

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Транспортний
(повне найменування факультету)

«Транспортні технології»
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

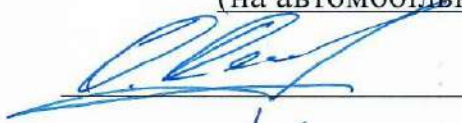
магістра
(ступінь вищої освіти)

на тему ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КООРДИНОВАНОГО
СВІТЛОФОРНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ПО ВУЛ. В. ЗАЙЦЕВА
У М. ЗАПОРІЖЖІ

Виконав: студент II курсу, групи T-322м

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

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

 Олег ЯРЕМЧУК
(прізвище та ініціали)
Керівник  В'ячеслав ТРУШЕВСЬКИЙ
(прізвище та ініціали)
Рецензент  Андрій ЩЕРБИНА
(прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

«Транспортні технології» _____

Сергій ТУРПАК

«01» листопада 2023 року

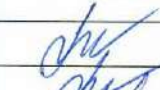
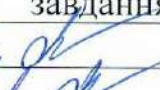
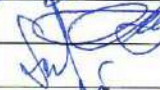
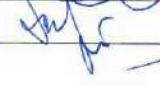
З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

ЯРЕМЧУКА Олега Сергійовича

(ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Дослідження ефективності координованого світлофорного регулювання по вул. В. Зайцева у м. Запоріжжі
керівник проєкту (роботи) к.т.н., доц. ТРУШЕВСЬКИЙ Вячеслав Едуардович
(науковий ступінь, вчене звання, ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)
затверджені наказом закладу вищої освіти від «21» листопада 2023 року №450
2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 15 грудня 2023 р.
3. Вихідні дані до проєкту (роботи) існуюча вулично-дорожня мережа, існуючі характеристики транспортних та пішохідних потоків, існуюча схема організації дорожнього руху
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналітична частина, 2. Основна частина, 2.1 Розрахунок режиму світлофорного регулювання, 3 Економічна частина, 4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, кількість слайдів, плакатів)
Презентація магістерської роботи

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

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

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

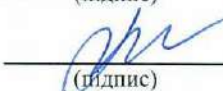
№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Аналітична частина	30.10.2023-06.11.2023	
2	Основна частина	07.11.2023-20.11.2023	
3	Економічна частина	21.11.2023-27.11.2023	
4	Охорона праці	28.11.2023-01.12.2023	
5	Оформлення МР, перевірка МР на плагіат,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

Студент(ка)


(підпис)

Олег ЯРЕМЧУК
(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Керівник проєкту (роботи)


(підпис)

Вячеслав ТРУШЕВСЬКИЙ
(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 76 с., 14 табл., 15 рис., 12 джерел.

АВТОМОБІЛЬ, БЕЗПЕКА РУХУ, ДОРОЖНЯ РОЗМІТКА, РЕЖИМ, СВІТЛОФОР, СВІТЛОФОРНЕ РЕГУЛЮВАННЯ, ТРАНСПОРТ, ФАЗА.

Об'єкт дослідження – система координованого світлофорного регулювання по вулиці Вячеслава Зайцева у м. Запоріжжі.

Мета роботи – аналіз та удосконалення автоматизованої системи керування дорожнім рухом по вул. Вячеслава Зайцева.

Методи дослідження – документальний, картографічний, аналітичний, графо-аналітичний метод побудови графіків координованого світлофорного регулювання.

Досліджено організацію дорожнього руху структури і параметри циклів світлофорного регулювання по вулиці Вячеслава Зайцева. Запропоновано застосування координованого регулювання з урахуванням існуючих світлофорних режимів по перпендикулярних вулицях. Також запропоновано зміни до схеми організації дорожнього руху, що дозволять підвищити рівень безпеки дорожнього руху та знизити кількість і тяжкість дорожньо-транспортних пригод.

ЗМІСТ

	с.
Завдання.....	2
Реферат.....	4
Вступ.....	6
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	7
1.1 Опис району дослідження	7
1.2 Опис ділянки дослідження	14
2 ОСНОВНА ЧАСТИНА	26
2.1 Розрахунок режиму світлофорного регулювання	26
3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	54
3.1 Розрахунок капітальних витрат	54
3.2 Розрахунок річних експлуатаційних витрат	55
3.3 Економія від зменшення затримок транспорту на перехресті	57
3.4 Розрахунок терміну окупності проєкту	60
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	62
Висновки	63
Перелік джерел посилань	64
Додаток А – Розробка заходів з охорони праці	66

ВСТУП

Постійне зростання інтенсивності дорожнього руху на магістральних вулицях великого міста пов'язане зі збільшенням автомобілекористування та зі зростанням рівня автомобілізації приводить до збільшення кількості дорожньо-транспортних пригод та зниження рівню рівня зручності руху для всіх його учасників. Для недопущення таких негативних наслідків автомобілізації необхідно для забезпечення комфортного руху в умовах зростання інтенсивності і утворення більш різноманітного складу транспортного потоку вчасно проводити необхідні оперативні та планувальні заходи з організації регулювання дорожнього руху. До таких заходів, зокрема, належить введення координованого світлофорного регулювання, яке за рахунок зміни режимів світлофорної сигналізації на сусідніх перехрестях дозволяє забезпечити зменшення транспортних затримок перед перехрестями в очікуванні дозволяючих сигналів для всіх учасників дорожнього руху за рахунок координації між собою світлофорних об'єктів сусідніх перехресть.

Такі режими у порівнянні з гнучким регулюванням забезпечують також поліпшення ефективності використання транспортних засобів громадського користування та зниження негативного екологічного впливу транспортних засобів на екосистему міста.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 ОПИС РАЙОНУ ДОСЛІДЖЕННЯ

Об'єктом дослідження є вулиця Вячеслава Зайцева, розташована у Вознесенівському районі обласного центру Запорізької області – міста Запоріжжя. Це вулиця районного значення регульованого руху з наявним трамвайним рухом на спільному полотні. З метою застосування системного підходу до аналізу вулично-дорожньої мережі. Слід приділити увагу основним вулицям району.

Вулиця Зорського поєднує паралельні проспекту вулиці Незалежної України та Леоніда Жаботинського. Оскільки означені вулиці закінчуються, перетинаючись з вул. Зорського, транспорт, що прямує в бік Олександрівського району користується цією вулицею для виїзду на проспект Соборний, крім того, транспортні засоби, що в'їхали до району через дамбу та продовжують рух не проспектом Соборним, користуються цією вулицею, оскільки поворот ліворуч далі заборонений в напрямі ДГЕС на 4 квартали до перетину з проспектом Маяковського.

Під час руху між Фестивальним майданом та вул. Зорського, транспортний потік зазнає впливу від транспорту, що залишений у невстановленому місті під кутом до краю проїзної частини і займає по ширині 1,5 смуги руху. Зважаючи на нищівний вплив стоянки на сформовану стрічку часу координованого регулювання, близькість нерегульованого пішохідного переходу, необхідно стоянку суворо заборонити та вжити заходів щодо блокування покинутих транспортних засобів.

Нерегульований пішохідний перехід, що знаходиться не перегоні між перехрестями проспекту з вул. Профспілок та вул. Новицького використовується для руху через проспект пішохідним потоком, спричиненим житловою забудовою.

Рисунок 1.1 – Схема вулично-дорожньої мережі

Вулиця Якова Новицького, з якою проспект Соборний перетинається далі за ходом до ДГЕС, сполучає з проспектом вул. Незалежної України та Леоніда Жаботинського. Цією вулицею пролягають два тролейбусні маршрути до Заводського району міста. Означене перехрестя є єдиним трифазним перехрестям на ділянці, що досліджується, оскільки через вул. Новицького транспорт, що прямує з центру до Заводського району виїздить на вул. Незалежної України в напрямі вул. Сєдова. Слід зауважити, що вул. Новицького, незважаючи на невелику ширину, має значну фактичну пропускну спроможність з таких причин:

- регульовані перехрестя вул. Новицького з проспектом та вул. Незалежної України включено до однієї системи координованого регулювання, таким чином забезпечується координація не тільки по магістралях (проспект та вул. Незалежної України), а і в проїзді між ними;
- невелика відстань між вул. Незалежної України не дає можливість щільній групі в проїзді розпадатися на підгрупи;
- передбачено майданчики для стоянки перед магазинами та будівлями установ, що їх розташовано вздовж вулиці, поза межами проїзної частини.

Іншою актуальною для центрального проспекту проблемою, що проявляється на зупинці „Універмаг Україна” громадського транспорту чи не найбільше є необхідність рознесення місць зупинки різних видів громадського транспорту. При цьому транспортні одиниці прибувають на зупинку нерівномірно та перебувають на ній впродовж різного проміжку часу, а тривалість цього проміжку різниться навіть для транспортних засобів одного виду та маршруту.

Якщо інтенсивність руху пасажирського транспорту сягає великої величини, рознесення зупинок різних видів транспорту не вирішує проблеми через певну специфіку його роботи у Запоріжжі. Маршрути, що проходять топографічно через одні пункти обслуговуються різними видами транспорту і пасажир в залежності від обставин робить нелегкий вибір: яким видом транспорту варто скористатися. Виходячи з цього, зупинки громадського

транспорту варто розносити не за його видами, а за напрямками руху, наприклад, за районами міста, де знаходяться кінцеві пункти маршрутів.

На перехресті проспекту Соборного та вулиці Вячеслава Зайцева мають місце порушення водіями вимог Правил дорожнього руху в частині виконання дорожніх знаків 5.16 «Напрямок руху смугами» при під'їзді з проспекту Соборного до стоянки супермаркету «Сільпо», в'їзд на яку треба здійснювати з вул. Вячеслава Зайцева. Транспортні засоби, що виїждять з означеної стоянки створюють аварійні ситуації для руху трамваїв, виконуючи в місті виїзду і стоянки поворот ліворуч в бік вул. Леоніда Жаботинського.

Проаналізувавши умови руху, що склалися на перехресті проспекту Соборного та вул. Вячеслава Зайцева, можна зробити висновок, що розширення вул. Вячеслава Зайцева додасть досліджуваному транспортному вузлу додаткову функцію – перехрестя двох вулиць міського значення, окрім вже наявних функцій – пересадочного пункту кількох видів та напрямів пасажирського транспорту, місця тяжіння пішохідних потоків до торгового центру, цирку, інших закладів.

З причини певного розташування перехрестя у випростаному плані проспекту Соборного ускладнення схеми організації дорожнього руху із-за збільшення інтенсивності дорожнього руху спричинить погіршення показників системи координованого регулювання, погіршення обстановки з аварійністю.

Двадцять років тому зацікавленими відомствами міської влади було неодноразово доведено негативний вплив трамвайного руху на аварійність та транспортні затримки, особливо при застосуванні автоматизованої системи керування дорожнім рухом.

Перехрестя вул. Вячеслава Зайцева з вул. Незалежної України та з проспектом Соборним регулюються світлофорами, підімкненими до АСКДР-3 за циклом проспекту Соборному, перехрестя з вул. Перемоги включено до системи безцентрової координації вул. Перемоги, а за проектом

реконструкції пропонується вдосконалити світлофорний об'єкт і на перехресті з вул. Правди передусім для забезпечення роз'їзду трамваїв та перспективного потоку нерейкового транспорту. Очевидно, що означені обставини, а, зокрема підімкнення світлофорних об'єктів однієї вулиці до різних систем координації у сполученні із рухом трамваїв призведуть до утворення хоча і щільних (через порівняно невеликі відстані між перехрестями та значні інтенсивності дорожнього руху), проте складнокоординованих груп.

Дублювання трамвайних зупинок призведе до можливості створення ситуації, коли частина щільної групи, що рухається по вул. Вячеслава Зайцева через проспект Соборний буде відсічена потоком пішоходів, що рухаються від трамваю, який зупинився на зупинці, та залишиться на проїзній частині проспекту Соборний в той час, коли фаза світлофорного циклу, в якій дозволяється рух вулицею Вячеслава Зайцева, зміниться фазою, впродовж якої здійснюється рух проспектом Соборним. В зазначеній ситуації буде зруйновано щільні групи як в координації по проспекту Соборному, так і в координації по вул. Вячеслава Зайцева, яку доведеться запровадити через близькість розташування сусідніх перехресть.

Прспект Маяковського сполучає вул. Незалежної України та вул. Перемоги. Фактично він є бульваром, оскільки має широку розділювальну смугу із розташованими на ній кіосками та малими архітектурними формами, зеленими насадженнями. Стоп-лінії для руху проспектом Соборним є рознесеними. На перехресті з проспектом Маяковського дозволено поворот ліворуч в усіх напрямках. Відсутність заборони спричинена можливістю завершення повороту ліворуч з середини перехрестя після відсікання в першій за рухом стоп-лінії транспортних потоків відповідних зустрічних напрямів.

Майдан Маяковського є місцем відпочинку городян, на розділювальній смузі бульвару розташовано сквер, проводяться виставки художніх робіт, проте значна площа розділювальної смуги та широкі тротуари разом з

малими значеннями інтенсивності руху транспорту проспектом Маяковського від вул. Незалежної України дозволяють уникнути конфліктів з пішоходами.

Далі проспект перетинають вулиці Михайла Гончаренка та Миру з однобічним рухом на ділянці від вул. Незалежної України до проспекту Соборного, що сполучають вул. Незалежної України з вул. Патріотичною. На вул. Незалежної України від перехрестя з вул. Сталеварів до перехрестя з вул. Миру тягнеться територія Критого ринку – найбільшого за величиною в центрі міста, тому транспортні потоки на цих вулицях у міжпіковий час на 70% формуються цим пунктом тяжіння.

Транспорт, покинутий в невстановлених місцях при ширині вулиці у 6 метрів, значно зменшує пропускну спроможність. В цьому місці частими наявні порушення водіями вимог про однобічний рух (повороти з проспекту заборонені).

