
ДОРОЖНЬОГО РУХУ НА ПЕРЕХРЕСТІ ВУЛИЦЬ ЖАБОТИНСЬКОГО ТА
ГОНЧАРЕНКА У М. ЗАПОРІЖЖІ

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>Василь СОРОКІН</u> (прізвище та ініціали)
Керівник		<u>Вячеслав ТРУШЕВСЬКИЙ</u> (прізвище та ініціали)
Рецензент		<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

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

СОРОКІНА Василя Володимировича

(ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Оптимізація способів організації і регулювання дорожнього руху на перехресті вулиць Жаботинського та Гончаренка у м. Запоріжжі

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.

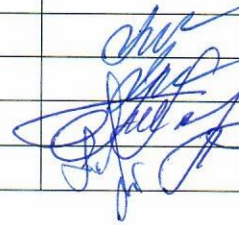
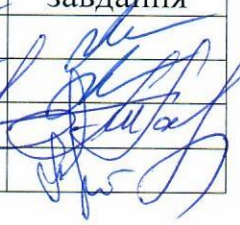
3. Вихідні дані до проєкту (роботи) існуюча вулично-дорожня мережа, існуючі характеристики транспортних та пішохідних потоків, існуюча схема організації дорожнього руху

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналітична частина, 2. Основна частина, 2.1 Проєктування заходів організації дорожнього руху, 2.1.1 Розробка схеми організації дорожнього руху, 2.1.2 Розрахунок режиму роботи світлофорного об'єкту 3 Економічна частина, 4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

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

Презентація магістерської роботи

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1	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 проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Аналітична частина	30.10.2023-06.11.2023	
2	Основна частина	07.11.2023-20.11.2023	
3	Економічна частина	21.11.2023-27.11.2023	
4	Охорона праці	28.11.2023-01.12.2023	
5	Оформлення МР, перевірка МР на плагіат, отримання зовнішніх рецензій, захист магістерських робіт	01.12.2023-25.01.2024	

Студент(ка)


(підпис)

Василь СОРОКІН
(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Керівник проєкту (роботи)


(підпис)

Вячеслав ТРУШЕВСЬКИЙ
(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 76 с., 14 табл., 15 рис., 11 джерел.

ДОРОЖНІЙ РУХ, БЕЗПЕКА РУХУ, СВІТЛОФОР, ДОРОЖНЯ РОЗМІТКА, ФАЗА, РЕЖИМ, ТРАНСПОРТНІ ЗАТРИМКИ, СВІТЛОФОРНЕ РЕГУЛЮВАННЯ.

Об'єкт дослідження – район перехрестя вулиць Леоніда Жаботинського та Олексія Гончаренка у м. Запоріжжі.

Мета роботи – аналіз та удосконалення організації та регулювання дорожнього руху в районі перехрестя вулиць Леоніда Жаботинського та Олексія Гончаренка у м. Запоріжжі.

Методи дослідження – документальний аналіз матеріалів дорожньо-транспортних пригод, картографічне дослідження геометричних характеристик вулично-дорожньої мережі, візуальний підрахунок інтенсивності дорожнього руху, графо-аналітичний метод побудови графіків координованого світлофорного регулювання.

Досліджено існуючу дорожньо-транспортну ситуацію на перехресті вулиць Жаботинського та Гончаренка у м. Запоріжжі та запропоновано ввести на даному перехресті світлофорне регулювання. Проведено розрахунок режиму світлофорного регулювання та перевірку економічної доцільності його введення.

ЗМІСТ

	с.
Завдання.....	2
Реферат.....	4
Вступ.....	6
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА.....	7
1.1 Загальний опис об'єкту дослідження	7
1.2 Сучасні підходи до визначення режимів світлофорного регулювання	9
1.3 Аналіз дорожньо-транспортних пригод	16
1.4 Аналіз виявлених недоліків та постановка задач проектування ..	25
2 ОСНОВНА ЧАСТИНА	25
2.1 Проектування заходів організації дорожнього руху	25
2.1.1 Розробка схеми організації дорожнього руху	25
2.1.2 Розрахунок режиму роботи світлофорного об'єкту	31
3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	48
3.1 Розрахунок капітальних витрат	48
3.2 Розрахунок річних експлуатаційних витрат	51
3.3 Економія від зменшення затримок транспорту на перехресті	53
3.4 Економія від зменшення числа та важкості ДТП	57
3.5 Розрахунок терміну окупності проекту	60
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	62
Висновки	64
Перелік джерел посилань	65
Додаток А – Розробка заходів з охорони праці	66

ВСТУП

У зв'язку із тенденцією зростання кількості дорожньо-транспортних пригод протягом останнього часу, а також зростання їх тяжкості, серйозного значення набуває питання вибору оптимальних способів організації і регулювання дорожнього руху на вулично-дорожній мережі міста.

Зважаючи на обмеженість фінансування перевага надається широкому застосуванню саме оперативних заходів організації дорожнього руху, до яких належать застосування дорожніх знаків, введення світлофорного регулювання, розмітка проїзної частини. Застосування саме оперативних заходів організації дорожнього руху дозволяє шляхом порівняно малих капіталовкладень досягти серйозних результатів не тільки у зменшенні дорожньо-транспортної аварійності, а у підвищенні пропускної здатності вулично-дорожньої сітки і зменшенні непродуктивних затримок учасників дорожнього руху перед перехрестями.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 ЗАГАЛЬНИЙ ОПИС ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ

Об'єктом дослідження магістерської роботи є нерегульоване перехрестя вулиць Леоніда Жаботинського та Михайла Гончаренка розташоване у Вознесенівському районі міста Запоріжжя. Перехрестя розташовано в центральній частині міста.

Вулиці Леоніда Жаботинського та Михайла Гончаренка є вулицями районного значення регульованого руху. Кожна з вулиць має проїзну частину на дві смуги руху без розділової смуги посередині шириною по вулиці Жаботинського по 3,3 м кожна смуга та по вулиці Михайла Гончаренка на ділянці від вулиці Жаботинського до проспекту Соборного шириною по 3,3 м кожна смуга, а на ділянці від вулиці Леоніда Жаботинського до вулиці Патріотичної одна зі смуг шириною 3,4 м, а інша смуга шириною 3,3 м.

На всіх під'їздах до перехрестя наявні нерегульовані пішохідні переходи. Вулиця Леоніда Жаботинського по всій довжині призначена для двостороннього руху, вулиця Михайла Гончаренка на ділянці від Соборного проспекту до вулиці Леоніда Жаботинського є вулицею одностороннього руху в напрямі від Соборного проспекту до вулиці Леоніда Жаботинського, на ділянці від вулиці Леоніда Жаботинського до вулиці Перемоги вулиця Михайла Гончаренка призначена для двостороннього руху.

Оскільки кількість смуг по вулиці Михайла Гончаренка змінюється на перехресті з вулицею Жаботинського, відповідно до діючих норми стандартів, необхідно таким чином організувати дорожній рух, аби кількість смуг для руху в прямому напрямі від проспекту Соборного через перехрестя в напрямку вулиці Перемоги була не більшою перед перехрестям ніж за перехрестям. Для цього з урахуванням порівняно високої інтенсивності лівого повороту від проспекту Соборного по вулиці Михайла Гончаренка на вулицю Леоніда Жаботинського в напрямку проспекту Маяковського пропонується праву

смугу по вулиці Михайла Гончаренка призначити для руху прямо і праворуч,
а ліву смугу виділити для повороту ліворуч.

Таким чином вимоги нормативних документів щодо співвідношення кількостей смуг для руху прямо перед перехрестям і за ним будуть виконані.

Розташування дослідженого перехрестя на схемі вулично-дорожньої мережі, а також розташування основних вулиць в районі проектування показані на рис. 1.1.

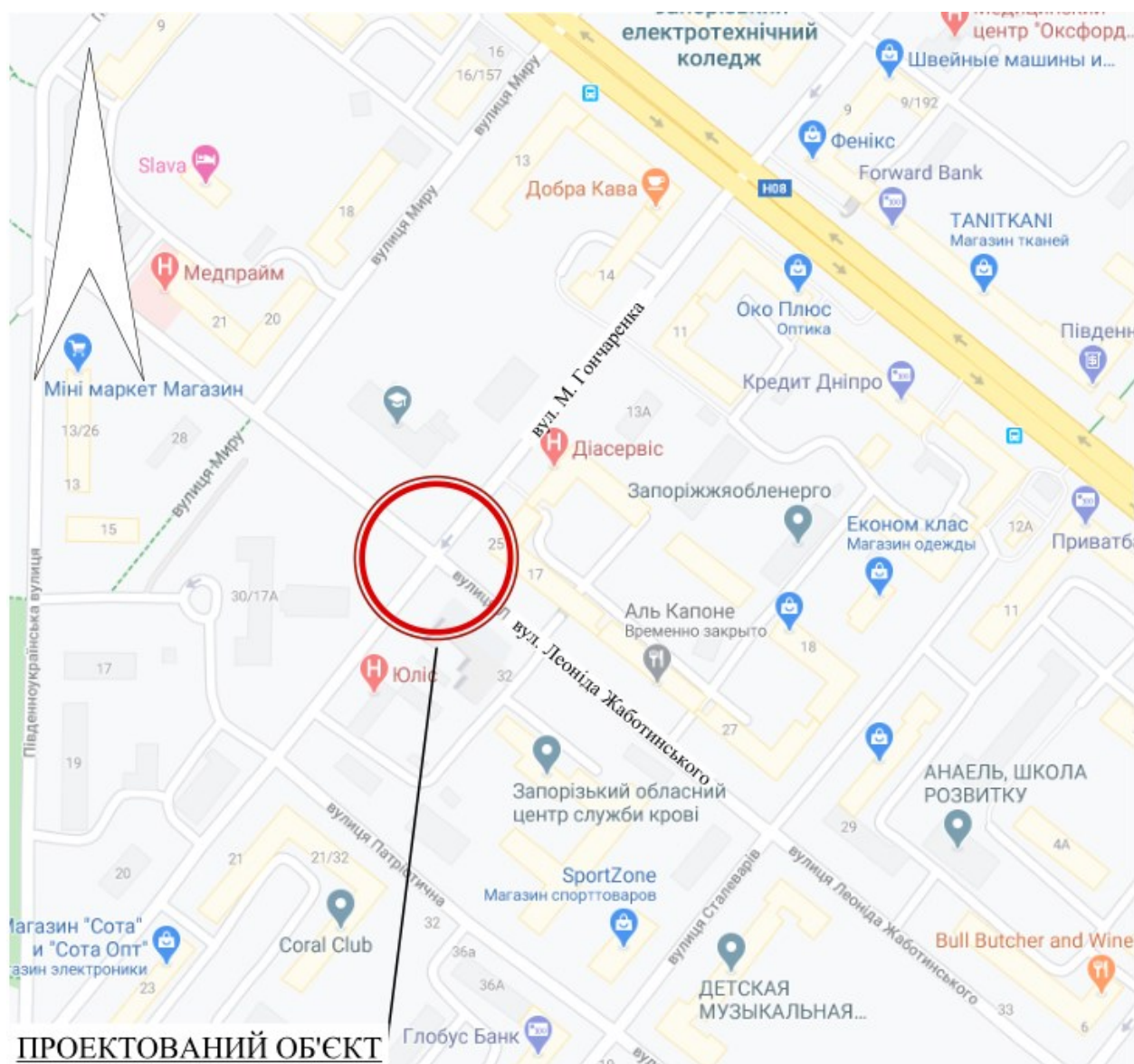


Рисунок 1.1 - Схема вулично-дорожньої мережі в районі дослідження

1.2 СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ВИЗНАЧЕННЯ РЕЖИМІВ СВІТЛОФОРНОГО РЕГУЛЮВАННЯ

З теорії та практики організації дорожнього руху відомо, що кожен захід організації дорожнього руху є ефективним лише у певному діапазоні основних характеристик транспортного потоку. До основних характеристик транспортного потоку належать інтенсивність дорожнього руху, щільність транспортного потоку або концентрація, а також швидкість транспортного потоку.

Усі основні характеристики транспортного потоку пов'язані між собою функціонально, і цей зв'язок являє собою основна діаграма транспортного потоку. Таким чином, для вибору оптимальних характеристик транспортного потоку, які відповідають введеним заходам організації дорожнього руху, необхідно провести як дослідження дорожньо-транспортної аварійності так і визначення самих характеристик транспортного потоку. При цьому швидкість транспортного потоку визначається на ділянці вулично-дорожньої мережі шляхом вимірювання миттєвих швидкостей транспортних засобів за допомогою радарного вимірювача швидкості, принцип дії цього вимірювача полягає у практичному використанні ефекту Доплера.

Ефект Доплера являє собою зміну частоти відбитого від рухомих об'єктів ультразвукового випромінювання, що випускає цей прилад. Принцип роботи приладу полягає у порівнянні частот випромінювання, що виходить з приладу та повертається у нього відбитим від рухомого об'єкта. Шляхом помноження різниці швидкостей на коефіцієнт Доплера можна визначити миттєву швидкість об'єкта, для якого проводилися вимірювання.

Отримані таким чином дані про миттєві швидкості руху у вигляді вибірки обробляється статистично. Відомо, що швидкість руху одиночних транспортних засобів розподіляється за нормальним законом розподілу імовірності. Характеристиками нормального двопараметричного закону є

середня швидкість руху тобто математичне очікування, а також стандартне відхилення швидкості руху, тобто квадратний корінь із дисперсії швидкості руху.

Оскільки швидкість руху розподіляється за нормальним законом то характеристикою яка дозволяє виразити швидкість є її 85% забезпечення. Швидкість 85% забезпечення – це таке значення швидкості, яке не перевищують 85% транспортних засобів.

