

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 ВДОСКОНАЛЕННЯ РЕЖИМУ СВІТЛОФОРНОГО
РЕГУЛЮВАННЯ НА ПЕРЕХРЕСТІ ВУЛИЦЬ ГРЕБЕЛЬНОЇ ТА
КАХОВСЬКОЇ М. ЗАПОРІЖЖЯ

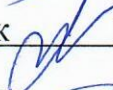
Виконав: студент II курсу, групи T-323м

Спеціальності 275 «Транспортні технології
(за видами)»

(код і найменування спеціальності)

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

 Дмитро ЛИТВИНЕНКО
(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)

ЛИТВИНЕНКА Дмитра Ігоровича

(ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Вдосконалення режиму світлофорного регулювання на перехресті вулиць Гребельної та Каховської м. Запоріжжя

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від «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 Розробка проєктних рішень 2.2 Розрахунок режиму роботи світлофорного об'єкту, 3 Економічна частина, 3.1 Розрахунок капітальних витрат, 3.2 Розрахунок річних експлуатаційних витрат, 3.3 Економія від зменшення 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)

Дмитро ЛИТВИНЕНКО
(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Керівник проєкту (роботи)


(підпис)

Вячеслав ТРУШЕВСЬКИЙ
(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 73 с., 15 табл., 25 рис., 7 використаних джерел.

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

Об'єкт дослідження – перехрестя вулиць Гребельної та Каховської у
Дніпровському районі м. Запоріжжя.

Мета роботи – вдосконалення організації дорожнього руху.

Методи дослідження – аналітичний, графічний, використання ЕОМ.

У магістерській роботі проаналізовано дорожньо-транспортну ситуацію
в районі перехрестя вулиць Гребельної та Каховської, розташованому у
Дніпровському районі міста Запоріжжя. На основі аналізу основних
характеристик транспортних та пішохідних потоків, рівня аварійності
запропоновано комплекс заходів із підвищення пропускної здатності
під'їздів до перехрестя та рівня безпеки дорожнього руху.

ЗМІСТ

	с.
Завдання.....	2
Реферат.....	4
Вступ.....	6
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	7
1.1 Дослідження телеавтоматичних систем.....	7
1.2 Вибір типу датчиків... ..	18
1.3 Аналіз недоліків і постановка задач дослідження.....	27
2 ОСНОВНА ЧАСТИНА	29
2.1 Розробка проєктних рішень	29
2.2 Розрахунок режиму роботи світлофорного об'єкту.....	35
3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	53
3.1 Розрахунок капітальних витрат	53
3.2 Розрахунок річних експлуатаційних витрат	54
3.3 Економія від зменшення затримок транспорту на перехресті	55
3.4 Розрахунок терміну окупності проєкту	58
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	60
Висновки	62
Перелік джерел посилань	63
Додаток А – Аналіз потенційних небезпек	64
Додаток Б – Заходи із забезпечення безпеки	66
Додаток В – Заходи із виробничої санітарії та охорони праці	67

ВСТУП

Постійне зростання кількості унікальних транспортних засобів, долучених до процесу дорожнього руху в місті Запоріжжі за умов відсутності значних капітальних вкладень у розбудову вулично-дорожньої мережі з метою підвищення її пропускної здатності, особливо в районі мостових переходів через річку Дніпро, прокладених по спорудах Дніпровської гідроелектростанції, призводить до значного зростання тривалостей непродуктивних транспортних затримок водіїв та пасажирів транспортних засобів, а також до погіршення ефективності застосування автомобільних транспортних засобів для перевезення пасажирів і вантажів.

Крім того, значні простоя транспорту перед регульованими перехрестями призводить до погіршення екологічної ситуації в районі цих перехресть. Для поліпшення дорожньо-транспортної ситуації пропонується застосування гнучкої автоматизованої системи керування дорожнім рухом, яка базується на застосування електромагнітних датчиків інтенсивності та складу транспортного потоку.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Дослідження телеавтоматичних систем

Для синтезу телеавтоматичної системи, призначеної для керування дорожнім рухом на перехресті, спочатку розглянемо концептуальну модель телеавтоматичної системи. Класична модель телеавтоматичної системи є замкненою (рис. 1.1).

У певному середовищі протікає процес, який характеризується певним набором фізичних параметрів. Деякі з цих параметрів є визначальними для подальшого функціонування системи, тому для їх автоматичного визначення, передачі на відстань та подальшої автоматичної обробки відповідно до встановлених алгоритмів застосовується датчики, тобто первинні перетворювачі.

Задача первинного перетворювача – перетворити фізичний параметр в електричну величину. Як правило, в сучасних автоматичних і автоматизованих системах використовується саме електричні датчики у зв'язку з тим, що електричний сигнал у порівнянні з іншим є набагато більш зручним для автоматизованої обробки, обчислень та передавання на великі відстані. Це зумовлюється перш за все тим, що швидкість передавання електричного сигналу дорівнює швидкості світла, тобто є найбільшою серед можливих швидкостей у світі і приблизно дорівнює 300 000 км/с. Крім того, особливістю електричного сигналу є те, що електричний сигнал не накопичується в тих місцях куди передається, і таким чином позбавляє необхідності ускладнення систем аналізу та підсилення. В більшості випадків в автоматизованих системах керування дорожнім рухом застосовується саме електричні датчики, які мають або автономне живлення від акумуляторів чи сонячних батарей, або до них подається живлення від загальної системи.

Як правило, через особливість своєї фізичної будови датчик не видає потужний сигнал. Електричні датчики бувають параметричні та активні.

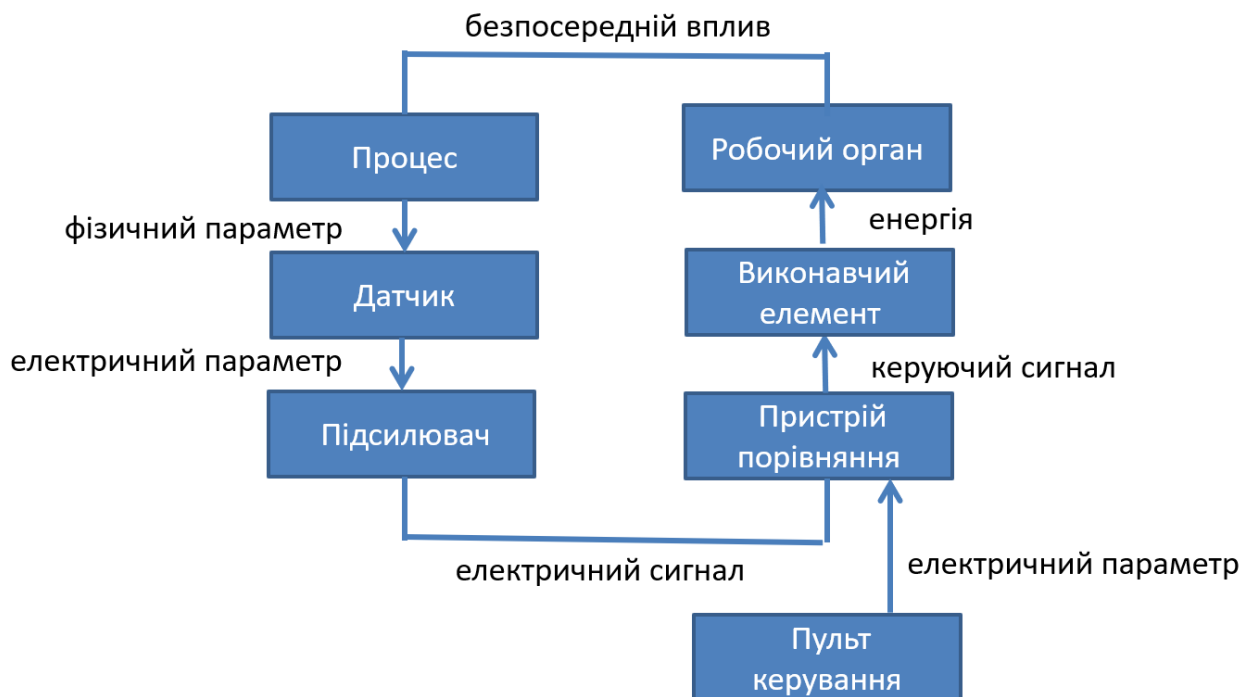


Рисунок 1.1 – Класична модель автоматизованої системи

Параметричні датчики, на відміну від активних, змінюють свої фізичні параметри за рахунок зміни вхідного сигналу. Активні або генераторні датчики влаштовані іншим чином: за рахунок енергії того процесу, фізичні параметри якого підлягають вимірюванню та подальшій обробці, передачі на відстань, вони, використовуючи частину енергії цього процесу, виробляють електричний сигнал, і тому не потребують зовнішнього або внутрішнього автономного живлення. Однак, певним чином впливають на процес оскільки забирають частину енергії перетворюючи її в електричний сигнал.

Оскільки всі види датчиків, як правило, видають сигнали малої потужності, то для подальшої передачі їх на відстань необхідно підсилення. Тому наступним елементом в контурі телеавтоматичної системи є підсилювач, тобто пристрій, який за рахунок зовнішнього джерела енергії утворює потужну копію вхідного сигналу не змінюючи його вид та не змінюючи певні його параметри, наприклад, якщо говорити про електричний сигнал, то підсилювач виконує збільшення напруги електричного сигналу, при цьому, якщо йдеться про змінний струм, то не змінюється його частота (рис 1.2).



Рисунок 1.2 – Класифікація датчиків

Підсилення сигналу необхідно для того, щоб під час передачі по трактах телеавтоматичних систем він не видозмінювався таким чином, аби не втрачав цієї інформації, носієм якої він є. Після підсилення електричний сигнал передається до пристрою порівняння. У випадку якщо використовується саме автоматизована система, тобто в процесі управління бере участь людина, яка задає певні параметри або межі для роботи телеавтоматичної системи, то до пристрою порівняння під'єднується також пульт керування, де за допомогою сенсорів відбувається взаємодія з оператором, який задає певні керуючі впливи у пристрій порівняння.

Окрім даних, з пункту керування заходить також електричний сигнал з підсилювачем пристрій порівняння видає керуючий сигнал, оскільки за певним алгоритмом виконує порівняння діапазонів заданих параметрів з фактичними даними і характеристиками того процесу, яким відбувається керування і які виміряні за допомогою електричних датчиків і передані по трактах телеавтоматичної системи до пристрою порівняння. На виході пристрою порівняння отримаємо керуючи електричний сигнал, який надалі подається до виконавчого елементу виконавчий елемент подає енергію до

робочого органу який чинить безпосередній вплив на той процес, перебіг якого контролюється. Таким чином, доходимо до висновку, що телеавтоматична система є замкненою, тобто процес за допомогою фізичних параметрів впливає на стан дивачів, які передають інформацію по трактах телеавтоматичної системи що надалі обробляється і повертається у вигляді безпосереднього впливу на робочого органу на процес.

За вхідними фізичними величинами, що підлягають перетворенню датчики бувають:

- електричні та магнітні;
- теплових величин;
- механічних величин;
- оптичних параметрів;
- форми та розмірів;
- акустичних величин;
- концентрації та складу;
- іонізуючого випромінювання.

За видом вихідного сигналу датчики бувають:

- дискретні;
- аналогові;
- цифрові;
- імпульсні.

Передатна функція – це теоретична залежність між величинами вхідного та вихідного сигналу датчика.

$$Y = a + bx,$$

де a – постійна складова (рівень вихідного сигналу при нульовій величині вхідного);

b – чутливість датчика.

Точність (максимальна абсолютна похибка) – це максимальна величина різниці між показами реального та ідеального датчиків.

Для визначення реальних параметрів передатної функції проводиться калібрування датчика із застосуванням еталонів.

Відтворюваність – це здатність датчика видавати ідентичні результати при однакових умовах роботи

Надійність – здатність датчика виконувати свої функції при дотриманні заданих умов впродовж певного проміжку часу. Або імовірність того, що пристрій буде функціонувати безвідмовного протягом певної кількості циклів або впродовж певного часу.

Гістерезис – це різниця значень вихідного сигналу для однакового вхідного сигналу, одержана при його збільшенні та зменшенні.

Мертва зона – це зона нечутливості датчика до певного діапазону вхідних сигналів. У цій зоні величина вихідного сигналу практично постійна.

Частота зрізу – це найменша та найбільша частоти зовнішніх впливів, що їх датчик може сприймати без викривлень.

Фазовий зсув – це показник відставання вихідного сигналу від вхідного.

За принципом роботи датчики поділяються на:

- контактні;
- потенціометричні;
- тензометричні;
- електромагнітні;
- п'єзоелектричні;
- ємкісні;
- термоелектричні;
- фотоелектричні;
- ультразвукові.

Розглянемо будову, класифікацію та принцип роботи індуктивних та індукційних електричних давачів (рис. 1.3).

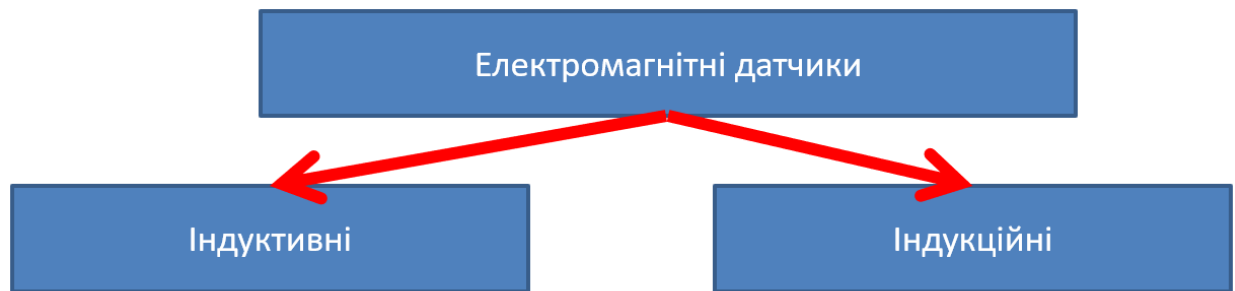


Рисунок 1.3 – Класифікація електромагнітних датчиків

З метою вибору оптимального типу датчика, який буде застосовуватися для контролю транспортних пішохідних потоків, розглянемо різні типи датчиків, що взагалі використовується в телеавтоматичних системах. До них належать електричні і магнітні датчики. Оскільки ані транспортні засоби, ані пішоходи не мають електричних взаємодій, тому використання датчиків, що безпосередньо вимірюють електричні величини в даному випадку не є доцільним.