У напрямі від проспекту Соборного до вул. Перемоги обидві вулиці використовуються за схемою організації дорожнього руху (ОДР) для двобічного руху, хоча їхня ширина не збільшується. Розташування дорожніх знаків, що не відповідає схемі ОДР, створює на вул. Михайла Гончаренка аварійні ситуації.

Вул. Південноукраїнська дає можливість виїзду з проспекту Соборний на вул. Перемоги і повністю призначена для двобічного руху. На перехресті проспекту Соборного з вул. Південноукраїнською дозволено всі маневри, проте інтенсивність поворотного руху є невеликою. Це перехрестя є місцем концентрації дорожньо-транспортних пригод.

Бульвар Шевченка, що утворює наступне перехрестя є прикладом невдалого поєднання кількох функцій однієї ділянці вулично-дорожньої мережі:

- адміністративний центр (місцезнаходження будівлі міськвиконкому та кількох його управлінь);
- складний транспортний вузол, пункт пересадки;

- місце відпочинку городян (розташоване найпопулярніше місце відпочинку городян, що знаходиться на розділювальній смузі бульвару);

- місце проведення офіційних церемоній та фестивалів, масових свят (в двохстах метрах – Алея Бойової слави, Алея трудової слави, монумент загиблим в Афганістані);

- місце проведення розважальних та заходів (в ста метрах – ПК «Дніпроспецсталь» - найбільший палац культури у місті).

Перехрестя проспекту Соборний з вул. Героїв Крут та регульований пішохідний перехід, що знаходиться поруч та сигнальні транспортні групи якого працюють синхронно з відповідними групами перехрестя з вул. Героїв Крут, являють собою світлофорний об'єкт «Проспект Соборний – майдан Олександра Поляка». Вул. Героїв Крут пов'язує вул. Перемоги з вул. Незалежної України, вул. Алюмінієвою та виїздом до Заводського району міста та є вулицею з одnobічним рухом у напрямі вул. Незалежної України. В 20 метрах за рухом до вул. Перемоги у вул. Героїв Крут вливається вул. Сергія Тютеніна, що простягається до вул. Перемоги і далі до Набережної магістралі. Саме близьким розташуванням двох перехресть зумовлено введення двох стоп-ліній по вул. Героїв Крут.

Щодо виділення регульованого пішохідного переходу через проспект Соборний як окремого світлофорного об'єкту та подальшого включення його в систему координованого регулювання, то, незважаючи на віддаленість переходу від регульованого перехрестя, наразі такі заходи не є доцільними, оскільки, як показують дослід з програмою автоматичної побудови графіків координованого регулювання, різниця відстаней від переходу з перехрестями із бульв. Шевченка та з вул. Героїв Крут є великою та координація не зходиться. Проте у випадку введення регулювання на згаданому нерегульованому пішохідному переході та, якщо вважати доцільним розкріплення пішохідного напрямку, що відповідає переходу через проспект, координація може бути зведена.

Далі за рухом в бік ДГЕС знаходиться шляхопровід, що забезпечує розв'язку залізничної колії та проспекту Соборному в двох рівнях (на першому – залізниця). Проїзна частина в цьому місці звужується і в кожному напрямі лишається по дві смуги для руху. Проте, через відсутність покинутого на стоянку транспорту, обидві смуги використовуються повністю і затримок не виникає.

1.2 ОПИС ДІЛЯНКИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Вулиця Вячеслава Зайцева, що перетинає проспект Соборний, сполучає між собою декілька вулиць, що є паралельними проспекту і прямує від вул. Заводської до вул. Перемоги. Проїзна частина вулиці має по дві смуги руху в кожному напрямі, посередині вулиці від перехрестя з вул. Заводською до перехрестя з вул. Перемоги прокладено трамвайні рейки, що знаходяться в одному рівні з проїзною частиною. Рух нерейкового транспорту по вул. Вячеслава Зайцева обмежено через зовелику кількість пасажирів, що виходять з трамваю на зупинках, не обладнаних посадковими майданчиками та позначеним лише табличками, а не дорожніми знаками відповідно. На вулиці Вячеслава Зайцева розташовано 5 трамвайних зупинок. Для зменшення кількості пішоходів, що переходять проїзну частину проспекту Соборний трамвайні зупинки «Універмаг «Україна» розташовано як перед перехрестям вул. Вячеслава Зайцева з проспектом Соборним, так і за ним. Певно, з причини такого розташування зупинок, рух нерейкових транспортних засобів на перегоні від перехрестя вул. Вячеслава Зайцева з вул. Незалежної України до перехрестя з проспектом Соборний заборонено в бік проспекту Соборним. Перехрестя проспекту Соборний з вулицею Вячеслава Зайцева є одним з найбільших у місті пересадочних вузлів громадського транспорту. Пасажири пересідають з маршрутних ТЗ, що

рухаються проспектом Соборним на трамваї та маршрутні мікроавтобуси, що рухаються в бік Заводського району. Транспортні засоби, що виїждять з означеної стоянки створюють аварійні ситуації для руху трамваїв, виконуючи в місті виїзду і стоянки поворот ліворуч в бік вул. Леоніда Жаботинського.

На вул. Вячеслава Зайцева знаходиться три основних перехрестя це проспект Соборний, Незалежної України та вулиця Перемоги. Всі перехрестя регулюється за двофазною схемою. Розглянемо їх детальніше. На перехресті вулиці Незалежної України з вулицею Вячеслава Зайцева спостерігаємо великий недолік в організації дорожнього руху. Як вже зазначалось раніше перехрестя регулюється за двофазною схемою, але постійно горить стрілка яка дозволяє здійснювати поворот ліворуч транспортним засобам які рухаються по вулиці Незалежної України у напрямку до критого ринку. Таким чином ця стрілка ускладнює рух пішоходів які перетинають вулицю Вячеслава Зайцева. Також великим недоліком є те що на перехресті не встановлено жодного знаку пішохідного переходу тобто 5.35.1(2), немає жодної стоп лінії і жодної дорожньої розмітки. Наступне перехрестя це проспект Соборний. Проспект на цьому перетині з вулицею Вячеслава Зайцева має по три смуги в кожному напрямі, але повороти ліворуч та розвороти на перехресті заборонені. На перехресті чотири пішохідних переходу один з котрих підземний який повністю виключає конфлікт між пішохідним та транспортним потоками. Є недолік в організації дорожнього руху не вистачає декілька знаків це 5.35.1 та 4.7.

Нижче по вулиці Вячеслава Зайцева з лівої сторони розташована стоянка за універмагом «Україна», яка служить не тільки універмагу а і супермаркету «Сільпо». Заїзд до стоянки розташований таким чином, що при виїзді з неї автомобілі опиняються на трамвайній зупинці. Також недоліком є те що деякі водії не заїжджають до стоянки а паркують транспортні засоби біля бордюрів з обох сторін проїзної частини вулиці і тим самим скорочують видимість при виїзді.

Далі перехрестя з вулицею Жаботинського на ньому трамваї звертають ліворуч на вулицю Жаботинського і за цим же рухом виїжджають на вулицю Вячеслава Зайцева. На перехресті організація дорожнього руху здійснюється за допомогою дорожніх знаків, але деяких не вистачає (5.35.1(2)). Також відсутня дорожня розмітка та стоп лінії.

Нижче за рухом по вулиці Вячеслава Зайцева вона перетинається з вулицею Патріотичною, організація дорожнього руху на якій здійснюється за допомогою дорожніх знаків. На цьому перехресті немає жодної розмітки та відсутні знаки пішохідних переходів.

Останнє перехрестя по вулиці Вячеслава Зайцева – це вулиця Перемоги. Регулюється за допомогою світлофора і має дві фази. Вулиця Перемоги має по три смуги руху у кожному напрямі і всі напрями руху дозволяються. Колись перехрестя було Т - образним але після будівництва супермаркету «Амстор» воно змінилось. І продовження вулиці Вячеслава Зайцева це став заїзд до стоянки біля магазину. Стоянка автотранспорту біля магазину займає 1000м² і вміщає близько 200-300 автомобілів. На перехресті є декілька проблем з дорожньою розміткою, вона відсутня. Інтенсивність руху автомобілів рахуємо на кожному перехресті і заносимо до таблиць.

Таблиця 1.1 - Інтенсивність руху на перехресті Незалежної України з вул. Вячеслава Зайцева.

Рух	Інтенсивність по вулиці Незалежної України	
	Напрямок до вул. Зорського	Напрямок до Критого ринку
Прямо	588	828
Праворуч	120	282
Ліворуч	114	96

Закінчення таблиці 1.1.

Рух	Інтенсивність по вулиці Вячеслава Зайцева	
	Напрямок до Універмагу	Напрямок до Заводів
Прямо	546	380
Праворуч	336	22
Ліворуч	420	10

Таблиця 1.2 Інтенсивність руху на перехресті проспект Соборний з вулицею Вячеслава Зайцева

Рух	Інтенсивність по вулиці проспект Соборний	
	Напрямок до вулиці Гагаріна	Напрямок до Критого ринку
Прямо	1339	1520
Праворуч	230	40
	Інтенсивність по вулиці Вячеслава Зайцева	
	Напрямок до Універмагу	Напрямок до заводів
Прямо	722	372
Праворуч	15	200
Ліворуч	25	69

Таблиця 1.3 Інтенсивність руху на перехресті вулиця Жаботинського з вулицею Вячеслава Зайцева

Рух	Інтенсивність по вулиці Жаботинського	
	Напрямок до вул. Зорського	Напрямок до пр. Маяковського
Прямо	149	180

Закінчення таблиці 1.3

Рух	Напрямок до вул. Зорського	Напрямок до пр. Маяковського
Праворуч	20	54
Ліворуч	72	50
Інтенсивність по вулиці Вячеслава Зайцева		
	Напрямок до Універмагу	Напрямок до вулиці Перемоги
Прямо	515	530
Праворуч	36	92
Ліворуч	28	100

Таблиця 1.4 Інтенсивність руху на перехресті вулиця Патріотична з вулицею Вячеслава Зайцева

	Інтенсивність по вулиці Патріотична	
	Напрямок до вулиці Гагаріна	Напрямок до Маяковського
Прямо	140	160
Праворуч	38	50
Ліворуч	70	40
Інтенсивність по вулиці Вячеслава Зайцева		
	Напрямок до Універмагу	Напрямок до вулиці Перемоги
Прямо	459	462
Праворуч	10	28
Ліворуч	56	110

Таблиця 1.5 - Інтенсивність руху на перехресті вулиця Перемоги з вулицею Вячеслава Зайцева

	Інтенсивність по вулиці Перемоги	
	Напрям до ПС Юність	Напрям до Маяковського
Прямо	824	1030
Праворуч	10	356
Ліворуч	100	15
	Інтенсивність по вулиці Вячеслава Зайцева	
	Напрям від Амстора	Напрям до Амстора
Прямо	3	15
Праворуч	20	305
Ліворуч	5	220

Також була порахована інтенсивність руху пішохідного потоку на ділянці між перехрестями вулиці Вячеслава Зайцева з вулицею Перемоги та вулиці Патріотичній з вулицею Вячеслава Зайцева. На цьому перегоні розташована гімназія №28,а за нею школа № 72. Тому ця ділянка дуже небезпечна велика кількість дітей які йдуть до чи повертаються зі школи або гімназії перетинають проїзду частину.

Було пораховано інтенсивність пішохідного потоку на цьому перегоні воно дорівнює 432 людини за годину. Але не тільки на цій ділянці такий великий пішохідний потік, адже транспорт не рухається по вулиці Вячеслава Зайцева далі вулиці Жаботинського і тому людям треба іти пішки щоб дістатися потрапити до школи або іншого закладу, та переходити при цьому вулицю Правди та вулицю Патріотичну де інтенсивність транспортного потоку більше за 200 автомобілів за годину. Том в години пік виникає складність руху.

Дорожній рух це складна динамічна система, яка включає в себе пішоходів та транспортні засоби, що керуються людиною. Організація дорожнього руху – це комплекс діяльності, направлений на забезпечення оптимальної швидкості та безпеки дорожнього руху, а також комплекс інженерних та організаційних заходів на існуючій вулично – дорожній мережі, які забезпечують безпеку та достатню швидкість руху транспортних та пішохідних потоків.

Склад транспортного потоку характеризується співвідношенням в ньому транспортних засобів різного типу. В залежності від переваги в потоці того чи іншого типу транспортного засобу умовно транспортний потік відносять до однієї з трьох груп:

змішаний потік(30% - 70% легкових автомобілів,70% - 30% вантажних);

переважно вантажний(>70% вантажних автомобілів);

переважно легковий(>70% легкових автомобілів).

Таблиця 1.6 - Відсотковий склад транспортного потоку

Перехрестя	Типи транспортних засобів, %		
	Легкові	Мікроавтобуси	Вантажні
1	75	20	5
2	57	35	8
3	94	1	5
4	89	1	10
5	60	25	15

Дорожньо-транспортні пригоди (ДТП) характеризують порушення, що відбуваються в сфері взаємодії водія, автомобіля, дороги, дорожнього руху й умов навколишнього середовища. Число дорожньо-транспортних пригод, розраховуючи на один автомобіль-кілометр, є найбільш уживаним показником, використовуваним для вираження ступеня відносної безпеки

дороги або ділянок вулиці. Ступінь важкості дорожньо-транспортних випадків іноді виражається числом подій зі смертельним результатом розраховуючи на одну людину, на один зареєстрований автомобіль, на один автомобіль-кілометр пробігу або як середня величина економічних втрат від дорожньо-транспортних випадків у рік.