Поширеною практикою застосування оперативних заходів організації дорожнього руху на перехрестях, де у містах стається до 75% дорожньо-транспортних пригод, є введення світлофорного регулювання. Задачею введення світлофорного регулювання є розділення у часі конфліктуючих транспортних та пішохідних потоків, які під час одночасного руху через свою високу інтенсивність та особливості геометричних параметрів перехрестя створюють один з одним небезпечні конфлікти.

Ступінь небезпеки цих конфліктів, які проявляються у конфліктних точках, визначається коефіцієнтом небезпеки конфліктної точки. Залежно від геометричного типу конфліктної точки цей коефіцієнт дорівнює трьом у випадку, якщо відбувається злиття транспортних потоків, одиниці – якщо відбувається розгалуження транспортних потоків, або п'яти, якщо відбувається перетин транспортних потоків між собою або перетин транспортного та пішохідного потоків. Також для визначення рівня небезпеки необхідно враховувати і інтенсивність конфліктуючих транспортних і пішохідних потоків.

Навіть за невеликої кількості точок значна інтенсивність потоків може призводити до значної кількості дорожньо-транспортних пригод введення світлофорного регулювання через розділення у часі конфліктуючих потоків дозволяє значно знизити кількість дорожньо-транспортних пригод, однак ціною такого зниження є зростання затримок учасників дорожнього руху перед перехрестями. Як вже зазначалося кожен захід організації дорожнього руху в тому числі і введення світлофорного регулювання має свій діапазон

ефективності. Під критеріями ефективності в даному випадку мається на увазі кількість і тяжкість дорожньо-транспортних пригод, а також транспортні затримки. При цьому задачею є мінімізація транспортних затримок та мінімізація кількості дорожньо-транспортних пригод. Ці задачі є протилежними оскільки з метою мінімізації кількості дорожньо-транспортних пригод кількість безконфліктних груп напрямів транспортних засобів повинна бути максимальною, однак при цьому дуже сильно зростає тривалість циклу світлофорного регулювання, що створює невиправдані затримки пасажирів і водіїв а також призводить до збитків через значну кількість машинного годин витрачено транспортними засобами перед перехрестям в очікуванні світлофорного сигналу що дозволяє рух.

Однак за певної інтенсивності дорожнього руху конфліктуючих транспортних і пішохідних потоків, а також з урахуванням впливу геометричних параметрів перехрестя загальна тривалість затримок у регульованому режимі може бути і меншою, ніж при нерегульованому русі, навіть з урахуванням того, що при нерегульованому русі для рівнозначного перехрестя затримки транспортних засобів спостерігається тільки за другорядним напрямом.

Пояснимо причину такого явища. При високих значеннях інтенсивності дорожнього руху інтервали прибуття транспортних засобів як з другорядного під'їзду так і по головній дорозі є порівняно невеликими, при цьому для прослідування перехрестя без затримки з другорядного напрямку транспортний засіб повинен прибути на початок довгого інтервалу, тобто повинен прибути до під'їзду саме у той час коли по головній дорозі розпочинається інтервал між транспортними засобами такої тривалості, що його достатньо для виконання маневру транспортним засобом з другорядної дороги з розрахунковою швидкістю та з дотриманням розрахункового трикутника видимості. Трикутник видимості необхідний для того щоб водій транспортного засобу, який наближається по другорядній дорозі, рухаючись з розрахунковою швидкістю мав достатньо часу, щоб зупинити свій транспортний засіб перед

перехрестям з другорядного напрямку, побачивши що до перехрестя по головній дорозі наближається транспортний засіб.

При цьому в якості розрахункової інтенсивності дорожнього руху по головній дорозі береться сумарна інтенсивність руху транспортних засобів за напрямками, тому що для проїзду перехрестя необхідно дати дорогу як прямому так і зворотному напрямку головної дороги, тобто рух без зупинки можливий лише в тому випадку, коли співпадають початки довгих інтервалів у транспортних потоках по прямому та другорядному напрямку, тому при високих інтенсивностях дорожнього руху і збільшенні кількості смуг по другорядній дорозі інтенсивності дорожнього руху по другорядних під'їздах для яких введення світлофорного регулювання вже є доцільним, знижується.

Також слід врахувати і рух пішоходів. Оскільки при нерегульованому русі пішоходи мають перевагу перед транспортними засобами, то значна інтенсивність руху пішоходів на пішохідному нерегульованому переході створює серйозні затримки транспортних засобів, які перетинають цей перехід. У випадку, якщо цієї вулицею рухаються транспортні засоби, що характеризуються високою пасажиромісткістю та високим коефіцієнтом її використання, тобто транспортні засоби громадського користування, то затримки, які створюються пішоходами, негативно впливають на швидкість сполучення, а отже збільшує час обороту транспортних засобів громадського користування і таким чином підвищують кількість транспортних засобів, необхідних для обслуговування пасажирського потоку тієї ж самої інтенсивності.

Таким чином, зростає собівартість перевезення одного пасажирів і знижується ефективність роботи усієї системи громадського транспорту. При введенні світлофорного регулювання на нерегульованому перехресті можливі два варіанти щодо транспортних затримок. Перший варіант: після введення регулювання транспортні затримки підвищилися, але це виправдано зниженням аварійності за рахунок розведення у часі основних конфліктуючих напрямів при введенні світлофорного регулювання.

Обов'язковому розведенню у часі, тобто включенню до різних фаз регулювання, підлягають такі транспортні і пішохідні потоки для яких черговість роз'їзду не визначена правилами дорожнього руху за умов світлофорного регулювання або такі для яких одному з потоків відповідно до правил дорожнього руху надана перевага у русі між іншим потоком або при високій інтенсивності руху транспорту або пішоходів навіть такі транспортні чи пішохідні потоки для яких черговість роз'їзду при регульованому режимі визначена. однак не може бути дотримана через низьке значення інтервалів у транспортних потоках. Другим варіантом співвідношення затримок при регульованому та нерегульованому русі є такий, при якому за рахунок високої інтенсивності транспортних та пішохідних потоків по другорядних напрямках введення світлофорного регулювання дає зниження загальної тривалості затримок учасників дорожнього руху та економію по машино-годинах транспортних засобів. В такому випадку введення світлофорного регулювання виправдовується вже самим зменшенням транспортних затримок, а також підкріплюється зниженням аварійності через розділення у часі конфліктуючих потоків.

Для режиму світлофорного регулювання, що вводиться, важливе правильне співвідношення тривалостей дозволяючих та заборонних сигналів за напрямками регулювання таке співвідношення повинно бути пропорційним завантаженню руху під'їздів до перехресть з урахуванням того, що імпульс інтенсивності транспортного потоку не має прямокутної форми, тобто із плином часу починаючи від початку дозволяючого світлофорного сигналу для транспортного під'їзду спостерігається поступове зменшення величини потоку насичення, тобто значення пропускної здатності. Таким чином зростання тривалості світлофорного дозволяючого сигналу із зростанням рівню завантаження виправдано лише в певному діапазоні значень рівнів завантаження. При збільшенні тривалості дозволяючого сигналу більше 40 секунд спостерігається різке зниження пропускної здатності через підвищення інтервалів у транспортному потоці. При роз'їзді черги нескінченної довжини

кожен наступний транспортний засіб стартує через певний інтервал від попереднього транспортного засобу через те що у кожного з водіїв є час реакції на початок руху попереднього транспортного засобу навіть якщо транспортний потік є однорідним, що не часто зустрічається в реальних дорожніх умовах, все одно неможливо досягти прямокутної форми імпульса інтенсивності.

Таким чином, на практиці можна вважати, що інтенсивність роз'їзду черги нескінченної довжини дорівнює потоку насичення лише в перші 30...40 секунд дозволяючого сигналу. У випадку якщо таких значень недостатньо, то для забезпечення ефективного співвідношення тривалості сигналів рекомендується кількаразове включення дозволяючого сигналу за одним із напрямів регулювання або за групою безконфліктних напрямів регулювання протягом циклу регулювання.

Також в таких випадках широке застосування можуть мати транспортні детектори, які працюють в онлайн режимі, оскільки вони можуть ефективно виявляти спадання інтенсивності руху транспортних засобів тобто виявляти розриви у транспортних потоках. При виявленні розриву транспортного потоці можлива зміна фази регулювання, тобто відключення дозволяючого сигналу по тому напрямку, де інтенсивність руху в даний момент часу є недостатньою.

Окрім того для забезпечення безпеки дорожнього руху на регульованих перехрестях необхідно точне визначення тривалості перехідних інтервалів, тобто цих часових проміжків між дозволяючими сигналами конфліктних напрямів регулювання, протягом яких по тому напрямку регулювання, що завершує рух, відбувається звільнення перехрестя, тобто рух транспортного засобу від тієї точки, де водій ухвалює рішення про те, чи він буде зупинятися перед перехрестям чи він буде продовжувати рух зі встановленою швидкістю, до найдальшої конфліктної точки за цим напрямом регулювання.

За тим напрямом де в наступній фазі регулювання буде ввімкнено дозволяючий сигнал у цей час транспортний засіб що завершує рух рухається

зі встановленою розрахунковою швидкістю що дорівнює швидкості 85% забезпечення для вибірки, яка отримана безпосередньо на цьому перехресті. В той-же час, протягом перехідного інтервалу за тим напрямом регулювання, де в наступній фазі буде ввімкнено дозволяючий сигнал транспортні засоби можуть розпочинати рух і доїжджати до найближчої конфліктної точки. Таким чином, задача визначення оптимальної тривалості перехідного інтервалу є задачею забезпечення безпеки дорожнього руху.

З точки зору ефективності світлофорного регулювання, час, що проходить з моменту відключення дозволяючого сигналу світлофора по одному з напрямів регулювання до того часу, поки увімкниться дозволяючий сигнал по конфліктуючому напрямку регулювання, є втраченим часом, оскільки протягом цього часу система масового обслуговування не обслуговує вимоги, що надходять до її каналів. Задачею оптимізації режиму світлофорного регулювання є визначення співвідношення між циклом світлофорного регулювання та тривалістю загального втраченого часу, оскільки на практиці транспортні потоки не є простими, тобто не є ординарними, стаціонарними та характеризується післядією.

При практичному застосуванні теорії масового обслуговування необхідно врахувати наявність різних інтервалів між транспортними засобами, що прибувають до перехрестя. Загалом протягом тривалості дозволяючого сигналу необхідно пропустити транспортний потік, що прибув до перехрестя протягом цього дозволяючого сигналу, а також той транспортний потік, який накопичився перед стоп-лінією протягом дії заборонного сигналу, тобто протягом дії дозволяючих сигналів з інших конфліктних напрямів регулювання. Таким чином, тривалість дозволяючого сигналу пропорційна коефіцієнту завантаження рухом, тобто фазовому коефіцієнту, або співвідношенню інтенсивності дорожнього руху та потоку насичення.

У тому випадку, коли під'їзд до перехрестя є багатосмуговим, необхідно окрім забезпечення чіткого і відповідності розподілу транспортних засобів по

смугах руху та вимог Правил дорожнього руху, забезпечити максимальну рівність величин завантаження рухом пропускної здатності смуг руху в перерізі стоп-ліній. Різниця пропускної здатності смуг проявляється також у тому, що смуги, призначені для повороту праворуч та ліворуч, мають менші пропускні здатності, ніж смуга, з якої транспортні засоби рухаються лише в прямому напрямку. Це відбувається за рахунок того, що конфліктних точках розгалуження траєкторій руху транспортних потоків відбувається динамічна взаємодія між транспортними засобами, які для забезпечення безпечної дистанції та для зниження швидкості руху проходження кривої через дію центробіжної сили, взаємодіють між собою у конкретній точці розгалуження, за рахунок чого знижується швидкість руху усіх транспортних засобів, що проходять цю точку, а в тому числі тих, які рухаються прямо. Таким чином, розподіл транспортних засобів по смугах руху повинен бути таким, щоб максимально забезпечити рівномірність завантаження смуг руху відповідно до Правил дорожнього руху в загальному випадку рух прямо дозволено з усіх смуг.

1.3 АНАЛІЗ ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНИХ ПРИГОД

З метою правильного вибору оптимальних організаційних і технічних засобів організації дорожнього руху на конкретній ділянці вулично-дорожньої мережі перед проведенням варіантного проектування обов'язково необхідно провести аналіз дорожньо-транспортних пригод. Задачею аналізу дорожньо-транспортних пригод є по першим виявлення закономірностей у масиві даних сформованим в результаті обліку дорожньо-транспортних пригод на перехресті або ділянці вулиці під час обліку визначаються наступні дані про дорожньо-транспортні пригоди: вид дорожньо-транспортної пригоди (зіткнення, наїзд на пішохода, перекидання, наїзд на велосипедиста, наїзд на перешкоду, зіткнення з рухомим складом залізниці, падіння пасажирів і таке

інше) визначається дата скоєння дорожньо-транспортної пригоди, число місяць, рік, день тижня, година та хвилина, коли сталася дорожньо-транспортна пригода.

Також аналізуються причини пригод а саме які розділи та які пункти правил дорожнього руху порушували учасники дорожнього руху і які саме порушення стали першою причиною дорожньо-транспортної пригоди під час обробки масиву даних визначається основні причини дорожньо-транспортних пригод Це робиться для того аби за допомогою застосування різних технічних і організаційних заходів організації дорожнього руху вплинути на учасників дорожнього руху а також на дорожні умови Таким чином аби запобігти повторному прояву обставин які склалися на місці дорожньо-транспортної пригоди і призвели до виникнення аварійної ситуації.