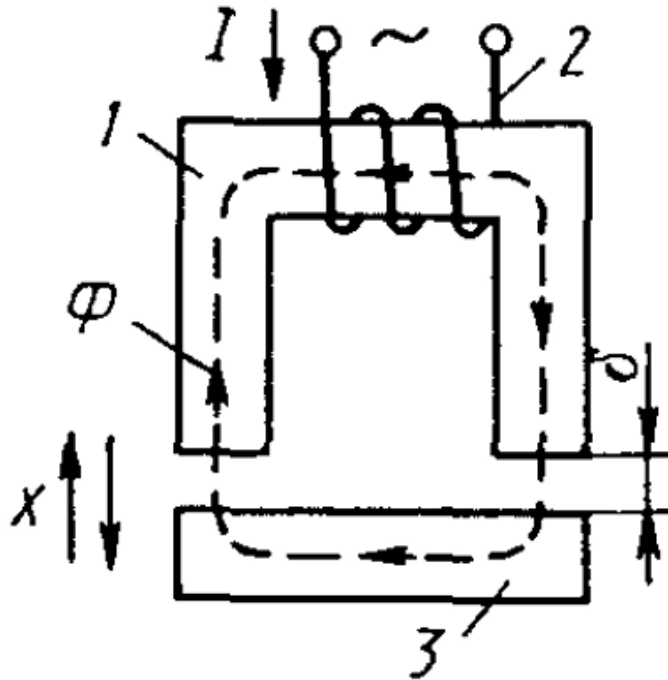
Однак, можливо використати вимірювальні схеми які будуть послідовно перетворювати сигнали різного виду таким чином, аби вони набували такого вираження, яке могло в подальшому ефективно використовуватися при автоматизованій обробці цих сигналів.

Індукційні датчики призначено для перетворення швидкості лінійних переміщень в ЕРС. Це датчики генераторного типу. Принцип їх дії базується на електромагнітній індукції.

На відміну від індуктивних, в індукційних датчиках застосовується постійне магнітне поле що утворюється постійними магнітами або електромагнітами постійного струму.

Розглянемо будову та принцип роботи індуктивного датчика, який може розміщуватися під дорожнім покриттям та визначати момент проходження

транспортних засобів над точкою встановлення такого датчика, або зчитувати інтенсивність дорожнього руху (рис. 1.4).



I – сердечник; 2 – обмотка; 3 – якорь;
 Φ – магнітний потік; I – сила струму; x – вертикальне переміщення якоря; δ – зазор

Рисунок 1.4 – Будова індуктивного датчика

Переміщення якоря змінює магнітний опір ланцюга, що складається з сердечника, якоря і зазора. Оскільки струм змінний, то зі збільшенням зазора магнітний опір збільшується, а індуктивний – зменшується, сила струму зростає.

Принцип роботи індуктивного датчика транспортного потоку полягає у тому що транспортний засіб нижня частина якого є металевою виконує роль якоря. При пропусканні магнітного потоку через контур, частина якого закладається під дорожнім покриттям на невеликій глибині на сердечник за

допомогою змінного електричного струму подається змінний магнітний потік, який циркулює в ньому і величина якого залежить від магнітної проникності середовища.

Якір замикає контур проходження магнітного потоку металевий транспортний засіб опиняючись над короткий час над детектором одразу ж змінює магнітну характеристику середовища поліпшуючи її і збільшуючи величину магнітного потоку. Загальний опір електричної системи що складається з соленоїда накрученого на сердечник містить в собі активну та реактивну частину (рис. 1.5). Активна частина опору визначається довжиною площею поперечного перерізу та матеріалом, з якого виготовлений дріт, що накручений на сердечник загалом активний опір визначається відповідно до закону Джоуля-Ленца, який загалом полягає у тому, що електричний струм, проходячи через провідник, залишає частину енергії у ньому, і ця енергія іде на підігрів провідника. Реактивний опір, що характерний для елементів, через які пропускається змінний струм, складається з індуктивного та ємкісного опору. Величина ємкісного залежить від ємкості цього елемента. Що стосується величина індуктивності то вона зворотна пропорційна величині магнітного опору середовища.

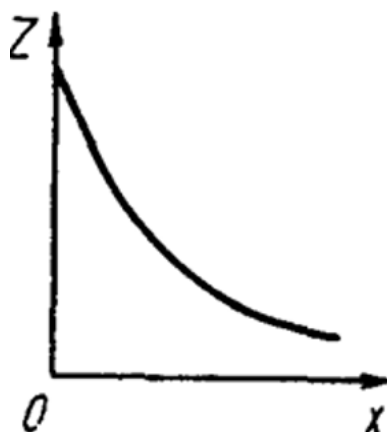
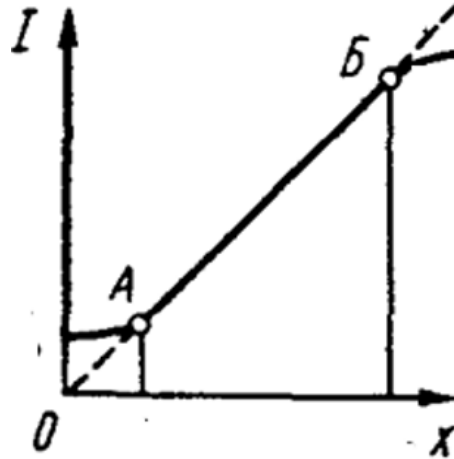


Рисунок 1.5 – Залежність загального опору датчика від переміщення якоря

Вольт-амперна характеристика такого виду датчика наведена на рис.

1.6. На ділянці АБ датчик має лінійну характеристику. Зліва від А – зона нечутливості; праворуч від Б – зона насичення.



Z – електричний опір; x – переміщення;

I – сила струму

Рисунок 1.6 – Вольт-амперна характеристика датчика

Розглядаємо три типи вимірювальних схем: послідовна, диференційна та компенсаційна.

Послідовні вимірювання у схемі влаштовані так: відбувається кілька процесів перетворення сигналів, які на виході створюють такий сигнал, що є найзручнішим для передачі на відстань та автоматизованої обробки.

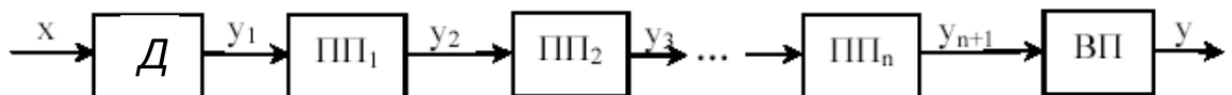


Рисунок 1.7 – Послідовна вимірювальна схема

У послідовній схемі датчик вимірює контрольовану величину та виробляє сигнал пропорційно до значення цієї величини. Проміжні перетворювачі виконують кілька послідовних перетворень, в тому числі можуть змінювати тип сигналу (механічний, оптичний, електричний). Вихідний перетворювач погоджує вихідний сигнал з вхідними величинами наступного пристрою у схемі.

Диференційна та компенсаційна схеми призначені головним чином для забезпечення необхідного рівня чутливості датчиків та пов'язані із відсіканням негативних електричних завад, що за рахунок недосконалості фізичних характеристик датчиків, а також відмінності концептуальної будови автоматичної системи від реальної можуть мати місце, особливо під час перехідних процесів, тобто в динаміці.

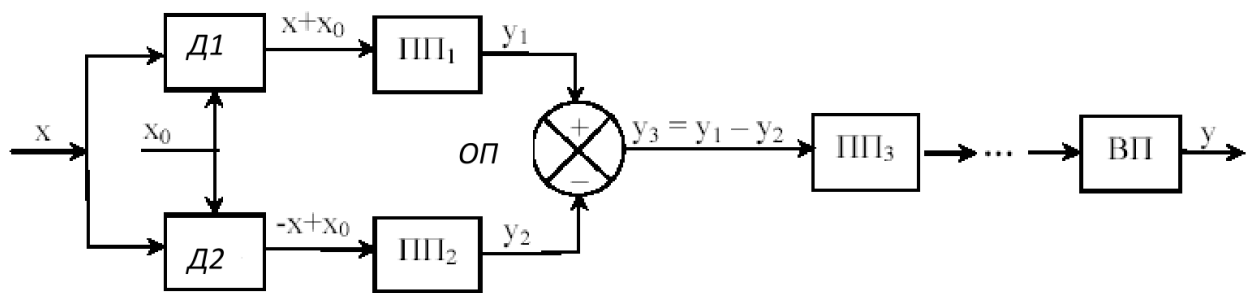


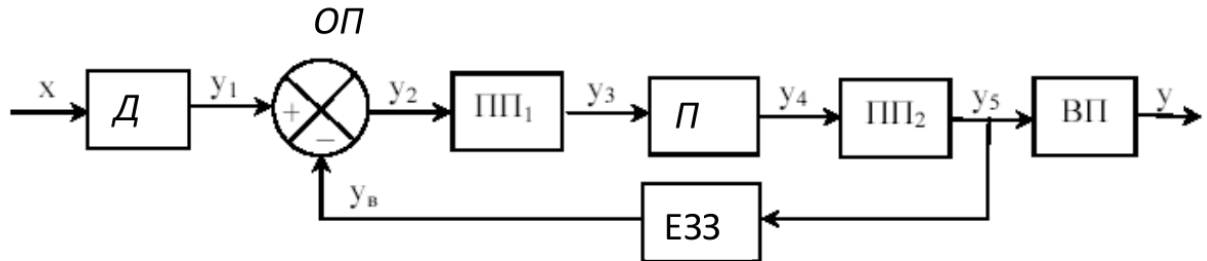
Рисунок 1.8 – Диференційна вимірювальних схема

Датчики теплових величин в даному випадку можуть використовуватися лише для фіксації підходу пішоходів до межі пішохідного переходу.



Рисунок 1.9 – Класифікація вимірювальних схема

Компенсаційні схеми підключення датчиків засновано на принципі автоматичного врівноваження величини, що вимірюється, компенсуючою величиною того ж роду, яке може здійснюватися безпосередньо або після попереднього перетворення її чутливим елементом.



Д – датчик; *ОП* – орган порівняння; *ПП* – проміжний перетворювач; *П* – підсилювач; *ВП* – вихідний перетворювач; *ЕЗЗ* – елемент зворотного зв'язку

Рисунок 1.10 – Компенсаційна вимірювальна схема

Зворотний зв'язок — вплив результату функціонування якої-небудь системи на характер її подальшого функціонування.

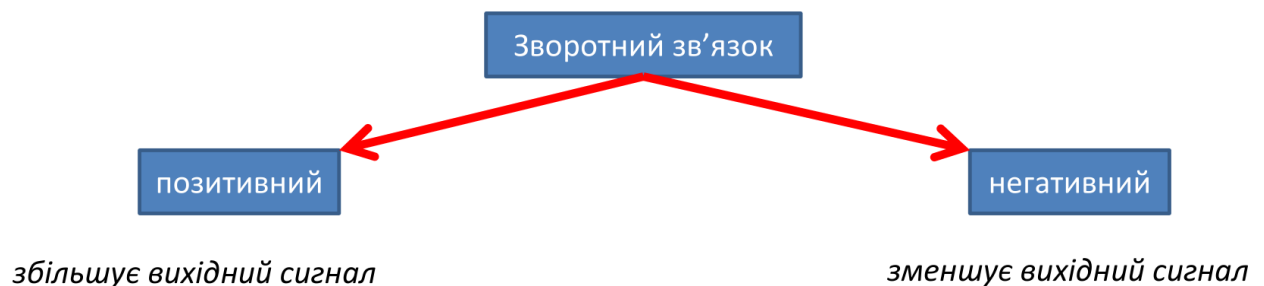


Рисунок 1.11 – Типи зворотного зв'язку

Позитивний зворотний зв'язок реалізується шляхом передачі на вхід системи частини вихідного сигналу таким чином, що сигнал зворотного зв'язку збігається у фазі з вхідним сигналом, що є еквівалентним збільшенню вхідного сигналу.

Негативний зворотний зв'язок реалізується шляхом передачі на вхід системи частини вихідного сигналу таким чином, що сигнал зворотного зв'язку знаходиться у протифазі з вхідним сигналом, що є еквівалентним зменшенню вхідного сигналу, що призводить до зниження коефіцієнта підсилення системи, але при цьому також підвищується стійкість системи та зменшується похибка та інерційність системи.

1.2. Вибір типу датчиків

Для детекції транспортних засобів можуть використовуватися датчики механічних величин. В історії використання автоматизованих систем керування дорожнім рухом такі датчики застосовувалися у 40-х роках ХХ століття в Англії для визначення кількості транспортних засобів, що проходять через певний переріз проїзної частини або через одну смугу. Такі датчики називалися «транспортні педалі» і на практиці вони мають більше недоліків ніж переваг, оскільки при високій інтенсивності дорожнього руху вони часто ламаються, а також передають динамічний силовий вплив від транспортного засобу на покриття проїзної частини, внаслідок чого необхідно спорудження спеціальної площадки, на який буде розташовуватися датчик аби навколо датчика не відбувалося руйнування дорожнього покриття та скупчення снігу і дощу.

Крім того, механічні датчики у порівнянні з іншими типами мають меншу надійність і менший гарантійний термін експлуатації. У випадку, якщо він буде використовуватися на дорозі з високою інтенсивністю дорожнього руху а також з великою кількістю транспортних засобів в потоці, що характеризується високою вантажопідйомністю, а значить і великою загальною масою, то можна спрогнозувати швидке руйнування як дорожнього покриття навколо цього датчика так і самого датчика, а також можна спрогнозувати що кількість відмов і точність роботи цього датчика буде

невисокою. Тому застосування механічного датчика саме для транспортних засобів а в даному випадку вважається недоцільним, а от що стосується пішохідного руху з урахуванням невеликої кількості пішоходів, які користуються пішохідним переходом через вулицю Гребельну застосування такого датчика буде ефективним.

Однак, з урахуванням того, що вмикання другої фази регулювання протягом якої дозволяючий сигнал для переходу через вулицю Гребельну пішоходів буде ввімкнений буде відбуватися лише в певний час у великому циклі і у випадку пропуску пішоходам часу для натиснення кнопки необхідне для переведення на другу фазу після першої, тобто у випадку, якщо пішохід натиснув кнопку після настання перехідного інтервалу першої фази, йому доведеться очікувати протягом цілого циклу регулювання поки знову а система обробки інформації не повернеться до того стану, коли зможе сприймати а параметр тригера кнопки.