Тому для кожного перехрестя провели аналіз аварійності і результати занесли до таблиці 1.7,1.8,1.9,1.10

Таблиця 1.7 – Аналіз аварійності за 2021 рік

№	Час та дата скоєння пригоди	Місце скоєння пригоди	Наслідки		Вид пригоди
			загинуло	поранено	
1	2	3	4	5	6
1	27.06 четвер 8:20	вул.40років Рад. Укр.	0	0	зіткнення
2	13.08 п'ятниця 19:30	вул.40років Рад Укр.	0	1	наїзд на пеш.
3	08.09 понеділок 10:20	вул.40років Рад. Укр.	0	0	зіткнення
4	18.12 середа 12:40	вул.40років Рад. Укр.	0	0	зіткнення
5	12.01 п'ятниця 11:00	вул. Правди	0	1	наїзд на пеш.
6	01.02 вівторок 15:10	вул. Правди	0	0	зіткнення
7	14.02 середа 10:50	вул. Правди	0	0	зіткнення
8	29.12 четвер 9:13	Вул. Правди	0	0	зіткнення
9	28.05 середа 13:40	вул. Патріотична	0	0	зіткнення
10	10.03 понеділок 12:55	вул. Перемоги	0	0	наїзд на авто
11	03.04 п'ятниця 20:30	вул. Перемоги	0	0	наїзд на авто
12	12.05 четвер 12:30	вул. Перемоги	0	1	наїзд на пеш.

Продовження таблиці 1.7

1	2	3	4	5	6
13	25.08 неділя 20:03	вул. Перемоги	0	0	зіткнення
14	27.07 середа 14:45	вул. Перемоги	0	0	ст. авто
15	10.09 п'ятниця 15:30	вул. Перемоги	0	1	наїзд на пеш.
16	30.09 субота 14:00	Вул. Перемоги	0	1	наїзд на пеш.
17	03.10 четвер 18:12	Вул. .Перемоги	0	1	наїзд на пеш.
18	09.11 п'ятниця 9:05	вул. Перемоги	0	0	зіткнення
19	16.11 середа 19:00	вул. Перемоги	0	1	зіткнення
20	25.11 понеділок 16:30	вул. Перемоги	0	0	зіткнення
21	01.12 четвер 20:27	вул. Перемоги	0	0	зіткнення
22	07.12 неділя 15:05	вул. Перемоги	0	0	зіткнення
23	9.12 п'ятниця 11:40	вул. Перемоги	0	0	зіткнення
24	15.12 середа 08:20	вул. Перемоги	0	0	зіткнення
25	27.12 п'ятниця 02:00	вул. Перемоги	0	0	зіткнення
26	09.01 четвер 7:00	проспект Соборний	0	0	зіткнення
27	19.01 п'ятниця 02:30	проспект Соборний	0	1	наїзд на пеш.
28	16.02 понеділок 09:40	проспект Соборний	0	1	зіткнення
29	27.02 середа 21:40	проспект Соборний	0	0	зіткнення
30	01.03 п'ятниця 18:40	проспект Соборний	0	0	наїзд на пеш.
31	06.03 вівторок 15:10	проспект Соборний	0	0	зіткнення
32	16.03 середа 21:30	проспект Соборний	0	0	зіткнення

Закінчення таблиці 1.7

1	2	3	4	5	6
33	28.03 четвер 2:00	проспект Соборний	0	0	зіткнення
34	26.03 середа 22:40	проспект Соборний	0	0	зіткнення
35	02.05 понеділок 18:55	проспект Соборний	0	0	наїзд на авто
36	08.05 п'ятниця 0:30	проспект Соборний	0	0	наїзд на авто
37	14.06 четвер 15:00	проспект Соборний	0	1	наїзд на пеш.
38	03.08 неділя 03:03	проспект Соборний	0	0	зіткнення
39	16.08 середа 22:45	проспект Соборний	0	1	ст. авто
40	05.09 п'ятниця 17:30	проспект Соборний	0	1	наїзд на пеш.
41	10.09 субота 15:00	проспект Соборний	0	1	зіткнення
42	22.09 четвер 15:12	проспект Соборний	0	0	наїзд на пеш.
43	01.10 п'ятниця 7:55	проспект Соборний	0	1	зіткнення
44	8.10 середа 19:00	проспект Соборний	0	0	зіткнення
45	12.10 понеділок 16:30	проспект Соборний	0	1	наїзд на пеш.
46	24.10 четвер 19:27	проспект Соборний	0	0	зіткнення
47	17.11 неділя 20:05	проспект Соборний	0	0	зіткнення
48	22.11 п'ятниця 14:40	проспект Соборний	0	0	зіткнення
49	07.12 середа 19:20	проспект Соборний	0	0	зіткнення
50	24.12 п'ятниця 22:00	проспект Соборний	0	0	наїзд на авто

Таблиця 1.8 - Залежність кількості ДТП від годин доби

Час доби	Кількість ДТП
0:00 – 1:00	1
1:00 – 2:00	1
2:00 – 3:00	3
3:00 – 4:00	1
4:00 – 5:00	0
5:00 – 6:00	0
6:00 – 7:00	0
7:00 – 8:00	1
8:00 – 9:00	2
9:00 – 10:00	4
10:00 – 11:00	2
11:00 – 12:00	2
12:00 – 13:00	4
13:00 – 14:00	2
14:00 – 15:00	3
15:00 – 16:00	5
16:00 – 17:00	2
17:00 – 18:00	1
18:00 – 19:00	3
19:00 – 20:00	6
20:00 – 21:00	3
21:00 – 22:00	3
22:00 – 23:00	5
23:00 – 24:00	1

Таблиця 1.9 - Залежність кількості ДТП від місяця року

	місяці											
	січень	лютий	березень	квітень	травень	червень	липень	серпень	вересень	жовтень	листопад	грудень
Кількість ДТП	3	4	6	1	4	2	1	4	6	6	5	9

Таблиця 1.10 - Залежність кількості ДТП від дня тижня

	місяці						
	понеділок	вівторок	середа	четвер	п'ятниця	субота	неділя
Кількість ДТП	6	2	12	10	13	3	4

Проведений аналіз дорожньо-транспортних пригод дозволив встановити, що найбільша їх кількість стається протягом пікових годин, що пояснюється зростанням інтенсивності дорожнього руху. Максимально небезпечним днем є п'ятницям, максимальна кількість дорожньо-транспортних пригод мала місце у грудні, що пов'язується зі складними дорожніми умовами та ускладненим профілем вулиці В'ячеслава Зайцева на деяких ділянках.

2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 РОЗРАХУНОК РЕЖИМУ СВІТЛОФОРНОГО РЕГУЛЮВАННЯ

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Для пішохідних напрямів регулювання мінімальні часові проміжки визначаються за формулою:

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

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

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

Далі на рис. 2.3 та 2.4 наведено схему для визначення елементів матриць ММТ.

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

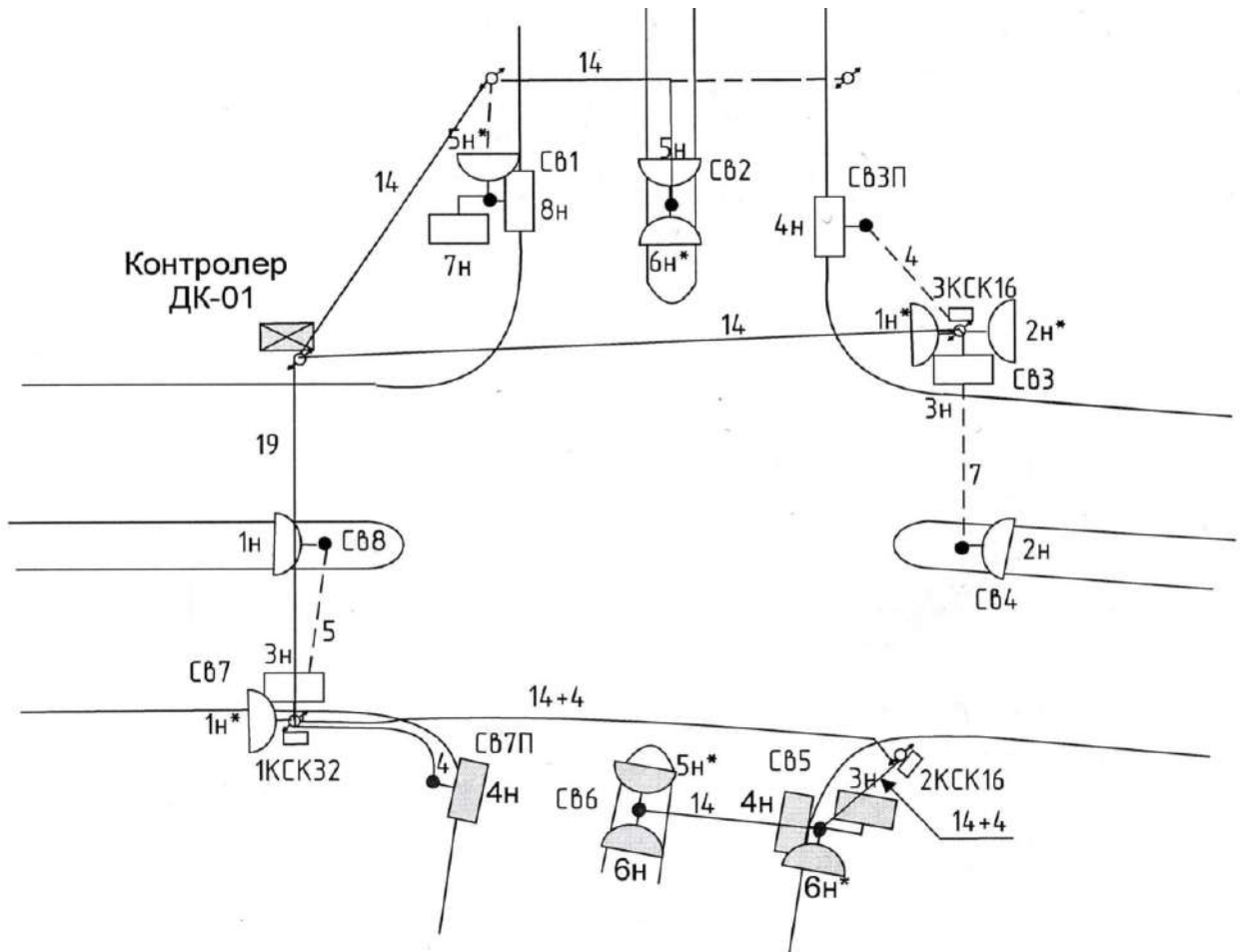


Рисунок 2.1 – Траєкторна схема для визначення відстаней до конфліктних точок

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

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

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

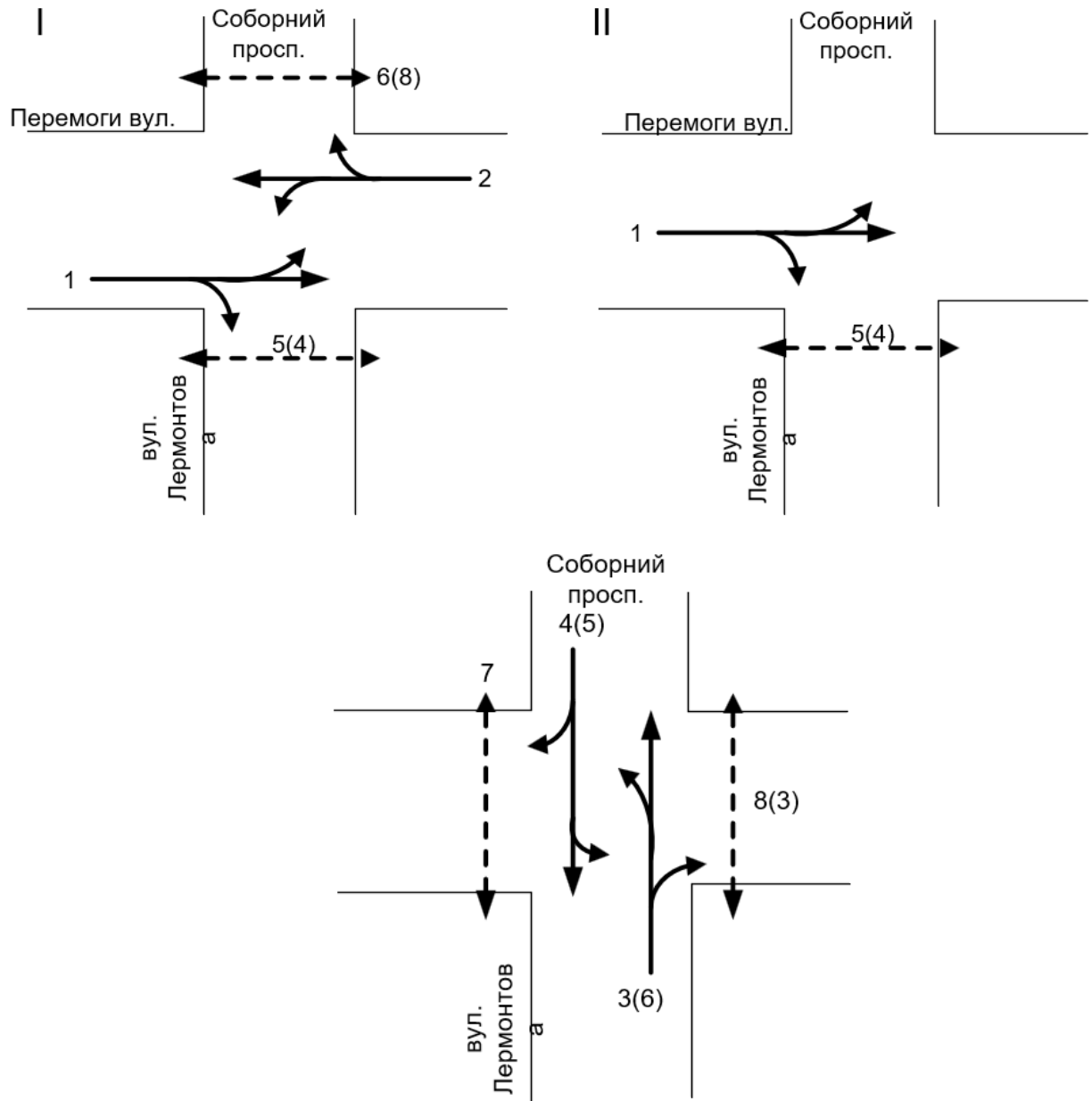


Рисунок 2.2 – Схема напрямів регулювання

Таблиця 2. – Матриця відстаней до дальніх конфліктних точок

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0	0	32	17	0	0	8	32
2	0	0	17	32	0	0	32	8
3	17	27	0	0	9	32	0	0
4	27	17	0	0	32	9	0	0
5	0	0	7	7	0	0	0	0
6	0	0	7	7	0	0	0	0
7	11	11	0	0	0	0	0	0
8	11	11	0	0	0	0	0	0

Таблиця 2.4 – Матриця відстаней до ближніх конфліктних точок

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0	0	9	17	0	0	0	0
2	0	0	17	9	0	0	0	0
3	17	17	0	0	0	0	0	0
4	17	17	0	0	0	0	0	0
5	0	0	3	32	0	0	0	0
6	0	0	32	3	0	0	0	0
7	3	32	0	0	0	0	0	0
8	32	3	0	0	0	0	0	0

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

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

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

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

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

$$ММП[1,3,1,1] = 1 + \frac{50/3,6}{2 \cdot 4} + \frac{32+5}{50/3,6} - \frac{9}{50/3,6} + 3 = 7,2 \approx 8c$$

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

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

Значення елементів ММП наведено у табл. 2.7.