При проведенні аналізу дорожньо-транспортних пригод широко застосовується статистичні технології для виявлення закономірностей в отриманих даних також визначаються характерні Повтори комбінації обставин що склалися при виникненні аварійних ситуацій за допомогою засобів математичної статистики можливо виявити серед усього різноманіття причин і обставин які склалися на місці пригоди які саме обставини і причини були ключовими при виникненні більшості аналогічних дорожньо-транспортних пригод оскільки сама дорожньо-транспортна пригода спричиняється дуже великою кількістю основних і дотичних причин то для класифікації та аналізу цих причин можливо застосовувати методи системного аналізу використовуючи такі методи можна відкинути другорядні причини а також мінімізувати вплив на результати статистичного аналізу тих факторів які є взаємно залежними залишивши серед усього різноманіття факторів лише порівняно невелику кількість таких на які можна безпосередньо впливати за допомогою засобів організації дорожнього руху.

Проміжні результати систематизації даних про дорожньо-транспортні пригоди на перехресті вулиці Михайла Гончаренка та вулиці жаботинського протягом 2019-2020 та 2021 років наведені у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Дані аналізу аварійності

№	Звіт- кнення	Наїзд на пішохода	Перекидання	Наїзд на велосипедиста	Постраждали х	число	місяць	рік	день тижня	год	хв
1	1				0	11	5	2020	4	17	18
2	1				1	15	5	2019	4	8	17
3	1				0	22	10	2020	4	21	33
4	1				0	17	3	2021	5	17	4
5	1				1	6	9	2021	6	19	4
6	1				0	11	9	2021	3	12	5
7	1				0	7	1	2020	2	8	17
8	1				1	3	5	2021	3	11	4
9	1				0	25	8	2019	7	16	19
10	1				0	11	10	2019	4	15	46
11	1				0	5	9	2020	5	15	23
12	1				1	10	2	2021	7	13	5
13	1				0	3	9	2019	4	17	52
14	1				0	28	5	2021	4	20	49
15	1				1	28	5	2021	7	18	39

Прововження таблиці 1.1

№	Звіт- кнення	Наїзд на пішохода	Перекидання	Наїзд на велосипедиста	Постраждалих	число	місяць	рік	день тижня	год	хв
16	1				0	23	10	2021	6	6	27
17			1		0	25	1	2020	6	19	38
18			1		0	16	5	2019	6	21	26
19				1	1	17	6	2019	7	7	8
20			1		0	14	2	2019	6	18	6
21	1				0	5	8	2021	7	22	6
22				1	1	7	10	2021	4	19	34
23		1			1	14	12	2021	2	9	43
24	1				0	27	5	2021	5	8	16
25	1				0	24	7	2020	5	9	51
26		1			1	14	5	2019	6	6	42
27	1				0	12	1	2020	5	17	14
28	1				0	21	6	2019	3	19	20
29		1			1	17	6	2021	4	8	34
30	1				0	18	11	2020	1	7	8

Закінчення таблиці 1.1

№	Звіт- кнення	Наїзд на пішохода	Перекидання	Наїзд на велосипедиста	Постраждалих	число	місяць	рік	день тижня	год	хв
31	1				0	14	4	2021	6	12	1
32		1			1	8	2	2021	5	13	51
33	1				0	13	1	2021	2	10	44
34	1				0	8	6	2019	3	10	12
35		1			1	12	7	2020	2	10	17
36	1				0	24	2	2019	5	7	14
	26	5	3	2	12						
	36										
	12				4						

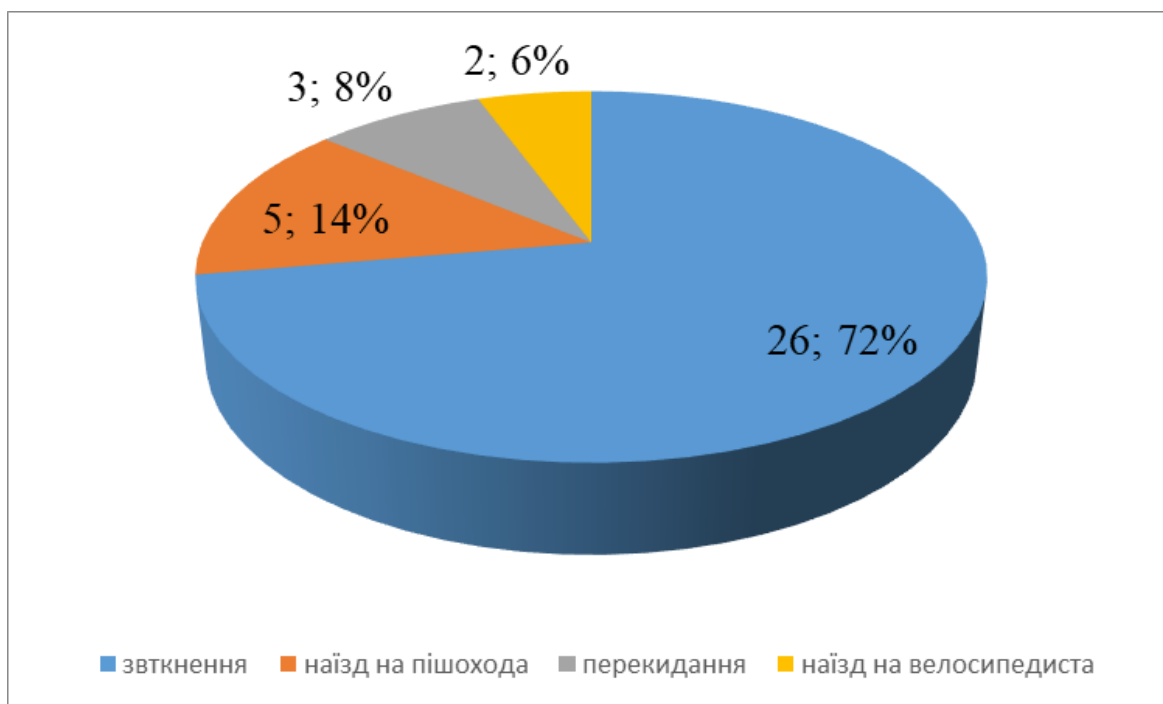


Рисунок 1.2 - Розподіл дорожньо-транспортних пригод за видами

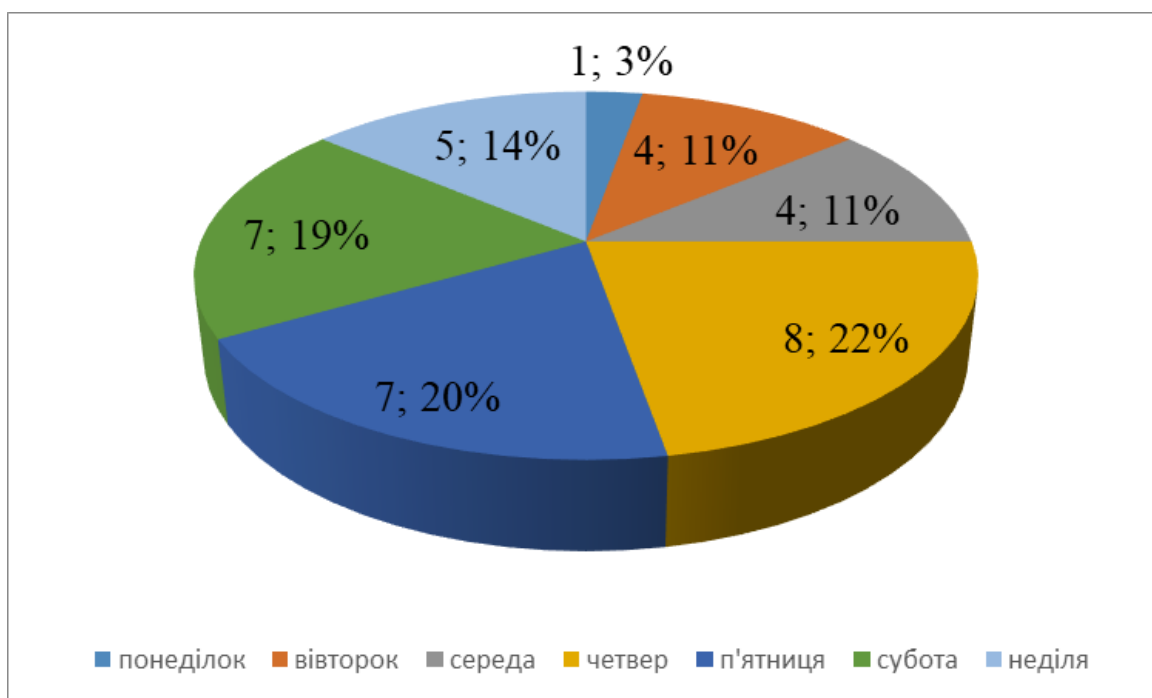


Рисунок 1.3 - Розподіл дорожньо-транспортних пригод за днями тижня, коли вони сталися

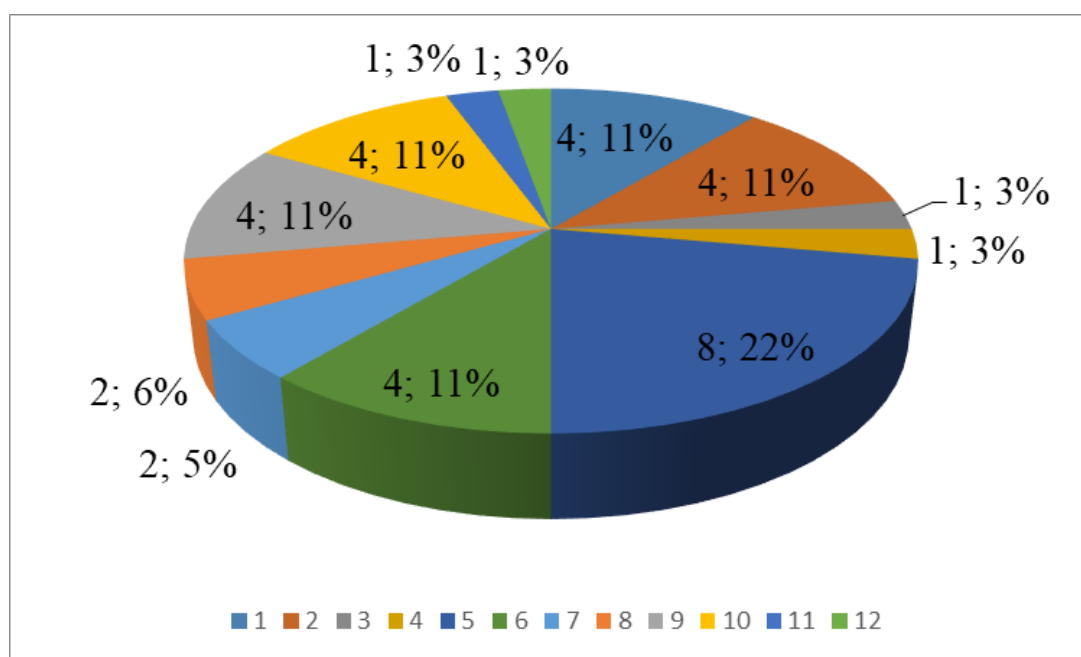


Рисунок 1.4 - Розподіл дорожньо-транспортних пригод за місяцями коли вони сталися

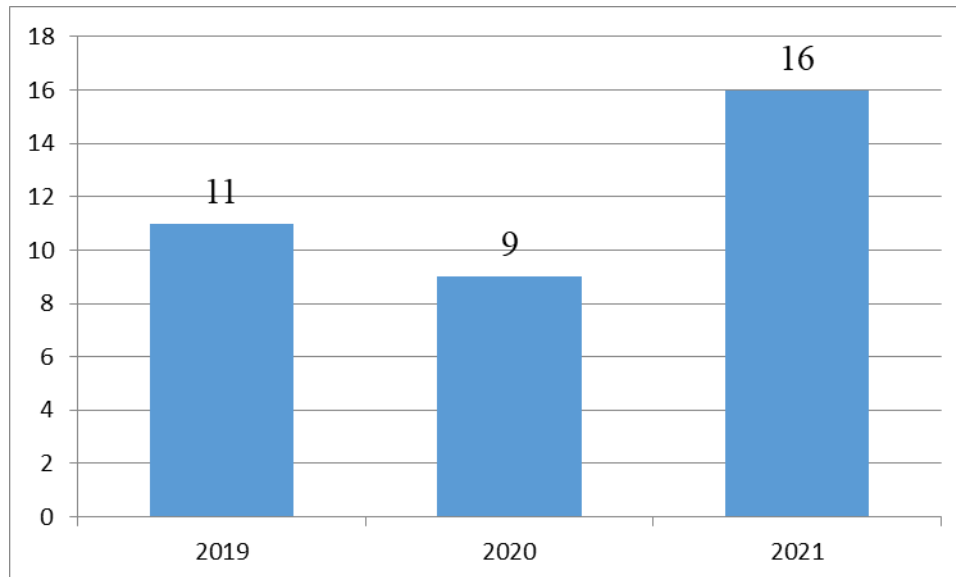


Рисунок 1.5 Тенденція (динаміка) зміни кількості дорожньо-транспортних пригод по роках