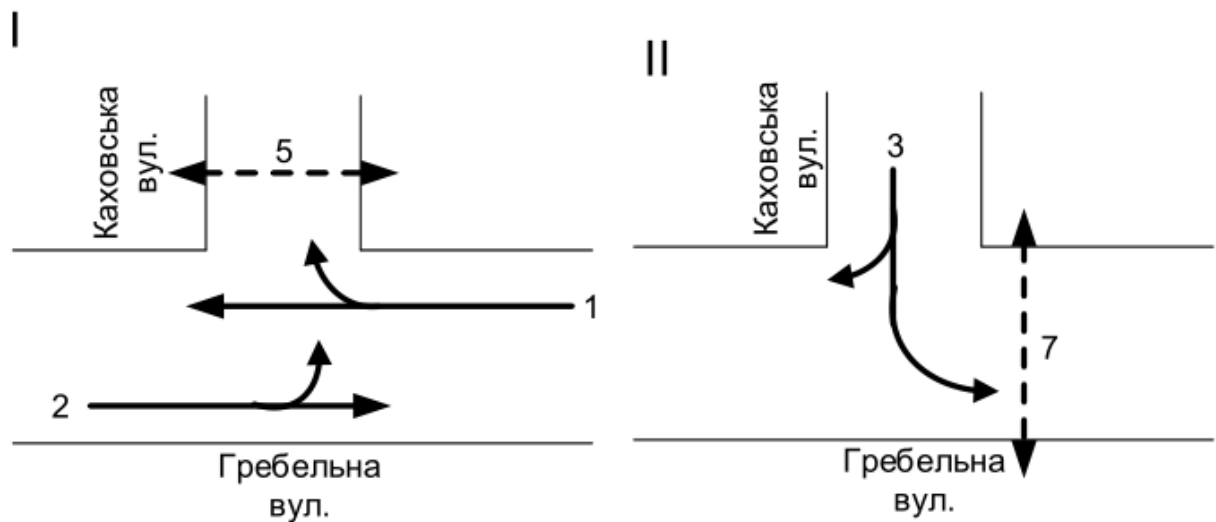


Рисунок 1.12 – Схема пофазового роз'їзду

Таким чином для пішоходів необхідно передбачити також спеціальне табло яке буде показувати що сигнал від кнопки прийнятий для опрацювання і кнопка працює в штатному режимі. Такий сигнал повинен вмикатися

незалежно від режиму регулювання, оскільки пішоходам не доноситься оперативна інформація про встановлення режим регулювання наприклад про дистанційне або ручне керування, яке використовується для пропуску спеціальних транспортних засобів та супроводжувальних колон.

В такому випадку пішохід може опинитися в ситуації, коли сигнал від кнопки не сприймається автоматизованою системою, і пішоходу здається, що дорожній контролер несправний, а відповідний червоний сигнал, на завершення якого він чекає, триває понад міру. Тому а весь цей комплекс проблем впирається у можливість застосування спеціального світлодіодного індикатора, на якому буде показуватися, що кнопка спрацювала, і пішоходу треба дочекатися а відповідної фази регулювання, протягом якої буде включено дозволяючий сигнал за напрямом, що відповідає траєкторія пішохідного руху.

Для встановлення факту проїзду транспортного засобу, металева частина днища якого на якийсь проміжок часу підміняє собою металевий якір, різко знижуючи магнітний опір всієї системи. За рахунок цього миттєво зростає індуктивність усього контура. При зростанні індуктивності зростає індуктивний опір, що є частиною загального реактивного опору цієї системи, Таким чином, оскільки активний опір залишається незмінним, а індуктивний опір є частиною загальною величиною опору, то при наїзді транспортного засобу на детектор змінюється сила змінного струму, що протікає через нього, за рахунок того що моментально зростає реактивний опір відповідно до закону Ома, зростання загального опору призводить при незмінній величині напруги живлення до зниження сили струму, що протікає через контур. Таким чином, кожного разу, коли сила струму що протікає через контур знижується для автоматизованої системи - це є сигналом, що над датчиком проходить транспортний засіб.

Залежно від геометричних характеристик транспортного засобу, перекриття магнітного поля відбувається на різний час а також характеристика магнітної провідності середовищем міняється по-різному залежно від того

який саме транспортний засіб перекриває магнітний потік і проводить частину його через себе. Таким чином, можна визначати не лише кількість транспортних засобів а також з високою ймовірністю розносити їх на групи відповідно до вимог державної будівельних норм, що стосується визначення інтенсивності та складу транспортного потоку, що проходить через переріз проїзної частини, в якому встановлені датчики (рис. 1.13).

У порівнянні з іншими типами датчиків, наприклад з оптичними магнітні мають свої переваги і недоліки: з одного боку їх можливість розрізняти транспортні засоби по групах є доволі обмеженою, а зв'язок між зміною величини магнітного потоку та типом транспортного засобу є нечітким та потребує серйозного калібрування. В той же час, магнітні датчики позбавлені ряд недоліків що притаманні оптичним датчикам наприклад точність їх роботи абсолютно не залежить від погодних умов які складаються над поверхнею проїзної частини. Досвід експлуатації показує, що нормальна точність оптичних датчиків зібраних на основі камер відеоспостереження складає до 80%. В той же час у разі зміни погодних умов а саме під час дощу туману, ожеледі відбувається різке погіршення світлосприйняття оптичним датчиком. Найбільша степінь погіршення спостерігається під час роботи зовнішнє освітлення проїзної частини оскільки світлові промені від ліхтарів відбуваються та приломляється від туману.

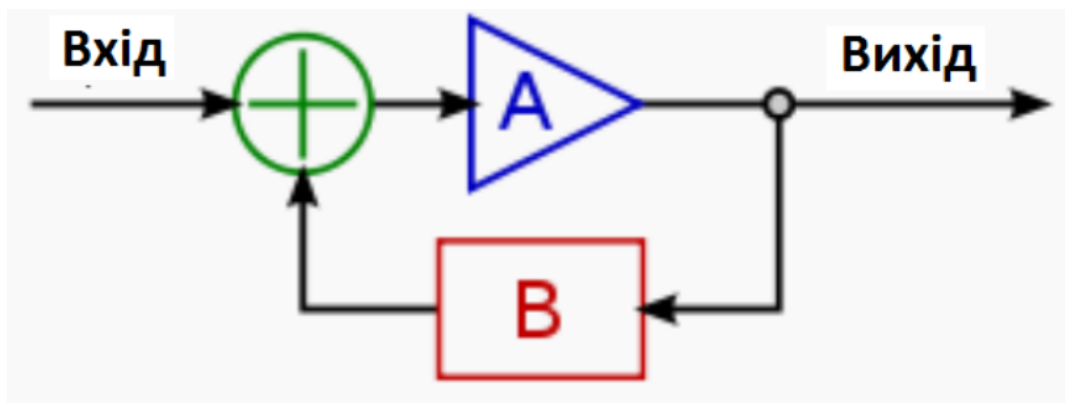


Рисунок 1.13 - Схема елемента зворотного зв'язку

Внаслідок цього відбувається зниження чутливості їх до контрастів. Взагалі у темну пору доби абрисы транспортних засобів, що їх визначає відеокамера для поділу транспортного потоку на швидкісні групи є нечіткими, тому вдається визначити лише кількість транспортних засобів незважаючи на їх швидкість і групи та й в цьому випадку кількість транспортних засобів визначається по кількості фар, що рухається повз камеру. Крім того, висувуються суворі вимоги щодо розташування камер відеофіксації відносно транспортних засобів, кількість та швидкість яких визначається. Бажано, щоб камера розташовувалася прямо над смугою, для якої вони проводять розрахунок.

У той же час, винесення відеокамер на консолях також несе в собі технологічні ускладнення, оскільки неприпустимим є коливання відеокамери під час її роботи, оскільки в такому випадку неможливо визначити швидкість транспортного засобу через те, що віртуальні петлі оптичних датчиків не чітко перекриваються абрисами транспортних засобів, в результаті похибка роботи таких датчиків сильно збільшується. Що стосується визначення миттєвої швидкості, то для такої мети магнітні датчики є найкращими оскільки принцип визначення швидкості базується на тому, що два послідовно розташовані датчики дають сигнали при їх перекритті одним транспортним засобом. Оскільки відстань між датчиками відома а вони об'єднані в одну групу за допомогою логічної матриці програми то визначення швидкості є простою арифметичною операцією. Загалом індуктивні датчики при застосуванні їх в якості детекторів транспортного потоку здатні визначати такі основні характеристики потоку: інтенсивність дорожнього руху по типах транспортних засобів середня просторова швидкість транспортного потоку між двома послідовно розташованими датчиками, щільність руху або концентрація транспортних засобів. Щільність або концентрація визначається індуктивним надавачами опосередковано, а при прямому вимірюванні називається зайнятість віртуальної петлі. Крім того, застосування магнітних датчиків має більше переваг у випадку, якщо необхідно визначати

інтенсивність дорожнього руху та склад транспортного потоку по групах транспортних засобів по окремих смугах руху.

Як правило, на складних перехрестях, де для регулювання застосовується технологія управління дорожнім рухом не за фазами а за окремими напрямками регулювання відбувається каналізування транспортного потоку для забезпечення максимально рівномірного рівня завантаження рухом кожної зі смуг, а також для забезпечення спеціалізації смуг та запровадження смуг для руху громадського транспорту, що підходять впритул до регульованого перехрестя. В такому випадку необхідним для вимірювання інтенсивності руху і складу транспортного потоку, а також середньої просторової швидкості руху транспортних засобів по кожній смузі окремо. В деяких випадках таке вимірювання необхідно по кожній смузі і по кожному напрямку руху окремою. В такому випадку застосування віртуальних петель, що характерно для датчиків на основі камер відеоспостереження є дуже складним, а іноді неможливим, тому що траєкторії руху транспортних засобів перекривається.

У випадку, якщо на перехресті рухаються транспортні засоби електричного транспорту, а саме трамваї та тролейбуси то використання для них як магнітних датчиків так і датчиків на основі відеокамер в деяких випадках неможливо. Так, наприклад, при русі тролейбусів в різних напрямках з однієї смуги визначити напрям їх руху заздалегідь можна лише за положенням автоматичної стрілки. При наближенні до місця розділення контактної мережі по напрямках руху залежно від того, в якому напрямку слід продовжити рух, водій тролейбуса переводить двигун в один з двох режимів роботи: або під електричним навантаженням або без напруги, тобто тролейбус в цей час рухається накатом.

Далі струмознімачі тролейбусом потрапляють на окремо ізольовану ділянку контактної мережі, яка приводить в дію автоматично розхідну стрілку у випадку якщо двигун тролейбуса перебуває під струмом то електричні магніти, які міняють положення автоматичної стрілки для переведення її у

таке положення, щоб тролейбус що її проходить, рухався ліворуч. Соленоїди приводяться в дію за допомогою того струму, який потрібен для роботи двигунів.

Цей струм протікає до електричних двигунів послідовно до магнітних котушок, які міняють положення стрілки. У випадку, якщо тролейбус буде проїздити стрілку прямо або праворуч, двигуни відключені, тобто струм який проходить через котушки магнітних приладів стрілки дорівнює струму власних потреб тролейбуса, тобто є значно меншим за той струм, який необхідний для роботи електричних двигунів. Навіть при малій позиції керуючого контролера, заміряючи цей струм за допомогою електричного датчика, можна визначати подальший напрям руху тролейбуса з великою точністю, а також рахувати кількість транспортних засобів міського електричного транспорту, що проходить по даній смузі в різних напрямках руху, не чекаючи того моменту, коли ці транспортні засоби виїдуть до зони регулювання.

Таким чином можна реалізовувати гнучкі стратегії місцевого регулювання, що полягають по виклику окремих фаз для прослідкування транспортних засобів громадського користування або для продовження наявних фаз з цією метою, аби зменшити тривалість затримки пасажирів у громадському транспорті. Зазвичай тролейбуси характеризуються високим значенням коефіцієнту використання пасажиромісткості а також великою пасажиромісткістю у години-пік. Зчленовані машини можуть перевозити до 200 пасажирів одночасно. Таким чином, застосування електричних датчиків, які дозволяють заздалегідь до входження в зону світлофорного регулювання визначити напрям подальшого руху тролейбуса дає можливість в повній мірі використати гнучкі адаптивні стратегії регулювання для того аби привести структури параметри світлофорного циклу в режимі онлайн до поточних потреб на перехресті.

В даному випадку за критерієм оптимізації виступає загальна затримка перед світлофорним об'єктом всіх учасників дорожнього руху, що знаходяться в транспортних засобах або поза ними, а саме водіїв пішоходів і пасажирів.

Розглядаючи транспортне навантаження на перехресті, можна зробити висновок, що у міжпікові години напрям регулювання, що виходить на перехрестя з Каховської вулиці, є недовантаженим. Оскільки на всіх під'їздах всіх напрямках регулювання по всіх смугах руху встановлюються магнітні датчики, можливо розробити адаптивний алгоритм світлофорного регулювання, який має в своїй основі принцип підміни фаз. При початковому розрахунку встановлено, що тривалість дозволяючого сигналу для транспортного напрямку, що під'їждить до перехрестя з Каховської вулиці, не перевищує мінімально встановлену для зеленого сигналу величину що дорівнює 7 секундам. В той же час мінімальна тривалість зеленого сигналу для переходу пішоходами Гребельною вулицею складає 13 секунд + 3 секунди на миготіння зеленого сигналу.

Інтенсивність руху пішоходів на пішохідному переході через Гребельну вулицю є дуже низькою. Таким чином, виклик кожного циклу фази регулювання такої тривалості аби дозволяючого сигналу вистачило пішоходам для переходу проїзної частини Гребельної вулиці є марнотратним, оскільки це зводить до непродуктивних затримок учасників дорожнього руху, що рухаються по вулиці Гребельній. По цій вулиці навіть у міжпікові години транспортне завантаження під'їздів до перехрестя з вулицею Каховською є дуже високим, особливо високим воно є від бульвару Вінтера, оскільки транспортні засоби, під'їжджаючи до перехрестя з вулицею Каховською, рухаються під ухом, тобто у випадку зупинки необхідно більше енергії для того, щоб подолати інерцію спокою цих транспортних засобів. Виділення такої енергії потребує неефективних режимів роботи двигунів.

Особливо це стосується двигунів внутрішнього згорання. Все це разом призводить до надмірного виділення продуктів згорання викопного палива, а в двигунах внутрішнього згорання збільшення транспортного шуму та

високого рівня зношеності дорожнього покриття на під'їзді до перехрестя, що швидко призводить до утворення колійності та інших видів нерівностей.

Таким чином застосовується алгоритм підміни фаз регулювання. В загальних рисах принцип роботи цього алгоритма виглядає так: по головній дорозі вулиці Гребельній триває дозволяючий світлофорний сигнал. У випадку якщо по Каховській вулиці до будь-якої зі смуг під'їжджає транспортний засіб, то спрацьовує магнітний датчик та викликається фаза регулювання, тривалість якої є мінімальною для виїзду цього або цих транспортних засобів з Каховської вулиці. Якщо в цей час додатково до переходу через вулицю Гребельну надходять пішоходи та натискають кнопку виклику, то, замість короткої фази регулювання, тривалість якої розрахована лише на виїзд невеликої кількості транспортних засобів з вулиці Каховської викликається інша фаза регулювання, яка, окрім дозволяючого сигналу для транспортних засобів з вулиці Каховської містить також дозволяючий сигнал для пішоходів, які переходять вулицю Гребельну паралельно до вулиці Каховської.