Для визначення структури циклу слід врахувати, що світлофорний об'єкт працюватиме в діючій магістральній системі координованого регулювання. З огляду на наданий КП «Запоріжміськсвітло» графік координованого регулювання (фрагмент наведено на рис. 2.6), основа діючої структури циклу регулювання повинна лишися без змін, тому на розподіл напрямів за фазами регулювання накладаються обмеження, аби не порушити наведену на рис. 3.4 структуру кальок.

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

Таблиця 2.7 - Значення елементів ММП

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

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

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

Втрачений у циклі час на перехресті визначається за формулою:

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

де m - кількість фаз регулювання на перехресті.

$$L = (9 - 3) + (9 - 3) + (6 - 3) = 15 \text{ с.}$$

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

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

де H - ширина проїзної частини, м.

Якщо рух каналізований і ширина смуги $H < 5,4$ м, користуються таблицею 2.8.

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

Таблиця 2.8 – Визначення потоку насичення

H , м	3,0	3,3	3,6	4.2	4,8	5,2
M_n , од./год.	1850	1875	1950	2075	2475	2700

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Визначаємо суму фазових коефіцієнтів за формулою:

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

Тривалість світлофорного циклу для перехрестя визначаємо за формулою:

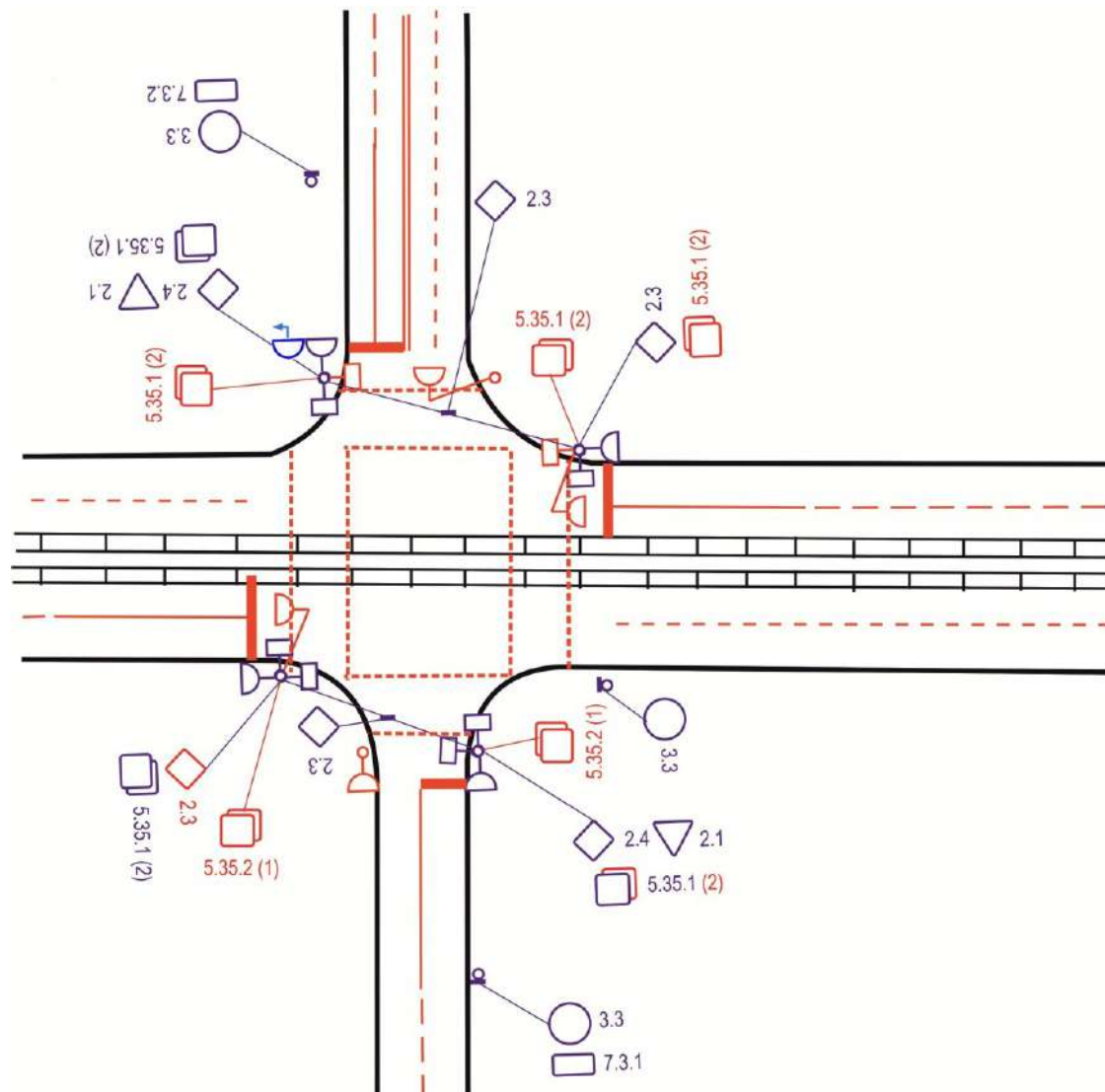


Рисунок 2.3 – Схема організації дорожнього руху

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

Тривалість основного такту обчислюють за формулою:

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

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

Значення потоку насичення для ширини смуги руху 3,5м отримано за допомогою лінійної інтерполяції з таблиці значень.

$$M = 1875 + (3.5 - 3.3) \frac{1950 - 1875}{3.6 - 3.3} = 1925 \text{ од./год.}$$

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

При визначенні режиму світлофорного регулювання потоком насичення називається пропускна здатність смуги проїзної частини, визначена в перерізі стоп-ліній. Пропускна здатність смуги проїзної частини при цьому залежить від ширини смуги, від ухилу проїзної частини, від умов видимості та від співвідношення часток транспортного потоку, що рухається в різних напрямках відповідно прямо, праворуч та ліворуч, при цьому чим більша частка транспортних засобів, що виконують поворот з цієї смуги, тим менше розрахункове значення потоку насичення.

Такий ефект пояснюється тим, що при збільшенні частки транспортних засобів, що рухаються по кривій, інтенсивність їх взаємодії з прямим потоком у конфліктній точці розгалуження підвищується, за рахунок чого

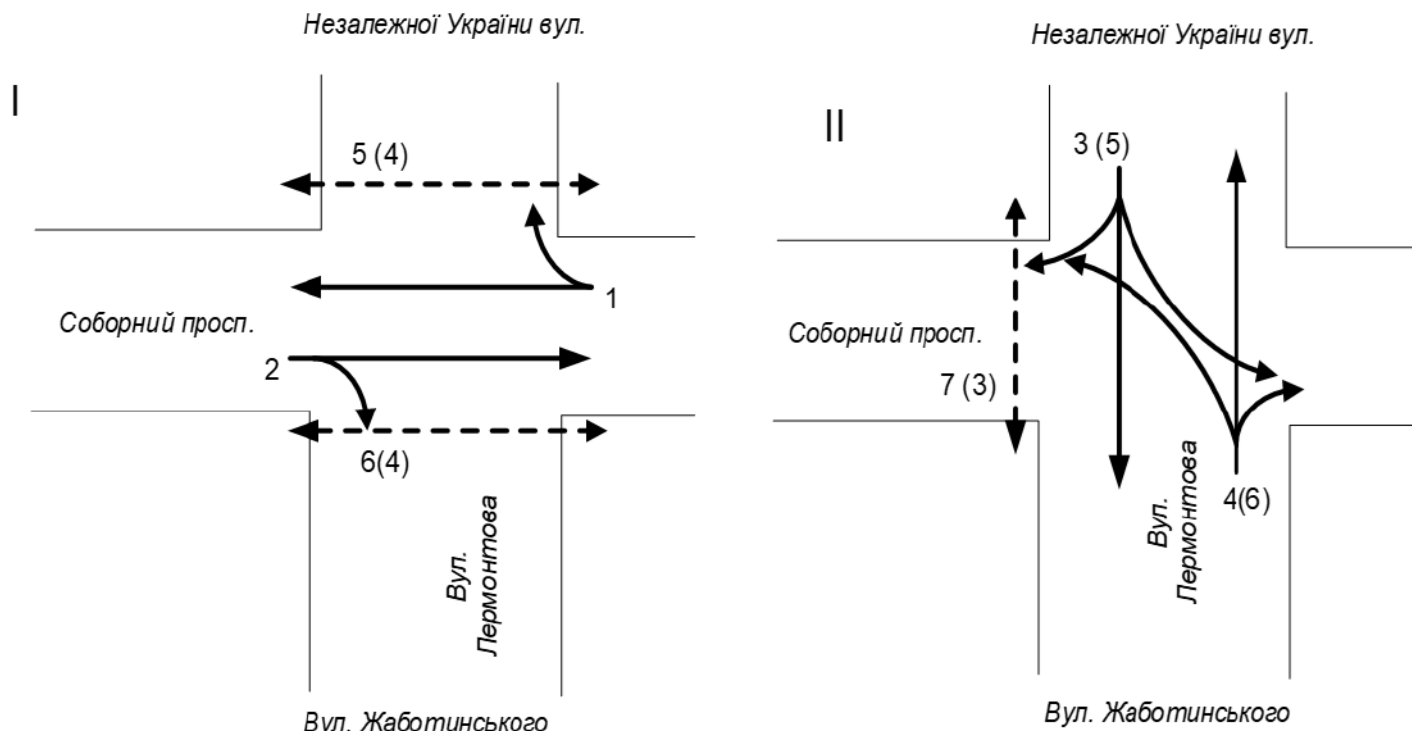


Рисунок 2.4 – Схема пофазового роз'їзду

збільшується імовірність загального зниження швидкості всього потоку в перерізі стоп-лінії. Залежно від того, в якому напрямі виконується поворот, потік насичення знижується на різну величину коефіцієнтів: при повороті ліворуч коефіцієнт становить 1,75 а при повороті праворуч 1,25. Така різниця значень зумовлена тим, що при виконанні лівого повороту транспортні засоби, що рухаються з частковим конфліктом, повинні відповідно до вимог Правил дорожнього руху щодо приїзду перехресть, надавати перевагу у русі іншим транспортним засобам, що рухаються у прямому напрямку прямо і праворуч, а також пішоходам які переходять проїзну частину, на яку вони повертають на дозволяючий сигнал світлофора.

Означений момент стосується тільки основного дозволяючого сигналу, оскільки при включенні сигналу додаткової секції, що має вигляд стрілки, одночасно із зеленим основним сигналом транспортні засоби що виконують поворот в напрямі стрілки мають перевагу у русі перед іншими транспортними засобами які рухаються з інших напрямів.

При визначенні структури світлофорного циклу відбувається групування напрямів регулювання у попарно безконфліктні групи напрям регулювання які входять до однієї групи неконфліктні жодна із напрямів що також входять до групи у випадку якщо інтенсивність лівого повороту перевищує 120 одиниць на годину діючі методики пропонують застосовувати окрему третю фазу регулювання для того, щоб забезпечити безконфліктний пропуск цього лівого повороту.

