

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Транспортний
(повне найменування, факультету)

«Транспортні технології»
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

бакалавра
(ступінь вищої освіти)

на тему ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ РУХУ ПОЇЗДІВ В РАЙОНІ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ПЕРЕЇЗДУ ПО ВУЛИЦІ ІНСТИТУТСЬКІЙ МІСТА
ЗАПОРІЖЖЯ НА ДІЛЯНЦІ МІЖ ТИРАЖНОЮ ТА БОРИСПІЛЬСЬКОЮ
ВУЛИЦЯМИ

Виконав(ла): студент(ка) IV курсу, групи T-811сп_2

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

Освітня програма (спеціалізація)
«Організація перевезень і логістичне управління
на залізничному транспорті»

УЖВА О.І.
(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)
Керівник ТРУШЕВСЬКИЙ В.Е.
(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)
Рецензент ЩЕРБИНА А.В.
(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Факультет Транспортний
Кафедра «Транспортні технології»
Ступінь вищої освіти бакалавр
Спеціальність 275 «Транспортні технології (за видами)»
(код і найменування)
Освітня програма (спеціалізація) «Організація перевезень і логістичне управління на залізничному транспорті»
(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

«Транспортні технології»

Сергій ТУРПАК

« 20 » травня 2024 року

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

УЖВИ Олега Юрійовича

(ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Забезпечення безпеки руху поїздів в районі залізничного переїзду по вулиці Інститутській міста Запоріжжя на ділянці між Тиражною та Бориспільською вулицями

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від «29» травня 2024 року №248

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 10.06.2024 р.

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) схема організації дорожнього руху в районі перехрестя

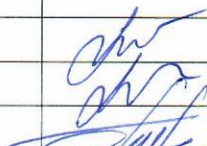
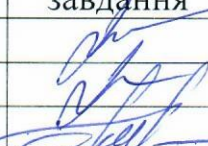
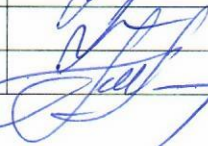
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1 Аналітична частина, 2 Розрахункова частина, 2.1 Формалізація режиму світлофорного регулювання, 2.2. Оптимізація параметрів світлофорного регулювання, 2.3 Удосконалення переїзної сигналізації, 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

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

Презентація дипломної 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.		

7. Дата видачі завдання «20» травня 2024 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Аналітична частина	20.05. – 24.05.	
2	Розрахункова частина	24.05. – 30.05.	
3	Спеціальна частина	30.05. – 02.06.	
4	Економічна частина	02.06. – 06.06.	
5	Оформлення дипломної роботи, підготовка презентації та доповіді, перевірка дипломної роботи на плагіат, отримання рецензії та захист роботи	06.06. – 20.06.	

Студент(ка)

Керівник проєкту (роботи)


(підпис)


(підпис)

Олег УЖВА
(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Вячеслав ТРУШЕВСЬКИЙ
(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 52 с., 24 табл., 12 рис., 10 використаних джерел.

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

Об'єкт дослідження – ділянка поблизу залізничного переїзду,
розташованого біля перехрестя вулиць Тиражної та Інститутської.

Мета проекту – підвищення рівня безпеки руху на вказаній ділянці.

Метод дослідження – аналітичний, графічний, використання ЕОМ.

У дипломній розглядається комплекс заходів з підвищення рівня безпеки руху на ділянці міської вулиці, що містить два перехрестя та розташований поблизу одного з них залізничний переїзд.

Пропонується пов'язати роботу автоматичної проїзної сигналізації з роботою світлофорного регулювання на перехресті, а також оптимізувати параметри та структуру режиму світлофорного регулювання на іншому перехресті з метою зниження невиправданих затримок учасників дорожнього руху.