Оскільки транспортні засоби, що звертають з вулиці Каховської в напрямку греблі ДніпроГЕСу, також пропускають пішоходів, які рухаються через цей пішохідний перехід, то тривалість ефективного часу для транспортних засобів також не є зайвою, хоча і збільшена в порівнянні з мінімальною тривалістю. У випадку якщо пішоходів немає, вони відповідно не створюють конфліктних точок і перешкод для руху тих транспортних засобів, які з Каховської вулиці виїжджають на вулицю Гребельну та рухаються далі в напрямку ДніпроГЕСу, тому додатковий час для їх пропуску не є потрібен і тривалість основного такту фази регулювання, що викликається за викликом лише магнітних датчиків для транспортного потоку складає мінімально можливо тобто 7 секунд.

Негативним аспектом такого алгоритму є те, що у випадку, коли пішоходи натискають кнопку виклику у той час, коли вже відпрацьовується перехідний інтервал з першої фази регулювання, яка включає в себе напрямки

руху транспортних засобів та пішоходів вздовж Гребельної вулиці, то наступна фаза регулювання в цей час вже визначена.

Інакше неможливо за матрицею мінімальних проміжків встановити елементи перехідного інтервалу, тому якщо вона визначена тільки для транспортних засобів, тобто є мінімальна значить пішохідний дозволяє чи сигнал через вулицю Гребельну у цій наступній фазі не увімкнеться, значить виклик, отриманий від пішоходів буде відкладено. Одразу за цією мінімальною фазою буде знов викликана фаза, призначена для руху по вулиці Гребельній. Така необхідність виникає у зв'язку з тим що рівень завантаження рухом по Гребельній вулиці є достатньо високим, тому вмикати після короткої фази для транспортних засобів, що виїжджають з вулиці Каховської і рухаються далі по вулиці Гребельній в напрямку греблі ДніпроГЕСу вмикати фазу що містить також і сигнал для пішоходів, що дозволяє їм перехід Гребельної вулиці є неефективним, тому пішоходам доводиться чекати наступного циклу регулювання.

У разі натиснення пішоходами кнопки, замість короткої фази регулювання, призначеної для виїзду транспортних засобів з вулиці каховської на вулицю гребельну в напрямку гриби ДніпроГЕСу увімкнеться довга фаза регулювання, яка розрахована на перехід пішоходами вулиці і містить як транспортний напрям регулювання з боку вулиці Каховської для виїзду на вулицю Гребельну, так і відповідний пішохідний напрям.

1.3 Аналіз недоліків та постановка задач дослідження

До недоліків організації та регулювання дорожнього руху на перехресті вулиць Гребельної та Каховської належить невідповідність існуючого режиму світлофорного регулювання наявній дорожньо-транспортній ситуації. Така невідповідність утворює транспортні затори, що виражаються у різкому збільшенні тривалості непродуктивних транспортних затримок учасників

дорожнього руху, до яких належать як водії транспортних засобів, так і їх пасажирів.

Низька інтенсивність пішохідного руху через пішохідний перехід по вулиці Гребельній за наявного жорсткого режиму світлофорного регулювання створює ситуації, коли друга фаза світлофорного регулювання, призначена для виїзду транспортних засобів з вулиці Каховської та для переходу пішохода на вулиці Гребельній є ненасиченою, тобто у фазі є проміжки часу, протягом яких працює дозволяючий сигнал на виїзд транспорту з боку вулиці Каховської та на перехід пішоходів вулиці Гребельної, а в той же час відсутні як транспортні засоби на під'їзді чи на перехрестя, так і пішоходи на пішохідному переході.

Зважаючи на високий рівень завантаження під'їздів до перехрестя по вулиці Гребельній, така ситуація є неприпустимою, оскільки призводить не лише до зростання транспортних затримок та непродуктивного використання машино-годин транспортних засобів, в тому числі громадського користування, а також призводить до негативних змін екологічної ситуації в районі перехрестя, пов'язаних із великим рівнем шуму у зв'язку з тим, що в транспортним потоком по вулиці Гребельній наявна велика кількість транспортних засобів, які характеризуються великою повною масою.

Для поліпшення цієї ситуації пропонується вжити оперативних заходів регулювання дорожнього руху які полягають в наступному:

- зміна структури світлофорного циклу на перехресті із введенням гнучкого адаптивного світлофорного регулювання із застосуванням транспортних та пішохідних детекторів;
- заміна дорожнього контролера на більш сучасний який дозволяє використовувати адаптивні режими регулювання збільшення кількості програм протягом доби для адаптації до змінної інтенсивності дорожнього руху.

2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

3.1 Формування проєктних рішень

Проведений аналіз динаміки зміни інтенсивностей дорожнього руху та ступенів завантаженості під'їздів до перехрестя дозволяє зробити однозначний висновок про те, що у годину пік рух на перехресті є перенасиченим та характеризується рівнем зручності **В** - нестійким.

З метою використання резервів пропускної здатності, що утворюються через нестаціонарність транспортного потоку, та своєчасної зміни програм при переході стану процесу руху до рівня **Г** необхідно повсякчас вимірювати такі характеристики транспортних потоків: середньочасову інтенсивність руху, середньочасову швидкість руху, значення довжини транспортних засобів.

При цьому технічна можливість вимірювання швидкості дозволяє реалізувати програмне визначення моменту початку утворення затору.

Основні технічні рішення, передбачені даним проєктом:

- з метою забезпечення технічної можливості надійного підключення дорожнього контролера до автоматизованої системи керування дорожнім рухом (АСКДР) забезпечити проведення лінії зв'язку у вигляді оптиковолокonnного кабелю для обміну даними за протоколом кабельних мереж Ethernet;

- з метою забезпечення технічної можливості вимірювання основних характеристик дорожнього руху встановити електромагнітні детектори на під'їздах до перехрестя та виїздах з нього з пристроями обміну інформацією між детекторами і дорожнім контролером та лініями зв'язку у вигляді оптиковолокonnного кабелю;

- для реалізації гнучких алгоритмів керування світлофорною сигналізацією замінити існуючий дорожній контролер та такий, що дозволяє вводити алгоритми місцевого гнучкого регулювання та забезпечує довільний

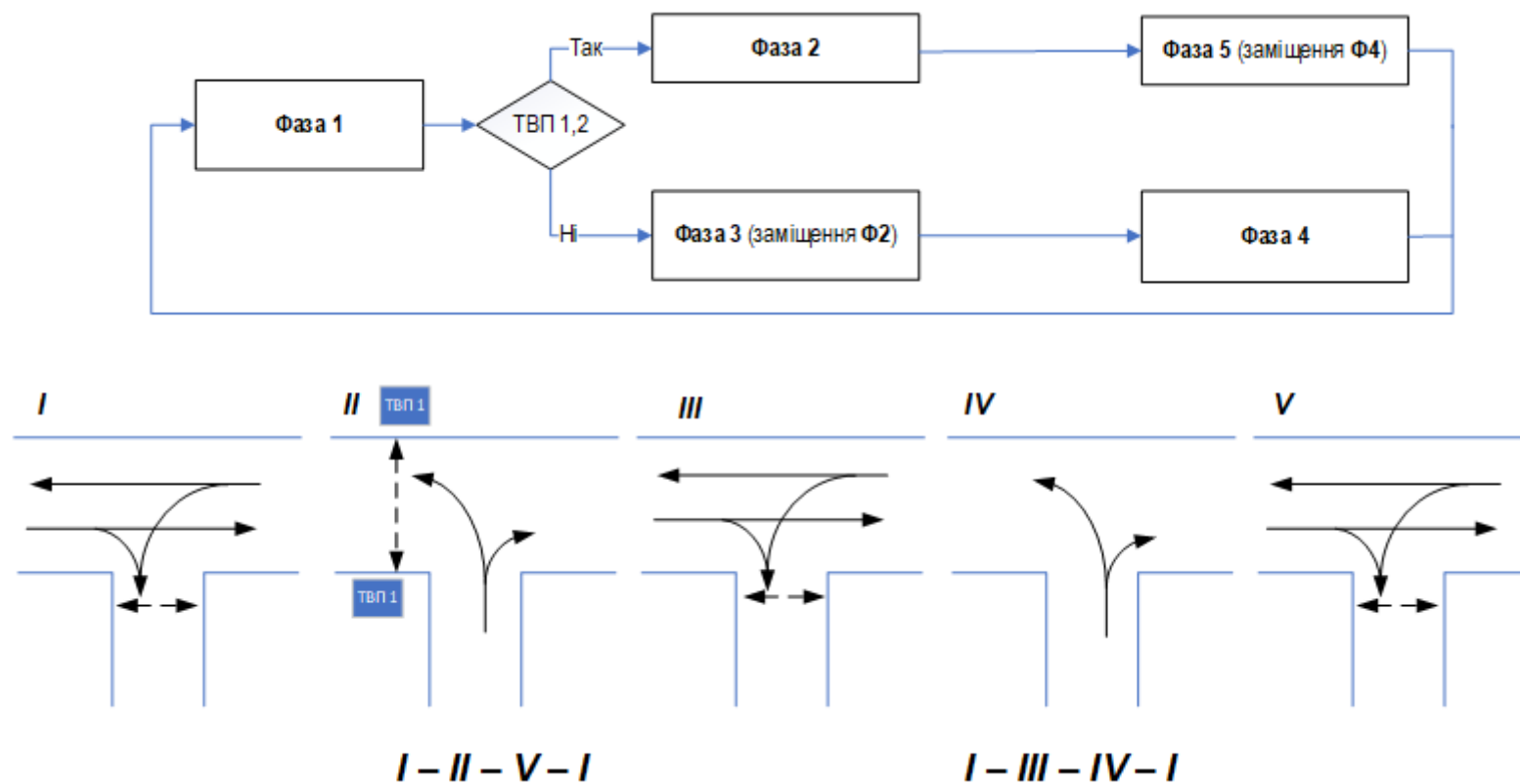


Рисунок 2.1 – Блок-схема алгоритму фазозаміщення

порядок чергування фаз регулювання з відпрацюванням перехідних інтервалів на основі матриці тривалостей мінімальних часових проміжків між дозволяючими сигналами конфліктних напрямів регулювання.

Численними дослідженнями встановлено, що застосування електронних табло зворотного відліку залишкового часу тривалості світлофорних сигналів як для транспортних так і для пішохідних напрямків регулювання дає значний позитивний ефект, який виражається у зниженні кількості та тяжкості дорожньо-транспортних пригод, пов'язаних із попутним зіткненням транспортних засобів, які рухаються один за одним однією смугою руху і наближаються до регульованого перехрестя, на якому застосовується табло відліку часу. Що стосується пішохідних напрямів світлофорного регулювання, то для таких напрямів застосуванням табло зворотного відліку дає позитивний ефект, який виражається у зменшенні кількості порушень Правил дорожнього руху пішоходами, а саме у зменшенні кількості виходів пішоходів на проїзну частину під час дії заборонного червоного сигналу світлофорної сигналізації.

Отримуючи додаткову інформацію про час, що лишився до завершення дії червоного сигналу, пішоходи не ризикують виходити на проїзну частину до завершення дії сигналу. Позитивний ефект дає також і зворотний відлік дозволяючого сигналу. У разі, якщо ширина проїзної частини, призначеної для пролягання пішохідного переходу, перевищує чотири смуги руху, в такому випадку тривалості зеленого миготливого та залишкового червоного сигналу для пішоходів, що залишається до моменту початку зеленого сигналу для транспортних засобів, є недостатньо для завершення пішохідного переходу. Особливо це стосується пішоходів з обмеженими фізичними можливостями та пішоходів похилого віку. Заздалегідь знаючи про залишкову тривалість зеленого сигналу, вони не виходять на проїзну частину вулиці в тому випадку, якщо не впевнені, що часу, який залишився, вистачить їм для переходу проїзної частини. Таким чином суттєво підвищується рівень безпеки дорожнього руху.

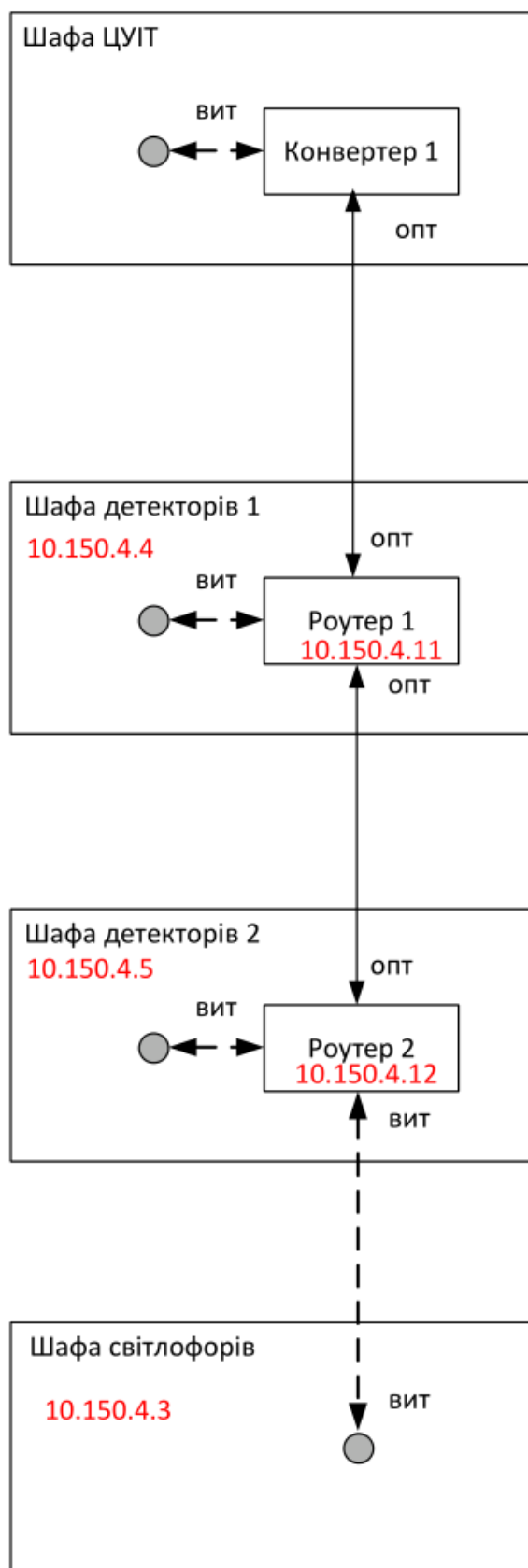


Рисунок 2.2 – Структура локальної мережі обміну даними

Практичне застосування таких табло відліку на перехрестях, де застосовується адаптивне гнучке світлофорне регулювання на локальному чи координованому рівні із використанням транспортних та пішохідних детекторів на практиці пов'язано із складністю визначення залишкового часу до кінця дії сигналу, оскільки порядок слідування фаз світлофорного регулювання та їх набір і тривалість пов'язані із даними детекторів і постійно перевизначаються на основі отриманих в онлайн режимі параметрів транспортних та пішохідних потоків, які характеризуються нерівномірністю.