Однак, в діапазоні інтенсивності від 120 до 250 транспортних приведених одиниць на годину можливо застосовувати так звану розщеплену фазу, тобто складний перехідний інтервал, частиною якого є зелений додатковий сигнал що є продовженням зеленого сигналу з основного такту одного із напрямів регулювання, де інтенсивність лівого повороту є більшою. Таким чином реалізується наступна модель структури світлофорного циклу: на початку по обох зустрічних напрямках магістрального руху виконується проїзд транспортних засобів далі по одному з напрямів зелений сигнал

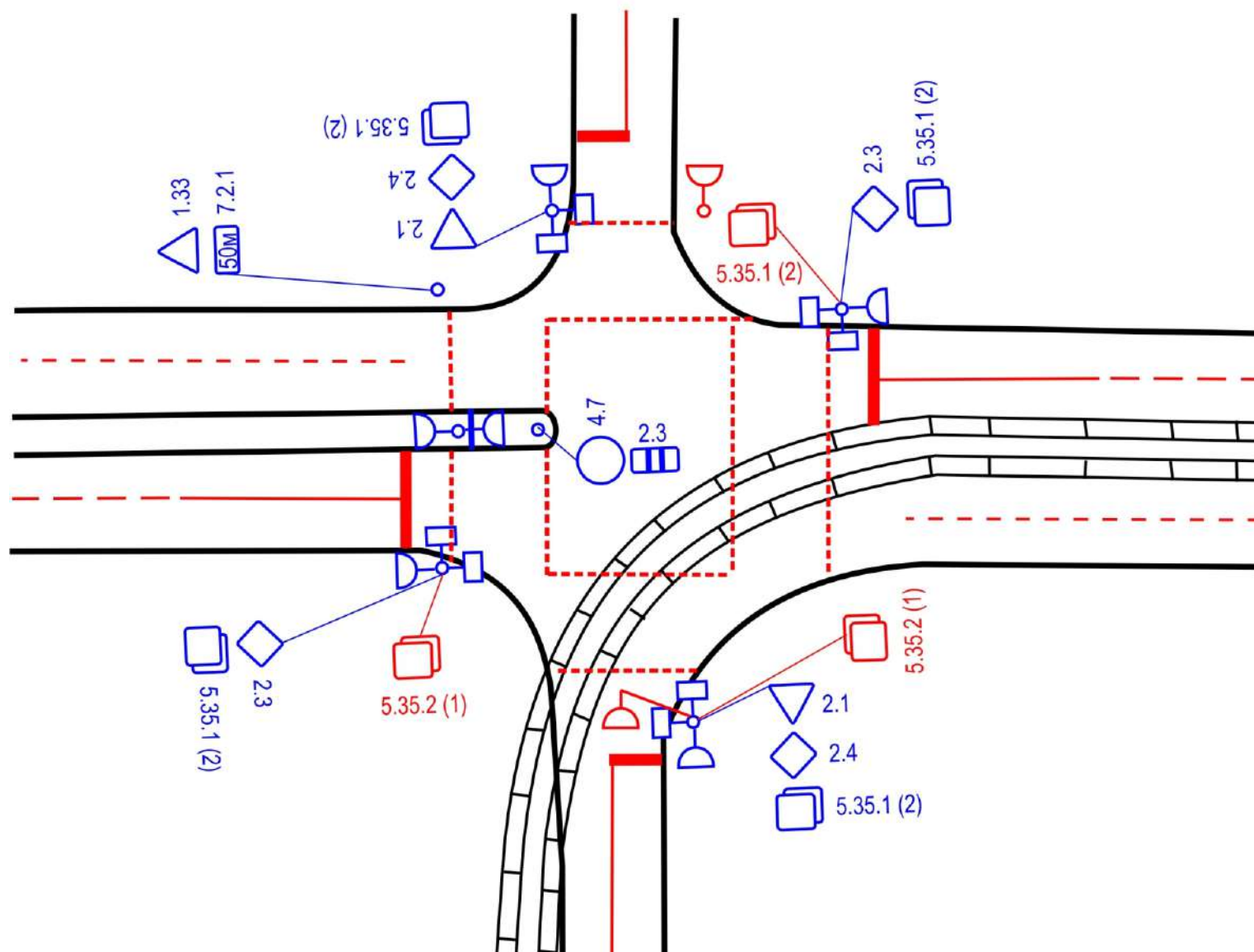


Рисунок 2.5 – Схема організації дорожнього руху

змінюється на зеленими миготливий далі жовтий далі червоний. а за зустрічним напрямом продовжується зелений сигнал таке розщеплення дає можливість виконати поворот тим транспортним засобам які залишилися в зоні перехрестя протягом перехідного інтервалу.

Проміжні результати розрахунків наведено у табл. 2.9.

Визначається мінімальна тривалість основних тактів фаз регулювання:

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

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

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

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

У тому випадку, якщо напрям регулювання для якого визначається мінімальна тривалість часу дозволяючого сигналу з міркувань забезпечення безпеки дорожнього руху пішоходів які розпочали пішохідний перехід включено до основних тактів кількох фаз регулювання, що слідують структурі підряд то для правильного розрахунку необхідно в якості розрахункового значення тривалості основного такту підставити сомо тривалості основних тактів цих фаз та перехідного інтервалу що їх розділяє.

При застосуванні цього способу також враховується не тільки тривалості основних тактів регулювання протягом яких відбувається перехід пішоходами проїзної частини А також тривалості перехідних інтервалів що розділяють Ці основні такти і тривалості перехідних інтервалів перехідного інтервалу тієї фази протягом якої пішоходи завершують перехід проїзної частини відповідно до Правил дорожнього руху.

Таблиця 2.9 – Проміжні результати розрахунку параметрів режиму

Фаза	1						2				3		
Напряг	1			2			3		4		1		
Смуга	1	2	3	1	2	3	1	2	1	2	1	2	3
Мн	1925	1925	1925	1925	1925	1925	1925	1925	1925	1925	1925	1925	1925
N прямо	146	286	167	73	234	142	154	126	153	127	74	114	52
N праворуч	140			161			62		50		40		
N ліворуч			119			92		90		76			62
N загальна	286	286	286	234	234	234	216	216	203	203	114	114	114
N напряду	858			702			432		406		342		
Альфа	0,51	1	0,584	0,312	1	0,607	0,713	0,583	0,754	0,626	0,649	1	0,456
Бета	0,49	0	0	0,688	0	0	0,287	0	0,246	0	0,351	0	0
Гама	0	0	0,416	0	0	0,393	0	0,417	0	0,374	0	0	0,544
М	1715	1925	1467	1642	1925	1487	1796	1467	1813	1503	1770	1925	1367
у	0,17	0,15	0,19	0,14	0,12	0,16	0,12	0,15	0,11	0,14	0,06	0,06	0,08
утах	0,19						0,15				0,08		
У	0,43												
L	15,00												
T	80,00												
tot	28						19				9		
T	80												

Значення ширини проїзної частини, що її переходять пішоходи, береться з табл. 3.1, а значення проміжків – з табл. 4.8. Якщо протягом фази регулювання пішоходи переходять кілька проїзних частин, підставляється величина найширшої з них.

На досліджуваній ділянці вулиці В'ячеслава Зайцева перетинає три магістральні вулиці регульованого руху на яких теж діє координоване регулювання, а саме вулиці Перемоги проспект Соборний та вулицю Незалежної України. Для забезпечення взаємозв'язку між собою режимі світлофорного регулювання як вздовж позначених магістралей, так і вздовж вулиці Зайцева необхідно провести так звану мережеву координацію, тобто домогтися того, аби визначені для вулиці Зайцева оптимальні зсуви перших фаз світлофорних циклів були скориговані таким чином, аби для інших магістралей координації стрічки часу по вулиці Зайцева приходили на перехрестя з тими магістралями якраз у проміжку часу, що відповідає основному такту цієї фази регулювання, де на перехрестях вулиці Зайцева з означеними магістралями буде ввімкнено дозволяючи сигнал.

Оскільки найбільше кількість перехресть у новій частині міста з цих трьох магістралей розташовуються на Соборному проспекті то саме під перехрестя проспект Соборний вулиця Зайцева буде проводитись підлаштування режиму зеленої хвилі по всій вулиці Зайцева. Як видно з креслень графіків координованого регулювання, через співпадіння магістральний режим координації по вулиці незалежної України не потребує змін, оскільки випадково при існуючих зсувах першої фази регулювання по тій магістралі режим на перехресті вулиці Зайцева та вулиці Незалежної України вже зсунутий на таку тривалість часу, що відповідає моментам приходу стрічок часу в прямому та зворотному напрямку по вулиці Зайцева.

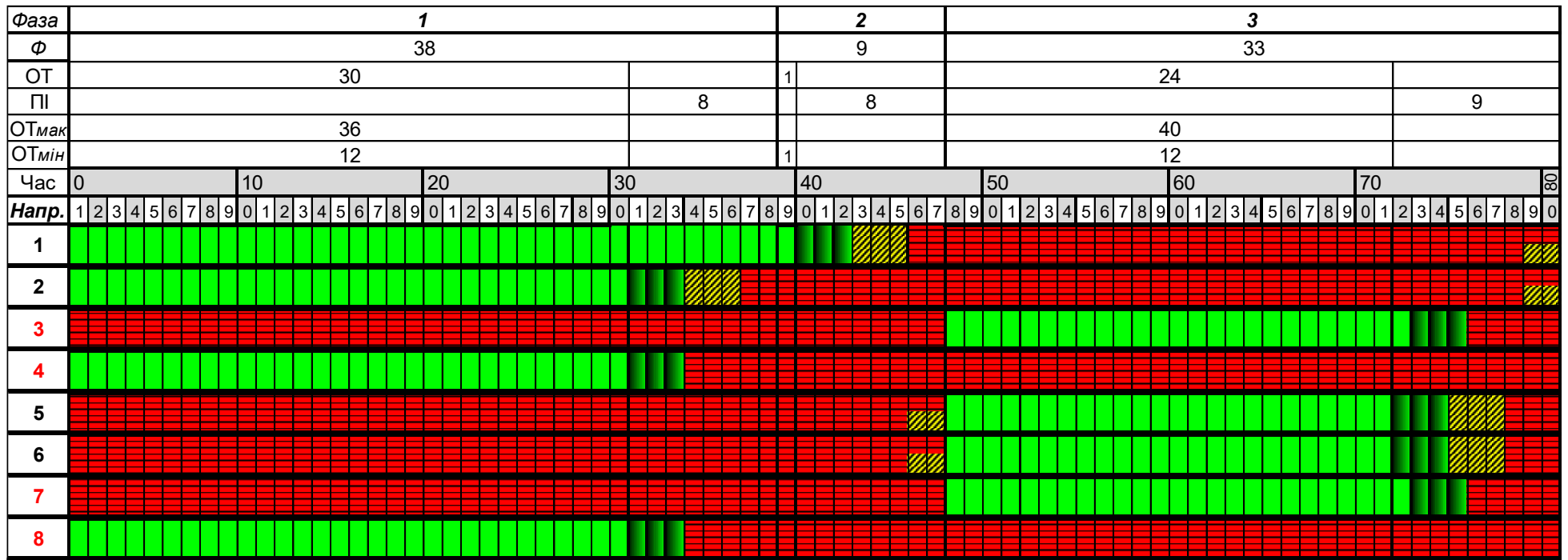


Рисунок 2.6 – Циклограма світлофорного регулювання на перетині вулиць Перемоги та Вячеслав Зайцева

Що стосується вулиці Перемоги то на перехресті вулиці Зайцева та вулиці Перемоги зсув моменту початку першої фази регулювання не відповідав приходу стрічок часу на це перехрестя з боку торгового центру Амстор та збоку регульованого пішохідного переходу по вулиці Зайцева біля школи номер 72 тому було ухвалене рішення змінити зсув стрічок часу перших фаз регулювання по вулиці Перемоги для того, щоб на перехресті вулиці Зайцева та вулиці Перемоги була збережена взаємодія планів координації по двох різних вулицях, оскільки регульований пішохідний перехід по вулиці Зайцева розташований біля школи 72 має виключно другу фазу регулювання тобто при отриманні виклику на табло виклику пішоходів від пішохода дорожній контролер виконує виклик другої фази регулювання, в яку включено третій напрям регулювання, що відповідає траєкторіям пішохідного руху по регульованому пішохідного переходу по вулиці Зайцева біля школи 72

Однак, такий виклик відбувається у випадкові моменти часу тобто режим регулювання є стохастичним. А якщо від моменту відліку виклику другої фази пішоходам минув мінімальний час другої фази минув мінімальний час Першої фази то виконується виклик другої фази тобто основний так першої фази змінюється перехідним інтервалом з першої фази на другу фазу і далі викликається друга фаза в режимі координованого регулювання особливо якщо це мережева магістральна координація роботи світлофорного об'єкту в такому режимі не забезпечує безупинний пропуск транспортних засобів що наближаються до даного перехрестя в межах інтервалів стрічок часу по вулиці Зайцева з боку вулиці Патріотичної та з боку вулиці Перемоги.

