

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Транспортний
(повне найменування факультету)

«Транспортні технології»
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

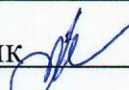
магістра
(ступінь вищої освіти)

на тему ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РЕГУЛЮВАННЯ ДОРОЖНЬОГО
РУХУ ПО ВУЛ. О. ГОВОРУХИ М. ЗАПОРІЖЖЯ ШЛЯХОМ ВВЕДЕННЯ
КООРДИНОВАНОГО РЕГУЛЮВАННЯ

Виконав: студент ІІ курсу, групи Т-323м

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

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

 Олександр КЛИМЕНКО
(прізвище та ініціали)
Керівник  Вячеслав ТРУШЕВСЬКИЙ
(прізвище та ініціали)
Рецензент  Ольга ДУДАРЕНКО
(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 2024 року

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

КЛИМЕНКА Олександра Вадимовича

(ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Підвищення ефективності регулювання дорожнього руху по вул. О. Говорухи м. Запоріжжя шляхом введення координованого регулювання

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 «26» листопада 2024 року №487

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 16 грудня 2024 р.

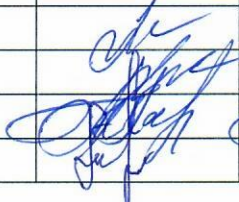
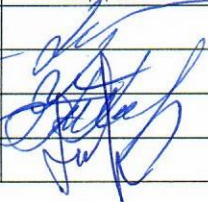
3. Вихідні дані до проєкту (роботи) існуюча вулично-дорожня мережа, існуючі характеристики транспортних та пішохідних потоків, існуюча схема організації дорожнього руху

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1 Аналітична частина, 2 Основна частина, 2.1 Зміна схеми дислокації технічних засобів організації дорожнього руху 2.2 Визначення локального світлофорного режиму, 2.3 Застосування алгоритму пропуску фази та детектора транспорту, 2.4 Визначення параметрів світлофорних циклів в режимі координації та побудова графіку координованого регулювання 3 Економічна частина, 3.1 Розрахунок капітальних витрат, 3.2 Розрахунок річних експлуатаційних витрат, 3.3 Економія від зменшення затримок транспорту на перехресті, 3.4 Розрахунок терміну окупності проєкту, 4 Охорона праці та безпека у 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 2024 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Аналітична частина	28.10.2024-10.11.2024	
2	Основна частина	11.11.2024-15.12.2024	
3	Економічна частина	16.12.2024-29.12.2024	
4	Охорона праці	20.01.2025-26.01.2025	
5	Оформлення МР, перевірка МР на плагіат, отримання зовнішніх рецензій, захист магістерських робіт	27.01.2025-05.02.2025	

Студент(ка)


(підпис)

Олександр КЛИМЕНКО
(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Керівник проєкту (роботи)


(підпис)

Вячеслав ТРУШЕВСЬКИЙ
(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 81 с., 20 табл., 15 рис., 11 використаних джерел.

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

Об'єкт дослідження – вулиця Олександра Говорухи у Комунарському районі м. Запоріжжя.

Мета проекту – вдосконалення організації дорожнього руху.

Метод дослідження – аналітичний, графічний, використання ЕОМ.

У магістерській роботі проаналізовано дорожньо-транспортну ситуацію в районі вулиці Олександра Говорухи, яка розташована у Комунарському районі міста Запоріжжя. На основі аналізу основних характеристик транспортних та пішохідних потоків, рівня аварійності запропоновано комплекс заходів із підвищення пропускнуої здатності вулиці та рівня безпеки дорожнього руху шляхом введення координованого світлофорного регулювання.

ЗМІСТ

	с.
Завдання.....	2
Реферат.....	4
Вступ.....	7
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	8
1.1 Опис району проєктування.....	8
1.1.1 Характеристика району проєктування.....	8
1.1.2 Характеристика вулично-дорожньої мережі на ділянці проєктування.....	13
1.2 Дослідження характеристик дорожнього руху.....	14
1.2.1 Визначення розрахункових інтенсивностей дорожнього руху.....	17
1.2.2 Визначення швидкості 85-% забезпечення.....	19
1.3 Аналіз дорожньо-транспортної аварійності на ділянці Проектування.....	24
1.4 Дослідження дислокації та режимів роботи технічних засобів організації дорожнього руху на ділянці проєктування.....	27
1.4.1 Дорожня розмітка та дорожні знаки.....	27
1.4.2 Дорожні світлофори.....	28
1.3 Аналіз недоліків і постановка задач дослідження.....	29
2 ОСНОВНА ЧАСТИНА	30
2.1 Зміна схеми дислокації технічних засобів організації дорожнього руху	30
2.1.1 Розташування світлофорних сигнальних пристроїв.....	30
2.1.2 Застосування дорожніх знаків.....	34
2.1.3 Нанесення дорожньої розмітки.....	35
2.2 Визначення локального світлофорного режиму.....	36
2.2.1. Визначення мінімальних проміжків.....	36

2.2.2 .Схеми пофазного роз'їзду.....	40
2.2.3 Визначення перехідних інтервалів	41
2.2.4 Визначення тривалостей основних тактів	44
2.3 Застосування алгоритму пропуску фази та детектора транспорту..	56
2.4 Визначення параметрів світлофорних циклів в режимі координації та побудова графіку координованого регулювання.....	58
3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	61
3.1 Розрахунок капітальних витрат	61
3.2 Розрахунок річних експлуатаційних витрат	63
3.3 Економія від зменшення затримок транспорту на перехресті	66
3.4 Розрахунок терміну окупності проєкту	68
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	70
Висновки	71
Перелік джерел посилань	72
Додаток А – Розробка заходів із забезпечення безпеки.....	74

ВСТУП

Питання організації транспортного зв'язку між вулично-дорожньою мережею великого міста та транспортними коридорами, що сполучають це місто з іншими населеними пунктами, розташованими в тому числі і за межами держави, є серйозною архітектурно-планувальною задачею та має у своєму складі як завдання організації і регулювання дорожнього руху, так і завдання транспортного будівництва.

Пропуск транспортних потоків вхідного та прохідного транзиту пов'язаний із значною складністю, обумовленою відмінністю їх транспортних характеристик від характеристик більшості складу транспортного потоку. В умовах неможливості будівництва транспортних розв'язок та ізоляції прохідного транзиту від загального транспортного потоку міста створюється ситуації, коли транзитні транспортні засоби спричиняють високий рівень аварійності та серйозні затори. Для розв'язання таких ситуацій необхідна комплексне застосування оперативних та планувальних засобів заходів організації і регулювання дорожнього руху пов'язаних як зі зміною рішення світлофорного регулювання, в тому числі із введенням магістрального координованого регулювання із застосуванням транспортних та пішохідних детекторів, зміною розташування технічних засобів регулювання дорожнього руху так і облаштування перехресть, каналізуванням дорожнього руху та підвищенням рівня безпеки дорожнього руху на наземних пішохідних переходах.

Означена сукупність заходів організації дорожнього руху досліджується в цій роботі на прикладі вулиці Олександра Говорухи, розташоване в Комунарському районі міста Запоріжжя.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис району проєктування

1.1.1 Характеристика району проєктування

Особливістю ділянки вулично-дорожньої мережі, на якій буде проводитись дослідження, є її розташування в Комунарському районі міста Запоріжжя. Комунарський район міста Запоріжжя вважається південними воротами міста, тобто вулично-дорожня мережа Комунарського району є з'єднувальною ланкою між магістральними вулицями міста Запоріжжя та автодорогами в напрямку Харкова, Сімферополя та Донецька.

Таким чином, частка транспортних засобів, що за класифікацією належить до вихідного транзиту, на цій ділянці вулично-дорожньої мережі є доволі значною. Транспортні засоби вихідного та прохідного транзиту характеризується високою вантажопідйомністю, великими габаритами та порівняно невисоким у транспортному потоці динамічним фактором. Всі ці особливості є дуже несприятливими для проходження шляхів руху прохідного транзиту через район житлової забудови.

Якщо порівняти показані на рисунку 1.1 шляхи руху цих транспортних засобів, що поєднують магістральну вуличну дорожню мережу міста Запоріжжя з автодорогами, призначеними для руху до інших населених пунктів, то можна подивитися, що виділяється два основних маршрути проходження цих транзитних транспортних засобів: один з цих маршрутів пролягає через вулицю Культурну і далі в напрямку Дослідної станції з виїздом на автодорогу Харків-Сімферополь; інший маршрут пролягає по вулиці Олександра Говорухи, по вулиці Парамонова, по вулиці Північнокільцевій і по вулиці Космічній. Він є довшим, однак характеризується більшою кількістю смуг руху, більшою шириною проїзної частини, більшими радіусами поворотів, тому є більш привабливим для прохідного транзиту.

Така особливість цього маршруту негативно впливає на загальний стан організації дорожнього руху і дорожньо-транспортна ситуація в районі проектування, оскільки транспортні засоби прохідного транзиту характеризуються високою вантажопідйомністю та низьким динамічним фактором, що в умовах міської забудови та світлофорного регулювання, великої кількості перехресть та наземних пішохідних переходів, за умов високого завантаження вулично-дорожньої мережі робить цей маршрут дуже негативним з точки зору ризику скоєння дорожньо-транспортних пригод.

Зважаючи на зазначене вулиця Олександра Говорухи, маючи складний профіль сильно завантажено транзитним транспортом тому потребує удосконалення як організації так і регулювання дорожнього руху велика кількість світлофорних об'єктів розташованих один за одним на невеликій відстані за умов руху вантажного транспорту дуже негативно впливає на екологічну ситуацію а саме призводить до значних викидів відпрацьованих газів двигунів внутрішнього згорання та значного шумового забруднення що особливо важливо з урахуванням того, що будинки приватного сектору розташовані впритул до червоної лінії вулиці, що створює високе техногенне навантаження на людей, які проживають на зазначеній території.

Зважаючи на вказане введення координованого світлофорного регулювання дуже позитивно вплине на основні характеристики транспортного потоку по вулиці Олександра Говорухи. Як відомо, до основних характеристик транспортного потоку належать щільність транспортного потоку, інтенсивність дорожнього руху та швидкість руху. Всі ці характеристики функціонально пов'язані між собою, цей функціональний зв'язок позначає основна діаграма транспортного потоку. Аналізуючи її, можна зробити висновок що інтенсивність дорожнього руху є добутком щільності транспортного потоку та середньої просторової швидкості на ділянці довжиною 1 км. При цьому щільність транспортного потоку - це кількість транспортних засобів що розташовується на цій ділянці залежно від

рівня зручності руху - це кількість може бути різною при зміні рівня зручності руху міняється інтенсивність руху, а також його швидкість.

Оптимальною вважається така швидкість руху, при якій інтенсивність дорожнього руху є максимальною тобто дорівнює теоретичній пропускній здатності цієї вулиці. Під теоретичною пропускною здатністю ми в даному випадку маємо на увазі таку кількість транспортних засобів, яка може прослідувати через переріз даної вулиці протягом однієї години за умов забезпечення безпеки дорожнього руху тобто з такої дистанції між сусідніми транспортними засобами, яка у разі раптового гальмування першого транспортного засобу забезпечить гальмування наступного за ним транспортного засобу і зупинку його на відстані не менш 2 м від першого транспортного засобу без зміни смуги руху і без маневрування.

Таким чином, максимальна інтенсивність дорожнього руху тобто пропускна здатність дуже сильно залежить від розрахункової швидкості руху причому не завжди максимально можлива технічної точки зору швидкість руху для даного транспортного потоку є оптимальним з точки зору пропускної здатності оскільки при збільшенні швидкості руху збільшується і безпечна дистанція між сусідніми транспортними засобами, що призводить до зростання їх динамічних габаритів та швидкого зниження теоретичної пропускної здатності, тобто максимальна величина фактичної інтенсивності дорожнього руху, що виміряна в реальних умовах може перевищувати розрахункове значення цього показника.

Така ситуація може бути спричинена ігноруванням водіями принципу дотримання безпечної дистанції такий випадок не є суперечністю до вказаного вище визначення а тільки підтверджує його оскільки за умов ігнорування водіями безпечної дистанції неможливо забезпечити безпеку дорожнього руху тобто в цьому випадку зростання фактичної пропускної здатності досягається ціною зниження безпеки дорожнього руху тобто умовна економія за рахунок збільшення швидкості руху в тому числі і

координаційному ефекті перекривається умовними втратами від дорожньо-транспортних пригод.

Головна транзитна магістраль міста Запоріжжя – Набережна магістраль – заходить до Комунарського району з боку Південного житлового масиву та переходить у вулицю Автозаводську, що після проходження шляхопроводу залізниці стає вулицею О. Говорухи.

Саме цим маршрутом рухаються в прямому та зворотному напрямку транзитні автомобілі. Далі маршрут розділяється на дві гілки:

- вулиця Культурна – вулиця Очаківська – Дослідна станція – автодорога Харків – Сімферополь;
- вулиця О. Говорухи – вулиця Параморнова – вулиця Північнокільцева – вулиця Чумаченка – вулиця Космічна - автодорога Харків – Сімферополь.

Обидва маршрути включають перехрестя вулиць О. Говорухи - іКультурної, де вони перетинаються (рис. 1.1, позначено червоним кольором). Найбільш несприятлива з точки зору безпеки руху складається на ділянці вулиці О. Говорухи від шляхопроводу до вулиці Парамонова. Цій ситуації могло б зарадити будівництво об'їзної дороги (рис. 1.1, позначено зеоним кольором). Однак в цьому випадку є необхідність спорудження шляхопроводу через залізницю.