Визначення моментів початку відліку та чисел, які повинні показуватися на табло, містить в собі певну технічну задачу. Для розв'язання цієї задачі планується пов'язувати із дорожнім контролером за допомогою спеціальних кабелів не лише самі світлофори, а і табло відліку часу, які розташовуються в них. Таким чином, при застосуванні цієї технології дорожній контролер буде постійно по лінії зв'язку пересилати до плати керування табло відліку залишкового часу інформацію про те, у який момент необхідно показувати певні числа про їх колір, а також про те, в який момент показання повинні бути припинені, оскільки неможливо визначити залишкову тривалість сигналу.

Така ситуація виникає у випадку застосування викличних пішохідних фаз, які викликаються пішоходами шляхом натиснення кнопки. Оскільки до моменту її натиснення немає інформації про те що пішохід наближається до пішохідного переходу і таким чином неможливо визначити залишкову тривалість заборонного сигналу для пішоходів та дозволяючого сигналу для транспортних засобів, які рухаються в тому напрямку регулювання, що його перетинає пішохідний перехід, дозволяючий сигнал на якому викликається за допомогою кнопки пішохідного виключного пристрою.

На рис. 3.11 показано креслення спеціального кронштейну, що застосовуються для кріплення на опорах контактної мережі антен зв'язку, які забезпечують взаємодію контрольної лічильної станції із автономними електромагнітними датчиками транспортного потоку.

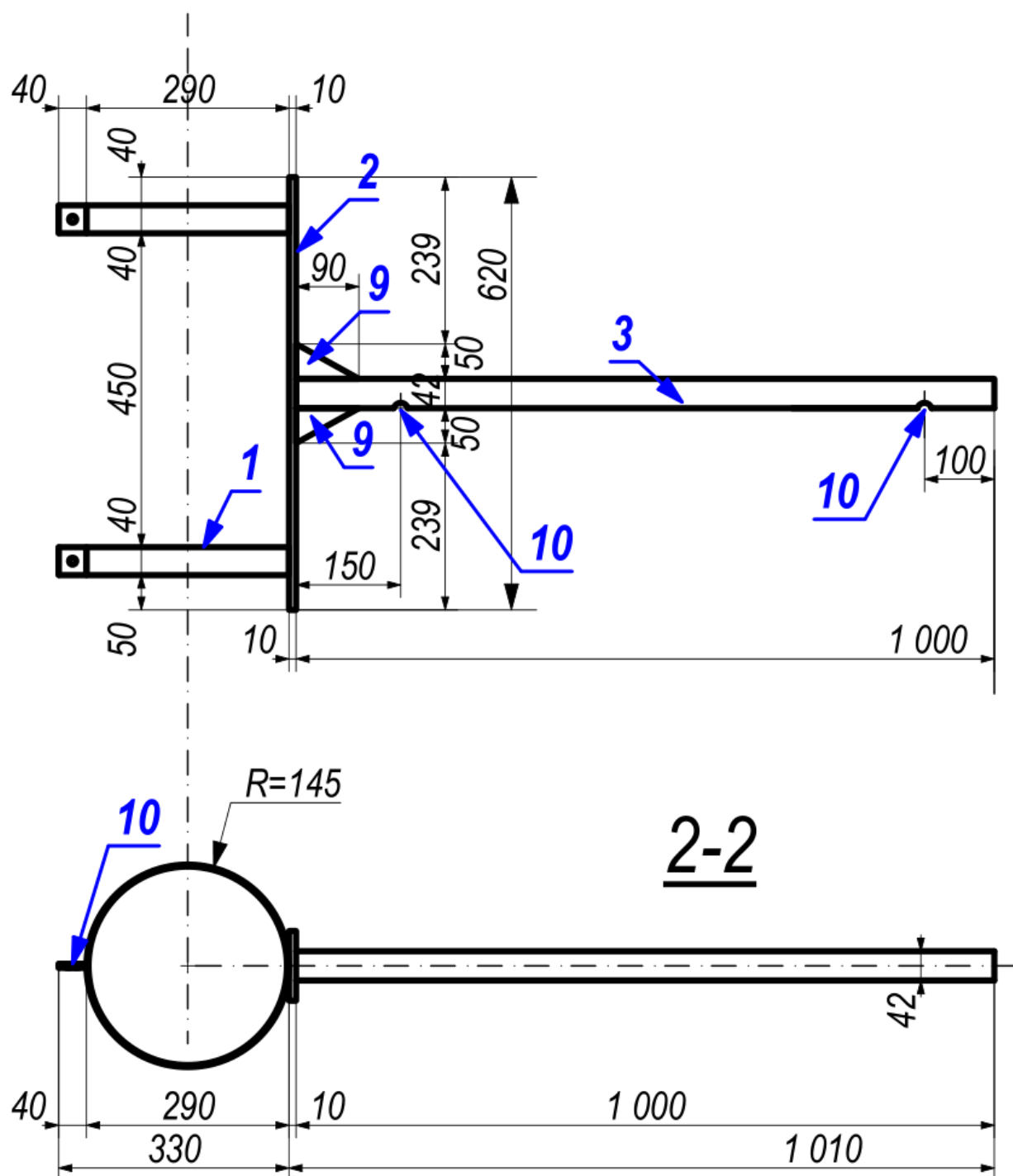


Рисунок 2.3 – Креслення кріплень для антен транспортних детекторів

Перевагами застосування датчиків такого типу є відсутність необхідності протягування до них лінії зв'язку та дроту живлення. З урахуванням того, що датчики розташовано в асфальтному покритті, така перевага є дуже значною.

3.2 Розрахунок режиму роботи світлофорного об'єкту

З метою визначення величин втраченого та ефективного часу необхідно спочатку встановити тривалості перехідних інтервалів циклу регулювання. Для цього спочатку визначаємо тривалості мінімальних часових проміжків між дозволяючими сигналами напрямів регулювання.

Оскільки геометричні характеристики та організація дорожнього руху на перехресті лишаються незмінними. Тривалості мінімальних проміжків приймаємо згідно із діючим режимом регулювання. Їх величини наведено у табл. 2.1.

	1	2	3	5	7
1	0	0	9	0	9
2	0	0	9	0	9
3	9	9	0	9	0
5	0	0	6	0	0
7	6	6	0	0	0

Таблиця 2.1 – Матриця мінімальних часових проміжків

За даними досліджень інтенсивності руху, значення інтенсивності визначалося щоразу для нового дозволяючого сигналу, тобто кожного циклу регулювання. при застосуванні алгоритму розбиття графу.

З огляду на те, що при поділі графу структури циклу регулювання, отриманого на підставі таблиці 2 на повні підграфи отримано два підграфи, то на перехресті можна влаштувати двофазну схему регулювання. В такому випадку задача чергування фаз не розв'язується, тому розрахункові тривалості перехідних інтервалів можна визначити за таблицею ММП без розв'язку задачі комівояжера.

Схему пофазового роз'їзду показано на рис. 2.4.

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

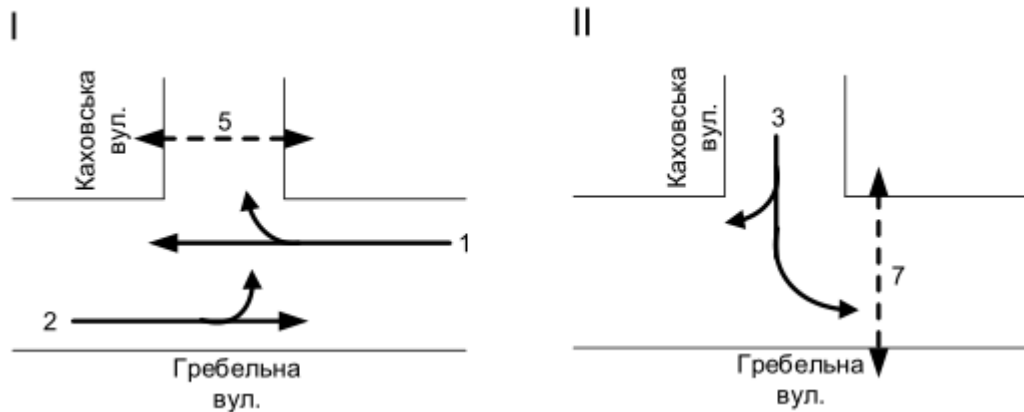


Рисунок 2.4 – Схема пофазового роз'їзду

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

Використовуючи набір напрямів у кожній фазі регулювання (рис. 2), визначаємо шляхом вибору максимального значення розрахункові тривалості перехідних інтервалів фаз.

Втрачений у циклі час на перехресті визначається за формулою:

$$L = \sum_{i=1}^m (t_{\text{п}}^i - 3 - 1), \quad (3.1)$$

де m - кількість фаз регулювання на перехресті.

$$L = (9 - 4) + (9 - 4) = 10 \text{ с.}$$

Потік насичення визначається методом натурного спостереження із підрахунком кількості транспортних засобів за видами та часу їх проходження через стоп-лінію за умов руху їх із потоком насичення (максимальною пропускною здатністю перерізу стоп-лінії). Хід визначення величини потоку насичення на прикладі одного з під'їздів наведено табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Експериментальне визначення величини потоку насичення

Від кільця		Легк.	Мікроавт	Трол.	Автобус	В 1	В 2	В 3	А/п	Разом
Крефіцієнти		1	1,4	1,8	1,8	1,5	1,7	1,7	2,2	
1	Прямо	9	1			1				11
20	Прямо	9	1,4	0	0	1,5	0	0	0	12
	Прямо	1620	252	0	0	270	0	0	0	2142
2	Прямо	3	1			2				6
13	Прямо	3	1,4	0	0	3	0	0	0	8
	Прямо	831	388	0	0	831	0	0	0	2050
3	Прямо	7								7
14	Прямо	7	0	0	0	0	0	0	0	7
	Прямо	1800	0	0	0	0	0	0	0	1800
4	Прямо	14	1			1				
33	Прямо	14	1,4	0	0	1,5	0	0	0	17
	Прямо	1528	153	0	0	164	0	0	0	1845
5	Прямо	11	1							
25	Прямо	11	1,4	0	0	0	0	0	0	13
	Прямо	1584	202	0	0	0	0	0	0	1786
6	Прямо	4								
9	Прямо	4	0	0	0	0	0	0	0	4
	Прямо	120	0	0	0	0	0	0	0	120
7	Прямо	3				1				
7,5	Прямо	3	0	0	0	1,5	0	0	0	5
	Прямо	90	0	0	0	45	0	0	0	135
8	Прямо	4								
7	Прямо	4	0	0	0	0	0	0	0	4
	Прямо	120	0	0	0	0	0	0	0	120
9	Прямо	7								
10	Прямо	7	0	0	0	0	0	0	0	7
	Прямо	210	0	0	0	0	0	0	0	210
10	Прямо	5								
8,2	Прямо	5	0	0	0	0	0	0	0	5
	Прямо	150	0	0	0	0	0	0	0	150

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

$$y_i = \frac{N_i}{M_{n_i}}, \quad (3.2)$$

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

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

Наприклад, для інтенсивностей руху за напрямками $N_1=2115$ од./год., $N_2=420$ од./год.. значення фазових коефіцієнтів складуть (табл. 4):

$$y^I = \frac{2115}{3500} = 0,6; \quad y^{II} = \frac{420}{2145} = 0,2.$$

Визначаємо суму фазових коефіцієнтів за формулою:

$$y = \sum_{j=1}^m y_{j_{\max}} \quad (3.3)$$

Для першої програми

$$y = 0,8$$

Тривалість світлофорного циклу для перехрестя визначаємо за формулою:

$$T_u = \frac{1.5L_k + 5}{1 - Y}, \quad (3.4)$$

$$T_u = \frac{1.5 \cdot 10 + 5}{1 - 0,8} = 100c$$

Тривалість основного такту обчислюють за формулою 3.5.

Таблиця 2.3 – Проміжні етапи розрахунку елементів циклу регулювання

3500		2145							
інтенсивності		у		у	втрачений час	Цикл	кластери	ОТ	
Від Бородінської	Від Айнлагської	Від Бородінської	Від Айнлагської					ід Бородінської	Від Айнлагської
423	210	0,12	0,10	0,22	10	26	26	5	3
591	240	0,17	0,11	0,28		28	28	7	3
534	270	0,15	0,13	0,28		28	28	6	4
252	180	0,07	0,08	0,16		24	24	2	3
96	300	0,03	0,14	0,17		24	24	-2	8
564	390	0,16	0,18	0,34		30	30	6	7
516	390	0,15	0,18	0,33		30	30	5	7
576	480	0,16	0,22	0,39		33	33	6	9
657	120	0,19	0,06	0,24		26	26	9	0
1173	300	0,34	0,14	0,48		38	38	16	4
1173	240	0,34	0,11	0,45		36	36	16	3
2184	300	0,62	0,14	0,76		85	85	57	10
2367	420	0,68	0,20	0,87		156	156	110	29
2064	480	0,59	0,22	0,81		107	107	66	23
2250	360	0,64	0,17	0,81		106	106	72	16
2184	390	0,62	0,18	0,81		103	103	68	17
1896	390	0,54	0,18	0,72		72	72	43	12
2121	330	0,61	0,15	0,76		83	83	54	11
2115	420	0,60	0,20	0,80		100	100	64	18
2061	420	0,59	0,20	0,78		93	93	58	17
2106	540	0,60	0,25	0,85		136	136	85	33
2337	240	0,67	0,11	0,78		91	91	65	8
2211	180	0,63	0,08	0,72		70	70	49	3
2097	300	0,60	0,14	0,74		77	77	50	9
2100	330	0,60	0,15	0,75		81	81	53	11
2025	330	0,58	0,15	0,73		75	75	47	10
2370	360	0,68	0,17	0,84		129	129	91	20
2049	360	0,59	0,17	0,75		81	81	51	12
2061	480	0,59	0,22	0,81		107	107	66	23
1812	540	0,52	0,25	0,77		87	87	48	21
2016	420	0,58	0,20	0,77		88	88	54	16
2247	330	0,64	0,15	0,80		98	98	67	13
1896	330	0,54	0,15	0,70		66	66	39	8
2109	420	0,60	0,20	0,80		99	99	63	18
2151	540	0,61	0,25	0,87		150	150	95	37
1764	450	0,50	0,21	0,71		70	70	38	14
2199	150	0,63	0,07	0,70		66	66	47	2
1707	270	0,49	0,13	0,61		52	52	29	5
2157	360	0,62	0,17	0,78		93	93	61	14
1995	390	0,57	0,18	0,75		81	81	50	13
1881	420	0,54	0,20	0,73		75	75	44	13
1923	480	0,55	0,22	0,77		88	88	52	19
1953	570	0,56	0,27	0,82		113	113	66	29
2085	300	0,60	0,14	0,74		76	76	49	8
2151	390	0,61	0,18	0,80		98	98	64	16

$$\bar{t}_3^m = \frac{\bar{y}^i}{\bar{Y}} (\bar{T} - \bar{L}) - 1 - 3, \quad (3.5)$$

Для першої програми

$$\bar{t}_3^I = \frac{0,6}{0,8}(100 - 10) - 1 - 3 = 64c$$

$$\bar{t}_3^{II} = \frac{0,2}{0,8}(100 - 10) - 1 - 3 = 18c$$

Слід звернути увагу, що при визначенні потоків насичення натурним методом встановлено, що під час переходу стану процесу руху на рівень зручності *B* спостерігається суттєве зниження середньої просторової швидкості, яке зворотно пропорційно впливає на величину потоку насичення.