Для забезпечення пропуску цих транспортних потоків без зупинки необхідно щоб гнучкий режим регулювання був не викличним а пропусковим фазо номер два тобто світлофорний об'єкт не переходив би в цю фазу у тому випадку, якщо не зафіксовано виклик від пішохода такий режим називається фазо заміщенням оскільки протягом дії другої фази регулювання

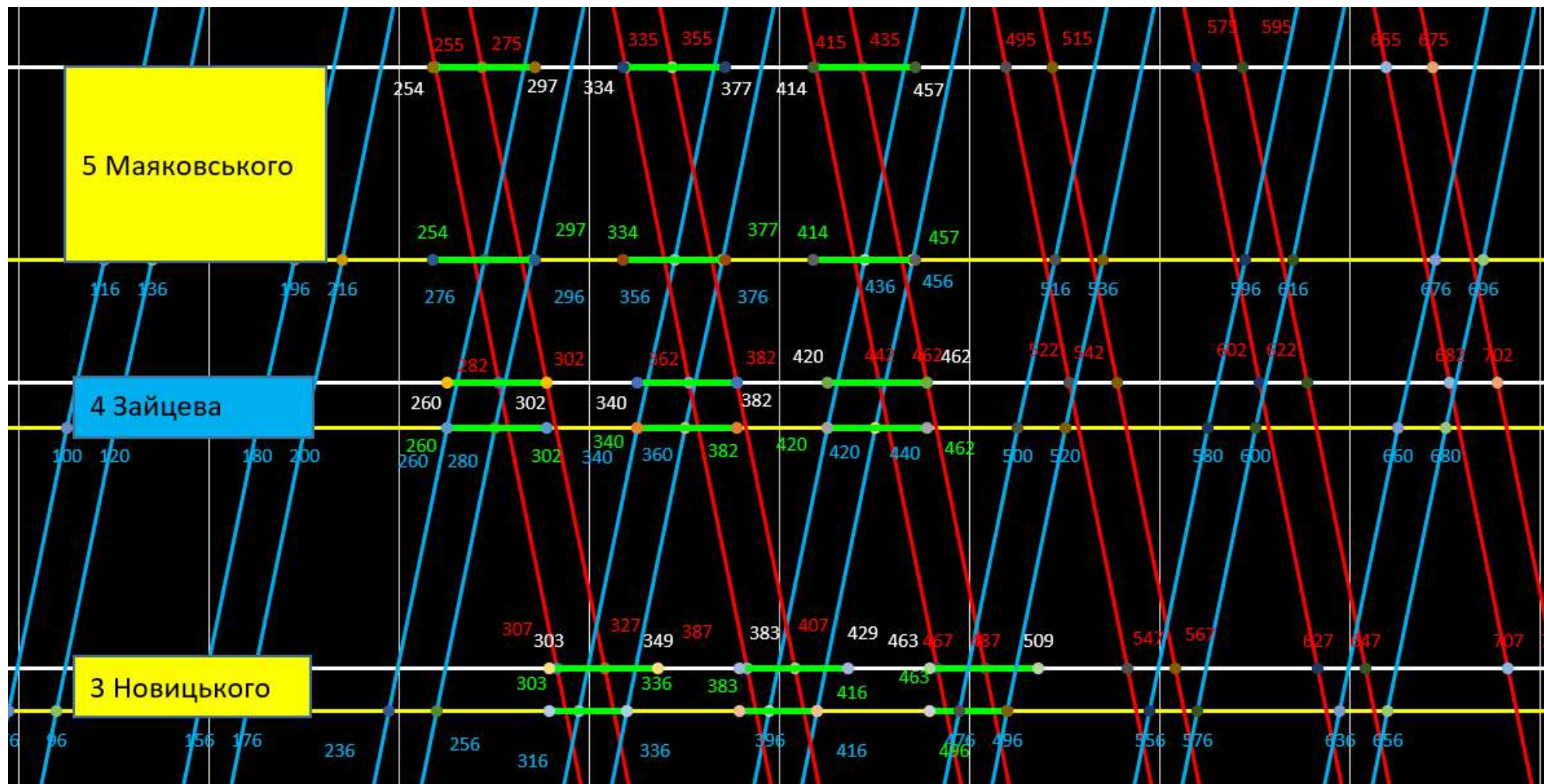


Рисунок 2.7 – Фрагмент графіку координованого регулювання по Соборному проспекту

відбувається її заміщення іншої фази регулювання з іншим номером, у яку як правило включені ті самі напрями регулювання транспортні та пішохідні що і в першу фазу регулювання тобто в магістральну фазу. Таким чином, якщо не було зафіксовано натиснення на кнопку то друга фаза регулювання що включає пішохідний напрям номер 3 відмінюється іншою фазою регулювання наприклад третьою що включає в себе магістральні напрямки вздовж вулиці Зайцева. Таким чином забезпечується виконання вимог стрічок часу щодо перетину калюк стрижками часу в межах смуг перехресть.

Негативним моментом такої координації є збільшення середньої тривалості часу очікування дозволяючого сигналу пішохідного світлофора у випадку гнучкої координації. Тривалість очікування пішоходам виклик дозволяючого пішохідного сигналу може коливатися від тривалості перехідного інтервалу першої фази регулювання до тривалості цілого циклу регулювання у випадку, якщо виклик другої фази був здійснений якомога ближче до завершення основного такту першої фази, то тривалість очікування дозволяючого сигналу пішоходами найменша оскільки треба почекати лише тривалість перехідного інтервалу в тому випадку якщо натисненням відбувається протягом фазозаміщуючої фази або протягом першої фази але на її початку то пішоходи в найгіршому випадку повинні почекати перехідний інтервал першої фази.

А це необхідно для того щоб дорожній контролер перед початком перехідного інтервалу чітко для себе встановив між якими фазами буде виконуватися перехід інакшим викликати в правильному режимі зміну сигналів на транспортних і пішохідних напрямках регулювання з дозволяючих не заборонній заборонених не дозволяючи не є можливим тому в найгіршому випадку відрахунок часу очікування пішоходів починається з перехідного інтервалу першої фази потім викликається фазозаміщення оскільки натиснення кнопки ще не зафіксовано замішуюча фаза за своєю тривалістю і структурою і перехідними інтервалами точно відповідає тій фазі яку вона

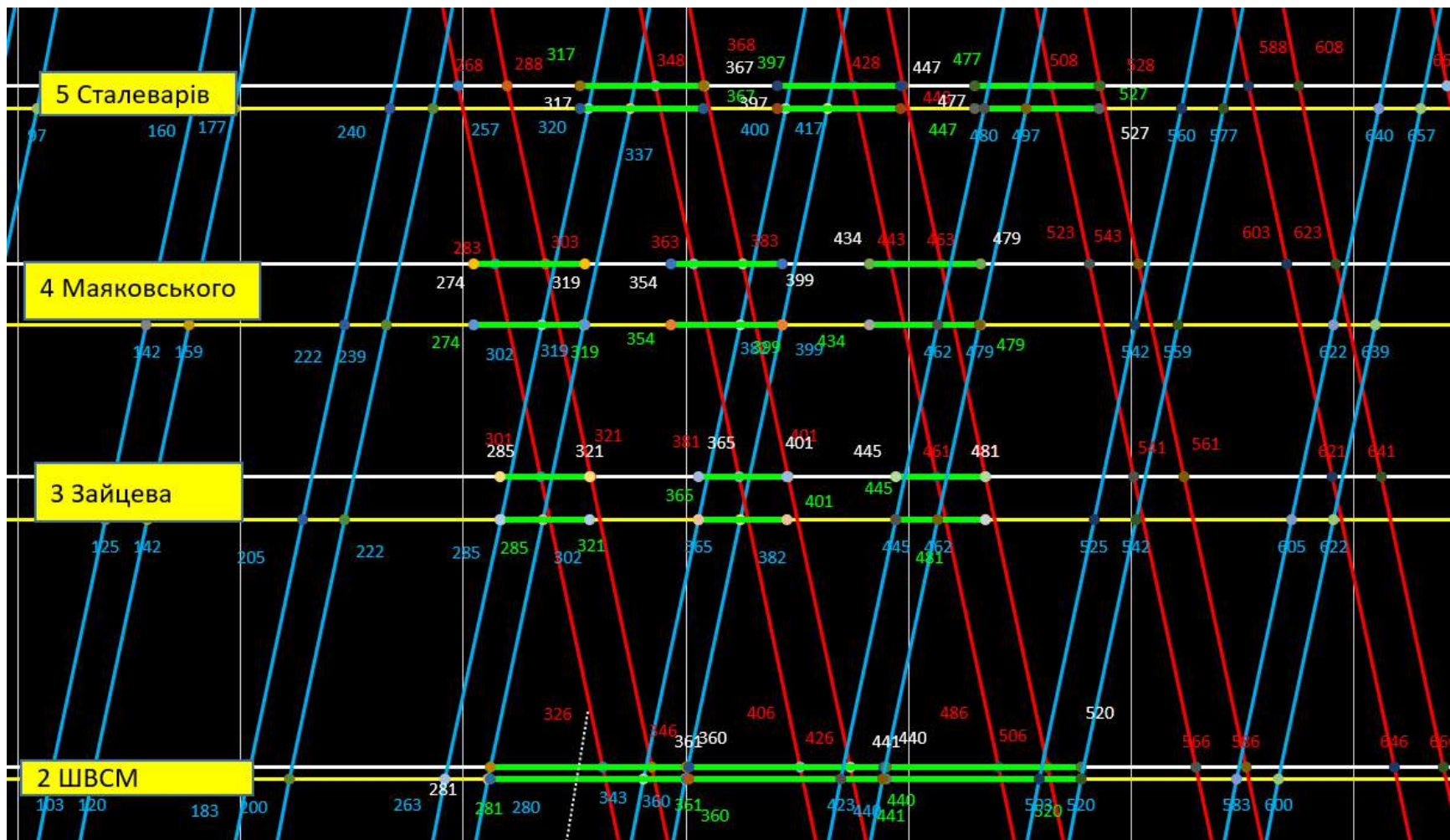


Рисунок 2.8 – Фрагмент графіку координованого регулювання по вул. Незалежної України

заміщує тобто в другій фазі регулювання нерегульованому пішохідному переході пішоходи очікують також і протягом заміщуючої фази тобто повну тривалість фаза регулювання номер два основний такт першої фази регулювання застосовується для проходження стрічок часу, тому протягом цього такту пішоходи точно будуть очікувати появи дозволяючого сигналу на пішохідних світлофорах.

Таким чином ми довели що найбільша тривалість часу очікування дорівнює тривалості циклу світлофорного регулювання. Але у випадку застосування магістральної, а, тим паче мережевою координації на світлофорних об'єктах, де наявний гнучкий режим світлофорного регулювання і з викликом фази що містить дозволяючи пішохідний сигнал за допомогою табло виклику пішохідного неможливо іншим способом забезпечити безупинний рух транспортних засобів, що рухаються в межах стрічок безперервного часу в прямому та зворотному напрямку магістралі координованого регулювання. При застосуванні таких режимів рекомендується для пішоходів на зелених секціях пішохідних світлофорів подати піктограму про те, що йде очікування виклику другої фази вмикати в такому випадку табло відліку часу не допускається тому що принцип роботи табло відліку часу полягає в тому що воно запам'ятовує тривалість відповідних сигналів протягом кількох циклів і в наступних циклах вже веде індикацію цих значень.

Однак, при застосуванні викличного режиму на пішохідному світлофорі точно визначити залишкова тривалість заборонено червоного сигналу для пішоходів не є можливим оскільки ця тривалість залежить від того в якій частині циклу було здійснено виклик ніякої додаткової інформації для мікропроцесорів табло відліку часу, окрім моменту надходження сигналу чекайте що підтверджує спрацювання системи отримання дорожнім контролером сигналу виклику від табло відліку часу немає можна довести що в таких умовах неможливо точно визначити залишкову тривалість

заборонного сигналу а значить показувати її для пішоходів за допомогою табло зворотного відліку неможливо.

Особливістю отриманої системи координованого регулювання мережевого типу є взаємний зв'язок режимів світлофорних об'єктів по магістралях координації вулиця незалежної України проспект Соборний вулиця Перемоги проспект Маяковського та вулиця Зайцева на практиці це означає що в більшості випадків зміна одного з параметрів режимів на будь-якому перехресті призведе або до розбалансування системи, тобто зникне можливість безупинного проїзду через перехрестя по маршруту координації або до необхідності зміни параметрів режимів регулювання та зсувів на графіку координації для всіх інших перехресть. Крім того, негативним аспектом є необхідність підтримання однакової тривалості циклу на всіх перехрестях що входять до системи мережевої координації особливо негативним моментом такої необхідності є забезпечення рівності тривалості циклу регулювання з іншими перехрестями для регульованих пішохідних переходів на яких в режимі фазового заміщення відбувається значне збільшення тривалості часу очікування для пішоходів.

З точки зору економічних аспектів цей негативний ефект цілком виправдовується зниженням непродуктивних затримок учасників дорожнього руху, що переміщується по магістралях координації, які входять до мережевої системи, однак на практиці на таких регульованих пішохідних переходах рекомендується забезпечення цих переходів керованими табло.

Фрагменти графіки в координованого регулювання по вулицях незалежної України та графік координованого регулювання по вулиці В'ячеслава Зайцева наведено на рисунках 2 3 та 24 на рисунку 2,5 циклограму світлофорного регулювання на перехресті вулиць Перемоги та В'ячеслава Зайцева в міжпіковому режимі.