ЗМІСТ

Завдання на дипломну роботу.....	2
РЕФЕРАТ	4
ВСТУП	6
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	7
1.1 Аналіз вулично-дорожньої мережі.....	7
1.2 Дорожньо-транспортна ситуація в районі проектування	10
1.3 Дослідження характеристик транспортного потоку	12
1.3.1 Визначення інтенсивності дорожнього руху	12
1.4 Аналіз недоліків та постановка задач дипломного проектування	14
2 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА.....	15
2.1 Формалізація режиму світлофорного регулювання	15
2.2. Оптимізація параметрів світлофорного регулювання.....	21
2.3 Удосконалення переїзної сигналізації	34
3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	43
3.1 Розрахунок капітальних витрат	43
3.2 Розрахунок річних експлуатаційних витрат.....	46
3.3 Економія від зменшення затримок транспорту на перехресті	47
3.4 Розрахунок терміну окупності проекту	49
ВИСНОВКИ.....	51
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	52

ВСТУП

Задача підвищення рівня безпеки руху в районі залізничних переїздів нерозривно пов'язана із рівнем організації дорожнього руху автомобільного транспорту на під'їздах до залізничних переїздів.

Застосування автоматичної переїзної сигналізації відкриває широкі перспективи для пошуку резервів пропускної здатності залізничних переїздів без шкоди для рівня безпеки дорожнього руху, зокрема застосування автоматичної проїзної сигналізації дозволяє забезпечувати рух автомобільного транспорту через залізничний переїзд у декілька рядів, таким чином набагато підвищуючи його пропускну здатність для автомобільного транспорту.

Крім того, у випадку розташування поблизу залізничного переїзду світлофорного об'єкту є технічна можливість пов'язати роботу цього об'єкту із роботою автоматичної проїзної сигналізації, таким чином забезпечуючи синергетичний ефект і досягнення значного зростання рівня безпеки дорожнього руху.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Аналіз вулично-дорожньої мережі

В результаті дослідження дорожньо-транспортної ситуації на ділянці проектування встановлено, що небезпека дорожньо-транспортних пригод в зоні залізничного переїзду може бути суттєво зменшена у випадку зміни схеми організації дорожнього руху в районі залізничного переїзду та розташованого поруч перехрестя вулиці Тиражної та Інститутської.

Пропонується додати перед перехрестям додатково стоп-лінію з цією метою, щоб у випадку спрацювання переїздної сигналізації транспортні засоби автомобільного транспорту не зупинялися в зоні залізничного переїзду, в очікували дозволяючого сигналу транспортного світлофора на перехресті вулиць Тиражної та Інститутської. З цією метою встановлюється два додаткових транспортних світлофори: основний дублюючий на під'їзді до перехрестя вулиць Тиражної та Інститутської по вулиці Інститутській від вулиці Бориспільської.

Для цих світлофорів вводиться окремий напрям регулювання, сигнали якого будуть змінюватися синхронно з напрямом регулювання, що відповідає під'їздам до перехрестя вулиць Тиражної та Інститутської з боку вулиці Бориспільської.

Автоматичну переїзну сигналізацію слід пов'язати з дорожнім контролером за допомогою лінії зв'язку таким чином, аби дорожній контролер, розташований на перехресті вулиць Тиражної та Інститутської, працюючи в жорсткому координованому режимі, отримував сигнал від напольної апаратури переїздної сигналізації про зміну режиму її роботи у зв'язку з наближенням поїзда до переїзду. Розглядаючи принципову схему роботи переїздної сигналізації, можна сказати, що у випадку передачі до дорожнього контролера сигналу, отриманого від датчика, дія якого заснована на принципі рейкових мереж, що розташований на відстані від переїзду, що відповідає ділянці наближення, буде достатньо часу в циклі світлофорного

регулювання для зміни сигналів транспортних світлофорів перед переїздом таким чином, щоб транспортні засоби, що наближаються до перехрестя вулиць Тиражної та Інститутської з боку вулиці Бориспільської зупинялися, не в'їжджаючи на залізничний проїзд.

Однак, враховуючи близькість перехрестя вулиці Інститутської та вулиці Бориспільської, слід також змінити режим світлофорного регулювання і на тому перехресті, оскільки, зважаючи на інтенсивність дорожнього руху від перехрестя вулиць Тиражної та Інститутської в напрямку перехресті вулиці Інститутської та вулиці Бориспільської (стара назва – Академіка Олександрова) та склад транспортного потоку на цій ділянці, можна зробити висновок, що існує висока ймовірність, особливо після звільнення переїзду від рухомого складу залізниці, що транспортний потік, який рухається в напрямку вулиці Бориспільської, в режимі нерегульованого перехрестя буде зупинятися також і на залізничному переїзді і буде блокувати і виїзд з перехрестя вулиць Тиражної та Інститутської.