Розрізняють дві основних технологій керування світлофорною сигналізацією, що є доступні при застосуванні сучасного обладнання, а саме дорожніх контролерів та автоматизованих систем керування дорожнім рухом, що поділяються на декілька рівнів. До таких технологій належать керування світлофорною сигналізацією за фазами регулювання та керування світлофорною сигналізацією за окремими напрямками.

Друга технологія є більш прогресивною, оскільки забезпечує технічну можливість реалізації будь-яких алгоритмів керування, в тому числі таких, у яких тривалість перехідних інтервалів перевищує тривалість основних тактів у фазах регулювання.

Основним фактом називають такий проміжок часу, протягом якого на всіх транспортних та пішохідних напрямках регулювання не відбувається зміни світлофорних сигналів, і в той же час у групі взаємно неконфліктних транспортних та пішохідних напрямків регулювання ввімкнено дозволяючий зелений або білий сигнал. Перехідним інтервалом називають сукупність додаткових тактів регулювання, протягом яких хоча б по одному напрямку регулювання відбувається перехідний процес між дозволяючим сигналом та заборонним сигналом. Цей перехідний процес полягає у послідовному перемиканні сигналів відповідно до вимог національного стандарту ДСТУ 4092-2002.

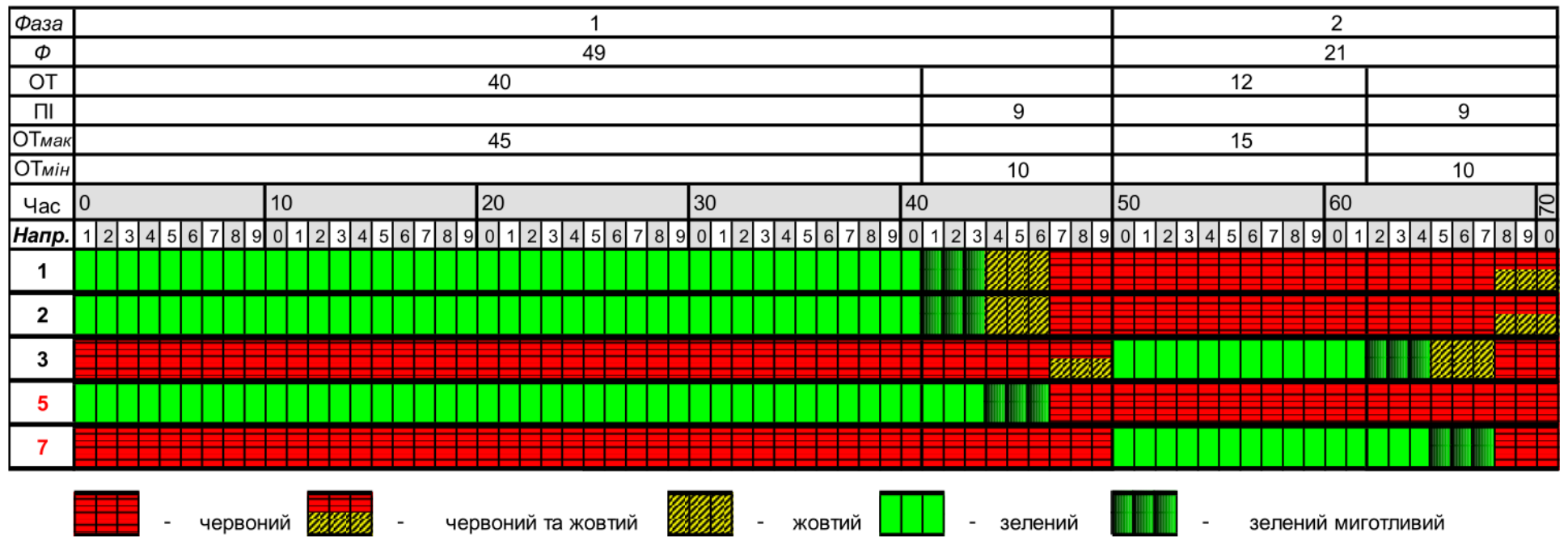


Рисунок 2.5 – Циклограма світлофорного регулювання

А скільки автоматизована система керування дорожнього руху є багаторівневою системою вона повинна передбачати резервування режимів світлофорного регулювання на випадок виходу з ладу якогось із рівнів системи. У наступних таблицях показано параметри цих режимів.

Таблиця 2.4 – Тривалості елементів циклу

	ПР	ОТ1	фази Зел 1
ЛУ	1	69	69
ЛУ	2	120	120
ЛУ	3	81	81
ЛУ	4	48	48
ЛУ	5	180	180
КУ	6	39	69
КУ	7	90	120
КУ	8	51	81
КУ	9	29	59
КУ	10	18	48
КУ	11	85	115
КУ	12	200	230
КУ	13	100	130
КУ	14	70	100
КУ	15	180	210
КУ	16	190	220

Таблиця 2.5 – Параметри режиму регулювання для алгоритму підміни фаз

Робочі дні

Час	Ф 1 ЛУ	Пр ЛУ	Ф зел 1 ку	Пр КУ
7:00	69	1	69	6
7:10	120	2	120	7
8:50	81	3	81	8
9:00	69	1	59	9
10:00	48	4	48	10
16:00	120	2	115	11
17:00	180	5	230	12
17:50	120	2	130	13
18:10	120	2	115	11
20:00	48	4	48	10

Адаптивний процес пошуку оптимальних параметрів тривалості основних тактів та перехідних інтервалів відбувається на кількох рівнях автоматизованого керування дорожнім рухом одночасно, а саме на локальному та координованому рівні.

На локальному рівні цей процес полягає у локальній корекції координованого плану регулювання яка полягає в тому що в межах встановлених діапазонів пролягання стрічок часу в координації допускається незначний зсув моментів вмикання дозволяючи сигналів для транспортних та пішохідних напрямів регулювання. У випадку виходу з ладу трактів зв'язку між верхнім та нижнім рівнями автоматизованої системи на нижньому рівні передбачається набір резервних програм регулювання параметри яких показані в наступних таблицях.

Таблиця 2.6 – Параметри режимів регулювання

Субота, неділя

Час	Ф 1 ЛУ	Пр ЛУ	Ф зел 1 ку	Пр КУ
0:00	48	4	48	10

Таблиця 2.7 – Параметри режимів регулювання

П'ятниця

Час	Ф 1 ЛУ	Пр ЛУ	Ф зел 1 ку	Пр КУ
7:00	69	1	69	6
7:10	120	2	120	7
8:50	81	3	81	8
9:00	69	1	59	9
10:00	48	4	48	10
15:00	120	2	115	11
16:30	180	5	230	12
17:50	120	2	130	13
18:10	120	2	115	11
20:00	48	4	48	10

Таблиця 2.8 – Параметри багатопрограмного регулювання

Програма, №	Параметри режиму			
	Фаза, №		1	2
1	Тривалість, с	ОТ	50	12
		ПІ	9	9
	Фаза, №		1	2
2	Тривалість, с	ОТ	39	17
		ПІ	9	9
	Фаза, №		1	2
3	Тривалість, с	ОТ	72	12
		ПІ	9	9
	Фаза, №		1	2
4	Тривалість, с	ОТ	40	12
		ПІ	9	9
	Фаза, №		1	2
5	Тривалість, с	ОТ	92	12
		ПІ	9	9
	Фаза, №		1	2
6	Тривалість, с	ОТ	101	12
		ПІ	9	9
	Фаза, №		1	2
7	Тривалість, с	ОТ	106	12
		ПІ	9	9
	Фаза, №		1	2
8	Тривалість, с	ОТ	111	12
		ПІ	9	9
	Фаза, №		1	2
9	Тривалість, с	ОТ	116	12
		ПІ	9	9
	Фаза, №		1	2
10	Тривалість, с	ОТ	121	12
		ПІ	9	9
	Фаза, №		1	2
11	Тривалість, с	ОТ	126	12
		ПІ	9	9
	Фаза, №		1	2
12	Тривалість, с	ОТ	60	12
		ПІ	9	9
	Фаза, №		1	2
13	Тривалість, с	ОТ	79	12
		ПІ	9	9
	Фаза, №		1	2

Таблиця 2.9 – Параметри перехідних інтервалів

Перший напрям	Другий напрям	Тривалість конфлікту за матрицею, с	Нормативна тривалість конфлікту за матрицею, с	Тривалість конфлікту за циклограмою, с	Фактична тривалість конфлікту. с	Завершення зеленого додаткового за програмою контролера для першого напрямку, с	Завершення червоного з жовтим за програмою контролера за другим напрямом, с	Висновок
1	3	9	9	9	9	9	0	Тривалості відповідні
1	7	9	9	9	9	9	0	Тривалості відповідні
2	3	9	9	9	9	9	0	Тривалості відповідні
2	7	9	9	9	9	9	0	Тривалості відповідні
3	1	9	9	9	9	9	0	Тривалості відповідні
3	2	9	9	9	9	9	0	Тривалості відповідні
3	5	9	9	9	9	9	0	Тривалості відповідні

Закінчення таблиці 2.9

Перший напрям	Другий напрям	Тривалість конфлікту за матрицею, с	Нормативна тривалість конфлікту за матрицею, с	Тривалість конфлікту за циклограмою, с	Фактична тривалість конфлікту. с	Завершення зеленого додаткового за програмою контролера для першого напрямку, с	Завершення червоного з жовтим за програмою контролера за другим напрямом, с	Висновок
5	3	6	6	6	6	6	0	Тривалості відповідні
7	1	6	6	6	6	6	0	Тривалості відповідні
7	2	6	6	6	6	6	0	Тривалості відповідні

Таблиця 2.10 – Параметри режиму регулювання (перша програма)

Номер напряму	Тривалості сигналів, с					
	Зеленого	Зеленого миготливого	Жовтого	Червоного	Червоного з жовтим	Цикл
1	50	3	3	21	3	80
2	50	3	3	21	3	80
3	12	3	3	59	3	80
5	53	3	0	24	0	80
7	15	3	0	62	0	80

Таблиця 2.11 – Параметри режиму регулювання (друга програма)

Номер напряму	Тривалості сигналів, с					
	Зеленого	Зеленого миготливого	Жовтого	Червоного	Червоного з жовтим	Цикл
1	39	3	3	26	3	74
2	39	3	3	26	3	74
3	17	3	3	48	3	74
5	42	3	0	29	0	74
7	20	3	0	51	0	74

Таблиця 2.12 – Параметри режиму регулювання (третя програма)

Номер напряму	Тривалості сигналів, с					
	Зеленого	Зеленого миготливого	Жовтого	Червоного	Червоного з жовтим	Цикл
1	72	3	3	21	3	102
2	72	3	3	21	3	102
3	12	3	3	81	3	102
5	75	3	0	24	0	102
7	15	3	0	84	0	102