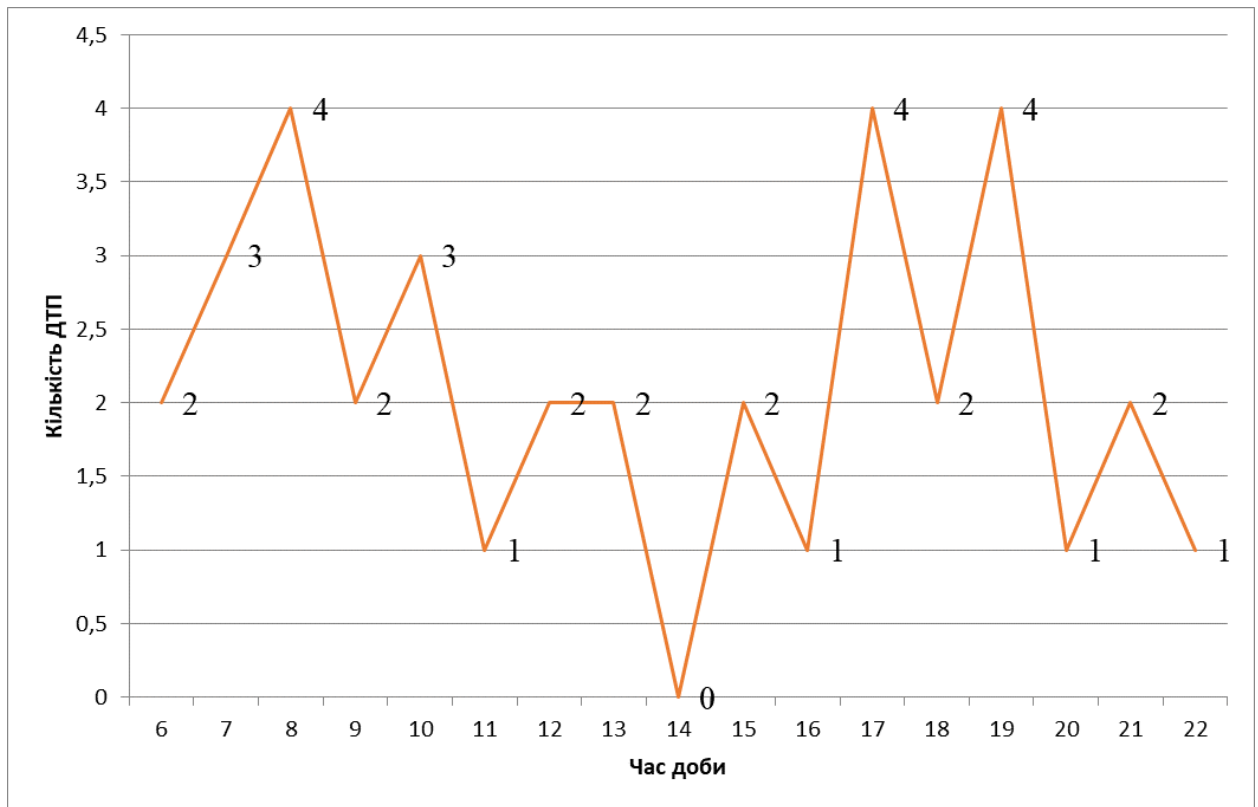


Рисунок 1.6 - Розподіл кількості дорожньо-транспортних пригод по годинам доби

При дослідженні отриманих даних при дорожньо-транспортні пригоди довелося встановити що переважно їх кількість за видом належить до зіткнень, що є характерним для перехресть міських вулиць. При вивченні розподілу за днями тижня встановлено, що в неділю стається приблизно втричі менше дорожньо-транспортних пригод, ніж в середньому по інших днях тижня.

При дослідженні розподілу дорожньо-транспортних пригод за місяцями скоєнням встановлено, що найменше їх кількість доводиться на травень і червень, що очевидно обумовлюється встановленням стійкої погоди та поліпшенням дорожніх умов і збільшенням тривалості світлового дня.

Що стосується тенденції по зміні кількості дорожньо-транспортних пригод протягом трьох років, для яких проводилися дослідження, встановлено що найменша кількість пригод була у 2020 році а з 2020 по 2021 рік відбувається збільшення кількості дорожньо-транспортних пригод майже в два рази. При розподілі кількості дорожньо-транспортних пригод погоди на

доби встановлено що піки аварійності припадають на години з 7:00 до 10 а також 16 до 20 що відповідає загальній тенденції для великих міст де години пік впливають на режими руху транспортних засобів в негативний бік а саме зміщують рівень зручності руху до стану нестійкого потоку.

1.4 АНАЛІЗ ВИЯВЛЕНИХ НЕДОЛІКІВ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ПРОЄКТУВАННЯ

В результаті аналізу дорожньо-транспортної ситуації на перехресті вулиці Жаботинського та вулиці Михайла Гончаренка встановлено, що за існуючих дорожніх умов і при існуючих інтенсивностях дорожнього руху і складі транспортного потоку спостерігається достатньо високий рівень дорожньо-транспортної аварійності.

Крім того, через високе значення інтенсивності дорожнього руху спостерігаються значні транспортні затримки по другорядних напрямках а саме по вулиці Михайла Гончаренка при русі від проспекту Соборного.

Для поліпшення ситуації пропонується розробити нову схему організації дорожнього руху на перехресті вулиці та встановити на цьому перехресті локальний світлофорний об'єкт.

2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 ПРОЄКТУВАННЯ ЗАХОДІВ ОРГАНІЗАЦІЇ ДОРОЖНЬОГО РУХУ

Режим роботи світлофорного об'єкта формалізується у вигляді схеми пофазового роз'їзду та набору параметрів режиму світлофорного регулювання. Схема по фазового роз'їзду містить креслення, де схематично показані напрями руху транспортних засобів та пішоходів згруповані таким чином, щоб в одній фазі регулювання були відсутні конфліктні точки в яких порядок роз'їзду врегульованому режимі перехрестя не визначено Правилами дорожнього руху.

Набір параметрів світлофорного циклу включає в себе тривалість світлофорного циклу, тривалості основних тактів фаз регулювання та тривалості перехідних інтервалів фаз регулювання. Оскільки визначення параметрів світлофорного циклу та його структури є задачею математичного програмування, то важливим є дотримання порядку розрахунку цих значень.

1. На перехресті накреслюється усі траєкторії руху транспортних засобів та пішоходів з огляду на вимоги Правил дорожнього руху. 2. Інтенсивності руху транспортних засобів розподіляються по смугах таким чином щоб коефіцієнт завантаження руху по кожній смузі був однаковий. Відповідно до вимог Правил дорожнього руху, рух прямо дозволяється з усіх смуг а повороти праворуч та ліворуч повинні виконуватися з відповідних крайніх смуг у випадку якщо інтенсивність руху праворуч чи ліворуч така що поворот слід виконувати більше ніж з однієї смуги то це допускається шляхом застосування відповідних дорожніх знаків 5.16 або 5.18 напрям руху смугами.

За тієї умови що на проїзній частині на яку виконуються поворот наявна кількість смуг для руху в даному напрямку не менше тієї з якої виконується поворот для схеми траєкторії руху транспортних засобів та пішоходів накреслюються всі конфліктні точки трьох типів перетин злиття відхилення

напрями регулювання складається з траєкторії що входять на перехрестя через одну стоп-лінію та не мають між собою конфліктних точок злиття і перетину.

Для напрямів регулювання руху транспорту і пішоходів заповнюється матриця матриці конфліктів дві крапки матриця відстаней до дальніх конфліктних точок напрямів регулювання та матриця відстаней до ближніх конфліктних точок напрямів регулювання для кожного з напрямів регулювання при русі додатніх конфліктних точок та ближніх конфліктних точок визначається розрахункова швидкість на основі статистичного аналізу вибірки швидкості руху за розрахунково береться швидкість 85% забезпечення тобто така швидкість яку не перевищують 85% транспортних засобів. За умови розподілу випадкових швидкостей на під'їзді до перехрестя за нормальним законом на основі матриць відстаней до дальніх конфліктних точок та до ближніх конфліктних точок а також на основі матриць швидкостей визначаються мінімальні часові проміжки між конфліктними напрямками регулювання Керуючись схемою пофазового роз'їзду, для кожної фази регулювання визначається перехідний інтервал тривалість якого дорівнює максимальному значенню тривалості мінімального проміжку між дозволяючими сигналами напрямів регулювання які включені в послідовні фази на основі тривалості перехідних інтервалів для всіх фаз регулювання визначається втрачений час на перехресті для кожної смуги руху кожного напрямку регулювання.

Визначається пропускна здатність тобто потік насичення потік насичення визначається на основі даних про шийну смугу руху а також про відсотковий склад інтенсивностей що з цієї смуги рухаються прямо праворуч та ліворуч у випадку якщо рух смугою відбувається в поворот і є безконфліктним то потік насичення цієї смуги залежить лише від радіусу повороту. На основі визначених потоків насичення визначається фазою коефіцієнтом тобто відношення інтенсивності руху до потоків насичення визначивши фазовий коефіцієнти для кожної смуги кожного напрямку кожної

фази регулювання визначають фази і коефіцієнти фази регулювання. Сума фазових коефіцієнтів всіх фаз дорівнює фазовому коефіцієнту перехрестя.

Керуючись тривалістю втраченого часу та фазовим коефіцієнтом перехрестя, визначають за формулою Вебстера залежно від кількості фаз регулювання ефективно тривалість циклу регулювання.

Тривалість циклу регулювання пропорційна фазовим коефіцієнтом кожної фази. Визначають тривалості основних тактів регулювання тривалість кожного основного такту коригується по-перше мінімальне значення тривалості зеленого сигналу складає 7 секунд така мінімальна тривалість необхідна для уникнення послідовних дорожньо-транспортних пригод пов'язаних з початком руху транспортних засобів при вмиканні дозволяючого сигналу регулювання. Також тривалості всіх зелених сигналів пішохідних напрямів повинні забезпечувати перехід пішоходів через проїзну частину які вже розпочали рух у випадку на вулиці наявні островці безпеки то мінімальний час. Тривалості зелених сигналів пішохідних напрямів регулювання повинен забезпечувати перехід пішоходами проїзної частини до островця безпеки в тому випадку якщо розрахункові значення тривалості основних тактів регулювання менші за ті які є мінімальними для забезпечення безпеки руху пішоходів всі основні тактику коригують шляхом домноження на максимальне значення коефіцієнту корекції. Коефіцієнт корекції визначається як відношення мінімальної тривалості основного такту регулювання пішохідного напрямку необхідно для забезпечення безпеки руху пішоходів до розрахункової тривалості основного такту фази до якої включено пішохідний напрям регулювання всі тривалості основних тактів домножуються на коефіцієнти корекції.

Таким чином відбувається коригування для збереження пропорційності тривалості основних тактів регулювання та коефіцієнтів завантаження руху відповідних смуг руху для визначення остаточної тривалості циклу регулювання складається всі перехідні інтервали та основні такти отримані після корекції.

На рисунку 2.1 наведено схему організації дорожнього руху на перехресті вулиці Леоніда Жаботинського та Михайла Гончаренка та Михайла Гончаренка а в таблиці 2.1 наведено відомість дорожніх знаків на цьому перехресті.

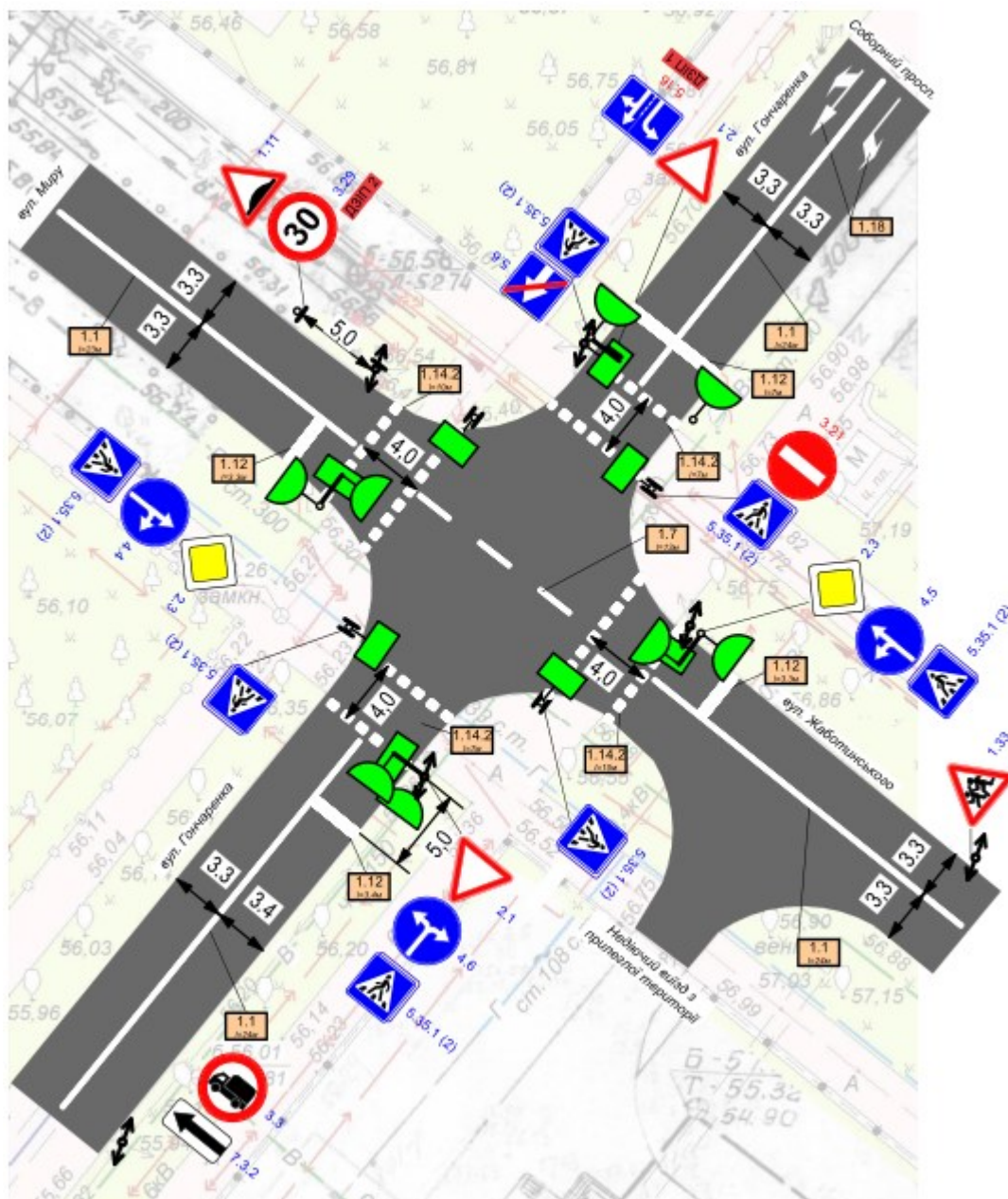


Рисунок 2.1 – Схема організації дорожнього руху на перехресті вул. Жаботинського та вул. Гончаренка