З цією метою пропонується перерахувати режим регулювання на перехресті вулиць Бориспільської (Академіка Олександрова) та Інститутської з метою координації цих двох режимів, а також встановлення електричного зв'язку між дорожніми контролерами на цих двох перехрестях та апаратури, яка керує проїзною сигналізацією.

Схема вулично-дорожньої мережі що включає в себе перехрестя вулиць Інститутської з вулицею Тиражною та вулиці Інститутської з вулицею Бориспільською вказана на рис. 1.1. Як видно з рисунку, Інститутська вулиця використовується в якості проїзду між магістральними вулицями Тиражною та Бориспільською. При розгляді вулично-дорожньої схеми міста можна зробити висновок, що вказаний проїзд використовується для руху транзитного транспорту в напрямі міста Дніпра та в зворотному напрямі до острова Хортиця та подальшого руху на лівий берег міста Запоріжжя (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Схема району проєктування

1.2 Дорожньо-транспортна ситуація в районі проектування

При вдосконаленні режиму світлофорного регулювання на перехресті вулиць Академіка Олександрова та Інститутської необхідно виходити з тих обставин, що розташування світлофорного обладнання та інших засобів регулювання дорожнього руху вже є фіксованим. Оскільки проект світлофорного об'єкту розроблявся по зв'язку із будівництвом нового магазину в'їзд до якого знаходиться на одному з виїздів до вказаного перехрестя, значні відстані від вхідних стоп ліній до дальні конфліктних точок ніж траєкторіями руху транспортних засобів та пішоходів пов'язані з тим, що при проектуванні вулично-дорожньої мережі в даному районі було максимально враховано можливості проїзду великогабаритних транспортних засобів, що рухаються в транзитному напрямку і перевозять вантажі.

Маршрут, що проходив через це перехрестя від міста Дніпра на лівий берег міста Запоріжжя, виходив як на автопереїзд Греблі ДніпроГЕС, так і до Арочного мосту, що виводив далі на острів Хортиця. Таким чином, слід зважати, що перехрестя і на даний момент розташовується на маршруті транзитного руху. Крім того, по вулиці Бориспільській наявний інтенсивний рух громадського транспорту, оскільки ця вулиця є виїзною з великого мікрорайону міста – Осипенківського, який є порівняно молодим районом та в частині планування заповнений більшим чином багатоквартирними дев'ятиповерховими будинками за мікрорайонним принципом.

Великі радіуси заокруглення спричинили значне віддалення конфліктних точок, а крім того, специфічне розташування засобів світлофорного регулювання. На розташування світлофорів значний вплив чинить наявність електричної контактної мережі тролейбусів оскільки відповідно до вимог національного стандарту ДСТУ 4092-2002, відстань від елементів контактної мережі до світлофорних пристроїв повинна бути не менше 1 м (рис. 1.2).

1.3 Дослідження характеристик транспортного потоку

1.3.1 Визначення інтенсивності дорожнього руху

Дослідження миттєвих швидкостей транспортних засобів в зоні перехрестя, що виконували о 12⁰⁰ в робочий день дозволили встановити, що швидкості руху транспортних засобів розподіляються за нормальним законом розподілу, швидкість 85-го забезпечення дорівнює 50 км/год, частка водіїв, що порушують встановлений в межах міста швидкісний режим, становить 15 %.

Заміри інтенсивності руху транспорту в районі проєктування проводилися у робочий день з 8:00 до 9:00, з 12:00 до 13:00 з 17:00 до 18:00.

Результати замірів інтенсивностей руху транспорту показано у вигляді цифрограм, зображених на рис. 2.2.