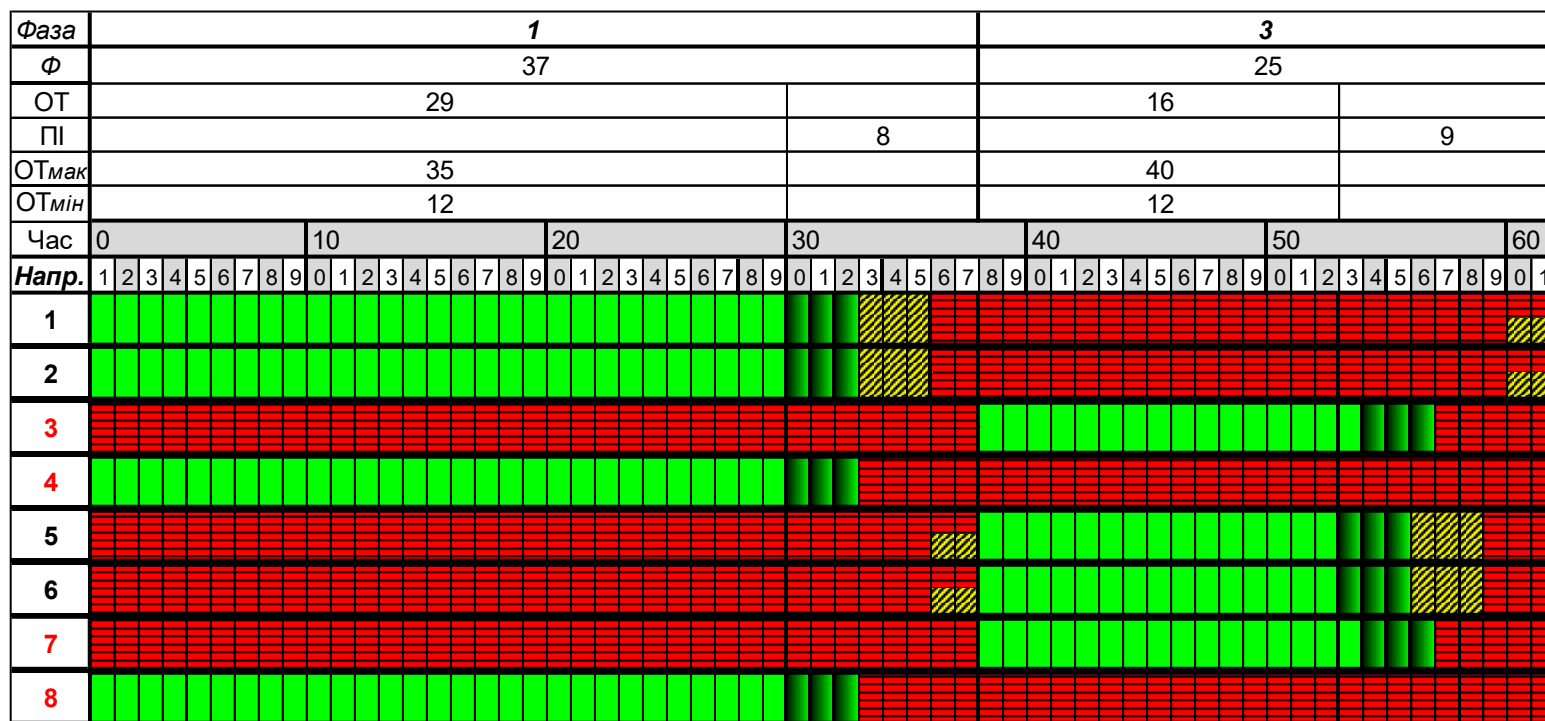


Рисунок 2.10 – Циклограма світлофорного регулювання на перехресті вул. Перемоги та вул. Вячеслава Зайцева (програма 2, міжпік)

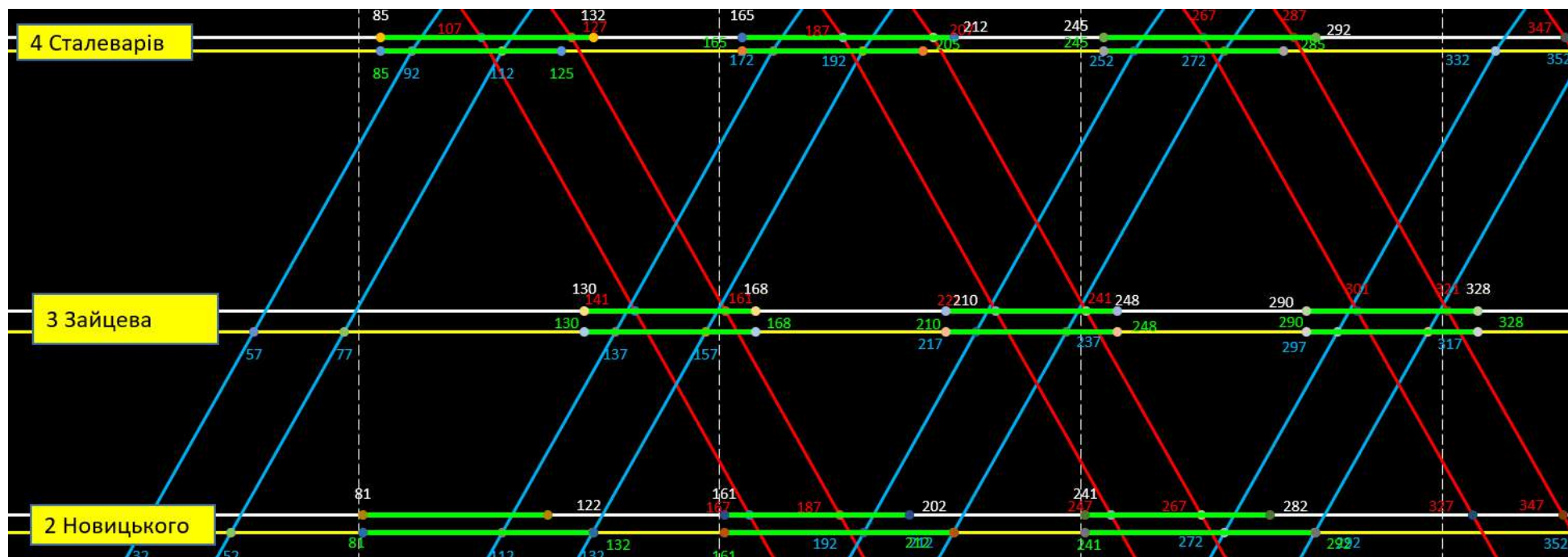


Рисунок 2.11 – Фрагмент графіку координованого регулювання по вул. Незалежної України

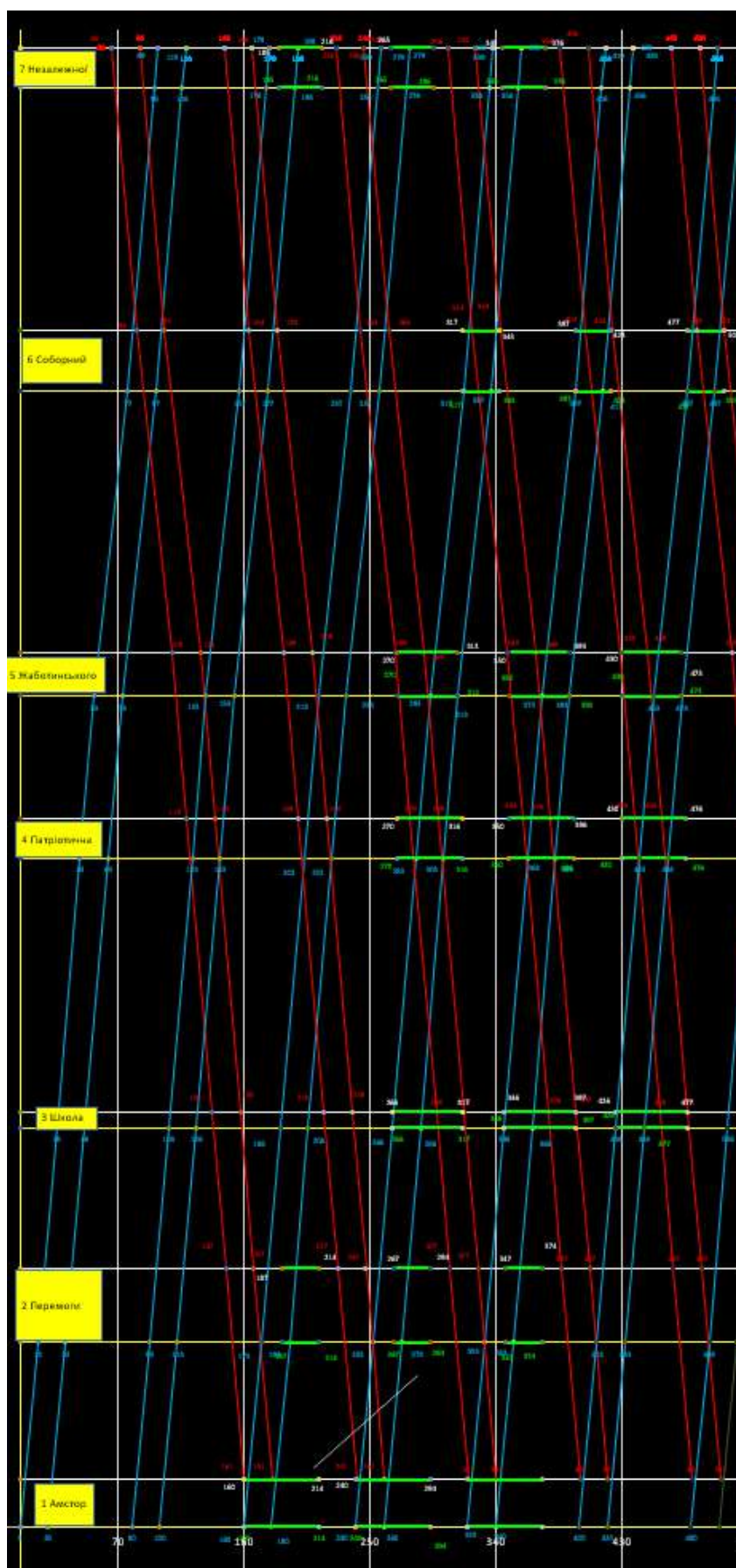


Рисунок 2.12 – Графік координованого регулювання по вул. в'ячеслава
Зайцева

3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

3.1 РОЗРАХУНОК КАПІТАЛЬНИХ ВИТРАТ

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

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

Таблиця 3.1 – Витрати на дорожні знаки

Тип знаку	Вартість 1 знаку	Кількість знаків	Сума
Трикутний	1159	4	4636
Круглий	1217	2	2434
Квадратний	1217	18	21906
Прямокутний	1720	1	1720
Табличка	603	4	2412
Разом		29	33108

Витрати на монтаж 29 дорожніх знаків K_2 з урахуванням вартості монтажу одного знаку 462 грн., складатимуть

$$K_2 = 29 \cdot 462 = 13398 \text{ грн} \quad (3.1)$$

Вартість демонтажу 12 старих дорожніх знаків становить:

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

Вартість дорожнього контролера КДК 40-02 за даними заводу-виробника складає 200050 грн. Оскільки на ділянці проєктування вулиця В. Зайцева перетинає 3 магістралі координації (вулиці Перемоги, Незалежної України та Соборний проспект), то на всіх регульованих перехрестях по вул. В. Зайцева необхідно замінити дорожні контролери та досягнення ефекту координації також і вздовж вул. В. Зайцева. Таким чином, слід встановити 7 нових дорожніх контролерів.

$$K_4 = 7 \cdot 200050 = 1400350 \text{ грн.} \quad (3.3)$$

Таким чином, сума капітальних вкладень становитиме:

$$K = 33108 + 13398 + 5544 + 1400350 = 1452400 \text{ грн.}$$

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

$$\Phi = 33108 + 13398 + 1400350 = 1446856 \text{ грн.} \quad (3.4)$$

3.2 РОЗРАХУНОК РІЧНИХ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВИТРАТ

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

Розрахунок площі дорожньої розмітки, що буде щорічно відновлюватися в межах зони проєктування, наведено в таблиці у основній

частині роботи. За даними розрахунку, сумарна площа розмітки складатиме 952 м².

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

$$C_n = 952 \cdot 304,9 = 290298 \text{ грн. / рік} \quad (3.5)$$

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

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

$$A = 1446856 \cdot 0,24 = 347245 \text{ грн. / рік}$$

Експлуатаційні витрати на ремонт технічних засобів становлять:

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

$$C_{\text{рем}} = (K_1 + K_4) \cdot 0,05 = 71672,9 \text{ грн. / рік}$$

Загальні експлуатаційні витрати складають:

$$C = 290298 + 347245 + 71672,9 = 709216 \text{ грн. / рік}$$

3.3 ЕКОНОМІЯ ВІД ЗМЕНШЕННЯ ЗАТРИМОК ТРАНСПОРТУ НА ПЕРЕХРЕСТІ

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

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

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

Таблиця 3.2 –Тривалості транспортних затримок

Напрямок	Перехрестя Троїцької вул.	Тривалість затримки за базовим варіантом, год./год.	Тривалість затримки за проектним варіантом, год./год.	Різниця затримок, год./год.	Різниця затри- мок, год./рік
прямий	ТЦ "Амстор"	1,62	1,17	0,45	1655,64
прямий	Перемоги	3,62	2,61	1,01	3699,64
прямий	Школа 72	2,11	0,00	2,11	7701,50
Зворот- ний	Патріотична	2,01	1,45	0,56	2054,22
Зворот- ний	Жаботинського	2,12	1,53	0,59	2166,64
Зворот- ний	Соборний	3,51	2,53	0,98	3587,22
Зворот- ний	Незалежної України	3,74	2,69	1,05	3822,28

Закінчення таблиці 3.2

Напрямок	Перехрестя Троїцької вул.	Тривалість затримки за базовим варіантом, год./год.	Тривалість затримки за проектним варіантом, год./год.	Різниця затримок, год./год.	Різниця затри- мок, год./рік
Зворот- ний	Соборний	3,62	2,61	1,01	3699,64
Зворот- ний	Жаботинського	2,82	2,03	0,79	2882,04
Зворот- ний	Патріотична	2,76	1,99	0,77	2820,72
Зворот- ний	Школа 72	2,10	0,00	2,10	7665,00
Зворот- ний	Перемоги	3,12	2,25	0,87	3188,64
Зворот- ний	ТЦ "Амстор"	1,10	0,00	1,10	4015,00
Разом		34,25	20,84	13,41	48958,18

Таким чином, загальна різниця тривалостей затримок приведених транспортних засобів за напрямками регулювання на перехресті протягом року складатиме 48958,18 год./рік.

Вартість цієї різниці визначається таким чином:

$$C_{m3} = \frac{Z_{zag} \times D_i \times S}{K_{36}} \quad (3.9)$$

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:

$$C_{\text{мкр}} = \frac{48958,18 \cdot 0,08 \cdot 454,36}{1,5} = 1186385 \text{ грн / рік}$$

Розрахунок вартості затримок пасажирів транспортних засобів проводиться за формулою:

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

де 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, %		83	2	7	8
Пасажиромісткість		4		50	18
Коеф. використ. пас.-місткості		0,4		0,75	0,75
Вартість години часу, грн	40,46	233,72	337,75	681,55	454,36

Умовний збиток держави від непродуктивних затримок транспортних засобів та учасників дорожнього руху полягає у тому, що весь обсяг витрат, понесений учасниками дорожнього руху та власниками транспортних засобів буде віднесено на валові витрати. У випадку, якщо б ці кошти вдалося б зберегти, вони стали би прибутком автотransпортних підприємств та осіб-підприємців, тому частина цих коштів повернулася б до бюджетів у вигляді податків.