Таблиця 2.1 – Відомість дорожніх знаків

№ поряд.	Номер згідно ДСТУ 4100	Кількість знаків за т-розмірами			з них ДЗІП	Тип кріплення знаків за типорозмірами												К-ть стійок тип 1*	К-ть стійок тип 2*
						на св. стійку			на окр. стійку*			на ел. опору			на трос				
		1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3					
1	1.11		1															1	
2	1.33		1							1									
3	2.1		2												1				
4	2.3		2																
5	3.3		1								1								
6	3.21		1																
7	3.29		1		1				1										
8	4.4		1																
9	4.5		1																
10	4.6		1																
11	5.6		1																
12	5.16		1		1										1				
13	5.35.1		8																
14	5.35.2		8																
15	7.3.2		1								1								
Разом		0	31	0	2	0	25	0	0	2	0	0	3	0	0	2	0	1	
Усього		31			2	25			2			3			2			1	
32																			

Таблиця 2.2 – Відомість дорожньої розмітки

Номер згідно ДСТУ 2587	Довжина, м	Шири- на, м	Кіль- кість місць	Площа кольору, кв. м			
				Білого	Жов- того	Черво- ного	Чор- ного
1.1	95	0,15		14,3			
1.7	13	0,10		0,7			
1.8	0	0,20		0,0			
1.12	17	0,40		6,8			
1.14.2	27	0,20		7,2			
1.18 (прямо)			0	0,0			
1.18 (прямо та поворот)			1	0,8			
1.18 (поворот)			1	0,6			
				30,3	0,0	0,0	0,0

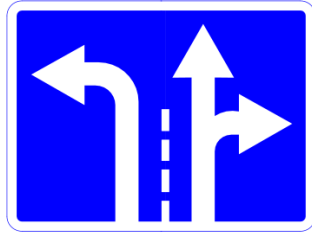
Таблиця 2.3 – Відомість матеріалів для дорожньої розмітки

Колір	Площа, кв. м	Фарба, кг	Сольвент, кг	Склокульки, кг
Білий	30,3	25,69	0,77	6,68
Жовтий	0,0	0,00	0,00	0,00
Червоний	0,0	0,00	0,00	0,00
Чорний	0,0	0,00	0,00	
Разом	30,3	25,7	0,8	6,7

Дорожні знаки що застосовуються для регулювання дорожнього руху. Окрім поділу на групи, поділяються також на постійні тимчасові та індивідуального проектування.

Дорожні знаки індивідуального проектування мають фігури рисунки та креслення що відрізняються від поданих у діючому стандарті але повністю

відповідають вимогам стандартам тому при застосуванні дорожніх знаків індивідуального проектування до схеми організації дорожнього руху обов'язково додається їх креслення для забезпечення можливості подальшого виготовлення цих знаків (рис. 2.2).



ДЗІП 1



ДЗІП 2

Рисунок 2.2 – Креслення дорожніх знаків індивідуального проектування для схеми організації дорожнього руху на перехресті вул. Жаботинського та вул. Гончаренка

2.1.2 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.

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

$$t_3 = t_p + \frac{V_3}{2a^k} + \frac{B_3 + l_a}{V_3}, \quad (3.1)$$

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

V_3 – швидкість руху транспортного засобу, що завершує рух, м/с

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

B_3 – 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):

$$t = t_p + \frac{V_3}{2a^k} + \frac{B_3 + l_a}{V_3} - \frac{B_{pn}}{V_{pn}}. \quad (3.3)$$

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

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

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:

$$t = \frac{B}{V_n} - \frac{B_{pn}}{V_{pn}}, \tag{3.5}$$

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

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

Далі на рис. 2.3 та 2.4 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.

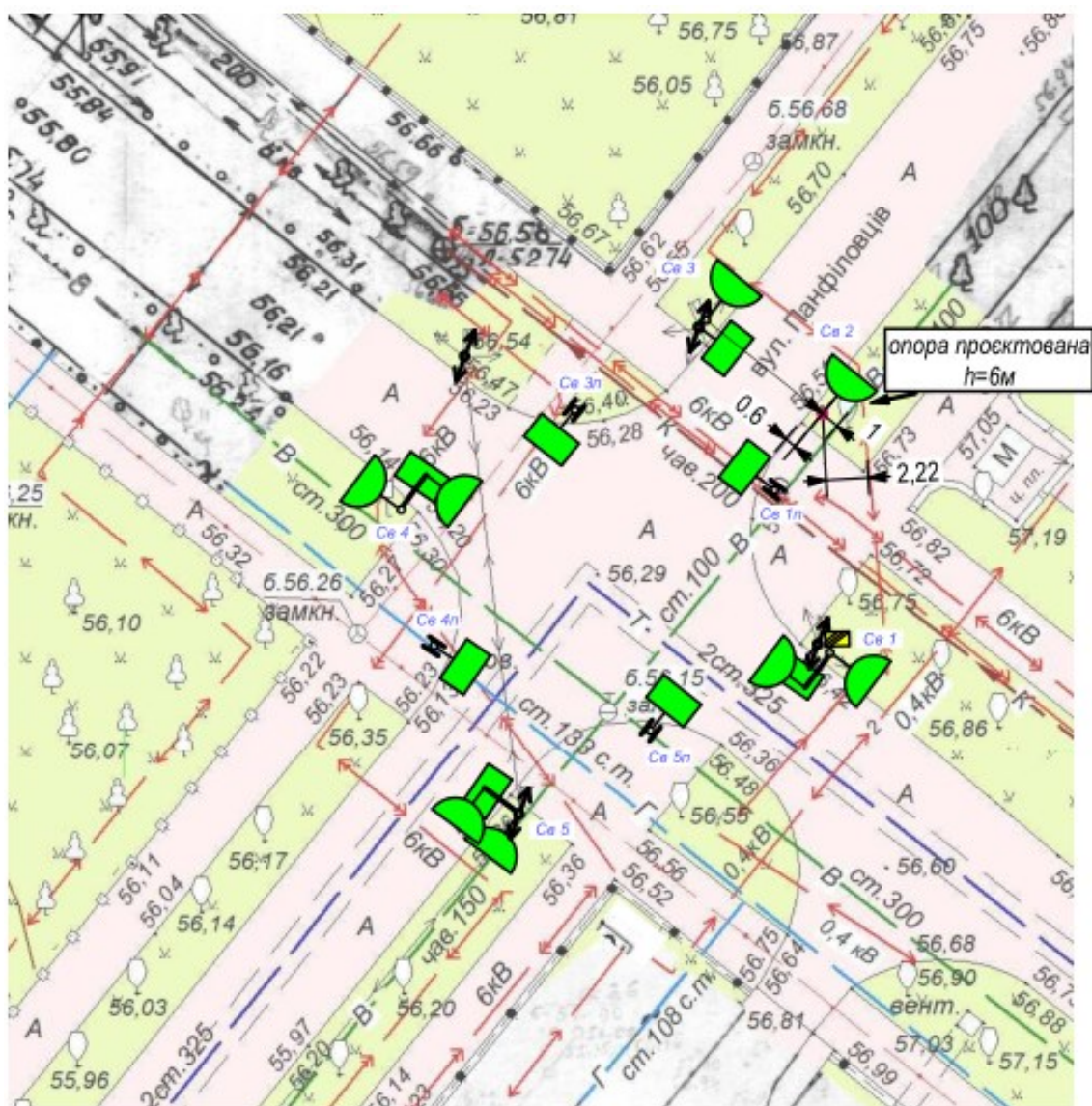


Рисунок 2.3 – Траєкторна схема для визначення відстаней до конфліктних точок

У таблицях 2.3 – 2.4 наведено матриці відстаней до дальніх та до ближніх конфліктних точок.

Для орієнтування у номерах напрямів регулювання слід скористатися схемою, наведеною на рис. 2.5.

Нормативні межі згідно ДСТУ 4092-2002 для тривалостей мінімальних часових проміжків складають: для транспортних напрямів регулювання – 6с, для пішохідних напрямів регулювання – 6...8с.

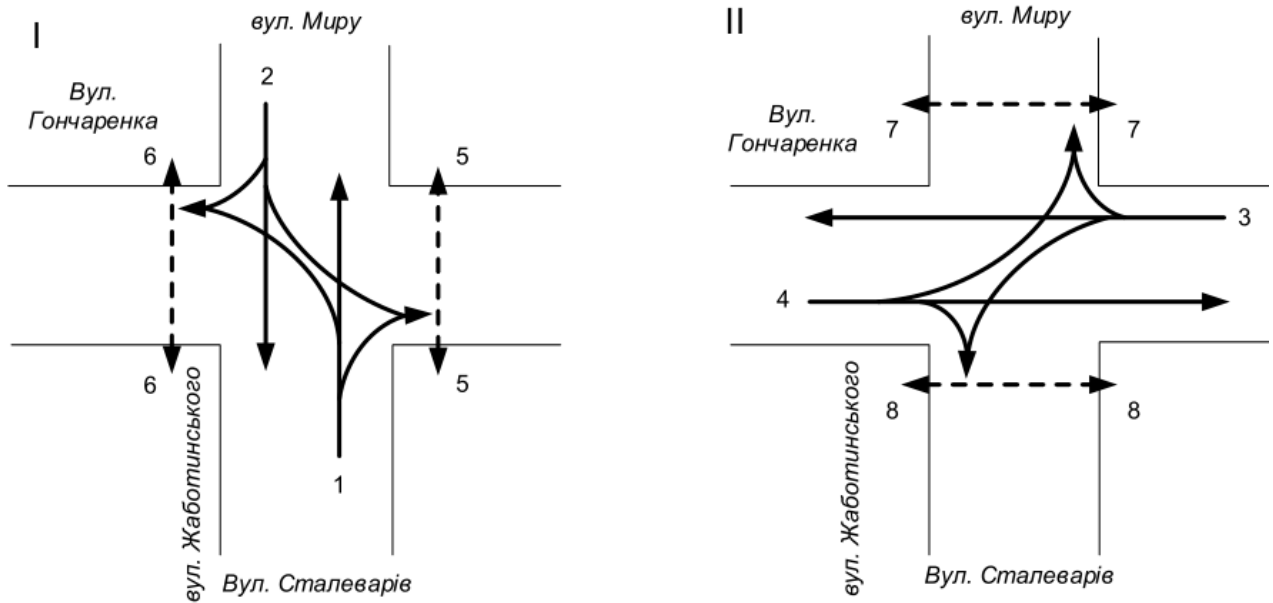


Рисунок 2.4 – Схема напрямів регулювання

Таблиця 2. – Матриця відстаней до дальніх конфліктних точок

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0	0	35	35	0	0	31	8
2	0	0	35	35	0	0	8	31
3	22	15	0	0	15	22	0	0
4	15	22	0	0	22	15	0	0
5	0	0	6,6	6,6	0	0	0	0
6	0	0	6,6	6,6	0	0	0	0
7	6,6	6,6	0	0	0	0	0	0
8	6,6	6,6	0	0	0	0	0	0

Таблиця 2.4 – Матриця відстаней до ближніх конфліктних точок

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0	0	8	11	0	0	0	0
2	0	0	11	8	0	0	0	0
3	11	8	0	0	0	0	0	0
4	8	11	0	0	0	0	0	0
5	0	0	4	35	0	0	0	0
6	0	0	35	4	0	0	0	0
7	35	4	0	0	0	0	0	0
8	4	35	0	0	0	0	0	0

У таблиці 2.5 наведено матрицю розрахункових швидкостей руху за траєкторіями до дальніх конфліктних точок.

Таблиця 2.5 – Матриця розрахункових швидкостей руху за траєкторіями до дальніх конфліктних точок

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0	0	50	50	0	0	50	50
2	0	0	50	50	0	0	50	50
3	30	30	0	0	30	30	0	0
4	30	30	0	0	30	30	0	0
12	0	0	5	5	0	0	0	0
13	0	0	5	5	0	0	0	0
14	5	5	0	0	0	0	0	0
15	5	5	0	0	0	0	0	0

У таблиці 2.6 наведено матрицю розрахункових швидкостей руху за траєкторіями до ближніх конфліктних точок.

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

$$ММП[1,4,1,1] = 1 + \frac{50 \cancel{3,6}}{2 \cdot 4} + \frac{35 + 5}{50 \cancel{3,6}} - \frac{11}{30 \cancel{3,6}} + 3 = 6,2 \approx 7c$$

Таблиця 2.6 – Матриця розрахункових швидкостей руху за траєкторіями до ближніх конфліктних точок.

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0	0	30	30	0	0	5	5
2	0	0	30	30	0	0	5	5
3	50	50	0	0	5	5	0	0
4	50	50	0	0	5	5	0	0
5	0	0	50	50	0	0	0	0
6	0	0	50	50	0	0	0	0
7	5	5	0	0	0	0	0	0
8	5	5	0	0	0	0	0	0

Значення елементів ММП наведено у табл. 2.7.

Для визначення кількості світлофорів світлофорних стійок та кабельно-провідникової продукції, яка необхідна для формування периферійної структури світлофорного об'єкта на перехресті вулиць Леоніда Жаботинського та Михайла Гончаренка на рисунку 2.5 наведено фрагмент схеми розташування обладнання на цьому перехресті.