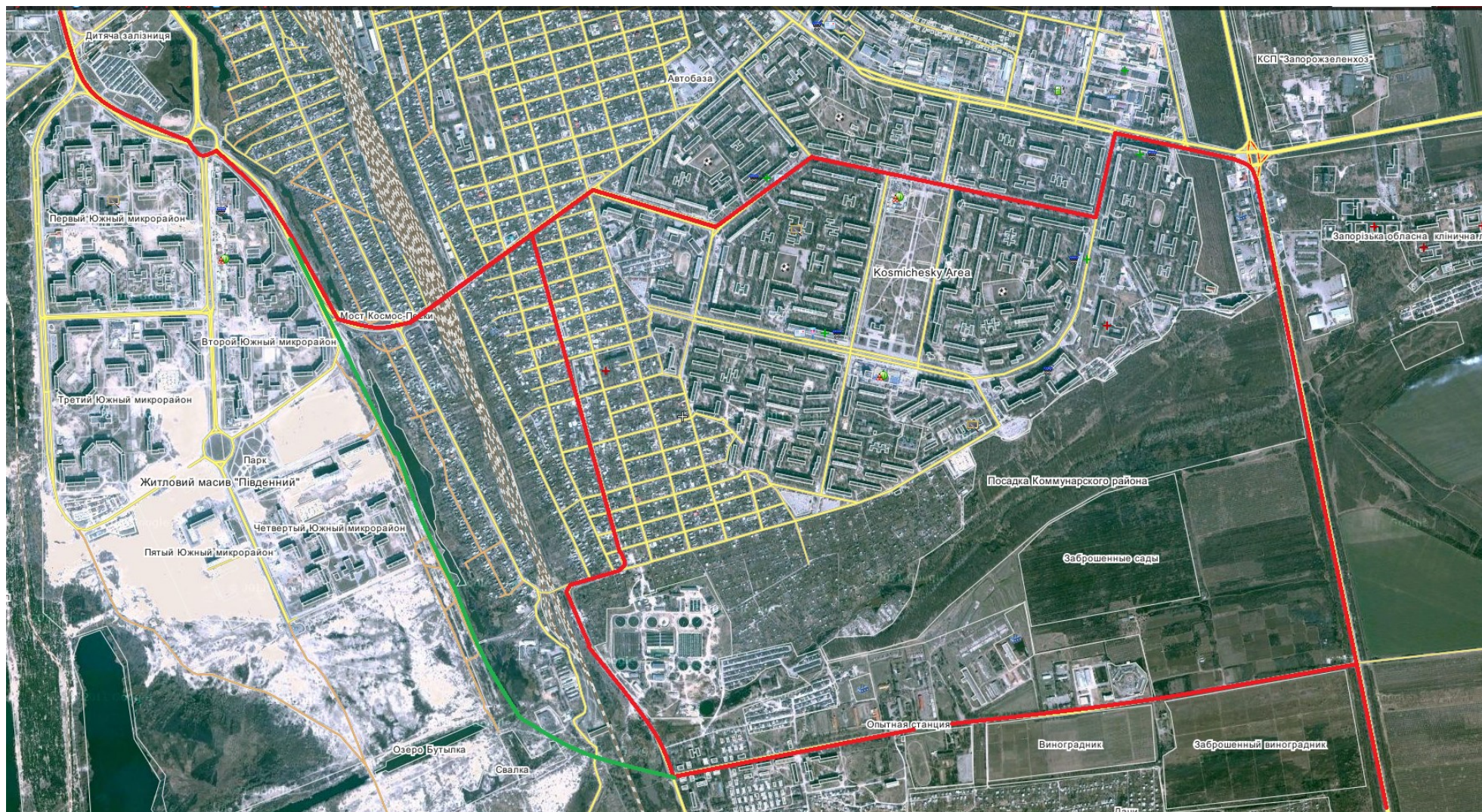


Рисунок .1.1 – Схема руху транзитного транспорту

1.1.2 Характеристика вулично-дорожньої мережі на ділянці проектування

Ділянкою проектування є вулиця О. Говорухи на ділянці від вулиці Парамонова до шляхопроводу через залізницю. На цій ділянці вулиця О. Говорухи має чотири смуги руху по дві в кожен бік шириною від правого краю проїзної частини відповідно 3,75; 3,5; 3,5; 3,75 м. Розділова смуга на вулиці відсутня. За наявності розмітки цю функцію виконує подвійна суцільна лінія дорожньої розмітки 1.3.

На ділянці проектування вулицю О. Говорухи перетинають такі вулиці: Чкалова, Степова, Культурна, Святоволодимирська, Садова, Барикадна. Серед вказаних вулиць лише вулиця Культурна та Барикадна мають тверде покриття. Вулиця Культурна має на підходах до перехрестя з вул. О. Говорухи по одній смузі руху в кожен бік шириною 3,75 м. Вулиця Барикадна має на підходах до перехрестя з вул. Культурною проїзну частину шириною 6м.

Вулицею проходять маршрути громадського транспорту. Зокрема, автобусні маршрути 46, 20, 31.

Вулиця О. Говорухи є однією з магістральних вулиць Комунарського району. Вона забезпечує не лише прямий зв'язок між Південним та Космічним мікрорайонами Комунарського району міста, але і вихід з Набережної магістралі до автодороги Харків – Джанкой - Сімферополь.

Поблизу ділянки проектування на вулиці Культурній знаходиться об'єкт тяжіння транспортних та пішохідних потоків – дитяча поліклініка Комунарського району.

1.2 Дослідження характеристик дорожнього руху

1.2.1 Визначення розрахункових інтенсивностей дорожнього руху

Інтенсивність дорожнього руху - кількість автомобілів які перетинають деякий розріз автомобільної дороги за одиницю часу (рік, місяць, годину, добу). Інтенсивність дорожнього руху є дуже важливим і складним показником, оскільки вона змінюється з плином часу. Найбільша інтенсивність у години пік, саме ці періоди і є розрахунковими при організації дорожнього руху.

В нашому проекті інтенсивності дорожнього руху розраховували безпосередньо на обраних перехрестях. Розраховування проводилося у години-пік. В нашому випадку – це у проміжку між 16.00 та 18.00. Отриманні дані інтенсивностей транспортних засобів на перехрестях показані в таблиці 1.1.

Однією з особливостей величини інтенсивності дорожнього руху є її змінність у часі, пов'язана з графіком праці і відпочинку громадян. Режимми роботи мість притягання і генерування транспортних потоків.

На ділянці вулично-дорожньої мережі, що обстежувалася, заміри інтенсивності дорожнього руху проводилися під час переддипломної практики у лютому 2017 р, проте, через специфіку формуючих транспортне навантаження транзитних потоків, в ліні місяці року значення інтенсивності руху збільшується, що викликає необхідність підлаштування системи автоматизованого управління дорожнім рухом під різні значення інтенсивностей.

До варіантів підлаштування належить, зокрема, гнучке автоматичне регулювання.

Таблиця 1.1 – Інтенсивності транспортних засобів на перехрестяі вулиць О. Говорухи і Культурної

Різновид транспортних засобів	Перехрестя вул. О. Говорухи та Культурна (по напрямках, які можна побачити та рисунку 1.2)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Легкові	96	300	72	101	93	79	54	244	63	44	32	43
Вантажні автомобілі вантажопідйомністю: - до 2 т	---	66	30	12	17	18	23	58	21	12	8	13
	12	---	18	---	---	---	16	---	8	5	2	9
Автобуси	---	30	20	6	7	11	---	24	4	2	1	3
Тролейбуси	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Автопоїзди вантажопідйомністю: - до 6 т	---	---	---	13	---	6	7	---	---	---	---	---
		24	---	---	---	---	---	20	---	---	---	

Отриманні значення інтенсивностей приводимо до легкових автомобілей, завдяки коефіцієнтам приведення. Значення коефіцієнтів зведення показані в таблиці 1.2 [8]

Таблиця 1.2 – Коефіцієнти приведення

Вид транспортних засобів	Значення коефіцієнтів
Для мотоциклів	0,5
Для легкових автомобілів	1
Для вантажних автомобілів вантажопідйомністю:	
– до 2т	1,5
– до 5т	2
– до 8т	2,5
– до 14т	3,5
Для автобусів великої вмісткості	2,5
Для тролейбусів	3
Для автопоїздів вантажопідйомністю:	
- до 3 т	3
- до 12т	3,5
- до 20 т	4
- вище 20 т	5

Таким чином отримуємо показник інтенсивності руху в приведених одиницях за формулою:

$$N_{\text{пр.і.}} = N_i \times K_{\text{зв}}^i \quad (1.1)$$

де N_i - інтенсивність руху транспортних засобів i -го типу, авт/год;

$K_{\text{зв}}^i$ – коефіцієнт зведення інтенсивності руху (з табл. 1.2).

Номера напрямів вказані на рисунку 1.2

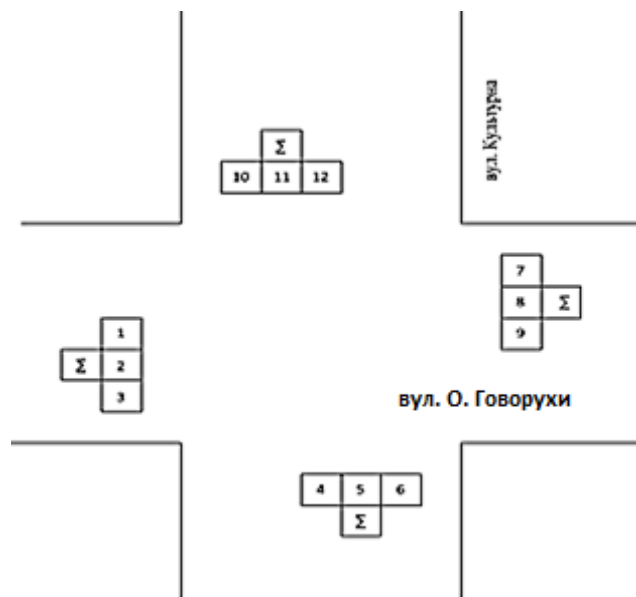


Рисунок 1.1 Номери напрямів на перехресті вул. О. Говорухи та вул. Културна

Розрахунок показників інтенсивності проводимо за формулою (1.1):

- На перехресті вул. О. Говорухи та Културна:

$$N_{\text{пр.а.1}} = 96 + 12 \times 2 = 120$$

$$N_{\text{пр.а.2}} = 300 + 66 \times 1,5 + 30 \times 2,5 + 24 \times 4 = 570$$

$$N_{\text{пр.а.3}} = 72 + 30 \times 1,5 + 18 \times 2 + 20 \times 2,5 = 203$$

$$N_{\text{пр.а.4}} = 101 + 12 \times 1,5 + 6 \times 2,5 + 13 \times 3 = 173$$

$$N_{\text{пр.а.5}} = 93 + 17 \times 1,5 + 7 \times 2,5 = 136$$

$$N_{\text{пр.а.6}} = 79 + 18 \times 1,5 + 11 \times 2,5 + 6 \times 3 = 158$$

$$N_{\text{пр.а.7}} = 54 + 23 \times 1,5 + 16 \times 2 + 7 \times 3 = 142$$

$$N_{\text{пр.а.8}} = 244 + 58 \times 1,5 + 24 \times 2,5 + 20 \times 4 = 471$$

$$N_{\text{пр.а.9}} = 63 + 21 \times 1,5 + 8 \times 2 + 4 \times 2,5 = 121$$

$$N_{\text{пр.а.10}} = 44 + 12 \times 1,5 + 5 \times 2 + 2 \times 2,5 = 77$$

$$N_{\text{пр.а.11}} = 32 + 8 \times 1,5 + 2 \times 2 + 1 \times 2,5 = 51$$

$$N_{\text{пр.а.12}} = 43 + 13 \times 1,5 + 9 \times 2 + 3 \times 2,5 = 85$$

Приведенні значення інтенсивностей вказанні на рис. 1.2 та 1.3.

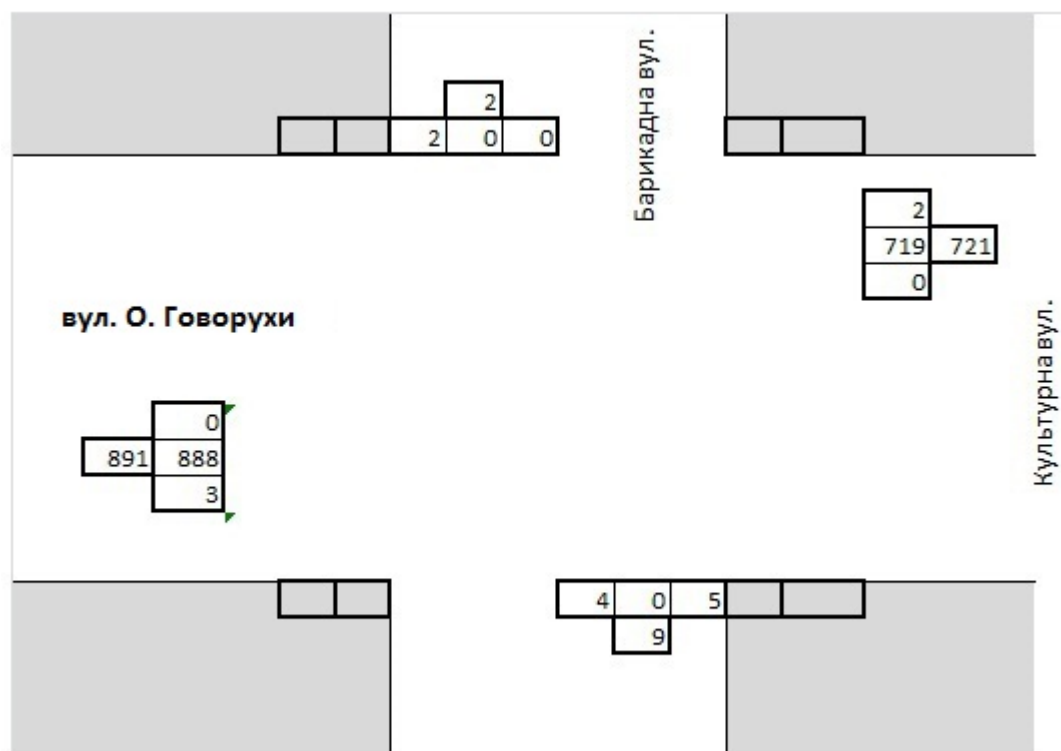


Рисунок 1.2 – Інтенсивності дорожнього руху

На базі вихідних даних будуємо цифрограму інтенсивностей транспортних потоків. Цифрограму, яка показує всі транспортні потоки зображено на рис. 1.3..

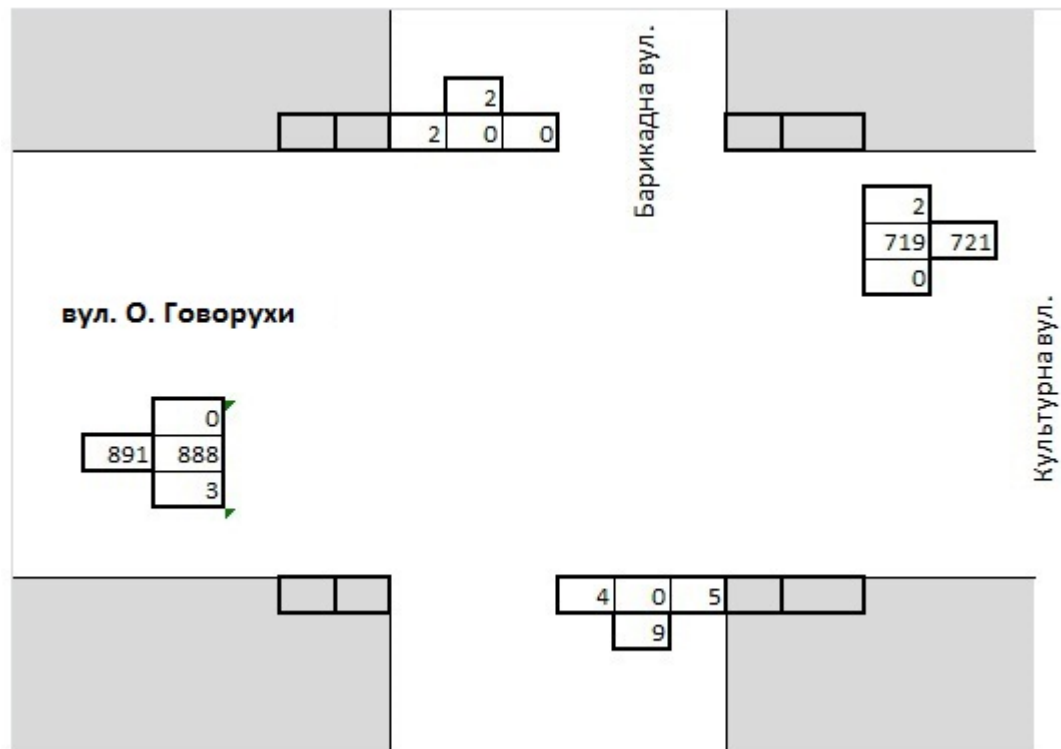


Рисунок 1.3 – Інтенсивності дорожнього руху

1.2.2 Встановлення швидкості руху 85-% забезпечення

Відомо, що швидкість руху на перегонах магістралі описується нормальним законом розподілу ймовірностей. При цьому щільність розподілу ймовірностей окремих ТЗ с функцією двох параметрів описується виразом:

$$f(v) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(v-\bar{v})^2}{2\sigma_v^2}} \quad (1.2)$$

де $\bar{v}$ - середня швидкість транспортного потоку;

σ_v - середнє квадратичне відхилення швидкостей окремих ТЗ.