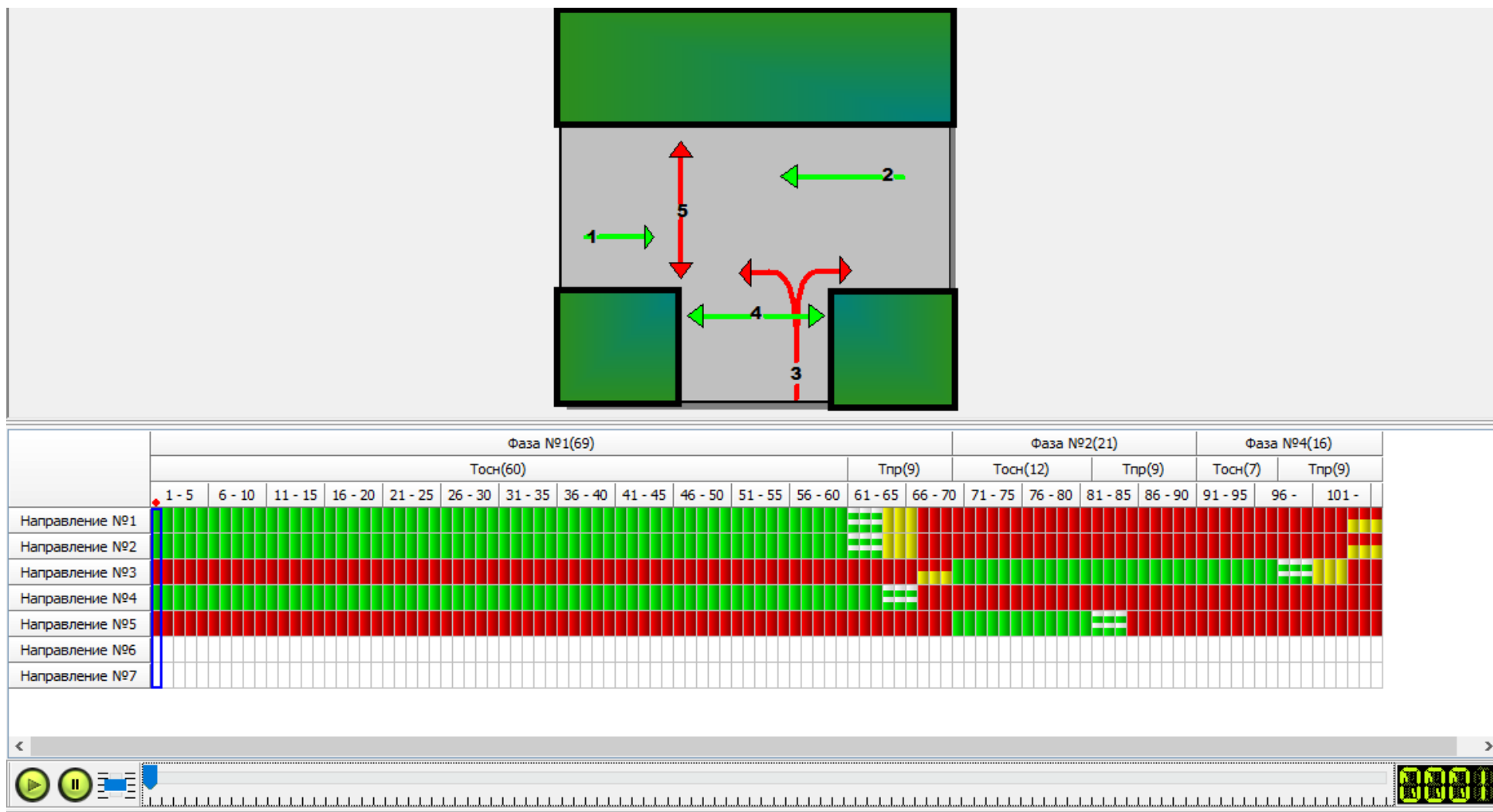


Рисунок 2.6 – Програмування дорожнього контролера

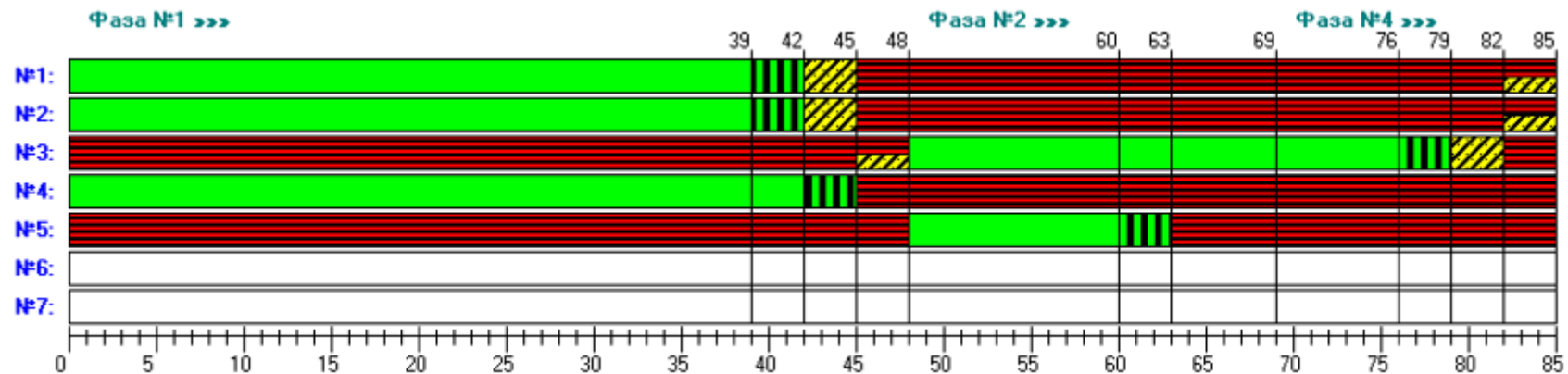


Рисунок 2.7 – Скрін циклограми світлофорного регулювання

Блок 1										Блок 2									
1	2	3	4	5	6	7	8			9	10	11	12	13	14	15	16		
L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	N	N	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	N	N
Ч1	Ч1Д	Ж1	З1	Ч2	Ч2Д	Ж2	З2	N	N	Ч3	Ж3	З3	Ч4	З4	Ч5	З5		N	N

Рисунок 2.8 – Схема підключення напрямів регулювання

пос-ность	фаза	номер секунды	1 БПСС 1-е пол секунды	1 БПСС 2-е пол секунды	2 БПСС 1-е пол секунды	2 БПСС 2-е пол секунды
1-я п-сть	1ф	0	1 1 1 2 2 2 3 3 3	1 1 1 2 2 2 3 3 3	5 5 6 6 7 7 7	5 5 6 6 7 7 7
1-я п-сть	1ф	1	1 1 1 2 2 2 3 3 3	1 1 1 2 2 2 3 3 3	5 5 6 6 7 7 7	5 5 6 6 7 7 7
1-я п-сть	1ф	2	1 1 1 2 2 2 3 3 3	1 1 1 2 2 2 3 3 3	5 5 6 6 7 7 7	5 5 6 6 7 7 7
1-я п-сть	1ф	3	1 1 1 2 2 2 3 3 3	1 1 1 2 2 2 3 3 3	5 5 6 6 7 7 7	5 5 6 6 7 7 7
1-я п-сть	1ф	4	1 1 1 2 2 2 3 3 3	1 1 1 2 2 2 3 3 3	5 5 6 6 7 7 7	5 5 6 6 7 7 7
1-я п-сть	1ф	5	1 1 1 2 2 2 3 3 3	1 1 1 2 2 2 3 3 3	5 5 6 6 7 7 7	5 5 6 6 7 7 7
1-я п-сть	1ф	6	1 1 1 2 2 2 3 3 3	1 1 1 2 2 2 3 3 3	5 5 6 6 7 7 7	5 5 6 6 7 7 7
1-я п-сть	1ф	7	1 1 1 2 2 2 3 3 3	1 1 1 2 2 2 3 3 3	5 5 6 6 7 7 7	5 5 6 6 7 7 7
1-я п-сть	1ф	8	1 1 1 2 2 2 3 3 3	1 1 1 2 2 2 3 3 3	5 5 6 6 7 7 7	5 5 6 6 7 7 7
1-я п-сть	1ф	9	1 1 1 2 2 2 3 3 3	1 1 1 2 2 2 3 3 3	5 5 6 6 7 7 7	5 5 6 6 7 7 7
1-я п-сть	2ф	0	1 1 1 2 2 2 3 3 3	1 1 1 2 2 2 3 3 3	5 5 6 6 7 7 7	5 5 6 6 7 7 7
1-я п-сть	2ф	1	1 1 1 2 2 2 3 3 3	1 1 1 2 2 2 3 3 3	5 5 6 6 7 7 7	5 5 6 6 7 7 7
1-я п-сть	2ф	2	1 1 1 2 2 2 3 3 3	1 1 1 2 2 2 3 3 3	5 5 6 6 7 7 7	5 5 6 6 7 7 7
1-я п-сть	2ф	3	1 1 1 2 2 2 3 3 3	1 1 1 2 2 2 3 3 3	5 5 6 6 7 7 7	5 5 6 6 7 7 7
1-я п-сть	2ф	4	1 1 1 2 2 2 3 3 3	1 1 1 2 2 2 3 3 3	5 5 6 6 7 7 7	5 5 6 6 7 7 7
1-я п-сть	2ф	5	1 1 1 2 2 2 3 3 3	1 1 1 2 2 2 3 3 3	5 5 6 6 7 7 7	5 5 6 6 7 7 7
1-я п-сть	2ф	6	1 1 1 2 2 2 3 3 3	1 1 1 2 2 2 3 3 3	5 5 6 6 7 7 7	5 5 6 6 7 7 7
1-я п-сть	2ф	7	1 1 1 2 2 2 3 3 3	1 1 1 2 2 2 3 3 3	5 5 6 6 7 7 7	5 5 6 6 7 7 7
1-я п-сть	2ф	8	1 1 1 2 2 2 3 3 3	1 1 1 2 2 2 3 3 3	5 5 6 6 7 7 7	5 5 6 6 7 7 7
1-я п-сть	2ф	9	1 1 1 2 2 2 3 3 3	1 1 1 2 2 2 3 3 3	5 5 6 6 7 7 7	5 5 6 6 7 7 7

Рисунок 2.9 – Діаграма переходів

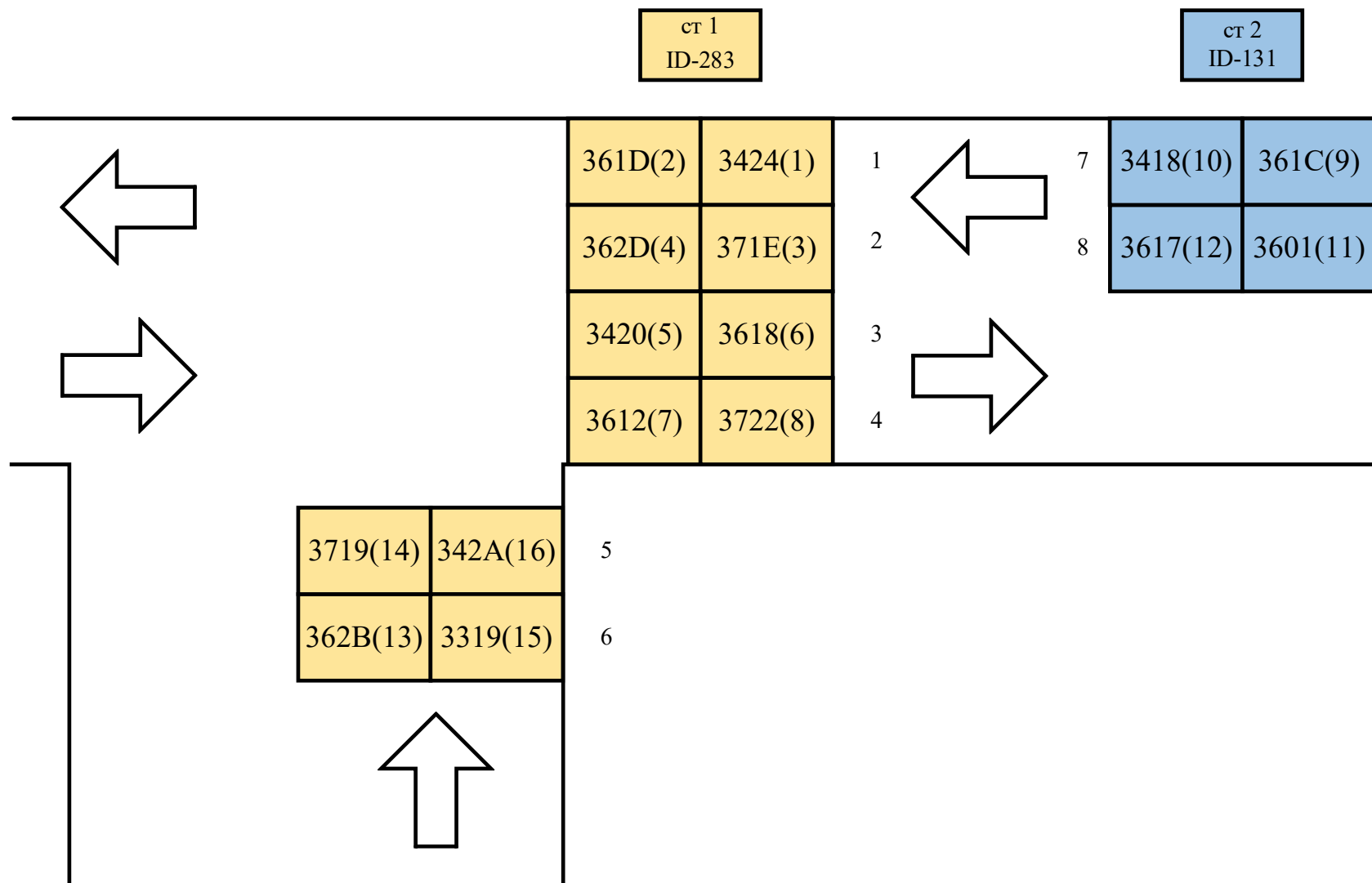


Рисунок 2.10 – Схема розташування датчиків

3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Розрахунок капітальних витрат

До капітальних витрат належать витрати по придбанню дорожніх знаків, визначених у основній частині, K_1 монтажу цих дорожніх знаків K_2 , та демонтажу старих дорожніх знаків K_3 , а також на закупівлю дорожнього контролера K_4 .

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

Таблиця 3.1 – Витрати на дорожні знаки

Тип знаку	Вартість 1 знаку	Кількість знаків	Сума
Круглий	972	2	1944
Квадратний	972	6	5832
Прямокутний	1680	2	3360
Разом,		10	11136

Витрати на монтаж 10 дорожніх знаків K_2 з урахуванням вартості монтажу одного знаку 184 грн., складатимуть

$$K_2 = 10 \cdot 184 = 1840 \text{ грн} \quad (3.1)$$

Вартість демонтажу 6 старих дорожніх знаків становить:

$$K_3 = 6 \cdot 74 = 444 \text{ грн} \quad (3.2)$$

Вартість дорожнього контролера КДК 40-02 за даними заводу-виробника складає $K_4 = 200180 \text{ грн.}$

Таким чином, вартість додаткових основних фондів складатиме:

$$\Phi = 11136 + 200180 = 211316 \text{ грн.}$$

З урахуванням витрат на проведення робіт з монтажу та демонтажу, загальний обсяг капітальних вкладень становитиме:

$$K = 211316 + 1840 + 444 = 213600 \text{ грн.}$$

3.2 Розрахунок річних експлуатаційних витрат

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

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 $32,4 \text{ м}^2$.

Витрати на нанесення 1 м^2 розмітки становлять 354 грн., таким чином витрати на нанесення розмітки:

$$C_n = 32,4 \cdot 354 = 11470 \text{ грн. / рік} \quad (3.5)$$

Амортизаційні витрати на технічні засоби для першого року експлуатації становлять:

$$A = 211316 \cdot 0,24 = 51157 \text{ грн / рік}$$

Оскільки до основних фондів, що закупаються додатково, належать лише технічні засоби регулювання дорожнього руху, то експлуатаційні витрати на ремонт технічних засобів становлять:

$$C_{\text{рем}} = \Phi \cdot 0,05$$

$$C_{\text{рем}} = 211316 \cdot 0,05 = 10566 \text{ грн / рік}$$

Загальні експлуатаційні витрати складають:

$$C = 11470 + 51157 + 10566 = 73193 \text{ грн / рік}$$

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

Зниження тривалостей затримок транспорту перед лініями регулювання відбувається за рахунок запровадження гнучкого алгоритму для визначення тривалості та порядку чергування фаз регулювання. Технічну можливість такої зміни забезпечує встановлення нового дорожнього контролера.

Таблиця 3.2 –Тривалості транспортних затримок

Напрям	Тривалість затримки за базовим варіантом, год./год.	Тривалість затримки за проектним варіантом, год./год.	Різниця затримок, год./год.	Різниця затримок, год./рік
1	2,72	1,21	1,51	5511,5
2	1,12	0,62	0,5	1825
3	3,01	1,77	1,24	4526
Разом	6,85	3,6	3,25	11862,5

Таким чином, загальна різниця тривалостей затримок приведених транспортних засобів за напрямом регулювання на перехресті протягом року складатиме 11862,5 год./рік. Під час переведення годинної тривалості транспортних затримок у річну враховано, що середньодобовий час ефективної роботи світлофорного об'єкту складає 10 год.

Умовна вартість цієї різниці затримок визначається таким чином:

$$C_{mz} = \frac{Z_{zag} \cdot D_i \cdot S}{K_{36}} \quad (3.9)$$

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

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

K_{36} – коефіцієнт зведення ТЗ i -го типу до легкового автомобіля;

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

Наприклад, для мікроавтобусів:

$$C_{\text{мкр}} = \frac{11862,5 \cdot 0,14 \cdot 600}{1,5} = 664300 \text{ грн / рік}$$

Розрахунок вартості затримок пасажирів транспортних засобів проводиться за формулою:

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

де Π – пасажиромісткість і-го виду ТЗ;

$K_{\text{впм}}$ – коефіцієнт використання пасажиромісткості;

S_g – вартість години часу пасажирів.