На схемі зазначено розташування світлофорних установок, порядкові номери за кабельним журналом кабелів, що сполучають дорожній контролер зі світлофорними установками, а також розташування та нумерація клемних з'єднувальних колодок, які знаходяться на електроопорах в яких розводка кабелів проводиться ззовні через відсутність клемного з'єднувального лючка.

Прокладання кабелів на даному об'єкті відбувається дтрьома способами: або по поверхні електричних опор, або всередині світлофорних стійок, або у вигляді повітряних ліній натягнутих несучому тросі між опорами зовнішнього електричного освітлення частина дорожніх знаків також розташовується на опорах зовнішнього освітлення та на світлофорних стійках.

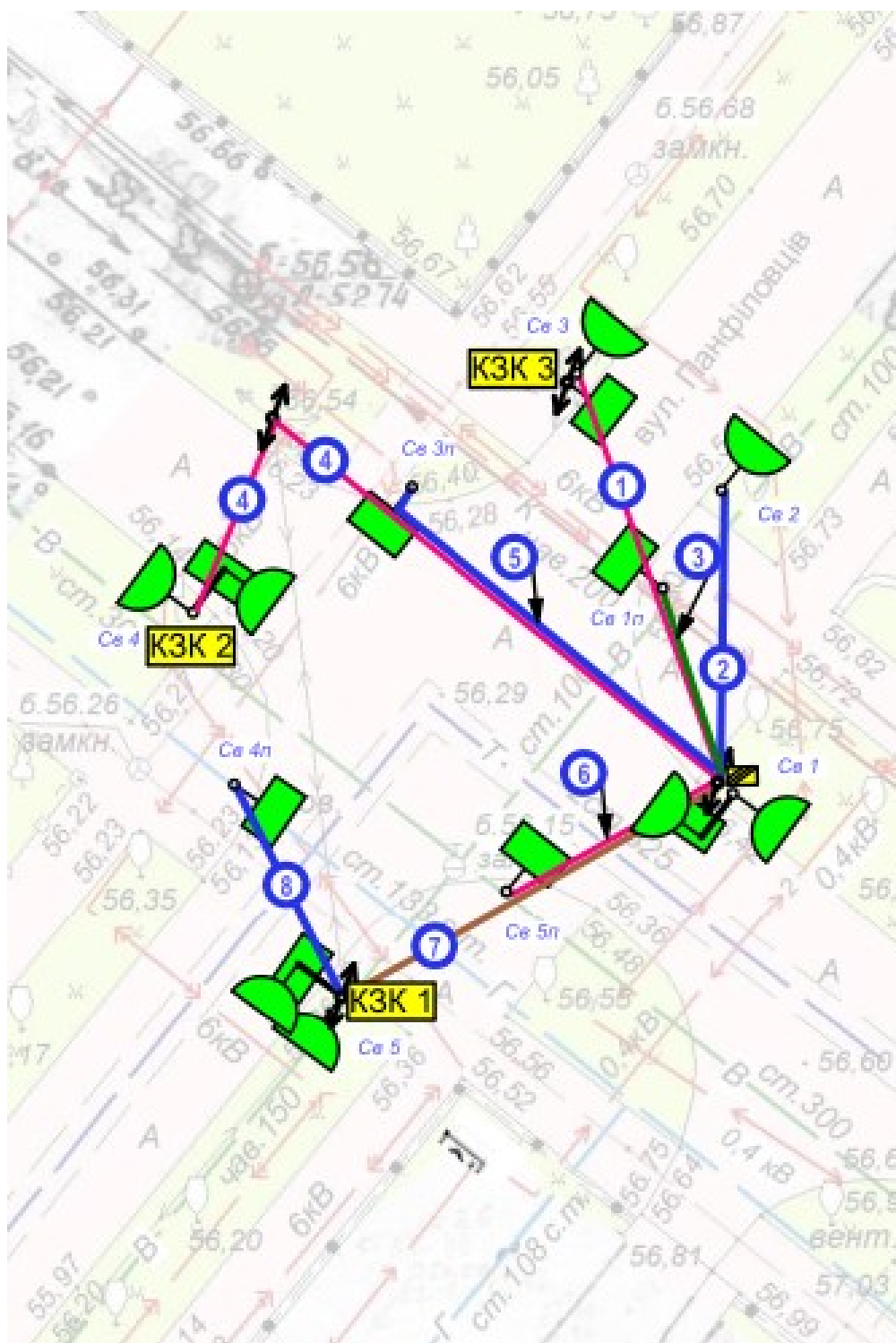


Рисунок 2.5 – Фрагмент схеми розташування обладнання

Значення тривалостей мінімальних часових проміжків між напрямками регулювання наведено у табл. 2.7.

Таблиця 2.7 - Значення елементів ММП

	1	2	3	4	5	6	7	8	макс. норм		
1	0	0	8	7	0	0	8	7	8	8	1
2	0	0	7	8	0	0	7	8	8	8	2
3	8	7	0	0	8	8	0	0	8	8	3
4	7	8	0	0	8	8	0	0	8	8	4
5	0	0	5	2	0	0	0	0	5	5	5
6	0	0	2	5	0	0	0	0	5	5	6
7	-21	2	0	0	0	0	0	0	2	2	7
8	2	-21	0	0	0	0	0	0	2	2	8

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, визначаємо шляхом вибору максимального значення розрахункові тривалості перехідних інтервалів фаз.

Втрачений у циклі час на перехресті визначається за формулою:

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

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 2.8.

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

Таблиця 2.8 – Визначення потоку насичення

H , 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 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.

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

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.

У випадку, якщо поворот виконується з виділеної смуги, потік насичення розраховується за окремою формулою.

$$M_n = \frac{1800}{1 + \frac{1.525}{r}} \quad (3/9)$$

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

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

$$y_i = \frac{N_i}{M_{n_i}}, \quad (3.10)$$

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

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

Визначаємо суму фазових коефіцієнтів за формулою:

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

Тривалість світлофорного циклу для перехрестя визначаємо за формулою:

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

Тривалість основного такту обчислюють за формулою:

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

Результати розрахунків для ранкового, міжпікового та вечірнього періодів наведено у табл. 2.9...2.11. Розподіл інтенсивностей руху по смугах проводиться рівномірно.

Схему пофазового роз'їзду наведено на арк. 5 графічної частини.

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

Таблиця 2.9 – Проміжні результати розрахунку параметрів режиму

Фаза	1		2		
Напрям	1	2	3		4
Смуга	1	1	1	2	1
Мн	1875	1875	1875	1875	1875
Н прямо	450	250	370		
Н праворуч	0	30	90		120
Н ліворуч	82	0		90	80
Н загальна	532	280	460	90	200
Альфа	0,85	0,89	0,8	0	0
Бета	0	0,11	0,2	0	0,6
Гама	0,15	0	0	1	0,4
М	1681	1826	1788	1071	1293
у	0,32	0,15	0,26	0,08	0,15
у _{тах}	0,32		0,26		
Y	0,57				
L	10,00				
T	46,93				
tot	16		12		

Визначається мінімальна тривалість основних тактів фаз регулювання:

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

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);

$\text{ММППН}[i, j, i, j]$ - 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. Якщо протягом фази регулювання пішоходи переходять кілька проїзних частин, підставляється величина найширшої з них.

Побудова циклограми світлофорного регулювання відбувається у наступній послідовності. Спочатку верхній частині поля побудови позначаються у відповідних рядках основні такти та перехідні інтервали напрям регулювання, включені до відповідних фаз регулювання, в межах їх основних тактів зафарбовується зеленими сигналами. В межах основних тактів, до яких ці напрями регулювання не включені, вони зафарбовуються червоним сигналом. Перехідні інтервали заповнюється залежно від того, з якого на який сигнал виконується перехід.

У випадку, якщо перехід виконується з червоного сигналу на зелений, то протягом останніх двох чи останніх трьох секунд перехідного інтервалу за цим напрямом позначається червоний із жовтим сигнал, а проміжок між червоним та червоним із жовтим сигналом позначається червоним. У випадку, якщо перехід відбувається з зеленого сигналу на червоний, то заповнення відбувається відповідно до таблиці програмування, де вказані тривалості і моменти завершення кожного з перехідних сигналів: зеленого миготливого, жовтого, червоного.

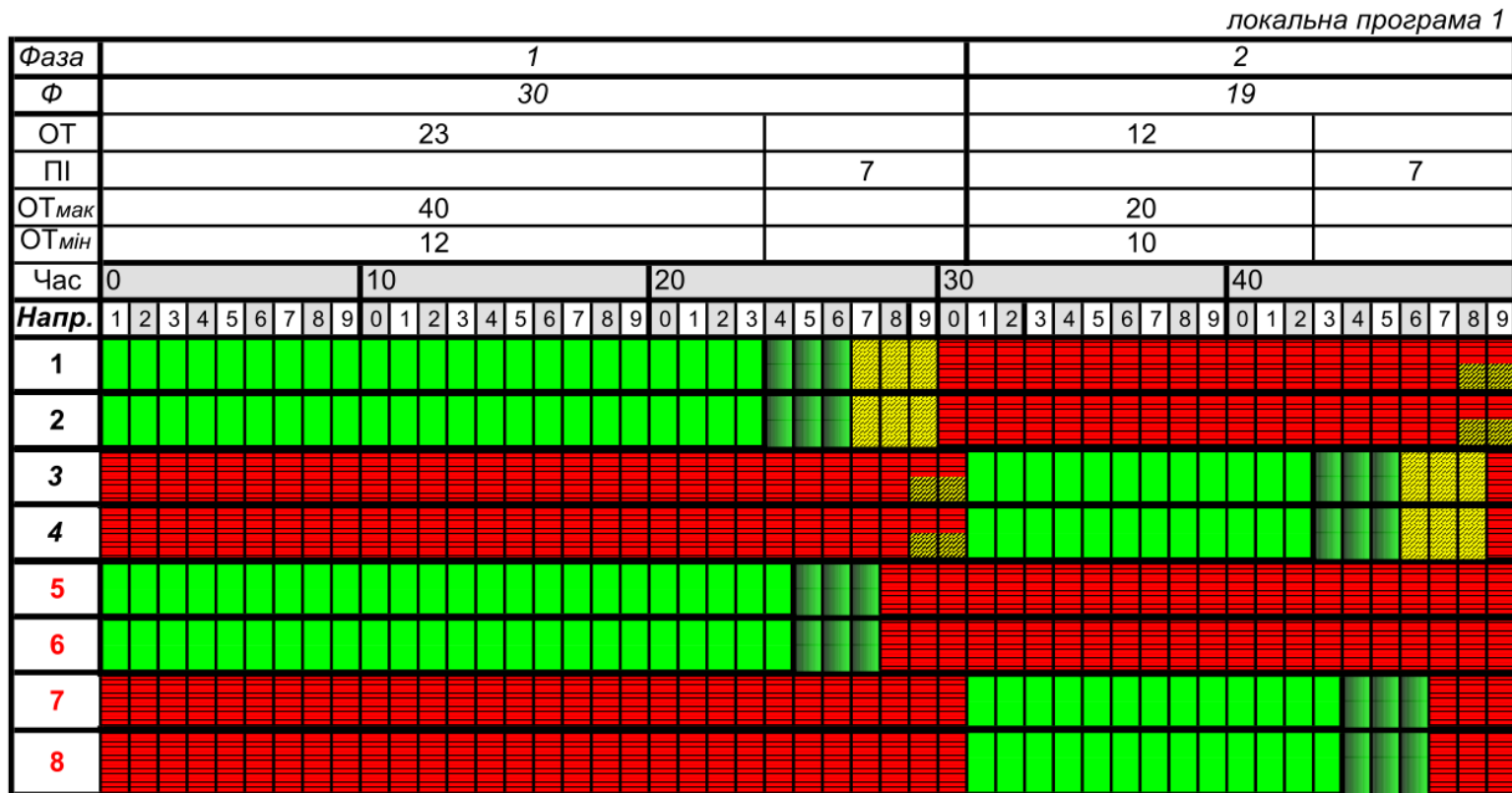


Рисунок 2.6 – Циклограма світлофорного регулювання

Таблиця 2.12 – Схема підключення кабелів

Номер лампи	Номер клеми прямого дроту	Номер напряму	Колір сигналу та тип	Тип контролю прямого дроту
1	моноблок 1, L1	1	червоний	група 1
2	моноблок 1, L2	1	жовтий	перевірка
3	моноблок 1, L3	1	зелений	контроль
4	моноблок 1, L4	2	червоний	група 2
5	моноблок 1, L5	2	жовтий	перевірка
6	моноблок 1, L6	2	зелений	контроль
7	моноблок 1, L7	3	червоний	група 3
8	моноблок 1, L8	3	жовтий	перевірка
9	моноблок 1, L9	3	зелений	контроль
10	моноблок 1, L10	4	червоний	група 4
11	моноблок 1, L11	4	жовтий	перевірка
12	моноблок 1, L12	4	зелений	контроль
13	моноблок 1, L13	5,6	червоний	перевірка
14	моноблок 1, L14	5,6	зелений	перевірка
15	моноблок 1, L15	7,8	червоний	перевірка
16	моноблок 1, L16	7,8	зелений	перевірка

Таблиця 2.13 – Параметри перехідних інтервалів

Характеристики напряму регулювання						Час до завершення сигналу, с				
Послідов- ність	Номер	Тип	Світлодіод	Номери фаз	Конф. напрямки	ЗД	ЗМ	Ж	Ч	ЧЖ
1-2	1	Т	Світлодіод	1	3 4 7 8	7	4	1	2	0
1-2	2	Т	Світлодіод	1	3 4 7 8	7	4	1	2	0
1-2	3	Т	Світлодіод	2	1 2 5 6	7	4	1	2	0
1-2	4	Т	Світлодіод	2	1 2 5 6	7	4	1	2	0
1-2	5	П	Світлодіод	1	3 4	6	3	3	0	0
1-2	6	П	Світлодіод	1	3 4	6	3	3	0	0
1-2	7	П	Світлодіод	2	1 2	6	3	3	0	0
1-3	8	П	Світлодіод	2	1 2	6	3	3	0	0