Швидкість визначається графоаналітичним методом. Для цього будується крива $f(v)$, що має дзвіноподібну форму.

Для спрощення розрахунків весь діапазон значень V від $V - 3\sigma_V$ до $V + 3\sigma_V$ розбиваємо на 14 інтервалів ΔV ($\Delta V_1 = \Delta V_2 = \Delta V_3, \dots$), вибираємо значення V_i . посередині кожного інтервалу. Далі обчислюємо за формулою (1.2) значення V_i для кожного з дискретних значень V_i . Це відповідає графічній апроксимації нерозривної функції $f(v)$ прямокутниками, сумарна площа яких дорівнює площі під кривою $f(v)$.

Розглянемо визначення швидкості 85-% забезпечення за напрямом від вул. Барикадної до вул. Культурної вздовж вул. О. Говорухи.

В нашому випадку середня швидкість транспортного потоку $\bar{V} = 50$ км/год, а середнє квадратичне відхилення швидкостей окремих ТЗ $\sigma_V = 1$ км/год (дані отримано в результаті обробки вибірки миттєвих швидкостей). Розбиваємо діапазон значень V від 47 км/год до 53 км/год на 14 інтервалів $\Delta V = 0,43$ і за формулою (1.2) розраховую функцію $f(v)$ для кожного значення V_i .

$$f(47,22) = \frac{1}{1\sqrt{2} \times 3,14} 2,7^{-\frac{(47,22-50)^2}{2 \cdot 1^2}} = 0,0084$$

$$f(47,65) = \frac{1}{1\sqrt{2} \times 3,14} 2,7^{-\frac{(47,65-50)^2}{2 \cdot 1^2}} = 0,025$$

$$f(48,08) = \frac{1}{1\sqrt{2} \times 3,14} 2,7^{-\frac{(48,08-50)^2}{2 \cdot 1^2}} = 0,064$$

$$f(48,51) = \frac{1}{1\sqrt{2} \times 3,14} 2,7^{-\frac{(48,51-50)^2}{2 \cdot 1^2}} = 0,132$$

$$f(48,94) = \frac{1}{1\sqrt{2} \times 3,14} 2,7^{-\frac{(48,94-50)^2}{2 \cdot 1^2}} = 0,228$$

$$f(49,37) = \frac{1}{1\sqrt{2} \times 3,14} 2,7^{-\frac{(49,37-50)^2}{2 \cdot 1^2}} = 0,33$$

$$f(49,8) = \frac{1}{1\sqrt{2} \times 3,14} 2,7^{-\frac{(49,8-50)^2}{2 \cdot 1^2}} = 0,392$$

$$f(50,23) = \frac{1}{1\sqrt{2 \times 3,14}} 2,7^{-\frac{(50,23-50)^2}{2 \cdot 1^2}} = 0,39$$

$$f(50,66) = \frac{1}{1\sqrt{2 \times 3,14}} 2,7^{-\frac{(50,66-50)^2}{2 \cdot 1^2}} = 0,322$$

$$f(51,09) = \frac{1}{1\sqrt{2 \times 3,14}} 2,7^{-\frac{(51,09-50)^2}{2 \cdot 1^2}} = 0,222$$

$$f(51,52) = \frac{1}{1\sqrt{2 \times 3,14}} 2,7^{-\frac{(51,52-50)^2}{2 \cdot 1^2}} = 0,125$$

$$f(51,95) = \frac{1}{1\sqrt{2 \times 3,14}} 2,7^{-\frac{(51,95-50)^2}{2 \cdot 1^2}} = 0,06$$

$$f(52,38) = \frac{1}{1\sqrt{2 \times 3,14}} 2,7^{-\frac{(52,38-50)^2}{2 \cdot 1^2}} = 0,023$$

$$f(52,81) = \frac{1}{1\sqrt{2 \times 3,14}} 2,7^{-\frac{(52,81-50)^2}{2 \cdot 1^2}} = 0,0077$$

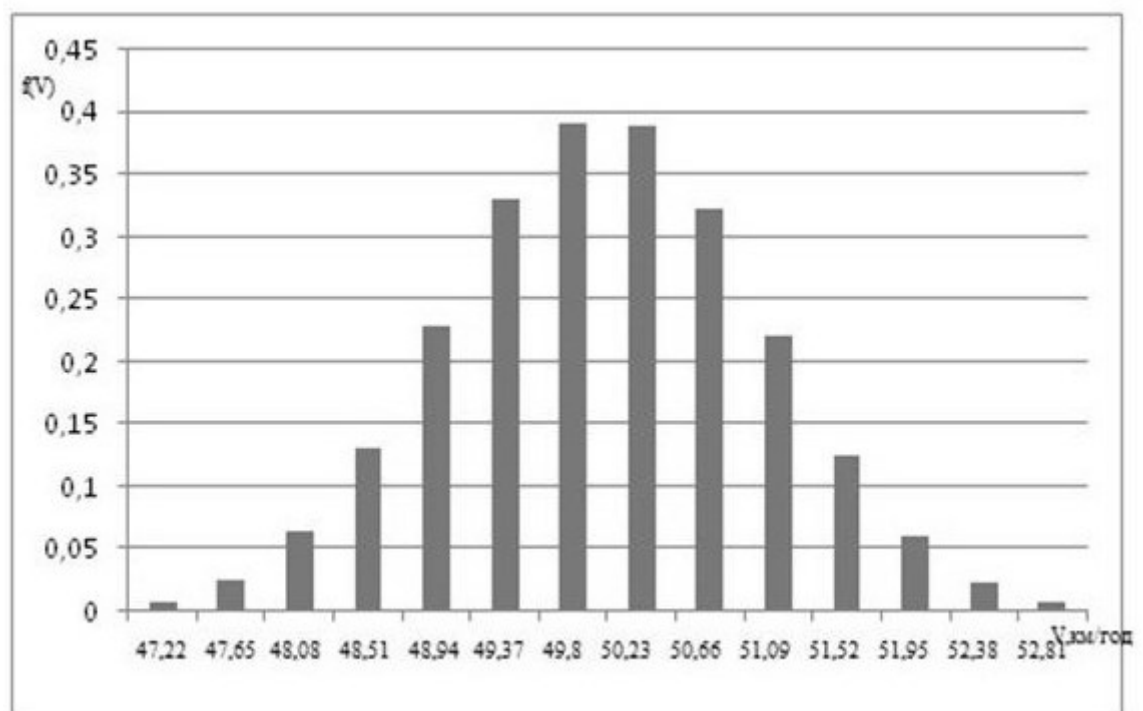


Рисунок 1.4 – Диференційна функція

Оскільки швидкість V_k визначається на базі швидкості 85%-го забезпечення, необхідно мати графік функції розподілу ймовірностей

швидкості окремих ТЗ – $F(v)$ яка являє собою інтеграл від щільності розподілу.

Інтегрування полягає в послідовному підсумовуванні окремих прямокутників на графіку $f(v)$ в діапазоні $\bar{V}-3\sigma \dots \bar{V}+3\sigma$ через ΔV і відкладанні відповідного сумарного значення $F_i(v)$ на осі ординат графіку $F_i(v)$ за формулами:

$$\begin{aligned} F_1(V_1) &= \Delta V f(V_1) \\ F_2(\Delta V_2) &= F_1(\Delta V_1) + \Delta V f(V_2) = \Delta V [f_1(V_1) + f(V_2)] \\ &\dots\dots\dots \\ F_n(\Delta V_n) &= \Delta V [f_1(V_1) + f(V_2) + \dots + f(V_n)] \end{aligned} \quad (1.3)$$

Проводимо розрахунки за формулою (1.3) і отримуємо такі значення:

$$\begin{aligned} F_1(V_1) &= 0,43 \times 0,0084 = 0,0036 \\ F_2(V_2) &= 0,43 \times 0,025 + 0,0036 = 0,0143 \\ F_3(V_3) &= 0,43 \times 0,064 + 0,0143 = 0,0418 \\ F_4(V_4) &= 0,43 \times 0,132 + 0,0418 = 0,0986 \\ F_5(V_5) &= 0,43 \times 0,228 + 0,0986 = 0,197 \\ F_6(V_6) &= 0,43 \times 0,33 + 0,197 = 0,366 \\ F_7(V_7) &= 0,43 \times 0,392 + 0,366 = 0,535 \\ F_8(V_8) &= 0,43 \times 0,39 + 0,535 = 0,702 \\ F_9(V_9) &= 0,43 \times 0,322 + 0,702 = 0,84 \\ F_{10}(V_{10}) &= 0,43 \times 0,222 + 0,84 = 0,935 \\ F_{11}(V_{11}) &= 0,43 \times 0,125 + 0,935 = 0,988 \\ F_{12}(V_{12}) &= 0,43 \times 0,06 + 0,988 = 1,013 \\ F_{13}(V_{13}) &= 0,43 \times 0,023 + 1,013 = 1,022 \\ F_{14}(V_{14}) &= 0,43 \times 0,0077 + 1,022 = 1,025 \end{aligned}$$

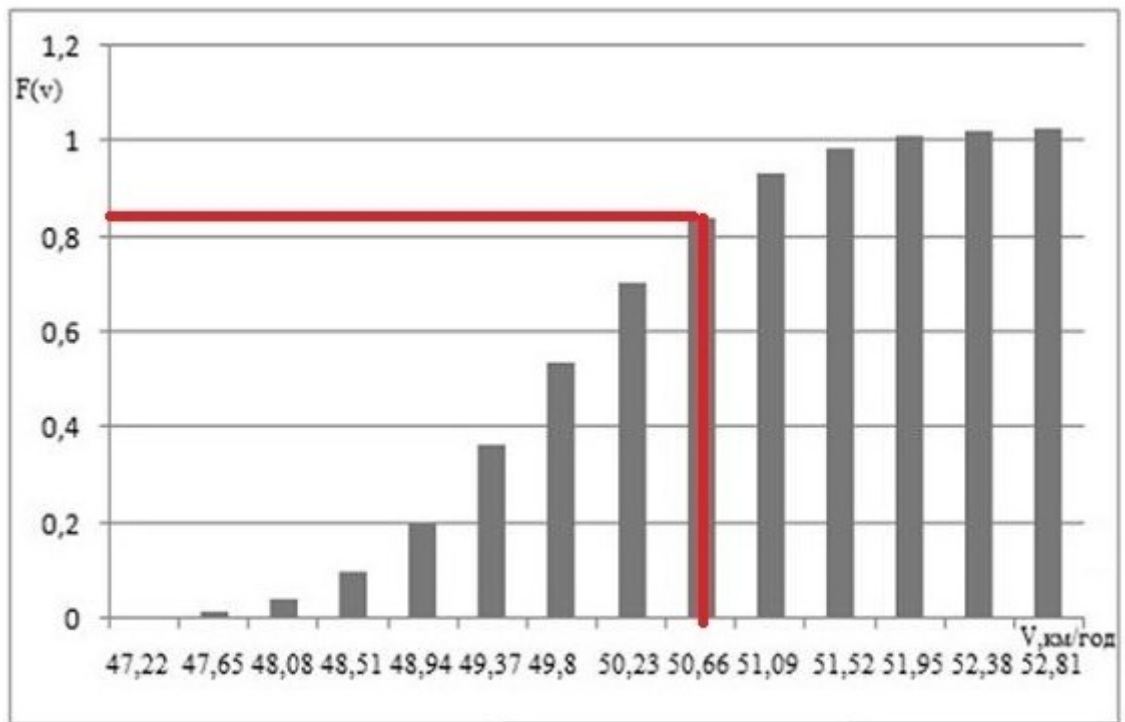


Рисунок 1. 5 – Інтегральна функція

За побудованим графіком $F(v)$ відшукуємо значення швидкості транспортного потоку 85%-го забезпечення (тобто швидкість, яку статистично не перевищують 85% усіх ТЗ), що відповідає значенню $F(v)=0,85$. Отже, за графіком інтегральної функції (рис. 1.5) визначаємо, що $V_k=50,2 \text{ км/год}$.

За аналогічною методикою на основі статистичної обробки вибірки швидкостей визначено швидкість 85-% забезпечення в протилежному напрямі, що складає 50 км/год.

1.3 Аналіз дорожньо-транспортної аварійності на ділянці проектування

З метою ґрунтового аналізу ДТП на ділянці проектування оброблено матеріал Книги обліку ДТП по м. Запоріжжю за 2023 р. Обставини та, що їх встановлено стосовно аварійності на проєктованій ділянці надано в табл. та вміщено у вигляді діаграм. та в табл. 1.3.

Таблиця 1.3– Дані для аналізу аварійності на перехресті

Група	Параметр	Значення
1	2	3
	Кількість ДТП	17
Наслідки ДТП	постраждали середні	5
	постраждали важкі	0
	загиблі	0
	Постраждали водії та пас	4
	Постраждали пішоходи	1
Види ДТП	Зіткнення	11
	Наїзд на транспортний засіб, що стоїть	2
	Наїзд на перешкоду	3
	Наїзд на пішохода	1
	Кількість ДТП, пов'язаних зі світлофорними об'єктами	10
Місяці року	1	
	2	1
	3	
	4	2
	5	3
	6	4
	7	
	8	6
	9	

Закінчення таблиці 1.3

	10	1
	11	
	12	1
Години доби	0	
	1	
	2	
	3	1
	4	
	5	
	7	
	8	3
	9	1
	10	
	11	
	12	1
	13	
	14	
	15	
	16	2
	17	3
	19	4
	20	
	21	2
	22	1
	23	
Дні тижня	понеділок	1
	вівторок	3
	середа	0
	четвер	2
	п'ятниця	5
	субота	2
	неділя	4

Результати проведеного аналізу аварійності представлено графічно на рис. 1.6 та 1.7.