Проміжні результати розрахунків наведено у табл. 3.3 та 3.4.

Таблиця 3.3 – Параметри розрахунку вартості затримок

Тип учасника дор. руху	пішохід	легкові	вантажні	автобуси	мікроавт
Частка в потоці, %		66	15	5	14
Пасажиромісткість		4		50	18
Коеф. використ. пас.-місткості		0,4		0,75	0,75
Вартість машино-години, грн		340,00	950,00	1380,00	600,00
Вартість години людини, грн	48,00				

Таблиця 3.4 – Параметри розрахунку вартості затримок

Вид транспортного засобу	легкові	вантажні	автобуси	мікроавт	РАЗОМ
Транспортні затримки, год/рік	7829,25	889,6875	197,708	1107,17	10023,813
Вартість затримок пасажирів, грн/рік	601286,40	0	355875	717444	1674605,4
Вартість згаяних машино-годин, грн/рік	2661945,00	845203,1	272838	664300	4444285,6
ЗАГАЛОМ, грн/рік	3263231,40	845203,1	628713	1381744	6118891

$$E_{\text{затр}} = 6118891 \cdot 0,2 = 1223778 \text{ грн/рік}$$

3.5 Розрахунок терміну окупності проєкту

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

$$E = E_{затр} \quad (3.14)$$

$$E = 1223778 \text{ грн/рік}$$

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:

$$T_{ок} = \frac{213600}{2010142 - 73193} = 0,19 \text{ року}$$

Термін окупності проєкту – близько 2 місяців.

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

Таблиця 3.8 -Техніко-економічні показники проекту

Показник	Базове значення	Проектне значення
Капітальні вкладення, грн.	-	213600
Додаткові річні експлуатаційні витрати, грн	-	73193
Затримки транспорту і пасажирів, год./год.	15,58	10,4
Економія від зменшення затримок, грн/рік	-	1223778
Термін окупності проекту, років	-	0,19

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАХЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Організація дорожнього руху під час виконання тимчасових дорожніх робіт на території проїзної частини можлива двома способами: без закриття дорожнього руху та з організацією об'їзду. У першому випадку внаслідок проведення дорожніх робіт на проїзній частині знижується кількість відкритих смуг руху, призначених для проїзду транспортних засобів. Оскільки місцем проведення дорожніх робіт є перехрестя вулиць Гребельний та Каховської, що за результатами проведених досліджень є достатньо завантаженим транспортом, то проведення дорожніх робіт з розташуванням обладнання, техніки, запасних частин та матеріалів в межах проїзної частини призведе до суттєвого зниження пропускної здатності перехрестя і, як наслідок, до серйозного зростання рівнів завантаження рухом під'їздів до перехрестя. Це буде особливо проявлятися в пікові години і в умовах додаткового ускладнення погодних умов.

Другий спосіб проведення робіт пов'язаний із повним закриттям руху та підготовкою об'їзних маршрутів і в даному випадку буде пов'язаний із суттєвим зростанням часу в дорозі для пасажирів транспортних засобів. При аналізі магістральної вулично-дорожньої мережі в районі проектування можна зробити однозначний висновок про відсутність транспортних комунікацій відповідної пропускної здатності для організації об'їзного маршруту навіть і більшої довжини. Закриття руху на ділянці проведення робіт найбільш суттєво негативно вплине на громадський транспорт, оскільки це призведе до зростання часу обороту, що в умовах незмінності кількості транспортних засобів, що випускаються на лінію, призведе до збільшення часових інтервалів на маршрутах, які і так є максимально допустимими, особливо враховуючи пасажирські потоки протягом пікових годин. Тому однозначним рішенням є проведення робіт без зупинки руху зі зниженням кількості смуг, призначених для руху. З цією метою не період дорожніх робіт необхідно зробити тимчасову

схему організації регулювання дорожнього руху, яка буде враховувати відповідне зниження ширини проїзної частини і, як наслідок, зниження пропускної здатності під'їздів до перехрестя.

Потенційні небезпеки притаманні такій ситуації можна умовно поділити на дві групи: перша група пов'язана із впливом небезпечних факторів, що супроводжуються проведенням дорожніх робіт на учасників дорожнього руху, які перебувають поблизу зони робіт. З метою недопущення таких проявів необхідно відповідно до вимог нормативної документації, що стосується організації тимчасового руху в місцях проведення дорожніх робіт, забезпечити застосування технічних засобів регулювання дорожнього руху, особливо в темний час доби та в умовах обмеження видимості внаслідок ускладнення погодних умов. До другої групи небезпек належать обставини, спровоковані зниженням пропускної здатності проїзної частини в зоні проведення робіт. До таких наслідків, зокрема, належить ризик збільшення кількості дорожньо-транспортних пригод, пов'язаних із маневруванням транспортних засобів на під'їздах до зони проведення робіт. Більш докладно аналіз можливих небезпек та розробки заходів із забезпечення безпеки наведені в додатках.

На рисунку 4.1 наведено приклад схема організації дорожнього руху індивідуального проектування для забезпечення безпеки руху на перехресті

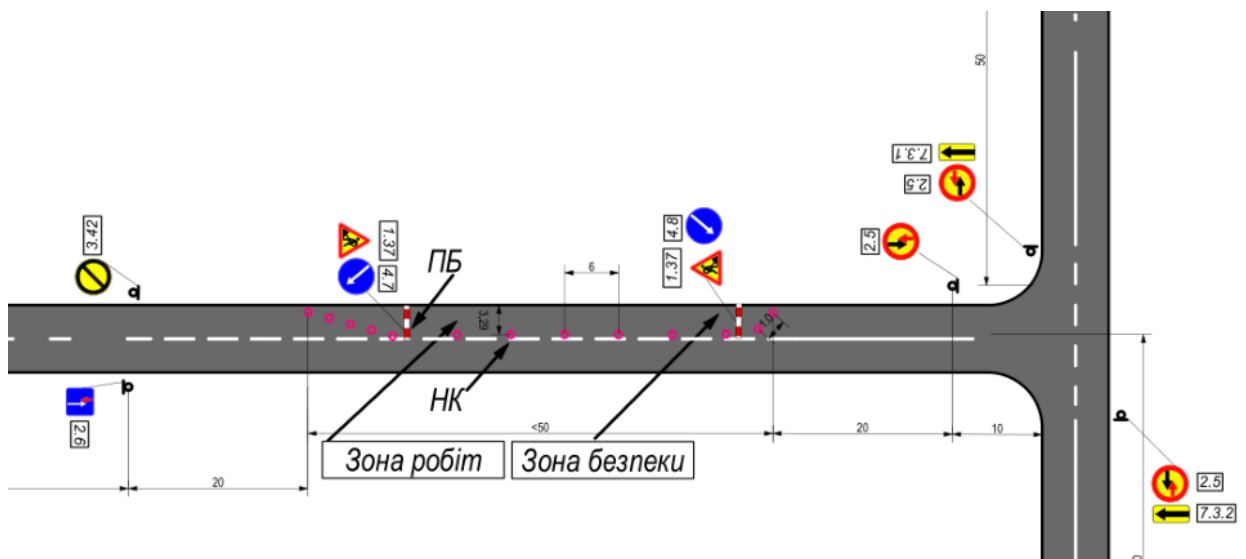


Рисунок 4.1 – Тимчасова схема ОДР

ВИСНОВКИ

Застосування електромагнітних датчиків транспортного потоку та пішохідних викличних пристроїв з табло індикації отриманого виклику дозволило застосувати на регульованому перехресті магістральної вулиці Гребельної та житлової вулиці Каховської гнучке адаптивне світлофорне регулювання із застосуванням спеціального алгоритму підміни пішохідної фази у випадку, коли виклик від пішоходів, що підходять до пішохідного переходу через вулицю Гребельну не надходить. Такий алгоритм дозволив застосувати багатопрограмне світлофорне регулювання, що забезпечило умовну економію тривалості непродуктивних транспортних затримок для пасажирів громадського транспорту, а також водіїв приватних і службових автомобілів.

Капітальні вкладення, спрямовані на вдосконалення організації і регулювання дорожнього руху на перехресті шляхом застосування додаткових технічних засобів регулювання за рахунок зниження транспортних затримок дозволили отримати позитивні економічний ефект протягом першого року експлуатації автоматизованої системи.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

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. 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. 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.
6. Дзюба О.П. Елементи теорії масового обслуговування в організації дорожнього руху / О.П. Дзюба, Н.Т. Кунда. — К.: УТУ, 1996. — 28 с.
7. Лазуткін М. І., Журавель М. О. Дослідження шкідливих та небезпечних факторів виробничого середовища, важкості і напруженості праці : захист і охорона праці в галузі» : для студентів усіх спеціальностей та усіх форми навчання : Запоріжжя: ЗНТУ. Каф. ОП і НС.

Додаток А

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 .

Додаток Б

ЗАХОДИ ПО ЗАБЕЗПЕЧЕННЮ БЕЗПЕКИ

Для запобігання аварійних ситуацій, 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.

ДОДАТОК В

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 В1 - 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, 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 В2 – Результати оцінювання за бальною шкалою

Фактор (показник)	Фактичне значення	Час дії год.
Умови праці:		
Мікроклімат за ТНС-індексом, t , °C	28	8
Освітленість приміщення E , лк	450	8
Розряд і підрозряд зорових робіт, Z_{op}	A-1	—
Рівень шуму L , дБ А	105	4
Важкість праці:		
Загальні енергозатрати організму, Bm	250	7
Стереотипні робочі рухи (кількість за зміну), при локальному навантаженні (за участю м'язів кистей та пальців рук)	63000	6
Напруженість праці:		
Тривалість зосередження уваги (в % від часу зміни)	77	7
Тривалість робочого дня, год.	8	8

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

Відповідно до додатків методичних вказівок, за витратами енергії, визначаємо категорію робіт для дослідника лабораторії обладнаної ПК. Умови праці, за витратами енергії, не перевищують 140 Bm та повинні відповідати легким фізичним роботам – категорії 1б.

З додатків, відповідно до категорії робіт 1б, розряду зорових робіт А-1 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 В3 – 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, $t, ^\circ C$	28,0	8	22,9-25,8	4	3.4	45
Освітленість приміщення $E, лк$	450	8	500	—	1-2	0
Розряд і підрозряд зорових робіт, $З_{ор}$	A-1	—	—	—	—	—
Рівень шуму $L, дБА$	105	4	60	—	3.3	1,5
Загальні енергозатрати організму, Bt	250	7	290	0,75	3.3	3
Стереотипні робочі рухи (кількість за зміну), при локальному навантаженні (за участю м'язів кистей та пальців рук)	60300	7	40000	1,32		
Тривалість зосередження уваги (в % від часу зміни)	77	7	75	0,90		
Тривалість робочого дня, $год.$	8	8	8	0,15		

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

- для гігієнічної оцінки мікроклімату використовуємо ТНС-індекс, додаток Б [7]. Розрахунковий коефіцієнт $X_{визн}$ при оцінці мікроклімату визначаємо в балах, за формулою 7.1:

$$X_{визн} = \frac{1 \cdot t_1 + 2 \cdot t_2 + 3 \cdot t_3 + 4 \cdot t_4}{T} = \frac{4 \cdot 8}{8} = 4$$

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, $K_{знач} = 1,0$

$$X_{визн} = \frac{P_{вим} \cdot T \cdot K_{знач}}{8 \cdot P_{доп}} = \frac{250 \cdot 7 \cdot 1,0}{8 \cdot 290} = 0,75;$$

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

$$X_{визн} = \frac{P_{вим} \cdot T \cdot K_{знач}}{8 \cdot P_{доп}} = \frac{63000 \cdot 7 \cdot 1,0}{8 \cdot 40000} = 1,32;$$

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

$$X_{визн} = \frac{P_{вим} \cdot T \cdot K_{знач}}{8 \cdot P_{доп}} = \frac{77 \cdot 7 \cdot 1,0}{8 \cdot 75} = 0,9;$$

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

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

Визначаємо клас та ступінь шкідливості умов праці для кожного з виявлених факторів і показників та вносимо їх значення до стовпчика 6, таблиці «Результати оцінювання за бальною шкалою»:

- для мікроклімату, відповідно до значення розрахункового коефіцієнта $X_{визн} = 4$, з таблиці 7.2 [7] – 3 клас, 4 ступінь (3.4);

- при оцінці освітленості робочої зони приміщення, клас та ступінь шкідливості умов праці визначаємо у відповідності до $P_{вим} = 450$ лк, за додатками Г та табл. Г.1 [7] – 2 клас,

- для гігієнічної оцінки рівня шуму, клас та ступінь шкідливості умов праці визначаємо у відповідності до виміряного значення рівня шуму $P_{вим} = 105$ дБА, за додатками Д та таб – 3 клас, 3 ступінь (3.3);

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

$$X_{сум} = \sum_{i=1}^n X_i = 0,75 + 1,32 + 0,9 + 0,15 = 3,12$$

З таблиці 7.3 [7] за значенням суми розрахованих балів показників $X_{сум} = 3,12$ – 3 клас, 3 ступінь (3.3);

Загальна гігієнічна оцінка умов праці за ступенем шкідливості та небезпечності, з урахуванням комбінованої та сумісної дії виробничих факторів, встановлюється за найбільш високим класом та ступенем шкідливості окремих факторів і показників, тому в результаті досліджень, відповідно до розрахунків, встановлено, що умови праці на робочому місці дослідника лабораторії обладнаної ПК належать до 3 класу, 3 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 – $X_{cm} = X_i = 4$;

- при оцінці впливу освітленості, виходимо з того що вона відповідає - умов праці та діє протягом 8 годин, тому коректування не потрібно – $X_{cm} = X_i = 0$;

- для оцінки впливу шуму, виходимо з того, що його рівень відповідає 3 класу, 3 ступеню умов праці та діє протягом 4 годин, тому значення X_i визначаємо за формулою 7.4 [7]:

$$X_i = X_{ст} \cdot \frac{T}{8} = 1 \cdot \frac{3 \cdot 4}{8} = 1,5$$

- 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:

$$X_{\text{факт}} = \sum_{i=1}^n X_i = 4 + 0 + 1,5 + 3 = 8,5$$

Розмір доплати за умовами праці визначаємо в залежності від їх фактичного стану – $X_{\text{факт}} = 8,5$, 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». 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, 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 А-1, нормована загальна освітленість якого, на робочих столах – $E = 500 \text{ лк}$;

- рівень шуму в робочий зоні дослідника – 60 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 забезпечення нормованої освітленості приміщення -відповідає нормованим умовам;
- 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, у розмірі 20%