Таблиця 2.14 – Кабельний журнал

Позиція	Марка	Довжина кабелю, м з кількістю жил					Довжина за способом монтажу			Звідки йде	Куди йде
		19	14	10	7	4	на розтяжці	по опорі	внутрішній та запас		
1	КВВГ 7х1			31			20	8	3	ДК	КЗК 3
2	КВВГ 7х1				25		14	4	7	ДК	Св 2 -1
3	КВВГ 4х1					21	10	4	7	ДК	Св 1п
4	КВВГ 14х1		46				35	8	3	ДК	КЗК 2
5	КВВГ 4х1					32	21	4	7	ДК	Св 3п
6	КВВГ 4х1					22	11	4	7	ДК	Св 5п
7	КВВГ 10х1			31			20	8	3	ДК	КЗК 1
8	КВВГ 4х1					22	11	4	7	КЗК 1	Св 4п
9	КВВГ 4х1					6		4	2	ДК	Св 1 - 1
10	КВВГ 4х1					12		10	2	ДК	Св 1 - 2
11	КВВГ 4х1					6		4	2	ДК	Св 1 - 3
12	КВВГ 4х1					3		1	2	КЗК 1	Св 5 - 1
13	КВВГ 4х1					9		7	2	КЗК 1	Св 5 - 2
14	КВВГ 4х1					3		1	2	КЗК 1	Св 5 - 3
15	КВВГ 4х1					3		1	2	КЗК 2	Св 4 - 1
16	КВВГ 4х1					9		7	2	КЗК 2	Св 4 - 2
17	КВВГ 4х1					3		1	2	КЗК 2	Св 4 - 3
18	КВВГ 4х1					3		1	2	КЗК 3	Св 3 -1
19	КВВГ 4х1					3		1	2	КЗК 3	Св 3-2
Разом		0	46	62	25	157	142	82	66		
Усього		290					290				

Для першої фази регулювання:

$$t_{\min}^{\text{OT1}} = 6,7 / 1,3 + 5 - 8 = 2,08 \approx 3\text{с}$$

Для другої фази регулювання:

$$t_{\min}^{OT2} = 6,6 / 1,3 + 5 - 8 = 2,08 \approx 3c$$

Оскільки розрахункова тривалість основних тактів регулювання більше за мінімальну визначено за формулою для забезпечення безпеки руху пішоходів то корекція тривалості основних тактів регулювання для забезпечення безпеки руху пішоходів в даному випадку не потрібна.

Сумарна тривалість циклу регулювання буде дорівнювати сумі тривалостей остаточних значення основних тактів регулювання та перехідних інтервалів. Загальна тривалість циклу регулювання повинна бути такою, щоб за будь-якими з напрямів регулювання тривалість заборонного сигналу була не більше 120 секунд, оскільки в протилежному випадку учасники дорожнього руху водії та пішоходи можуть зробити помилковий висновок про те, що апарат керування світлофорним об'єктом вийшов з ладу і не може виконувати свої функції, а, отже вважати перехрестя нерегульованим. Також світлофорні цикли високої тривалості призводять до підвищення непродуктивних транспортних затримок перед перехрестям.

3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

3.1 РОЗРАХУНОК КАПІТАЛЬНИХ ВИТРАТ

До капітальних витрат належать витрати по придбання 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	1159	4	4636
Круглий	1217	6	7302
Квадратний	1217	19	23123
Прямокутний	1720	1	1720
Табличка	603	1	603
,Разом		31	37384

Витрати на монтаж 31 дорожніх знаків K_2 з урахуванням вартості монтажу одного знаку 462 грн., складатимуть

$$K_2 = 31 \cdot 462 = 14322 \text{ грн} \quad (3.1)$$

Вартість демонтажу 12 старих дорожніх знаків становить:

$$K_3 = 12 \cdot 462 = 5544 \text{ грн} \quad (3.2)$$

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 20367,12 грн., ціна пішохідного світлофора – 13010 грн. Витрати на купівлю світлофорів становлять:

$$K_5 = 8 \cdot 20357,12 + 8 \cdot 13010 = 266936 \text{ грн.} \quad (3.4)$$

Вартість монтажу одного світлофора складає 1044,48 грн., тому витрати на монтаж світлофорів становитимуть:

$$K_6 = 16 \cdot 1044,48 = 16711,68 \text{ грн.} \quad (3.5)$$

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:

$$K_8 = 4 \cdot 648,2 = 2592,77 \text{ грн.} \quad (3.7)$$

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

$$K_9 = 190 \cdot 103,53 = 19670 \text{ грн.} \quad (3.6)$$

Вартість монтажу одного метру кабелю на тросовому підвісі складає 233,47 грн., тому витрати на монтаж кабелю становитимуть:

$$K_{10} = 190 \cdot 233,47 = 44359,68 \text{ грн.} \quad (3.7)$$

Загальна сума збільшення основних фондів за рахунок капітальних вкладень становитиме:

$$\begin{aligned} \Phi = & 37384 + 14322 + 200050 + 266936,32 + 16711,68 + \\ & + 58368 + 2592,77 + 19670 + 44359,7 = 660394,46 \text{ грн.} \end{aligned} \quad (3.4)$$

Сума капітальних вкладень включає також і демонтаж старих дорожніх знаків:

$$K = \Phi + K_3 = 660394,46 + 5544 = 665938,46 \text{ грн}$$

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 30,3 м².

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

$$C_n = 30,3 \cdot 304,9 = 9240 \text{ грн. / рік} \quad (3.5)$$

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):

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

$$A = 660393,46 \cdot 0,24 = 158495 \text{ грн / рік}$$

Експлуатаційні витрати на ремонт технічних засобів становлять:

$$C_{\text{рем}} = (K_1 + K_4 + K_5 + K_7 + K_9) \cdot 0,05$$

$$C_{\text{рем}} = (37384 + 200050 + 266936,32 + 58368 + 19670) \times \\ \times 0,05 = 29120,42 \text{ грн / рік}$$

Витрати на електроенергію з урахуванням потужності дорожнього контролера 40 Вт, секції світлофора 15 Вт та вартості кВт×год. електрики 5,46 грн., складатимуть:

$$C_e = (16 \cdot 15 + 40) \cdot 10^{-3} \cdot 5,46 \cdot 10 \cdot 365 = 5580 \text{ грн / рік}$$

Загальні експлуатаційні витрати складають:

$$C = 458495 + 29120 + 9238 + 5580 = 202434 \text{ грн / рік}$$

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.

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

Спочатку проведемо розрахунок для проектного варіанту.

Середню затримку одного приведеного автомобіля при ізолюваному регулюванні обчислюють за формулою Вебстера, с:

$$\bar{t}_m = 0,9 \left(A T_u + \frac{1}{N_m} B \right),$$

$$\text{де } A = \frac{(1 - \lambda)^2}{2(1 - \lambda x)}, \quad B = \frac{x^2}{2(1 - x)}, \quad \lambda = \frac{t_{om}^m + 1}{T_u}; \quad x = \frac{y}{\lambda};$$

T_u – тривалість світлофорного циклу, с;

N_m – інтенсивність руху транспорту, од/год;

y – фазовий коефіцієнт транспортної фази.

Дані розрахунків наведено у табл. 3.2

Таблиця 3.2 – Розрахунок затримок при світлофорному регулюванні (при $T_u=47c$)

Напрямок	1	2	3		4
Смуга	1	1	1	2	1
N, од.год	532,000	280,000	460,000	90,000	200,000
M, од./год.	1681,000	1826,000	1788,000	1071,000	1293,000
y	0,316	0,153	0,257	0,084	0,155
t_{zel} , с	19,000	19,000	15,000	15,000	15,000
λ	0,426	0,426	0,340	0,340	0,340
x	0,744	0,360	0,756	0,247	0,454
B	1,079	0,102	1,169	0,040	0,189
A	0,241	0,195	0,293	0,237	0,257
$t_{затр}$, с/год.	5433,493	2308,387	5699,615	904,104	2177,110
$t_{затр}$, год/рік	5508,959	2340,448	5778,776	916,661	2207,348
Разом	16752,192				

Середня затримка приведенного транспортного засобу другорядного напрямку при нерегульованому русі визначається за формулою:

$$\bar{t}_{\Delta i} = \frac{e^{N_z t_{zp}} - N_z t_{zp} - 1}{N_z - N_{\theta} (e^{N_z t_{zp}} - N_z t_{zp} - 1)} + \frac{V_a}{7,2} \left(\frac{1}{a_m} + \frac{1}{a_p} \right), \quad (3.7)$$

де N_z - інтенсивність руху транспортних засобів головною дорогою в обох напрямках, од/с;

N_{θ} - інтенсивність руху транспортного потоку по одній смузі другорядної дороги, од/с;

t_{zp} - граничний інтервал, с (при перетині двосмугової дороги дорівнює 6-8 с; при лівому повороті – 10-13 с; при правому повороті – 4-7 с);

V_a - розрахункова швидкість руху, км/год;;

a_m та a_p - прискорення розгону і гальмування, м/с² (можна приймати $a_m = 3,0-4,0$ м/с², $a_p = 1,0-1,5$ м/с²).

Наприклад, для другорядного напрямку регулювання №4.

$$\bar{t}_{\Delta 4} = \frac{e^{0,2256 \cdot 10} - 0,2256 \cdot 10 - 1}{0,2256 - 0,00222 (e^{0,2256 \cdot 10} - 0,2256 \cdot 10 - 1)} + \frac{50}{7,2} \left(\frac{1}{4} + \frac{1}{1,5} \right) = 36,0698 \text{ с}$$

Таблиця 3.3 – Розрахунок затримок за відсутності регулювання

Напрямок	3		4
Смуга	1	2	1
N	460	90	200
$t_{затр}$, с/год	16592,087	3246,278	7213,951
$t_{затр}$, год/рік	16822,532	3291,365	7314,144
Разом	27428,042		

Річна затримка при нерегульованому русі на перехресті складає

$$Z_{\text{перез}} = 365 \cdot 10 \sum \frac{t_{\Delta i} \cdot N_i}{3600}$$

Таким чином, загальна різниця тривалостей затримок приведених транспортних засобів за напрямом регулювання на перехресті протягом року складатиме 10676 год./рік.

Вартість цієї різниці визначається таким чином:

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

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

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

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

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

Наприклад, для мікроавтобусів:

$$C_{\text{мікр}} = \frac{10676 \cdot 0,1 \cdot 454,36}{1,5} = 323384 \text{ грн} / \text{рік}$$

Розрахунок вартості затримок пасажирів транспортних засобів проводиться за формулою:

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

де P – пасажиромісткість і-го виду ТЗ;

$K_{вкм}$ – коефіцієнт використання пасажиромісткості;

S_g – вартість години часу пасажирів.

Проміжні результати розрахунків наведено у табл. 3.3 та 3.4.

Таблиця 3.4 – Параметри розрахунку вартості затримок

Тип учасника дор. руху	пішохід	легкові	вантажні	автобуси	мікроавт
Частка в потоці, %		81	7	2	10
Пасажиромісткість		4		50	18
Коеф. використ. пас.-місткості		0,4		0,75	0,75
Вартість години, грн	40,46	233,72	337,75	681,55	454,36

Таблиця 3.5 – Параметри розрахунку вартості затримок

Вид транспортного засобу	легкові	вантажні	автобуси	мікроавт	РАЗОМ
Транспортні затримки, год/рік	8647,56	373,66	71,1733	711,733	9804,1267
Вартість затримок пасажирів, грн/рік	559808,44	0	107988	388756	1056552
Вартість згаяних машино-годин, грн/рік	2021066,21	126205	48508,1	323384	2519163,6
<i>ЗАГАЛОМ, грн/рік</i>	2580874,66	126205	156496	712140	3575715,7

$$E_{затр} = 3575715,7 \cdot 0,2 = 715143 \text{ грн/рік}$$

3.4 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.

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

З урахуванням коефіцієнту зниження аварійності k :

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

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.

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	13	1664000	0,196	326836,22
Середні поранення	160000	3	480000	0,196	94279,68
Важкі поранення	192000	1	192000	0,196	37711,87
Смертельний випадок	256000	0	0	0,196	0,00
Загалом		17	2336000	0,196	458827,78

$$E_{\text{ДТП}} = 2336000 - 458828 = 1877172 \text{ грн / рік}$$

3.5 РОЗРАХУНОК ТЕРМІНУ ОКУПНОСТІ ПРОЄКТУ

Оскільки за результатами запровадження запропонованих у проєкті оперативних заходів організації дорожнього руху ефект спостерігається у зменшенні транспортних затримок та зменшенні збитків від ДТП, то загальна економія дорівнює величині вартості збереженого учасниками дорожнього руху часу та заощаджених машино-годин, а також економії від зниження аварійності

$$E = E_{затр} + E_{ДТП} \quad (3.14)$$

$$E = 715143 + 1877172 = 2592315 \text{ грн/рік}$$

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:

$$T_{ок} = \frac{665938,46}{2592315 - 202434} = 0,28 \text{ року}$$

Термін окупності проекту – 0,28 року.

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

Таблиця 3.8 -Техніко-економічні показники проекту

Показник	Базове значення	Проектне значення
Капітальні вкладення, грн.	-	665938,46
Додаткові річні експлуатаційні витрати, грн	-	202432
Затримки транспорту і пасажирів, год./рік	27428	16752
Економія від зменшення затримок, грн/рік	-	715143
Економія від зниження ДТП, грн./рік	-	1877172
Загальна економія, грн./рік	-	2592315
Термін окупності проекту, років	-	0,28

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАХЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

У розділі магістерської роботи, який присвячений аналізу потенційних небезпек, що виникають під час проведення робіт з монтажу світлофорного об'єкту, розглядаються потенційні небезпеки що супроводжують проведення таких робіт, а також розглядається заходи щодо забезпечення охорони праці та безпеки дорожнього руху під час проведення цих робіт.