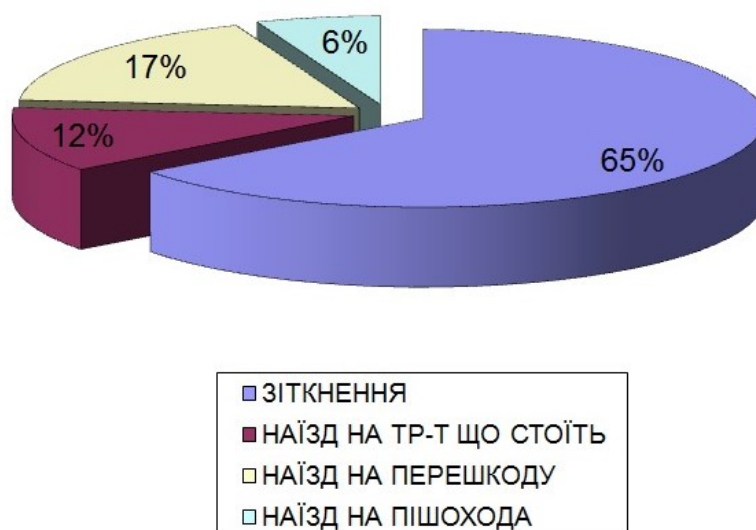


Рисунок 1.6 – Розподіл дорожньо-транспортних пригод по видах

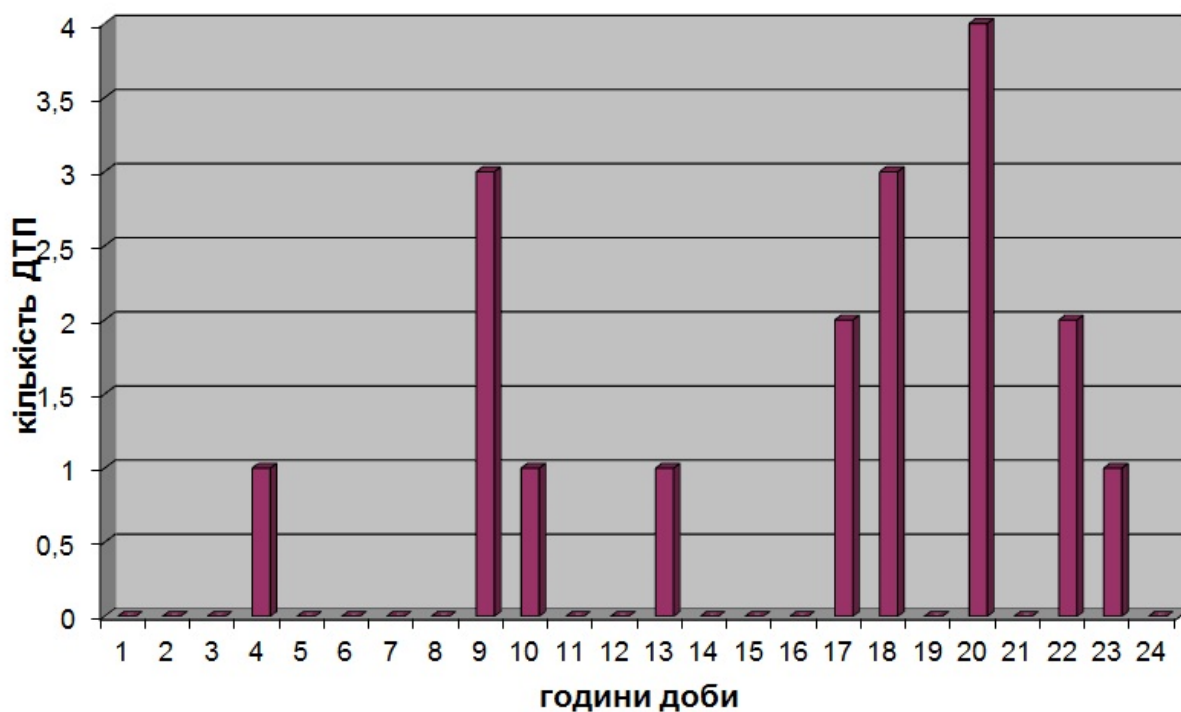


Рисунок 1.7 – Розподіл дорожньо-транспортних пригод по годинах доби

1.4 Дослідження дислокації та режимів роботи технічних засобів організації дорожнього руху на ділянці проектування

1.4.1 Дорожня розмітка та дорожні знаки

В результаті дослідження організації дорожнього руху на ділянці вул. О. Говорухи від вул. Парамонова до шляхопроводу через залізницю виявлено відсутність дорожньої розмітки на цій ділянці. Особливо небезпечної з точки зору аварійності є відсутність позначення пішохідних переходів, які, відповідно до світлофорних режимів, набувають статусу нерегульованих після 21-ї години, а також відсутність розділової вістової лінії 1.3 (подвійної суцільної).

При порівнянні діючої схеми організації дорожнього руху з вимогами нормативних і методичних документів стосовно застосування дорожніх знаків [4,6], виявлено недоліки існуючої схеми організації дорожнього руху, що виражаються у відсутності в деяких місцях дорожніх знаків 5.35.1 та 5.35.2, що позначають межі пішохідного переходу; відсутність дорожніх знаків 2.3, що позначають головну дорогу.

Крім того, на перехресті вул. О. Говорухи та Барикадної виявлено застосування дорожнього знаку 3.23 «Поворот ліворуч заборонено» з невласними для нього функціями.

Відповідно до вимог ДСТУ 4100-2002 [6], знак 3.23 встановлюється перед перехрестями та застосовується для заборони повороту ліворуч на проїзну частину, де організовано однобічний рух в напрямі до перехрестя. Оскільки по вул. Барикадній рух двобічний. Застосування знаку 3.23 в даній дорожній ситуації є помилковим.

Відповідно до методичних рекомендації щодо застосування дорожніх знаків і розміток [8], знаки третьої групи (заборонні) слід застосовувати для заборони окремих маневрів на перехресті лише в тому випадку, коли шляхом

застосування дорожніх знаків інших груп (п'ятої та четвертої), виключити такі маневри неможливо.

На перехресті, що розглядається, така можливість наявна, тому можна вважати за потрібне провести заміну заборонного знаку 3.23 «поворот ліворуч заборонено» знаком іншої групи.

1.4.2 Дорожні світлофори

Застосування, розташування та режими роботи дорожніх світлофорів на перехресті повинні відповідати вимогам ДСТУ 4092-2002 [9]. Розглянемо роботу світлофорного об'єкту на перехресті вул. культурної та О. Говорухи з точки зору відповідності структури світлофорного циклу вимогам методичних рекомендацій та нормативних документів.

Відповідно до [1], сполучення в одній фазі регулювання напрямів регулювання. Що мають конфліктні токи перетину, забороняється. Виняток встановлюється лише для ситуацій, коли конфліктними напрямками є зустрічні та інтенсивність поворотного руху не перевищує 120 зведених транспортних одиниць на годину. Розглядаючи за шифрограмою інтенсивностей транспортний напрям регулювання №4, бачимо, що інтенсивність лівого повороту перевищує 120 од/год, тому сполучення цих напрямів регулювання у фазі 2 не є припустимим.

Виділення в такому випадку окремої фази світлофорного регулювання має як позитивні так і негативні наслідки. До позитивних належать підвищення рівня безпеки дорожнього руху за рахунок зменшення кількості конфліктних точок перетину до негативних аспектів належать збільшення тривалості циклу світлофорного регулювання що негативно позначається на тривалості транспортної затримок.

1.6 АНАЛІЗ НЕДОЛІКІВ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ДОСЛІДЖЕННЯ

Відповідно до завдання на дипломний проект проведено дослідження вулично–дорожньої мережі та характеристик дорожнього руху на вулиці О. Говорухи міста Запоріжжя на ділянці між вулицею Парамонова та шляхопроводом залізниці. В результаті аналізу встановлено, що режими роботи світлофорної сигналізації на регульованих перехрестях вулиці О. Говорухи з вулицями Барикадною та Культурною не відповідають дорожньо-транспортній ситуації, зокрема, групування напрямів до фаз регулювання на перехресті вулиць Культурної та О. Говорухи створює небезпечні конфлікти, що особливо несприятливо впливає на вантажні транспортні засоби і призводить до дорожньо-транспортних пригод.

Крім того, зважаючи на близьке розташування двох світлофорних об'єктів на перехрестях вул. О. Говорухи з вулицями Культурною та Барикадною, серйозним недоліком є відсутність координації роботи цих об'єктів.

Зважаючи на зазначене, пропонується переглянути режими світлофорного регулювання на перехрестях вул. О. Говорухи з вулицями Культурною та Барикадною, провести координацію роботи цих об'єктів, ввести гнучке регулювання руху на перехресті вул. Культурної та О. Говорухи.

2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Зміна схеми дислокації технічних засобів організації дорожнього руху

2.1.1 Розташування світлофорних сигнальних пристроїв

Всі світлофори згідно рекомендацій ДСТУ 4092 розміщуємо у відповідності з наступними варіантами, перевага у використанні яких для різних типів і виконань світлофорів вказана в таблиці (2.1):

Розташування світлофора перед перехрестям:

a – праворуч від проїзної частини;

б – над проїзною частиною;

в – ліворуч від проїзної частини на розділювальній смузі, направляючому острівці чи острівці безпеки;

г – ліворуч від проїзної частини. Варіант може застосовуватись на дорогах з одностороннім рухом транспортних засобів. При двосторонньому русі варіант допускається при кількості смуг зустрічного руху не більше трьох, при цьому світлофори повинні розташовуватись на консольних опорах;

Розташування світлофора на території перехрестя:

д – ліворуч на розділювальній смузі, направляючому острівці чи острівці безпеки;

е – праворуч на розділовій смузі, направляючому острівці чи острівці безпеки;

Розташування світлофора за перехрестям (регульованим пішохідним переходом):

жс – на розділовій смузі, направляючому острівці чи острівці безпеки;

з – ліворуч від проїзної частини; *і* – праворуч від проїзної частини.

Варіанти *жс*, *з*, *і* можуть застосовуватись тільки у випадках, якщо відстань між стоп-лінією та світлофором не перевищує 25 м.

На перехресті вул. О. Говорухи та Культурна встановлюємо світлофори першого типу 1.1 та світлофори другого типу 2.1. . В обох випадках основний

Закінчення таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
T1.13-T1.15	Основний Дублюючий	1 -	2 -	- 1	- 2	- 3	- -	- 4	- 5	- -
T1.16, T1.17	Основний Дублюючий	- -	1 1	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -
T2.1-T2.3	Основний Дублюючий	1* -	2 1*	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -
T2.4-T2.6, T2.10-T2.12	Основний Дублюючий	1 -	2 1	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -
T2.7-T2.9, T2.13-T2.15	Основний Дублюючий	- -	3 1**	1 -	2 -	- -	- -	- -	- -	- -
T.2.16-T.2.18	Основний Дублюючий	1 -	2 2	- 1	- -	- -	- -	- -	- -	- -
T.3.1, T.3.2, T.3.4	Основний	1	-	2	3	-	-	-	-	-
T.3.3	Основний	-	-	1	-	-	-	-	-	-
T.4.1, T.4.2	Див. п.7.25									
T.5.1, T.5.2	Основний	1***	2	-	-	-	-	-	-	-
T.6.1-T.6.5 T.7.1-T.7.4	Основний	1*4	2	-	-	-	-	-	-	-

. Дублюючі світлофори дозволяється розміщувати на стійках лише у тому випадку, коли кількість зустрічних смуг не більша за одну.

ДСТУ 4092-2002 рекомендує у випадку наявності такої можливості переважно використовувати світлофори типу 2. Світлофори типу 2 використовуються для регулювання руху за окремими безконфліктними напрямками на перехресті. Виняток стосовно конфліктності становлять лише

пішохідні напрямки, коли регульований світлофором 2 напрям звертає праворуч.

Світлофори типу 2 розташовуються, як правило, над тими смугами, рух якими вони регулюють (рис. 2.1). Кожен світлофор позначається табличкою білого кольору, на якій чорною стрілкою показано, в яких напрямках регулюється рух цим світлофором (рис. 2.2.)

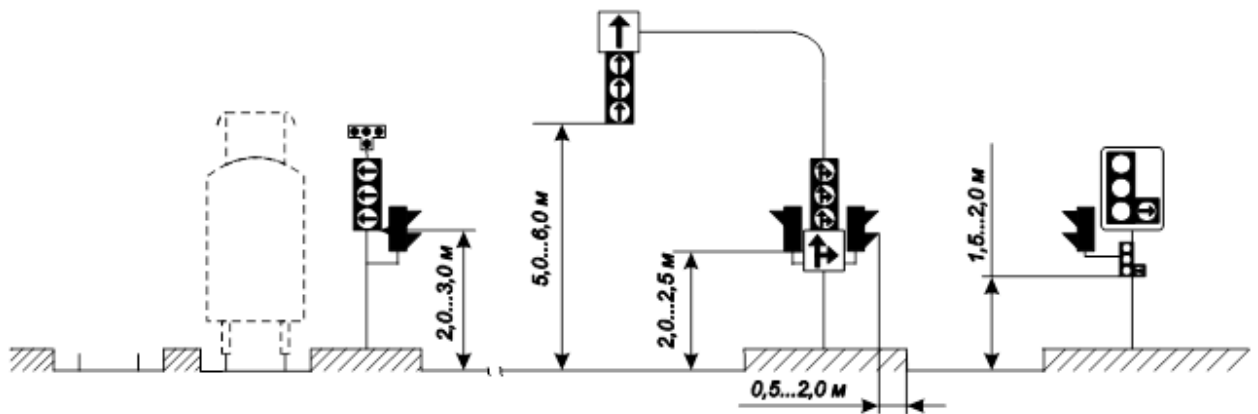


Рисунок 2.1 – Розташування світлофорів типу 2 на кронштейні та праворуч від проїзної частини

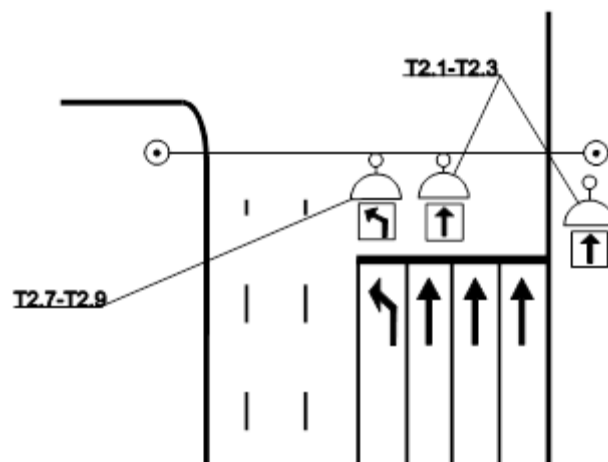


Рисунок 2.2. – Позначення світлофорів типу 2 на схемі дислокації технічних засобів організації дорожнього руху

Зважаючи на зазначене, на перехресті вулиць О. Говорухи і Культурної слід демонтувати усі дублюючі світлофори. На підходах до перехрестя, що мають по одній смузі в кожному напрямі, встановлюються світлофор типу 2 та дублюючий світлофор на стійці ліворуч від краю проїзної частини відповідно. По вулиці О. Говорухи дублюючі світлофори встановлюються перед перехрестям ліворуч від проїзної частини на кронштейні, стрілка додаткової секції демонтується, на пішохідному переході через вулицю Культурну встановлюються пішохідні світлофори.