Таблиця 3.4 –Параметри розрахунку вартості затримок

Вид транспортного засобу	легкові	вантажні	автобуси	мікроавт.	РАЗОМ
Транспортні затримки, год/рік	40635,29	489,5818	1142,35	2611,10	44878,33
Вартість затримок пасажирів, грн/рік	2630566,09	0	1733241,9	1426210,5	5790018,59
Вартість згаяних машино- годин, грн/рік	9497084,79	165358,01	778572,4	1186384,9	11627400,1
<i>ЗАГАЛОМ, грн/рік</i>	12127650,8	165358,01	2511814,3	2612595,4	17417418,7

$$E_{затр} = 17417419 \cdot 0,2 = 3483484 \text{ грн/рік}$$

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:

$$E = E_{затр} \quad (3.14)$$

$$E = 3483484 \text{ грн/рік}$$

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:

$$T_{ок} = \frac{1452400}{3483484 - 709216} = 0,52 \text{ року}$$

Термін окупності проекту – 0,52 року.

Техніко-економічні показники проекту наведено у таблиці 3.8.

Таблиця 3.8 -Техніко-економічні показники проекту

Показник	Базове значення	Проектне значення
Капітальні вкладення, грн.	-	1452400
Додаткові річні експлуатаційні витрати, грн	-	709216
Затримки транспорту і пасажирів, год./год.	34,25	20,84
Економія від зменшення затримок, грн/рік	-	3483484
Загальна економія, грн./рік	-	2774268
Термін окупності проекту, років	-	0,52

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАХЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В розділі магістерської роботи «Дослідження ефективності координованого світлофорного регулювання по вул. В. Зайцева у м. Запоріжжі» розглянуто аналіз потенційних небезпек, які можуть вплинути на дослідника під час проведення досліджень. Пропоновані заходи по їх усуненню.

4.1. АНАЛІЗ ПОТЕНЦІЙНИХ НЕБЕЗПЕК

З метою забезпечення ефективних режимів регулювання по вулиці В'ячеслава Зайцева із застосуванням сучасного комплексу програмно-апаратних засобів автоматизованої системи керування дорожнім рухом необхідно забезпечити належний науково-технологічний супровід розробки та експлуатації автоматизованої системи керування дорожнім рухом.

З цією метою до роботи залучаються інженери з автоматизованих систем керування а також інженери-програмісти. Шкідливими та небезпечними факторами у роботі, пов'язаній із постійним застосуванням електронно-обчислювальної техніки, є неправильний вибір режиму праці відпочинку; недостатнє технічне забезпечення робочих місць; недостатній рівень освітлення робочого простору; некомфортні умови мікроклімату в робочих зонах; недотримання вимог електробезпеки при роботі з периферійним комп'ютерним обладнанням, яке в робочому режимі перебуває під небезпечною напругою у 220 В.

З метою недопущення негативних наслідків прояву означених небезпечних та шкідливих факторів розробляється спеціальні заходи з охорони праці та безпеки надзвичайних ситуаціях, що їх докладно розглянуто в Додатку А.

ВИСНОВКИ

В ході виконання магістерської роботи досліджена ефективність координованого світлофорного регулювання по вулиці В'ячеслава Зайцева у місті Запоріжжі з побудовою мережевої координації світлофорних об'єктів по вулиці В'ячеслава Зайцева з урахуванням магістральних координацій по вулиці Перемоги, проспекту Соборному та вулиці Незалежної України.

Згідно до запропонованого проекту капітальні вкладення направлено на придбання дорожніх знаків і закупівлю дорожніх контролерів для підвищення рівня автоматизованої системи керування дорожнім рухом. В результаті зниження затримки учасників дорожнього руху перед стоп-лініями світлофорних об'єктів досягнуто економії у розмірі більше 2,5 мільйонів гривень.

В результаті економічного розрахунку встановлено, що термін окупності проєкту буде близько півроку. Запровадження результатів дослідження дозволить підвищити ефективність роботи транспорту по вулиці В'ячеслава Зайцева а також підвищити рівень зручності руху на ділянці застосування мережевого координованого регулювання.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

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. ДСТУ 8749:2017 «Огородження та організація дорожнього руху в місцях проведення дорожніх робіт». - Державне підприємство «Державний дорожній науково-дослідний інститут імені М. П. Шульгіна» (ДП «ДерждорНДІ»). Уведено вперше. - Київ: УкрНДНЦ, 2019. - 37 с.
4. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни „Екологічні характеристики схем організації дорожнього руху”, на тему „Екологічна характеристика руху транспортного потоку на ділянці міської магістралі”, для студентів спеціальності „Організація дорожнього руху” / Укл. В.М. Богаченко, О.О. Бакуліч, О.В. Красильнікова. —К.: КАДІ, 1993 – 28 с.
5. Організація та регулювання дорожнього руху: підручник / за заг. ред. В.П. Поліщука, О.О. Бакуліч, О.П. Дзюба, В.І. Єресов та ін. — К.: Знання України, 2012. — 467 с.
6. Лазуткін М. І., Журавель М. О. Дослідження 35шкідливих та небезпечних факторів виробничого середовища, важкості і напруженості праці : методичні вказівки до лабораторного заняття з дисципліни «Цивільний захист і охорона праці в галузі» : для студентів усіх спеціальностей та усіх форми навчання : Запоріжжя: ЗНТУ. Каф. ОП і НС,

7. Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу. [На заміну ГН 3.3.5-8.6.6.1-2002 ; чинний від 2014-05-30]. К. : МОЗ України, 2014. 37 с. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0472-14>. (Державні санітарні норми та правила)

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

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

10. Кодекс цивільного захисту України [Електронний ресурс] – Чинний від 2012-11-21. : станом на 01.01.2019 р. – К. : ВР України, 2012. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/5403-17>. – (Закон України)

11. Про захист людини від впливу іонізуючих випромінювань [Електронний ресурс] – Чинний від 1998-01-14. : станом на 29.09.2013 р. – К. : ВР України, 1998. – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/15/98-вр>. – (Закон України)

12. Положення про єдину державну систему цивільного захисту [Електронний ресурс] : – Чинний від 2014-01-31. – К. : Кабінет Міністрів України, 2014. – URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/11-2014-п>. – (Положення)

ДОДАТОК А
РОЗРОБКА ЗАХОДІВ З ОХОРОНИ ПРАЦІ
Заходи безпеки з цивільного захисту

Оцінка обстановки при аваріях з небезпечними вантажами на залізничному і автомобільному транспорті

Відповідно до ст. 23 Закону України *«Про перевезення небезпечних вантажів»* ліквідацію наслідків аварій, що виникають під час перевезення небезпечних вантажів, здійснюють підрозділи ДСНС та суб'єкти перевезення небезпечних вантажів. Практично з'ясовано, що своєчасне отримання інформації щодо небезпечного вантажу дозволяє вжити відповідні заходи безпеки та запобігти травмування особового складу під час виконання ним своїх обов'язків. Значною мірою ця інформація може бути отримана з маркування небезпечного вантажу.

Аварії з небезпечними вантажами на залізничному і автомобільному транспорті можуть спричинити пожежі, вибухи, хімічне й біологічне зараження, радіоактивне забруднення. Характерною рисою цих НС є значні розміри та висока швидкість формування зони ураження.

Оцінку оперативної обстановки на місці аварії здійснює керівник гасіння пожежі (КГП), або керівник аварійно-рятувальних робіт (КАРР) із залученням спеціалістів штабу з ліквідації аварії, з метою визначення необхідної кількості сил і засобів для ліквідації джерела забруднення та гасіння пожежі, пошуку і порятунку постраждалих, визначення тактики дій підрозділів та заходів безпеки у зоні хімічного забруднення.

Інформацію про обстановку на місці аварії можна отримувати за наступними джерелами:

- інформацію, яку містить маркування небезпечного вантажу;
- інформацію, яку містять перевізні документи на небезпечний вантаж :
(або) аварійна картка;

- інформацію від осіб, що супроводжують небезпечний вантаж (провідник або фахівець вантажовласника), локомотивні бригади, водія, від громадян, які були свідками аварійної ситуації в цьому або на окремих її етапах.

На автомобільному транспорті необхідно визначити:

- стан вантажу, наявність витікання НХР;
- можливість утворення зони хімічного забруднення;
- заходи безпеки під час проведення робіт з гасіння пожежі та ліквідації наслідків аварій з НХР;
- наявність у осіб, що супроводжують небезпечний вантаж засобів індивідуального захисту.

З маркування небезпечного вантажу, перевізних документів і аварійної картки визначити:

- основні властивості та види небезпеки;
- засоби індивідуального захисту;
- необхідні дії під час гасіння пожежі та ліквідації наслідків аварії;
- заходи долікарської допомоги;
- способи та засоби нейтралізації НХР.

Аналіз потенційних небезпек

- фізичне травмування дослідника під час збору статистичних даних транспортної ситуації на ділянці 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 захаращеність 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 викликає роздратованість, свіж, запалення шкіри. При роботі на лазерному принтері виділяється озон, який сильно роздратовує слизисту оболонку носа, очей, горла і може приводити до онкологічного захворювання;

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

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

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

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

Заходи по забезпеченню безпеки

Для запобігання аварійних 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», величина опору контуру захисного заземлення електрообладнання приміщення з ПК у будь-яку пору року не перевищує – 4 Ом.

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

Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці

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

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

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

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

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

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

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 з ПК. які були внесені до таблиці «Результати оцінювання за бальною шкалою».

З додатків [6], відповідно до категорії робіт 1а, розряду зорових робіт Б-2 та виявлених показників умов та напруженості праці, визначаємо ГДК (ГДР) виявлених факторів і показників та вносимо їх значення до стовпчика 4, таблиці «Результати оцінювання за бальною шкалою».

Результати оцінювання за бальною шкалою

Фактор (показник)	Вимірювані показники $P_{ви}$	Час дії $од.(хв.)$	ГДК, ГДР, показники, $P_{доп}$	Характеризуючі показники, $али$	Лас, мов, раці	али
Мікроклімат за ТНС-індексом, $t, ^\circ C$	30,0		23,5-26,4		.4	
Освітленість приміщення $E, лк$	100		200		.1	
Розряд і підрозряд зорових робіт, $З_{ор}$	Б-2		—			
Рівень шуму $L, дБА$	107		50		.4	
Загальні енергозатрати організму, Bm	240		290	,62	.2	
Стереотипні робочі рухи (кількість за зміну), при локальному навантаженні (за участю м'язів кистей та пальців рук)	62000		40000	,16		
Тривалість зосередження уваги (в % від часу зміни)	84		75	,84		
Тривалість робочого дня, $год.$	17		8	,11		

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

- для гігієнічної оцінки мікроклімату використовуємо ТНС-індекс, додаток Б [6]. Розрахунковий коефіцієнт $X_{визн}$ при оцінка мікроклімату визначаємо в балах, за формулою 7.1:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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, 2 ступеню.

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

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

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

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

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

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

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

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

Розмір доплати за умовами праці визначаємо в залежності від їх фактичного стану – $X_{факт} = 9$, на підставі Типового положення «Про оцінку умов праці на робочих місцях і порядок застосування галузевих переліків робіт, на яких можуть установлюватися доплати робітникам за умови праці», з таблиці 7.4 [6]. Розмір доплати до тарифної ставки (окладу) – 20 %.

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

1. Умови, важкості та напруженості праці на робочому місці дослідника лабораторії, згідно результатів досліджень, належать до 3 класу, 3 ступеню (особливо важкі та особливо шкідливі умови праці), що не відповідає вимогам Державних санітарних норм та правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу» до даного робочого місця;

2. Відповідно до класифікації умови, важкість та напруженість праці на робочому місці дослідника належать до категорії 1а, тому необхідно

привести ці умови у відповідність до нормативних значень, які відповідають оптимальним параметрам для категорії 1а, а саме:

- мікрокліматичні умови, за інтегральним показником теплового навантаження середовища - ТНС-індексом - 21,0-23,4°C;
- освітленість приміщення для роботи з дисплеями відповідає розряду зорових робіт Б-2, нормована загальна освітленість якого, на робочих столах – $E = 200 \text{ лк}$;
- рівень шуму в робочій зоні дослідника – 50 дБА;
- загальні енергозатрати організму, до 140 Вт;
- стереотипні робочі рухи (кількість за зміну), при локальному навантаженні (за участю м'язів кистей та пальців рук), до 20000;
- тривалість зосередження уваги (в % від часу зміни), до 50%;
- тривалість робочого дня 6 або 7 год.

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

- для приведення мікрокліматичних умов до відповідності, необхідно забезпечити припливно-витяжну механічну вентиляцію та кондиціонування приміщення;
- для забезпечення нормованої освітленості приміщення яка відповідає розряду зорових робіт необхідно провести додаткові розрахунки та визначитися з потужністю ламп, типом ламп та світильників та їх раціональним розміщенням;
- для зниження рівня шуму в робочій зоні дослідника необхідно замість матричних принтерів застосувати лазерні; з метою зниження зовнішнього шуму замінити вікна на пластикові з трикамерним склопакетом;
- для зменшення загальних енергозатрат організму, необхідно скоротити тривалість робочого дня до 6 або 7 год

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

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

4. Якщо, з об'єктивних причин, вищезазначені заходи неможливо виконати, необхідно забезпечити доплати до тарифної ставки (окладу) за особливо шкідливі та особливо важкі умови праці, відповідно до таблиці 7.4 [6], у розмірі 20%