Також приділяється увага розробці заходів щодо безпеки при виникненні можливих надзвичайних ситуацій. При проведенні робіт із монтажу світлофорного об'єкту проводиться підготовка для встановлення заглиблених частин електроопор світлофорів у вигляді виритих траншей. Ці траншеї можуть становити небезпеку для учасників дорожнього руху, особливо темної порою доби та в умовах недостатньої видимості. Для того, щоб уникнути такої загрози, необхідно огорожувати місця проведення робіт не лише дорожніми знаками та спеціальними передбаченими стандартом стрічками, а також і ліхтарями червоного кольору, які темної пори доби та в умовах недостатньої видимості працюють від автономного джерела електрики.

Таким чином, небезпека потрапляння пішоходів у розриття буде мінімізованим. Для уникнення травматизму серед дорожніх робітників та учасників дорожнього руху при проведенні робіт із залученням автокрана та автопідіймача зі встановлення електричних опор світлофорів необхідно забезпечити відсутність сторонніх осіб в зоні робіт. Також при проведенні робіт із залученням автопідіймача і автокрана необхідно передбачити допуск до проведення робіт лише осіб, які мають відповідне посвідчення та проходили необхідну підготовку. Кількість осіб для виконання кожної операції визначають технологічними картами.

Для забезпечення об'їзду ділянки, де проводяться роботи, вони можуть проводитися в нічний час. Для цього в місті проведені робіт організується

місцеве штучне освітлення із залученням якості джерела електрики або міської електромережі або пересувних електрогенераторів, при цьому освітлення місця проведення робіт відбувається за допомогою пересувних прожекторів, сила світла та інші характеристики яких розраховуються із урахуванням характеристик робочої зони та класу робіт, що будуть проводитися.

У випадку виконання робіт в холодну пору року слід забезпечити особливо в нічний час та під час складних погодних умов перерви в роботі та змінність особового складу працівників для можливості обігріву осіб які проводять роботи оскільки при цьому не тільки зменшується ризик захворювань працівників а ще й підвищується продуктивність їх роботи. Більш докладно заходи з охорони праці та забезпечення безпеки в надзвичайних ситуаціях розглядаються в Додатку А.

ВИСНОВКИ

Запровадження запропонованих оперативних заходів організації дорожнього руху на перехресті вулиць районного значення Леоніда Жаботинського та Олексія Гончаренка забезпечить підвищення безпеки дорожнього руху на цій ділянці, що проявиться у зменшенні кількості дорожньо-транспортних пригод та зменшенні їх тяжкості, а також зменшить рівень непродуктивних транспортних затримок, а, отже, зменшить невиправдані витрати учасників дорожнього руху та збитки держави від простоїв транспортних засобів перед перехрестям по другорядній дорозі.

Завдяки введенню регулювання основні конфліктуючі потоки транспортних засобів та пішоходів будуть розведені у часі таким чином, що часові проміжки між транспортними засобами, що завершують рух та починають його, будуть такими, аби конфліктні ситуації між ними не виникали. Капітальні вкладення, що будуть залучатися до будівництва світлофорного об'єкта, будуть окуплені за 0,28 року за рахунок зменшення транспортних затримок та зменшення кількості дорожньо-транспортних пригод.

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. 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,

7. 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)

8. ДСанПіН 3.3.2.007-98. Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин. [Чинний від 1998-12-10]. К. : МОЗ України, 1998. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=2445>. (Державні санітарні правила та норми)

9. Стеблюк М. І. Цивільна оборона та цивільний захист : навчальний посібник для вузів. К. : Знання, 2013. 487 с.

10. 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)

11. 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)

12. 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 цивільного захисту

Призначення транспортних засобів (ТЗ), що експлуатуються в органах та підрозділах ДСНС України.

Органи, підрозділи, підприємства, установи та організації системи ДСНС України оснащуються ТЗ, що за призначенням поділяються на оперативні та господарські ТЗ.

До оперативних ТЗ відносяться ТЗ, що використовується для виїзду на ліквідацію пожеж та наслідків надзвичайних ситуацій (НС) та виконання планових технічних робіт неаварійного характеру на підприємствах, що обслуговуються.

Оперативні ТЗ повинні мати спеціальні розпізнавальні знаки та написи згідно з ДСТУ 3849:2018 *«Дорожній транспорт. Кольорографічні схеми, розпізнавальні знаки, написи та спеціальні сигнали оперативних, спеціалізованих та спеціальних транспортних засобів. Загальні вимоги»* і бути оснащені сигнально-гучномовною установкою (далі – СГУ) з проблісковими маячками із синім світлофільтром, встановленим над кабіною.

Експлуатація оперативного ТЗ, обладнаного СГУ, без дозволу органів Державної автомобільної інспекції МВС України забороняється.

До господарських ТЗ відносяться ТЗ, задіяні для матеріально-технічного забезпечення життєдіяльності підрозділів, а також для транспортування матеріалів і оснащення з метою виконання технічних та пожежо-профілактичних заходів, а також інженерних та допоміжних робіт, які безпосередньо не задіяні для ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій.

ТЗ ДСНС України як оперативні, так і господарські, що зареєстровані службами безпеки дорожнього руху (Державною автомобільною інспекцією МВС України), за інтенсивністю використання і порядком їх утримання

поділяють на дві групи експлуатації: стройову та транспортну.

До стройової групи зараховують ТЗ, призначені для перевезення особового складу, майна та інших експлуатаційних матеріалів, а також ТЗ із штатним обладнанням та технікою, що використовуються безпосередньо при ліквідації пожеж та наслідків НС за сигналом «*ТРИВОГА*»

До транспортної групи зараховують ТЗ, призначені для повсякденного життєзабезпечення відповідного підрозділу ДСНС України.

Аналіз потенційних небезпек

Для дослідження проводиться збір даних небезпек на перехресті та за допомогою комп'ютер. Результати досліджень обробляються на ПК. При роботі в лабораторії, де є комп'ютер, виникає ряд небезпек, які і розглядаються. Це:

- фізичне травмування дослідника під час збору статистичних даних транспортної ситуації на дільниці перехрестя підчас можливого ДТП, що створює аварійну ситуацію;

- переохолодження дослідника під час збору даних на повітрі в холодну пору року;

- не правильний вибір з освітлення робочої зони дослідника може призвести до більш ранньої втоми і наслідки – травмування;

- незадовільна організація робочого місця при роботі на ПК, недостатнє врахування вимог ергономіки, нераціональне розташування технологічного обладнання та захащеність робочої зони призводить до підвищення психофізіологічного навантаження при роботі з персональним комп'ютером;

- електризований екран монітору притягує частки пилу, який є у повітрі, та заряджає їх, що визиває роздратованість, сип, запалення шкіри. При роботі на лазерному принтері виділяється озон, який сильно роздратовує

слизисту оболонку носа, очей, горла і може приводити до онкологічного захворювання;

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

-пошкодження ізоляції електропроводки може спричинити коротке замикання та уразити людину. Пошкодження може бути від скручування проводів, через зачеплення ногами за проводи та інше;

-при виникненні короткого замикання та попадання іскри до легкозаймистих матеріалів (бумага, спирт для обтирки та інше) може виникнути пожежа, яка може призвести до опіків людини та до летальних наслідків;

-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 аварійних ситуації, досліднику необхідно знаходитися на безпечній відстані від дороги , що найменш 5м від краю проїжджої частини.

Для запобігання ураження електричним струмом, необхідно всі дроти, що підходять до ПК та до адаптерів, згорнути у спеціальні ізолюючі вкриття. Розташувати їх на стіні, або на полу. Це не дасть можливості пошкодження дротів механічно відповідно «Правил охорони електричних мереж» НПАОП 60.1-1.48-00

Живлення електрообладнання приміщення з ПК здійснюється від мережі змінного струму напругою 220 В і частотою 50 Гц. Відповідно до вимог «ПУЕ», електрообладнання в приміщенні з ПК, характеризується як електроустановки до 1000 В, тому згідно вимог глави 1.7 «ПУЕ» та ГОСТ 12.1.030-81 (2001) «ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление», величина опору контуру захисного заземлення електрообладнання приміщення з ПК у будь-яку пору року не перевищує – 4 Ом..

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

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

Таблиця А1 – Рівні іонізації повітря приміщень з комп'ютерною технікою

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

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

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%. В рамках дослідження шкідливих та небезпечних факторів виробничого середовища, важкості та напруженості праці були проведені відповідні виміри мікроклімату, освітлення, рівня шуму та інші у лабораторії де є ПК. які були внесені до таблиці «Результати оцінювання за бальною шкалою».

З додатків [6], відповідно до категорії робіт 1а, 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».

Таблиця А2 – 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, $t, ^\circ C$	30,0	7	23,5-26,4	4	3.4	4
Освітленість приміщення $E, лк$	100	7	200	—	3.1	1
Розряд і підрозряд зорових робіт, $З_{ор}$	Б-2	—	—	—	—	—
Рівень шуму $L, дБА$	107	4	50	—	3.4	2
Загальні енергозатрати організму, Bm	240	6	290	0,62	3.2	2
Стереотипні робочі рухи (кількість за зміну), при локальному навантаженні (за участю м'язів кистей та пальців рук)	62000	6	40000	1,16		
Тривалість зосередження уваги (в % від часу зміни)	84	6	75	0,84		
Тривалість робочого дня, $год.$	17	17	8	0,11		

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 [6]. Розрахунковий коефіцієнт $X_{визн}$ при оцінка мікроклімату визначаємо в балах, за формулою 7.1:

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

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, $K_{знач} = 1,0$

$$X_{визн} = \frac{P_{вим} \cdot T \cdot K_{знач}}{8 \cdot P_{дон}} = \frac{240 \cdot 6 \cdot 1,0}{8 \cdot 290} = 0,62;$$

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

$$X_{визн} = \frac{P_{вим} \cdot T \cdot K_{знач}}{8 \cdot P_{дон}} = \frac{62000 \cdot 6 \cdot 1,0}{8 \cdot 40000} = 1,16;$$

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

$$X_{визн} = \frac{P_{вим} \cdot T \cdot K_{знач}}{8 \cdot P_{дон}} = \frac{84 \cdot 6 \cdot 1,0}{8 \cdot 75} = 0,84;$$

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 таблиці «Результати оцінювання за бальною шкалою»:

- для мікроклімату, відповідно до значення розрахункового коефіцієнта $X_{визн} = 4$, з таблиці 7.2 [6] – 3 клас, 4 ступінь (3.4);

- при оцінці освітленості робочої зони приміщення, клас та ступінь шкідливості умов праці визначаємо у відповідності до $P_{вим} = 100$ лк, за додатками Г та табл. Г.1 [6] – 3 клас, 1 ступінь (3.1);

- для гігієнічної оцінки рівня шуму, клас та ступінь шкідливості умов праці визначаємо у відповідності до виміряного значення рівня шуму $P_{вим} = 107$ дБА, за додатками Д та табл. Д.1 [6] – 3 клас, 4 ступінь (3.4);

- клас і ступінь важкості та напруженості праці визначаємо як суму розрахованих балів усіх показників $X_{визн}$ за формулою 7.3 [6]:

$$X_{сум} = \sum_{i=1}^n X_i = 0,62 + 1,16 + 0,84 + 0,11 = 2,74$$

З таблиці 7.3 [6] за значенням суми розрахованих балів показників $X_{сум} = 2,74$ – 3 клас, 2 ступінь (3.2);

В результаті досліджень, відповідно до розрахунків, встановлено, що умови праці на робочому місці дослідника лабораторії обладнаної ПК належать до 3 класу, 2 ступеню.

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

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

- при оцінці впливу освітленості, виходимо з того що вона відповідає 3 класу, 1 ступеню умов праці та діє протягом 7 годин, тому коректування не потрібно – $X_{cm} = X_i = 1$;

- для оцінки впливу шуму, виходимо з того, що його рівень відповідає 3 класу, 4 ступеню умов праці та діє протягом 4 годин, тому значення X_i визначаємо за формулою 7.4 [6]:

$$X_i = X_{cm} \cdot \frac{T}{8} = 1 \cdot \frac{4 \cdot 4}{8} = 2$$

- для оцінки впливу важкості та напруженості праці, виходимо з того що вони відповідають 3 класу, 2 ступеню умов праці, а час їх дії уже врахований, тому – $X_{cm} = X_i = 2$;

Для визначення конкретного розміру доплати, умови праці оцінюємо по сумі значень X_i , за формулою 7.5 [6]:

$$X_{факт} = \sum_{i=1}^n X_i = 4 + 1 + 2 + 2 = 9$$

Розмір доплати за умовами праці визначаємо в залежності від їх фактичного стану – $X_{факт} = 9$, 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 [6]. Розмір доплати до тарифної ставки (окладу) – 20 %.

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

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, важкості та напруженості праці на робочому місці дослідника належать до категорії 1а, тому необхідно привести ці умови у відповідність до нормативних значень, які відповідають оптимальним параметрам для категорії 1а, а саме:

- мікрокліматичні умови, за інтегральним показником теплового навантаження середовища - ТНС-індексом - 21,0-23,4°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 140 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 забезпечення нормованої освітленості приміщення яка відповідає розряду зорових робіт необхідно провести додаткові розрахунки та визначитися з потужністю ламп, типом ламп та світильників та їх раціональним розміщенням;

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

- для зменшення загальних енергозатрат організму, необхідно скоротити тривалість робочого дня до 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 [6], у розмірі 20%