На регульованому пішохідному переході біля перехрестя з вулицею Барикадною, встановлюються табло виклику фази для пішоходів. Дублюючі транспортні світлофори встановлюються на кронштейнах перед пішохідним переходом ліворуч від проїзної частини.

2.1.2 Застосування дорожніх знаків

За схемою дислокації по ходу головної дороги на перехресті вул. О. Говорухи та Культурна встановлюємо знак (2.3): «Головна дорога» по вул. О. Говорухи. Цей знак застосовується для позначення ділянки дороги, під час руху якою надається переважне право проїзду перехресть, і встановлюється на початку даної ділянки дороги, а у населених пунктах знак 2.3 повинен повторюватись перед кожним перехрестям, де надається право на першочерговий проїзд нерегульованих перехресть.

З обох сторін пішохідних переходів необхідно встановити дорожні знаки 5.35.1 та 5.35.2: «Пішохідний перехід».

Задля ліквідації виявлених в аналітичній частині недоліків стосовно застосування знаку 3.23 «Поворот ліворуч заборонено» на перехресті вулиць О. Говорухи і Барикадної, знак 3.22 демонтуємо. Замість нього застосовуємо наказовий дорожній знак 4.4 «Рух прямо і праворуч».

Відповідно до вимог ДСТУ 4100-2016 [6], розміщення дорожніх знаків повинно забезпечувати їх видимість на нормативній відстані лише для тих

учасників дорожнього руху, яким вони адресовані. Зважаючи на вимогу розділу 10 Правил дорожнього руху України [8], на перехрестях, перед якими не встановлено дорожніх знаків 5.16 або 5.18 напрям руху смугами та розмітка 1.18, поворот ліворуч дозволяється лише з крайнього лівого положення на проїзній частині, що в даному випадку відповідає другій смузі руху. Тому знак 4.4 встановлюємо над проїзної частиною над другою смугою руху.

2.1.3 Нанесення дорожньої розмітки

Вул. О. Говорухи має по дві смуги руху в кожному напрямі; вул. Культурна - по одній смузі руху; протилежні напрями розділяє розділова смуга. По вулиці О. Говорухи робимо розмітку для розділення транспортних потоків протилежних напрямків (1.3), а попутних – розмітку(1.5) та смугу приближення (1.6) яка застосовується для позначення приближення до розмітки суцільної лінії (1.1), яка наноситься перед стоп-лінією (1.12), а також розмітку регульованого пішохідного переходу (1.14.2), яка застосовується для перехрестях, що має пішохідний перехід, де рух регулюється світлофором. Стоп-лінію (1.12), наносимо в місцях, де рух регулюється світлофором, стоп-лінія наноситься з урахуванням забезпечення видимості сигналів світлофора водіями транспортних засобів, що зупинилися.

Відповідно до вимог національного стандарту, що регламентує застосування та технологію нанесення вертикальної та горизонтальної дорожньої розмітки, призначення дорожньої розмітки є уточнення вимог діючих на ділянці проїзної частини дорожніх знаків та забезпечення зорового орієнтування водіїв у розташуванні штучних споруд положення краю проїзної частини розташування пішохідних переходів регульованих перехресть та інших ділянок які можуть становити ту чи іншу небезпеку для дорожнього руху та вимагають певної реакції водія.

2.2 Визначення локального світлофорного режиму

2.2.1. Визначення мінімальних проміжків

Під конфліктними точками мається на увазі міста взаємодії транспортних потоків, які є спільними для кількох траєкторій руху транспортних засобів чи пішоходів. За типами конфліктної точки поділяються на точки відхилення злиття, перетину та переплетення. Наявність конфліктних точок переплетення характерна для транспортних розв'язок в одному рівні де відбувається саморегульований рух. Великою кількістю досліджень встановлена пряма залежність між кількістю конфліктних точок та індексом інтенсивностей транспортних потоків, для яких ця точка є спільною з кількістю та тяжкістю дорожньо-транспортних пригод які відбуваються топографічно поблизу цієї точки.

Типи конфліктних точок зображені на рисунку 2.3.

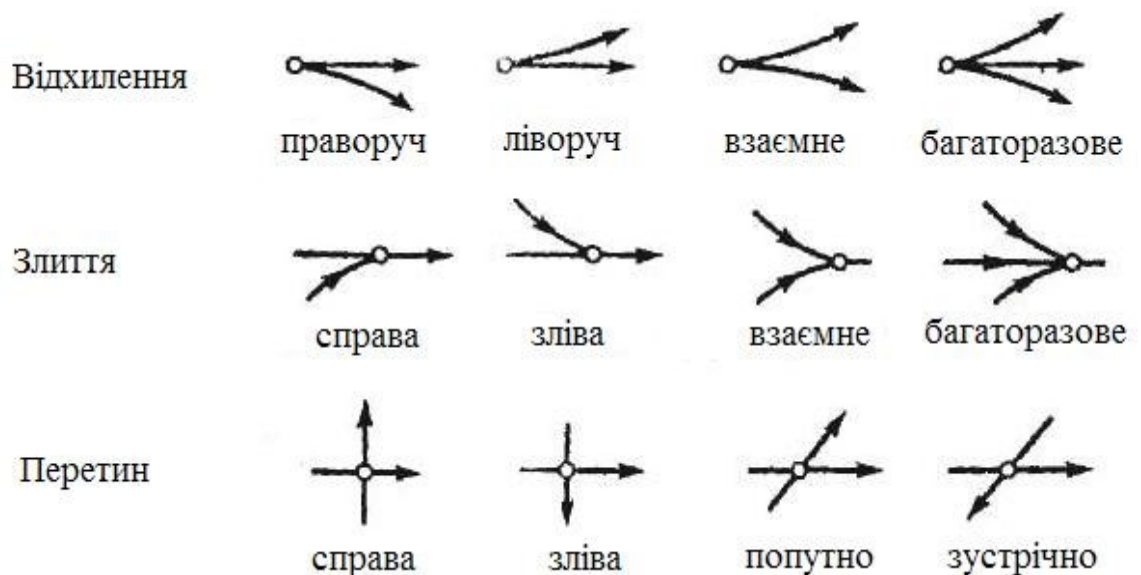


Рисунок 2.3 – Типи конфліктних точок.

Схема траєкторій руху транспортних засобів та пішоходів на перехресті вулиць Культурної та О. Говорухи зображена на рис. 2.4.

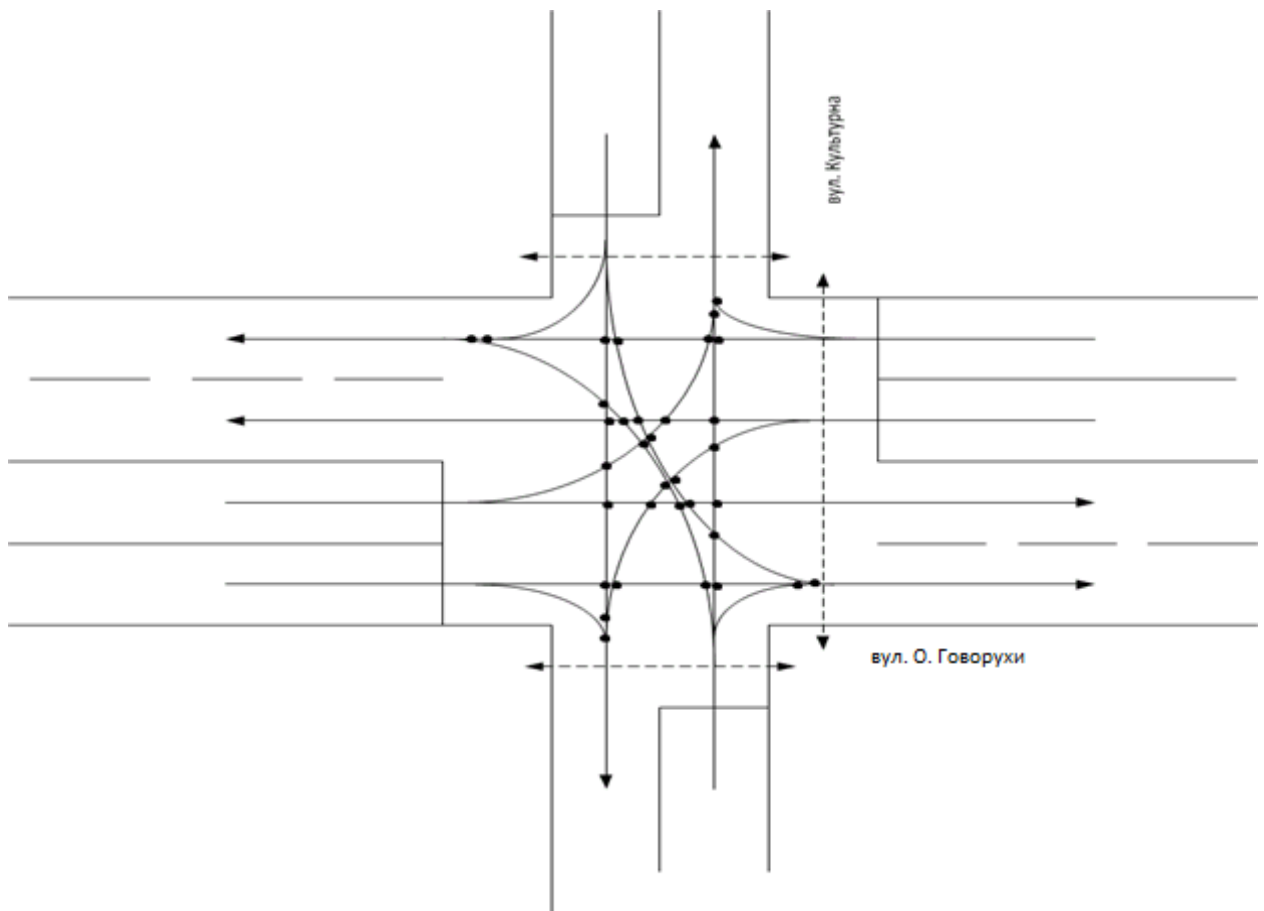


Рисунок 2.4 Схема траєкторій на перехресті вул. О. Говорухи та Культурна

На основі схеми визначення дальніх конфліктних точок складаю матрицю конфліктних напрямків, заносючи туди значення відстаней до дальніх конфліктних точок у метрах. Схема напрямків на перехресті показані на рисунку 2.5.

До одного напрямку об'єднуються траєкторії, що заходять на перехрестя через одну стоп-лінію та не мають між собою конфліктних точок перетину або злиття.

За наведеною схемою розташування в межах перехрестя конфліктних точок траєкторії руху транспортних засобів та пішоходів можна встановити, що найбільша кількість конфліктних точок розташованих в межах перехрестя за своїм видом є найнебезпечнішою та належить до точок перетину. Введення світлофорного регулювання на перехресті значно зменшує

кількість конфліктних точок в яких одночасно опиняються конфліктуючі напрямки.

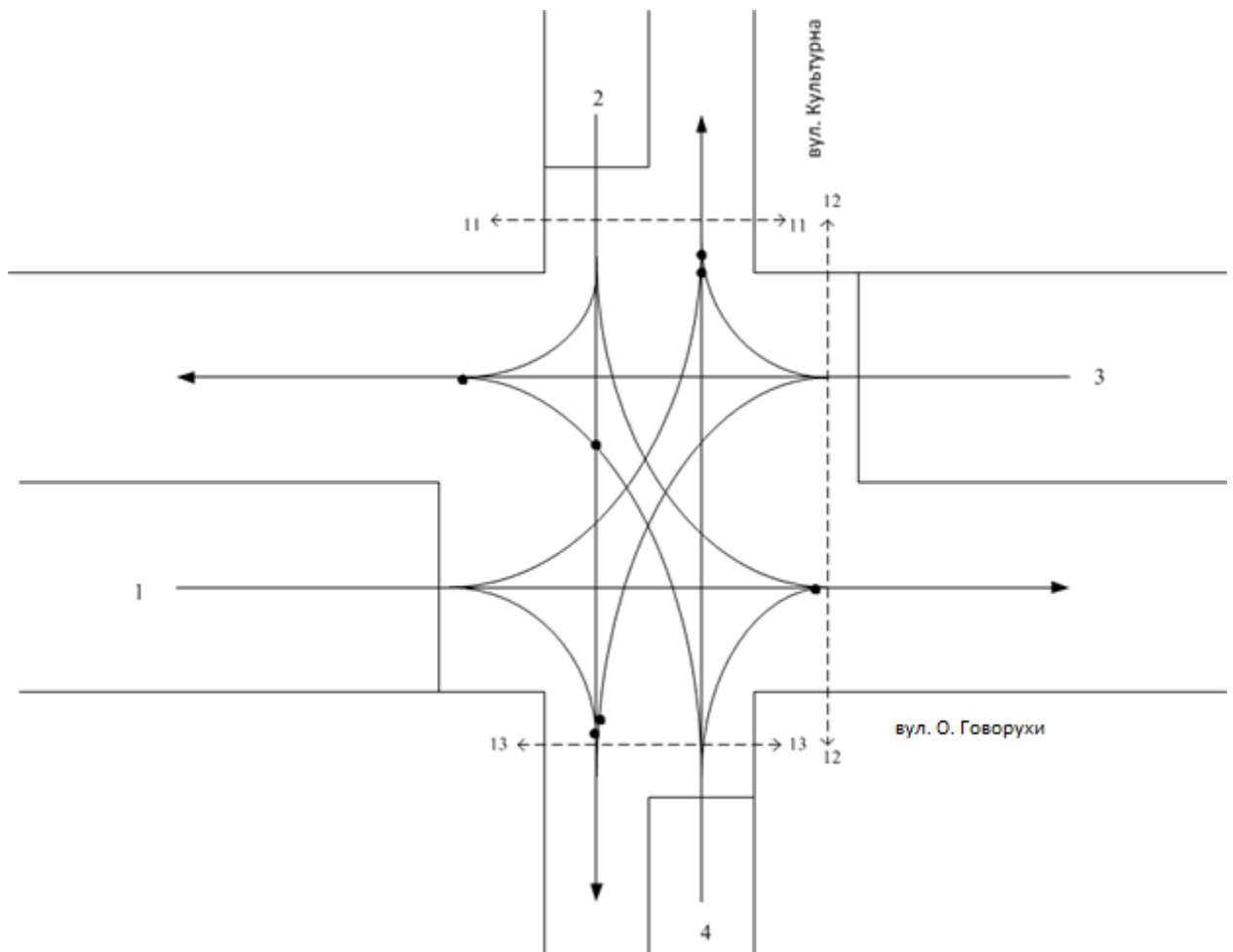


Рисунок 2.5 Схема напрямів на перехресті вул. О. Говорухи та Культурна

Відстань від стоп-лінії до дальньої конфліктної точки розраховується за формулою:

$$B_{i,j} = l + \frac{2\pi R}{4(8)} \quad (2.1)$$

де l – відстань від стоп-лінії до початку перехрестя;

R – радіус повороту.

В формулі (3.1) ділимо на вісім у тому випадку, якщо конфліктна точка знаходиться в центрі перехрестя, а на чотири, коли ближче до краю проїзної частини.

Радіус розраховується як середнє значення початкового і кінцевого радіуса руху ТЗ за формулою:

$$R = \frac{r_1 + r_2}{2} \quad (2.2)$$

де r_1 - початковий радіус руху ТЗ;

r_2 - кінцевий радіус руху ТЗ.

Для перехрестя вул. О. Говорухи та вул. Культурна:

$$B_{12} = 4,5 + \frac{2 \times 3,14 \times 8}{4} = 17,06 \text{ м}$$

$$B_{13} = 4,5 + \frac{2 \times 3,14 \times 8}{4} = 17,06 \text{ м}$$

$$R = \frac{8,75 + 5,85}{2} = 7,3 \text{ м}$$

$$B_{14} = 4,5 + \frac{2 \times 3,14 \times 7,3}{4} = 16 \text{ м}$$

$$B_{21} = 8,5 + 14 = 22,5 \text{ м}$$

$$B_{24} = 8,5 + 7 = 15,5 \text{ м}$$

$$R = \frac{8,75 + 5,85}{2} = 7,3 \text{ м}$$

$$B_{32} = 8,5 + \frac{2 \times 3,14 \times 7,3}{4} = 20 \text{ м}$$

$$B_{34} = 8,5 + \frac{2 \times 3,14 \times 8}{4} = 21,06 \text{ м}$$

$$B_{41} = 4,5 + 14 = 18,5 \text{ м}$$

$$R = \frac{5,85 + 7}{2} = 6,4 \text{ м}$$

$$B_{42} = 4,5 + \frac{2 \times 3,14 \times 6,4}{8} = 10 \text{ м}$$

$$R = \frac{5,85 + 14}{2} = 9,9 \text{ м}$$

$$B_{43} = 4,5 + \frac{2 \times 3,14 \times 9,9}{4} = 20 \text{ м}$$

Отримані дані заносимо в таблицю 3.2

Таблиця 2.2 – Матриця конфліктів для перехрестя вул. О. Говорухи та Культурна

Напрями	1	2	3	4
1		-17,06	-17,06	-16
2	22,5			15,5
3		-20		-21,06
4	-18,5	-10	-20	

2.2.2 .Схеми пофазного роз'їзду

На основі цих принципів та матриці конфліктів визначаємо схему пофазного регулювання для першого перехрестя. На перехресті вул. О. Говорухи та Культурна згідно вимоги №4 вводиться трифазна схема регулювання руху (табл. 2.3).

Таблиця 2.3 - Розподіли напрямів за фазами для перехрестя вул. О. Говорухи та Культурна

Фаза	Напрями
1	1,3
2	2
3	4

Пофазний роз'їзд перехрестя зображено на рис. 2.7.

2.2.3 Визначення перехідних інтервалів

Розраховую тривалості додаткових тактів $t_{\partial j}^i$ для кожного напрямку $i=1, 2, 3, \dots, n$, на кожному перехресті використовуючи формулу:

$$t_{\partial j}^i = t_p + \frac{V_k}{2a^k} + \frac{B_j^i + l_a}{V_k} \quad (2.3)$$

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

V_k - швидкість руху автомобіля, м/с

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

B_j^i - елемент матриці конфліктів, м;

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

У випадку, коли елемент матриці B має знак «-», то під час перерахунку значення швидкості зменшується на 30% але не менше ніж до 8,33 м/с.

50,2 км/год= 13,9м/с. 30% від 13,9м/с = 9,73 м/с.

Розраховуємо перехідні інтервали для перехрестя вул. О. Говорухи та Культурна за формулою (3.3):

$$t_{12} = 1 + \frac{9,73}{6} + \frac{17,06 + 5}{9,73} = 4,9 \text{ с}$$

$$t_{13} = 1 + \frac{9,73}{6} + \frac{17,06 + 5}{9,73} = 4,9 \text{ с}$$

$$t_{14} = 1 + \frac{9,73}{6} + \frac{16 + 5}{9,73} = 4,8 \text{ с}$$

$$t_{21} = 1 + \frac{13,9}{6} + \frac{22,5 + 5}{13,9} = 5,3 \text{ с}$$

$$t_{24} = 1 + \frac{13,9}{6} + \frac{15,5 + 5}{13,9} = 4,8 \text{ с}$$

$$t_{32} = 1 + \frac{9,73}{6} + \frac{20 + 5}{9,73} = 5,2 \text{ с}$$

$$t_{34} = 1 + \frac{9,73}{6} + \frac{21,06 + 5}{9,73} = 5,3 \text{ с}$$

$$t_{41} = 1 + \frac{13,9}{6} + \frac{18,5 + 5}{13,9} = 4,9 \text{ с}$$

$$t_{42} = 1 + \frac{9,73}{6} + \frac{10 + 5}{9,73} = 3,8 \text{ с}$$

$$t_{43} = 1 + \frac{9,73}{6} + \frac{20 + 5}{9,73} = 5,2$$

Результат розрахунку округлюю до цілих в більший бік. Отримані дані заносимо у таблиці 2.4 та 2.5.

Таблиця 2.4 – Матриця мінімальних часових проміжків для перехрестя вул. О. Говорухи та Культурна

Напрями	1	2	3	4
1		5	5	5
2	6			5
3		6		6
4	5	4	6	

Методом попарного перебору напрямів знаходжу максимальні значення відповідних елементів матриці t , які є перехідними інтервалами. Перехідний інтервал – це проміжок у світлофорному циклі, протягом якого хоч в одній сигнальній групі здійснюється перехід з зеленого на червоний сигнал та з червоного на зелений.

Перехідний інтервал призначено для проїзду перехрестя транспортними засобами, що перетнули стоп-лінію на момент ввімкнення сигналу, що забороняє рух та для безпечного завершення переходу пішоходами проїзної частини, або повернення на тротуар.

Таблиця 2.5 – Знаходження перехідних інтервалів для перехрестя вул. О. Говорухи та Культурна

Перехід	Напрямок	Мін проміжок	$t_{\text{пі}}$
Перехід з фази 1 на фазу 2	1 - 2	5	6
	3 - 2	6	
Перехід з фази 2 на фазу 3	2 - 4	5	5
Перехід з фази 3 на фазу 1	4 - 1	5	6
	4 - 3	6	

Втрачений у циклі час для перехрестя визначаю за формулою:

$$L = \sum_{j=1}^m (t_{\partial_j} - 1) \quad (2.4)$$

де m - кількість фаз регулювання на перехресті.

За формулою (3.4) знаходжу втрачений у циклі час для перехрестя вул. О. Говорухи та Культурна складає :

$$L = (6 - 1) + (5 - 1) + (6 - 1) = 14 \text{ с}$$

2.2.4 Визначення тривалостей основних тактів

Розраховую тривалість циклу регулювання для першого перехрестя. На першому перехресті 4 напрями. Розраховуємо потоки насичення для цих напрямів за таблицею 2.6. У випадку, якщо значення ширини (Н) знаходяться на числовій вісі між зазначеними у таблиці, виконую лінійну інтерполяцію.

Таблиця 2.6 - Потоки насичення

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

Згідно даним ширина проїзної частини вул. О. Говорухи дорівнює 14 м, вул. Культурної – 7,8 м, вул. Парамонова: ширина проїзної частини №1 та №2 дорівнює 7,5 м, розділової смуги – 5 м.

Оскільки на перехресті ширина смуги руху по вул. О. Говорухи складає 3,5м, а по вул. Культурна 3,9м і оскільки ці значення знаходяться на числовій вісі між значеннями у таблиці, то для знаходження потоку насичення для прямого напрямку за таблицею (3.9) виконую лінійну інтерполяцію:

$$M_{H \text{ для } 3,5} = 1875 + \frac{1950 - 1875}{3,6 - 3,3} \times (3,5 - 3,3) = 1925 \text{ од/год}$$

$$M_{H \text{ для } 3,9} = 1950 + \frac{2075 - 1950}{4,2 - 3,6} \times (3,9 - 3,6) = 2013 \text{ од/год}$$

Якщо поворотні маневри здійснюються із загальної смуги руху і доля ТЗ, що повертають, більша за 10%, то потік насичення знаходиться за формулою(3.5):

$$M_{H,i}^k = \frac{M_H}{\alpha + 1,75\beta + 1,25\gamma} \quad (2.5)$$

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

α, β, γ - частка ТЗ., що рухаються по смузі відповідно прямо, ліворуч, праворуч;

i – напрям; k – смуга.

Якщо поворот праворуч чи ліворуч виконується безконфліктно з окремої смуги, то потік насичення буде залежати від радіусу повороту:

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

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

Потім для кожного з поєднаних у фазах напрямів для всіх перехресть розраховують значення фазових коефіцієнтів:

$$y_i = \frac{N_i}{M_{ni}^k} \quad (2.7)$$

де N_i – інтенсивність руху на i -тому напрямі;

M_{ni}^k – потік насичення i -того напрямку k -тої смуги.

Розподіл інтенсивностей по смугах зображено на рисунку 2.6.

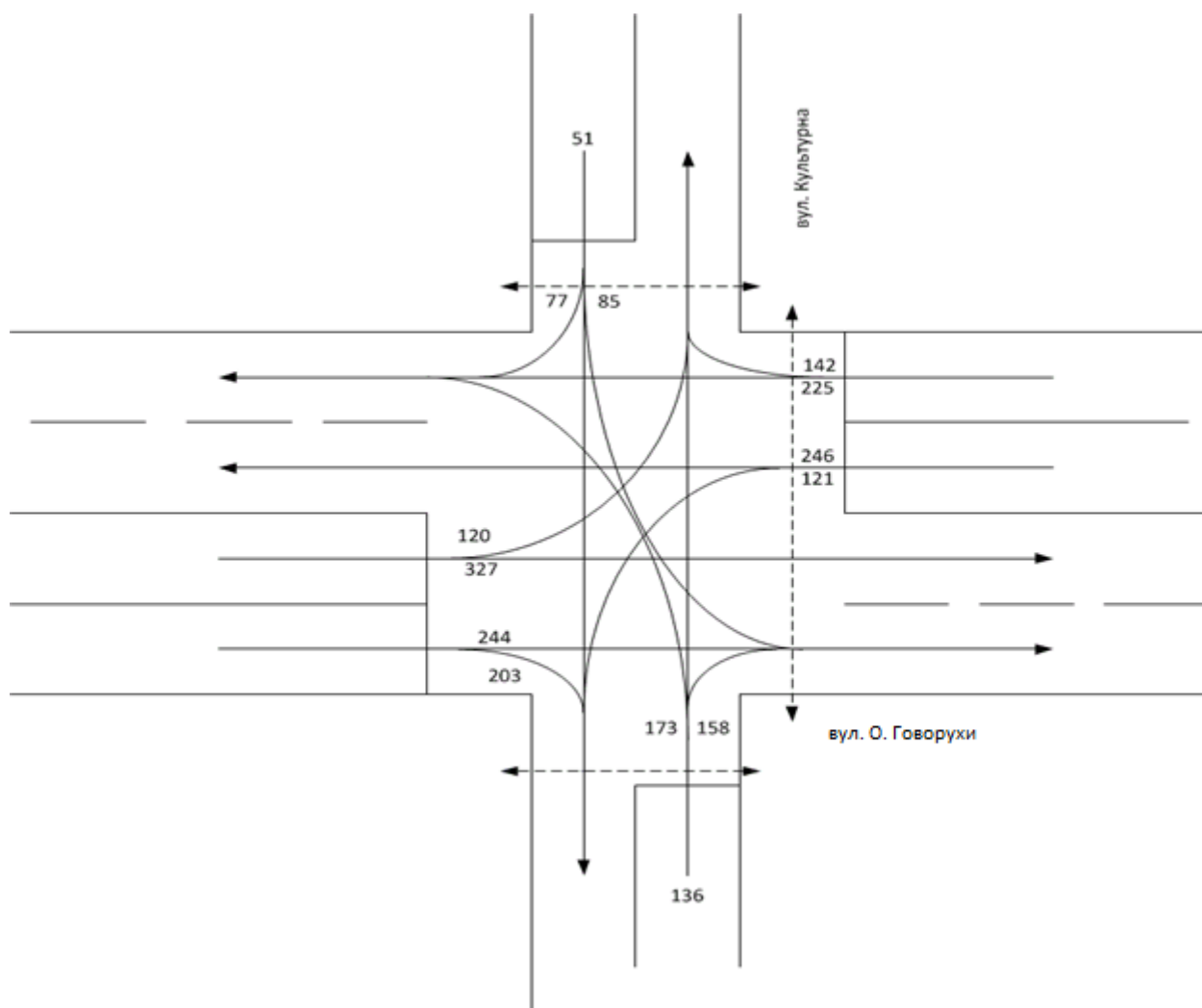


Рисунок 2.6 Розподіл по смугах на перехресті вул. О. Говорухи та
Культурна

На перехресті вул. О. Говорухи та Культурна з усіх напрямів виконуються поворотні маневри і доля ТЗ, що повертають, більша за 10%, тому для знаходження потоку насичення для всіх напрямів користуюся формулою (2.5).

Для першого напрямку:

$$\alpha_1 = \frac{244}{447} = 0,55$$

$$\alpha_2 = \frac{327}{447} = 0,73$$

$$\beta = \frac{203}{447} = 0,45$$

$$\gamma = \frac{120}{447} = 0,27$$

$$M_{н1}^1 = \frac{1925}{0,55 + 1,25 \times 0,45} = 1730 \text{ од/год}$$

$$M_{н1}^2 = \frac{1925}{0,73 + 1,75 \times 0,27} = 1826 \text{ од/год}$$

Для другого напрямку:

$$\alpha = \frac{51}{213} = 0,24$$

$$\beta = \frac{77}{213} = 0,4$$

$$\gamma = \frac{85}{213} = 0,36$$

$$M_{н2} = \frac{2033}{0,24 + 1,75 \times 0,4 + 1,25 \times 0,36} = 1448 \text{ од/год}$$

Для третьего напрямку:

$$\alpha_1 = \frac{225}{367} = 0,61$$

$$\alpha_2 = \frac{246}{367} = 0,67$$

$$\beta = \frac{142}{367} = 0,39$$

$$\gamma = \frac{121}{367} = 0,33$$

$$M_{\text{нз}}^1 = \frac{2013}{0,61 + 1,25 \times 0,39} = 1834 \text{ од/год}$$

$$M_{\text{нз}}^2 = \frac{2013}{0,67 + 1,75 \times 0,33} = 1613 \text{ од/год}$$

Для четвертого напрямку:

$$\alpha_1 = \frac{136}{467} = 0,29$$

$$\beta = \frac{158}{467} = 0,34$$

$$\gamma = \frac{173}{467} = 0,37$$

$$M_{\text{нз}} = \frac{2013}{0,29 + 1,75 \times 0,37 + 1,25 \times 0,34} = 1477 \text{ од/год}$$

Розраховуємо значення фазових коефіцієнтів за формулою (3.7):

$$y_1^1 = \frac{447}{1730} = 0,26$$

$$y_1^2 = \frac{447}{1600} = 0,28$$

$$y_2 = \frac{213}{1834} = 0,12$$

$$y_3^1 = \frac{367}{1754} = 0,21$$

$$y_3^2 = \frac{367}{1543} = 0,24$$

$$y_4 = \frac{467}{1477} = 0,32$$

Для того, щоб вибрати максимальний фазовий коефіцієнт складаю таблицю, в яку заносимо результати всіх попередніх розрахунків, та за допомогою якої вибираю максимальні фазові коефіцієнти 1 та 2 фаз.

Інтенсивність руху між смугами розподіляється з урахуванням рівномірного використання пропускної спроможності смуг (табл.2.7).

Таблиця 2.7 – Знаходження максимальних фазових коефіцієнтів першої та другої фаз для перехрестя вул. О. Говорухи та Культурної

Фаза	напрям	смуга	Нод/год.	M_n	y	y_{max}	Y
1	1	1	447	1730	0,26	0,28	0,28
		2	447	1600	0,28		
	3	1	367	1754	0,21	0,24	
		2	367	1543	0,24		
2	2	1	213	1834	0,12	0,12	0,12
3	4	1	467	1477	0,32	0,32	0,32

Фазовий коефіцієнт перехрестя розраховую як суму максимальних фазових коефіцієнтів першої та другої фаз за формулою (3.8):

$$Y_k = \sum_{j=1}^m y_{j_{max}} \quad (3.8)$$

$$Y_k = 0,28 + 0,12 + 0,32 = 0,72$$

Вид формули, що визначає тривалість світлофорного циклу визначається в залежності від завантаженості магістрального напрямку та від кількості фаз у циклі.

Якщо інтенсивність руху рухом на магістральному напрямі хоча б по одній смузі більша 500 од./год, цикли розраховують за формулою:

$$T_{\text{ц}} = \frac{0,9L}{0,9 - Y_k} \quad (2.9)$$

якщо менша - за формулою Вебстера:

-для двофазних циклів

$$T_{\text{ц}} = \frac{2L}{1 - Y_k} \quad (2.10)$$

-для трифазних циклів

$$T_{\text{ц}} = \frac{1,5L + 5}{1 - Y_k} \quad (2.11)$$

Якщо розрахункове значення циклу перехрестя менше 20 с, його округлюють до 20 с.

Оскільки в мене двофазний цикл з інтенсивністю руху по смугам меншою за 500 од/год., то тривалість циклу перехрестя вул. О. Говорухи та Культурна розраховуємо за формулою (3.11):

$$T_{\text{ц1}} = \frac{1,5 \times 14 + 5}{1 - 0,72} = 93 \text{ с}$$

Тривалість основного такту обчислюється за формулою (3.12), а значення округлюється до цілого числа в більшу сторону. Тривалість основного такту не повинна бути меншою за 7с., якщо вона менша треба застосувати коефіцієнт корекції.

$$t_{от}^i = \frac{Y}{Y_k} (T_{ц} - L) - 1 \quad (2.12)$$

де Y – фазовий коефіцієнт відповідної фази;

Y_k - фазовий коефіцієнт перехрестя.

$$t_{от}^1 = \frac{0,28}{0,72} (93 - 14) - 1 = 31 \text{ с}$$

$$t_{от}^2 = \frac{0,12}{0,72} (93 - 14) - 1 = 13 \text{ с}$$

$$t_{от}^3 = \frac{0,32}{0,72} (93 - 14) - 1 = 35 \text{ с}$$

Отримані значення основних тактів підлягають корекції. Згідно ДСТУ 4158-2003 тривалість основних тактів має бути не менше 7 с. Тому для кожної з фаз знаходиться значення коефіцієнту корекції основного такту:

$$k_1 = \frac{7}{t_3} \quad (2.13)$$

Для першої фази:

$$k_1 = \frac{7}{31} = 0,23$$

Для другої фази:

$$k_1 = \frac{7}{13} = 0,54$$

Для третьої фази:

$$k_1 = \frac{7}{35} = 0,2$$

Зі значень, що відповідають усім основним тактам, знаходиться максимум, що у випадку перевищення ним 1 помножується на кожне значення основного такту для отримання коригованих значень. Також провадиться корекція на пішохідний мінімум у випадку наявності пішохідного руху на перехресті:

$$k_2 = \frac{b/V_n + 5 - t_{\theta i}}{t_{3i}} \quad (2.14)$$

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

V_n – швидкість руху пішохода, км/год (за [5] приймаємо 1,3 м/с.)

Для пішохідного напрямку в першій фазі:

$$k_2 = \frac{7,8/1,3 + 5 - 6}{31} = 0,16$$

Для пішохідного напрямку в другій фазі:

$$k_2 = \frac{14/1,3 + 5 - 5}{13} = 0,83$$

Для пішохідного напрямку в третій фазі:

$$k_2 = \frac{14/1,3 + 5 - 6}{35} = 0,28$$

У випадках, коли пішохідний напрям переходить з даної фази в наступну, або з минулої в поточну, значення в знаменнику збільшується на відповідний основний такт та перехідний інтервал. При цьому важливим є те, чи проведено вже коригування минулої чи наступної фази на 7 секунд. Також можливе проведення корекції тривалостей обох основних тактів.

Якщо при розрахунку тривалостей зелених сигналів отримані значення менше 7 с, їх треба збільшити до 7 с. При цьому тривалість решти тактів пропорційно збільшують і корегують тривалість циклу за новими значеннями:

$$\bar{T} = \bar{t}_3^m + \bar{t}_3^{ln} + \bar{t}_3^{op} + \bar{t}_o^m + \bar{t}_o^{ln} + \bar{t}_o^{op} \quad (2.15)$$

Визначаю остаточну тривалість циклу для перехрестя вул. О. Говорухи та Культурна:

$$T_{ц1} = t_{от}^1 + t_{от}^2 + t_{пi}^1 + t_{пi}^2 \quad (2.16)$$

$$T_{ц1} = 31 + 13 + 35 + 6 + 5 + 6 = 96 \text{ с}$$



Рисунок 2. 7 – Циклограми світлофорного регулювання в координованому режимі на перехресті вулиць Говорухи та Культурної (без пропуску фази №2 та з пропуском фази №2)

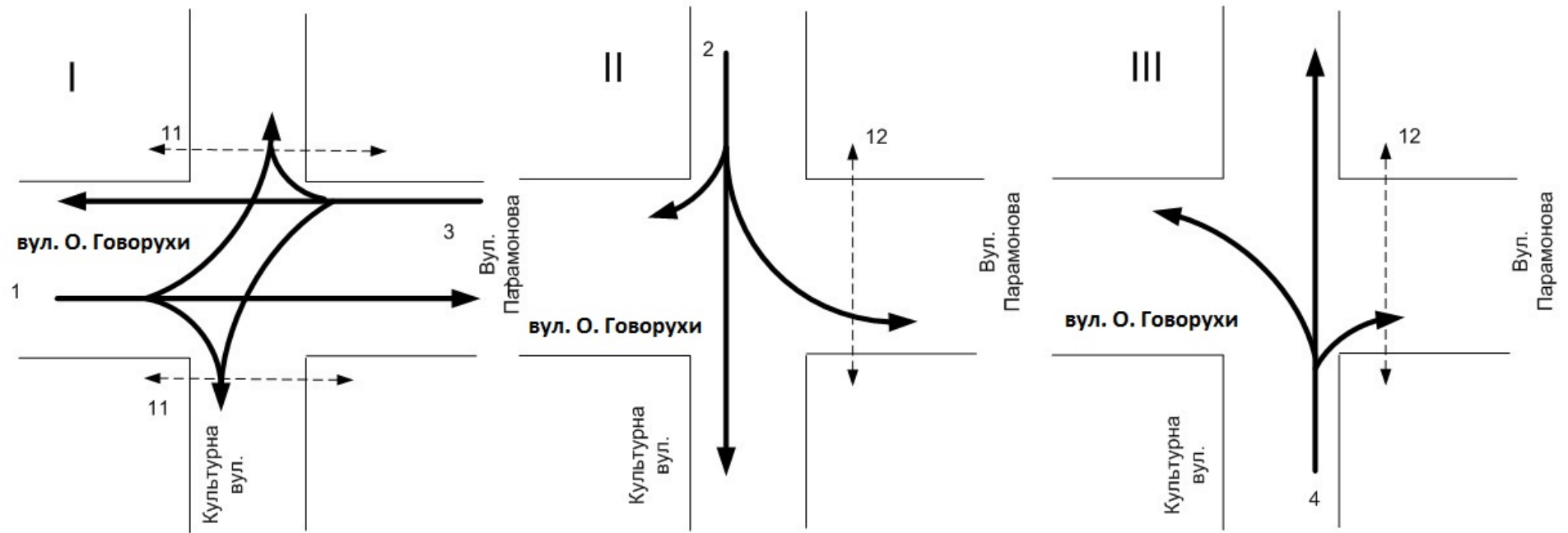
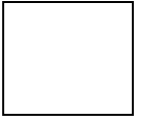


Рисунок 2.8 – Схема пофазового роз'їзду на перехресті вулиць Культурної та Говорухи

2.3 Застосування алгоритму пропуску фази та детектора транспорту

Детектор транспорту – це технічний засіб автоматизованої системи управління дорожнім рухом, що являє собою ультразвуковий датчик руху транспортного засобу. Функцією детектора є перетворення неелектричного параметри – наявності транспортного засобу – в електричний параметр – імпульс струму, що передається детектором в дорожній контролер (рис. 2.7).

Детектор транспорту за типом відноситься до датчиків пасивної дії, оскільки енергію, необхідну для утворення сигналу, отримує від блоку живлення дорожнього контролера.

Детектор встановлюється на віддалені від перехрестя на електричній опорі зовнішнього освітлення.

Принцип дії детектора ґрунтується на ефекті відбивання ультразвукових хвиль від транспортного засобу. Пристрій постійно випромінює ультразвукові хвилі, а у випадку наявності в зоні дії детектора транспортних засобів, хвиля відбивається від поверхні транспортного засобу та повертається назад до приладу.



Рисунок 2.7 – Зовнішній вигляд детектора транспорту.

З метою адаптації режиму світлофорного регулювання до нерівномірності руху транспорту пропонується застосувати алгоритм пропуску другої фази регулювання в режимі координації. Для цього розроблено алгоритм роботи дорожніх контролерів в режимі гнучкої координації.

В цьому режимі обидва дорожніх контролера працюватимуть за системою пропуску фаз, яка полягає в тому, що сигнал виклику фази регулювання, на яку не надійшло вимоги від детектора, не подається.

На перехресті вулиць О. Говорухи і Культурної в якості детектора для виклику другої фази використовується ультразвуковий прилад «Комкон», а на регульованому пішохідному переході поблизу перехрестя вулиць О. Говорухи в Барикадної – табло виклику пішоходів.

Особливість гнучкого режиму полягає в тому, що цикл світлофорного регулювання не має фіксованого значення та змінюється залежно від набору фаз регулювання у ньому. Рішення про необхідність виклику фази. Що може пропускатися, ухвалюється блоком управління в момент закінчення мінімального часу основного такту регулювання фази, яка є постійної в структурі (як правило, першої). Залежно від того, яка фаза буде наступною, змінюється структура перехідного інтервалу першої фази у зв'язку зі зміною набору мінімальних часових проміжків, серед яких встановлюється тривалість перехідного інтервалу.

Алгоритм роботи автоматизованої системи, що складається з двох контролерів типу ДКМ, засновано на принципі виклику фаз..

Відмінністю роботи двоконтролерної безцентрової системи в такому випадку є наявність «блукуючого» циклу координованого регулювання, який вимагає розробки різних планів координації залежно від набору та чергування фаз у світлофорному циклі.

2.4 Визначення параметрів світлофорних циклів в режимі координації та побудова графіку координованого регулювання

Програми-обробники, що входять до програмного комплексу «777», призначені для трансформації та кодування даних з метою подальшої обробки координатором, а також для отримання звітів та циклограм у різних формах, проведення економічних розрахунків та внесення коректур у вихідні дані. Текст програми-обробника не ключових перехресть наведено в додатку Е.

Обробка перехресть для подальшої магістральної координації здійснюється в наступній послідовності:

- виявлення ключового перехрестя та внесення його до плану координації;
- розрахунок параметрів циклів на неключових перехрестях з урахуванням циклу координації та внесення даних до плану координації.

Розрахунок параметрів циклів на базі циклу координації в магістральному режимі здійснюється з урахуванням лише мінімальних тривалостей основних тактів (необхідні тривалості зменшуються внаслідок активізації процесу групоутворення, що пов'язана з надмірністю значення циклу координації порівняно з оптимальними значеннями циклів). Оскільки другорядним напрямом є пішохідний, то мінімальна тривалість пішохідної фази розраховується відповідно до вимог ДСТУ 4092-2002 таким чином:

$$t_{or}^2 = \frac{B}{V_n} + 5, \quad (2.17)$$

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

V_n – швидкість руху пішохода (відповідно [6] приймається 1,3 м/с.

$$t_{or}^2 = \frac{14.5}{1.3} + 5 = 17c,$$

При цьому основний такт магістральної фази знаходиться за залишковим принципом:

$$t_{OT}^1 = T_{\psi} - t_{III}^1 - t_{III}^2 - t_{OT}^2, \quad (2.18)$$

Для пішохідного напрямку мінімальне значення тривалості перехідного інтервалу відповідно ДСТУ 4092-2002 складає 3с. Для циклу координації 96с, тривалість основного такту складає:

$$t_{OT}^1 = 96 - 3 - 3 - 17 = 77с$$

Для циклу координації 96с, тривалість основного такту складає:

$$t_{OT}^1 = 78 - 3 - 3 - 17 = 55с$$

Таблиця 2.8 – Параметри графіків координації

Параметр	Двофазний режим	Трифазний режим
Цикл системи координації, с	78	96
Зміщення, с	75	90
Коригуючий зсув	-26	-26
Тривалість прямої стрічки часу, с	26	26
Тривалість прямої стрічки часу, с	26	26

Таблиця 2.9 – Параметри графіків координації в двофазному режимі

Параметр	Вул. О. Говорухи – вул. Культурна	Вул. О. Говорухи – вул. Барикадна
Довжина кальки в прямому напрямі, с	31	55
Довжина кальки в зворотному напрямі, с	31	55
Абсолютний зсув, с	22	20

Таблиця 2.10 – Параметри графіків координації в трифазному режимі

Параметр	Вул. О. Говорухи – вул. Культурна	Вул. О. Говорухи – вул. Барикадна
Довжина кальки в прямому напрямі, с	31	77
Довжина кальки в зворотному напрямі, с	31	77
Абсолютний зсув, с	22	0

3 СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Розрахунок капітальних витрат

До капітальних витрат відносяться витрати на придбання 2 пішохідних світлофорів, 5 транспортних світлофорів, 35 м кабелю, 1 дорожнього контролера, 12 дорожніх знаків (11 квадратних, один круглий). Також до капітальних витрат належать витрати на кабельні роботи з 35 м кабелю, монтажу 12 дорожніх знаків, демонтажу 1 дорожнього знака, монтажу 7 світлофорів.

Капітальні витрати на придбання світлофорів становитимуть з урахуванням необхідності придбання 2 пішохідних світлофорів та їх ціни 15876 грн., 5 транспортних світлофорів та їх ціни 26244 грн.:

$$K_{ce} = 2 \cdot 15876 + 5 \cdot 26244 = 162972 \text{ грн} \quad (3.1)$$

Довжина кабелів на тросовому підвісі складає 35м, вартість кабелю та тросу складає 213,6 грн/м, таким чином витрати на кабель становитимуть:

$$K_k = 35 \cdot 213,6 = 7476 \text{ грн}$$

Витрати на закупівлю дорожніх знаків K_z визначено у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Витрати на закупівлю дорожніх знаків

Тип знаку	Вартість 1 знаку	Кількість знаків	Сума
Круглий	972	1	972
Квадратний	972	11	10692
Разом		12	11664

Довжина кабелів складає 35м, вартість кабельних робіт 234 грн/м таким чином витрати на кабельні роботи дорівнюватимуть:

$$K_m = 35 \cdot 234 = 8190 \text{ грн} \quad (3.2)$$

Витрати на монтаж 1 світлофора становлять 225 грн., таким чином витрати на монтажні роботи зі світлофорами становлять

$$K_c = (2 + 5) \cdot 1450 = 10150 \text{ грн} \quad (3.2)$$

Витрати на встановлення 12 дорожніх знаків та демонтаж 1 знаку на електроопорах з урахуванням вартості встановлення 184 грн/шт. та вартості демонтажу 74 грн./шт., становитимуть:

$$K_s = 12 \cdot 184 + 1 \cdot 74 = 2282 \text{ грн}$$

Дорожній контролер «Комкон-трафік ДК 40-02» коштує 200180 грн.

Таким чином, сума капітальних вкладень становитиме:

- на технічні засоби ОДР:

$$K_1 = 11664 + 200180 + 7476 + 131220 + 31752 = 382292 \text{ грн} \quad (3.3)$$

- на виконання робіт

$$K_3 = 2282 + 8190 + 10150 = 20622 \text{ грн} \quad (3.4)$$

Загальні капіталовкладення дорівнюють:

$$K = 382292 + 20622 = 402914 \text{ грн}$$

3.2 Розрахунок поточних витрат

Поточні витрати складаються з витрат на відновлення дорожньої розмітки, на оплату електричної енергії, що її споживають світлофори, а також робіт, пов'язаних з ремонтом технічних засобів.

Змонтовано 7 світлофорів, що працюватимуть 10 годин щоденно за потужності одного випромінювача 0,015кВт, та вартості одного кВт·год електрики 8,25 грн. Також встановлений дорожній контролер має електричну потужність 0,04 кВт·год. Тому річні витрати на споживання електрики:

$$C_{ce} = (0,015 \cdot 7 + 0,04) \cdot 10 \cdot 365 \cdot 8,25 = 4366 \text{ грн / рік}$$

Розрахунок площі дорожньої розмітки наведено в табл.. 3.1

Таблиця 3.1 – Відомість дорожньої розмітки

Тип розмітки	Довжина, м	Ширина, м	Зафарбована частина	Площа, м ²
1.1	120	0,1	1	12
1.5	150	0,1	0,33	4,95
1.6	300	0,1	0,66	19,8
1.7	40	0,1	0,5	2
1.12	37,5	0,4	1	15
1.14.2	90	0,4	0,4	14,4
Загалом	737,5			68,15

Витрати на нанесення 1 м² розмітки становлять 354 грн., таким чином витрати на нанесення розмітки:

$$C_n = 68,15 \cdot 354 = 24125 \text{ грн} \quad (3.5)$$

Амортизаційні витрати на технічні засоби для першого року експлуатації становлять:

$$A = K \times 0,24 = 402914 \cdot 0,24 = 96682 \text{ грн}$$

Експлуатаційні витрати на ремонт технічних засобів становлять:

$$C_{\text{рем-тз}} = 382292 \cdot 0,05 = 19114,6 \text{ грн / рік}$$

Загальні експлуатаційні витрати складають:

$$C = 24125 + 4366 + 96682 + 19114,6 = 144288 \text{ грн / рік}$$

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.

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

За базовим варіантом перехрестя регулюються в локальному режимі. На етапі визначення параметрів резервних програм програмою МРЛ

розраховані вартості збитків від затримок транспортних засобів перед стоп-лініями. Ці дані наведено в табл. 3.2

Таблиця 3.2 – Вартість затримок транспорту та пасажирів перед стоп-лініями перехресть

Перехрестя	Річна вартість затримок, грн./рік
Вул. Говорухи – вул. Культурна	1312759
Вул. Говорухи – вул. Барикадна	469605
Разом	1782364

Для подальших розрахунків використовуємо 20% від отриманої тривалості затримок в якості умовного збитку держави. Значить, річна вартість затримок становитиме 356472 грн./рік/

В проекті на перехрестях буде введено координоване регулювання, тому затримки будуть виникати лише за невиконання умови 3.7.

$$l_{nj} < \frac{V_{kj}^2 - 9\sigma_V^2}{6\sigma_V} t_{rj} \quad (3.7)$$

де l_{nj} - довжина перегону, м;

V_{kj} швидкість координації на перегоні, м/с;

t_{rj} - тривалість червоного сигналу за напрямом координації, с.

Для прямого напрямку перегону вул. Культурна – вул. Барикадна нерівність має вигляд:

$$335 < \frac{15,28^2 - 9 \cdot 1,5^2}{6 \times 1,5} \cdot 23$$

На всіх перегонах умова 3.7 виконується, а, значить, затримки в координації відсутні.

Таким чином,

$$E_{затр} = 356472 - 0 = 356472 \text{ грн / рік}$$

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.

$$E_{ДТП} = C_{ДТПдо} - C_{ДТПпісля} \quad (3.8)$$

З урахуванням коефіцієнту зниження аварійності k :

$$E_{ДТП} = C_{ДТПдо} - kC_{ДТПдо} \quad (3.9)$$

Коефіцієнт зниження аварійності розраховується на основі частинних коефіцієнтів за формулою:

$$k = \prod (1 - k_i) \quad (3.10)$$

де k_i - частинні коефіцієнти зниження аварійності (таблиця 3.4)

Таблиця 3.4 - Значення k_i

Захід	k_i	$1-k_i$
Встановлення дорожніх знаків	0,34	0,66
Введення координованого регулювання	0,46	0,54
Горизонтальна розмітка перехрестя	0,38	0,62
Добуток коефіцієнтів		0,221

Розрахунок ефекту по ДТП наведено в табл. 3.6.

Таблиця 3.6 - 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	130000	12	1560000	0,221	344710,08
Середні поранення	150000	5	1400000	0,221	309355,20
Важкі поранення	250000	1	380000	0,221	83967,84
Смертельний випадок	500000	1	630000	0,221	139209,84
Загалом		19	3970000	0,221	877242,96

Під час визначення збитку від ДТП із постраждалими або загиблими до величини збитку, спричиненого пораненням або смертю учасників дорожнього руху, також додається величина матеріального збитку, оскільки також мають місце пошкодження транспортних засобів.

$$E_{\text{ДТП}} = 3970000 - 877242 = 3092757 \text{ грн / рік}$$

3.5 Розрахунок чистого зведеного доходу

Сумарна економія від впровадження заходів ОДР розраховується за формулою:

$$E = E_{затр} + E_{ДТП} \quad (3.11)$$

$$E = 356472 + 3092757 = 3449229 \text{ грн / рік}$$

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

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

$$T_{ок} = \frac{402914}{3449229 - 144288} = 0,12 \text{ року}$$

Проект є економічно вигідним. Термін окупності складає близько 1,5 місяці.

Техніко-економічні показники наведено в табл. 3.7.

Таблиця 3.7 -Техніко-економічні показники проекту

Показник	Базове значення	Проектне значення
Капітальні вкладення, грн.	-	402914
Річні експлуатаційні витрати, грн	-	144288
Економія від зменшення затримок, грн/рік		356472
Витрати від ДТП, грн/рік	3970000	877242
Економія від зменшення кількості та важкості ДТП, грн./рік	-	3092757
Загальна економія, грн./рік	-	3449229
Термін окупності проекту, років	-	0,12

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАХЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В умовах високого рівня автомобілізації та автомобілекористування незважаючи на використання електроавтомобілів, яке щорічно набуває все більшого поширення, вагомою є проблема негативного впливу на здоров'я та самопочуття людей негативних факторів, що спричинені роботою двигуна внутрішнього згорання.

До таких факторів належить вплив відпрацьованих газів, які видає двигун внутрішнього згорання до складу цих відпрацьованих газів входять токсичні речовини такі як монооксид вуглецю, оксид азоту, бензапирен нестійкі вуглеводні. Більшість цих газів не мають запаху, тому тривалий вплив на людину близько розташування вулиці з високою інтенсивністю руху транспортних засобів із потужними двигунами внутрішнього згорання характеризується головним болем, втратою працездатності та швидкої втомлюваністю.

Окрім відпрацьованих газів двигунів внутрішнього згорання також значного впливу на здоров'я та самопочуття людини завдає транспортний шум транспортний шум, що утворюється як за рахунок механізму роботи самих двигунів внутрішнього згорання так і за рахунок механічних коливань деталей транспортного засобу та взаємодії транспортного засобу із нерівностями покриття проїзної частини.

Все це разом створює стійкий фон який негативно впливає як на фізичне так і на психологічне здоров'я людини. Особливо цей вплив проявляється у вечірній та нічні години, коли загальний рівень міського шуму знижується та особливо відчують людиною шум від кожного транспортного засобу. До заходів спрямованих на зниження негативного впливу описаних вище ефектів, належить оптимізація світлофорного регулювання введення координованого світлофорного регулювання.

ВИСНОВКИ

Широке застосування автоматизованих систем керування дорожнім рухом дозволяє в значній мірі використати резерви пропускної здатності вулично-дорожньої мережі, особливо в години-пік, коли рівень зручності руху характеризується значним ускладненням, спричиненим зростанням інтенсивності дорожнього руху.

Особливо такий ефект проявляється на ділянках вулично-дорожньої мережі та окремих вулицях, де значну частку у складі загального транспортного потоку мають транспортні засоби, що характеризуються високою вантажопідйомністю, значними габаритами та низьким значенням динамічного фактору. Введення координованого світлофорного регулювання у сполученні із широким використанням транспортних детекторів дозволяє мінімізувати шкідливий вплив таких транспортних засобів на дорожньо-транспортна ситуація та здоров'я проживаючих біля вулиць людей.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Управління дорожнім рухом на регульованих перехрестях у містах [Електронний ресурс] : монографія / Є. Ю. Формальчик, І. А., Могила, В. Е. Трушевський, В. В. Гілевич ; за заг. ред. Є. Ю. Формальчика . — Львів : Вид-во Львів. політехніки, 2018 . — 236 с. — Режим доступу: <http://elib.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. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни „Екологічні характеристики схем організації дорожнього руху”, на тему „Екологічна характеристика руху транспортного потоку на ділянці міської магістралі”, для студентів спеціальності „Організація дорожнього руху” / Укл. В.М. Богаченко, О.О. Бакуліч, О.В. Красильнікова. –К.: КАДІ, 1993 – 28 с.
4. Організація та регулювання дорожнього руху: підручник / за заг. ред. В.П. Поліщука, О.О. Бакуліч, О.П. Дзюба, В.І. Єресов та ін. – К.: Знання України, 2012. – 467 с.
5. Запорізька міська рада [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://zp.gov.ua/ru/page/dniprovskij>
6. Возняк, О. М. Забезпечення безпеки руху на залізничних переїздах [Текст] : монографія / О. М. Возняк, В. І. Гаврилюк; Дніпровськ. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпро, 2019. – 282 с.
7. Дзюба О.П. Елементи теорії масового обслуговування в організації дорожнього руху / О.П. Дзюба, Н.Т. Кунда. – К.: УТУ, 1996. – 28 с.
- 8 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,

9 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)

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

11 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)

ДОДАТОК А

Розробка заходів із забезпечення безпеки

Аналіз потенційних небезпек

-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 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;

-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

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 виробничих приміщеннях, на робочих місцях з комп'ютерною технікою забезпечуються оптимальні значення параметрів мікроклімату: температури, відносної вологості та швидкості переміщення повітря, для легкої роботи категорій 1б, згідно вимог ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень», наведених у таблиці.

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 [35], 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.

З додатків [35], 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».

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, $З_{ор}$	Б-2	—	—	—	—	—
Рівень шуму $L, дБА$	94	6	50	—	3.2	1,25
Загальні енергозатрати організму, Bm	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		

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 [35]. 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, $K_{знач} = 1,0$

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

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

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

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

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

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

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

Визначаємо клас та ступінь шкідливості умов праці для кожного з виявлених факторів і показників та вносимо їх значення до стовпчика б, таблиці «Результати оцінювання за бальною шкалою»:

- для мікроклімату, відповідно до значення розрахункового коефіцієнта $X_{вим} = 3$, з таблиці 7.2 [35] – 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 [35] – 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 [35] – 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 [35]:

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

З таблиці 7.3 [35] 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 – $X_{cm} = X_i = 3$;

- 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 [35]:

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

- 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 [35]

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

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 [35]. 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 кондиціювання 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 [35], у розмірі 16%