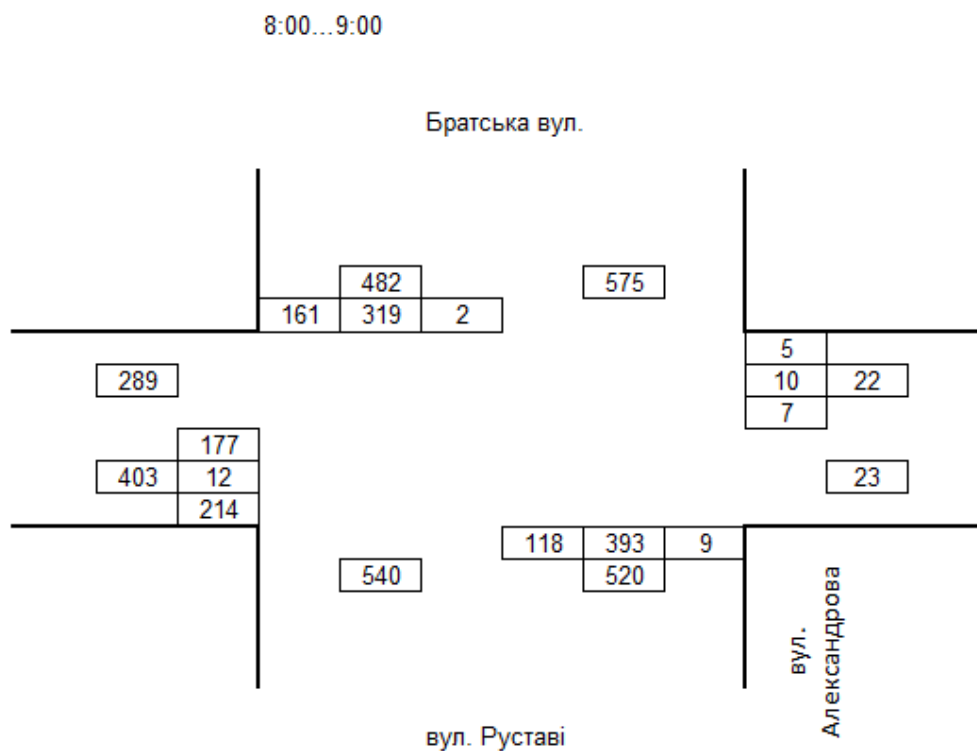


Рисунок 1.3 – Цифрограма інтенсивностей дорожнього руху

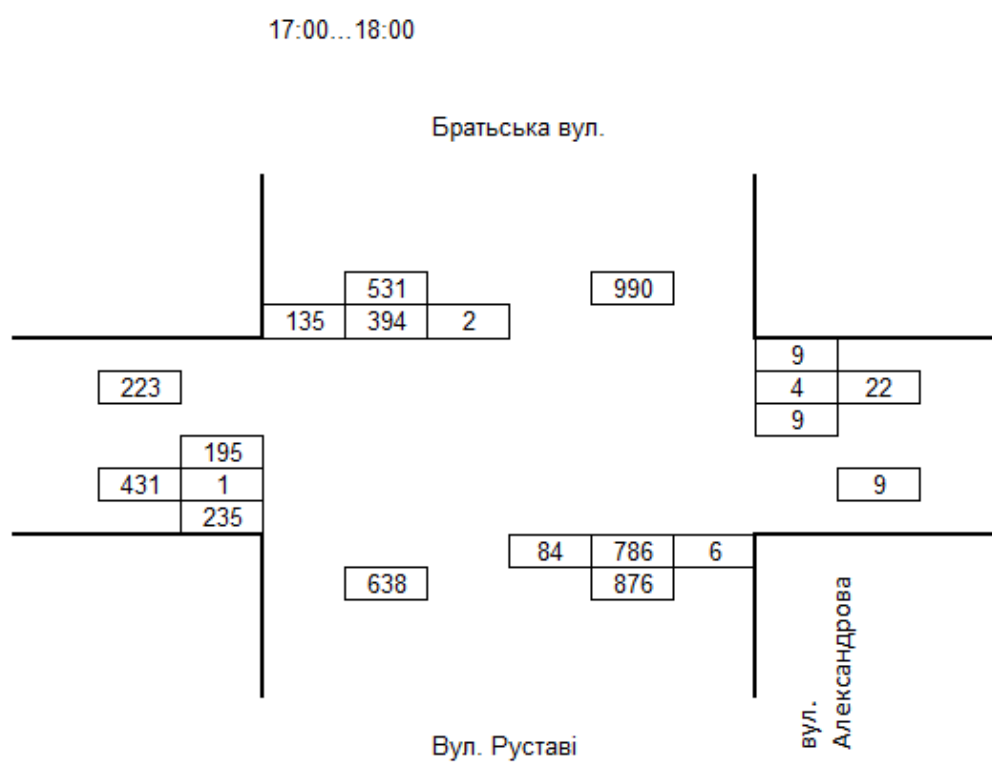
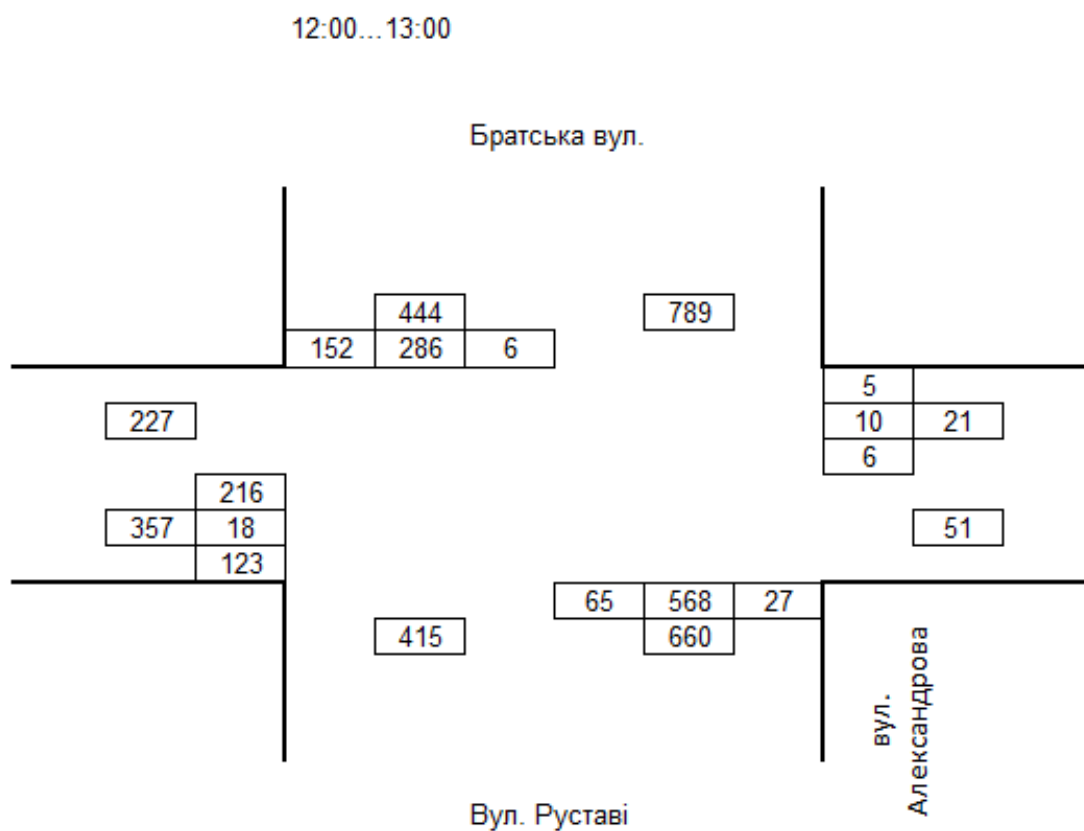


Рисунок 1.4 – Цифрограми інтенсивностей дорожнього руху, од./год.

При визначенні режимів регулювання, з огляду на високу інтенсивність руху вулицею Александрова (в тому числі громадський транспорт з високою пасажиромісткістю) слід забезпечити мінімізацію втрат часу в очікуванні дозволяючого сигналу усіма учасниками дорожнього руху, включаючи пішоходів та велосипедистів. Для реалізації цих задач розрахунок режиму ведеться за методом окремих напрямків.

Оскільки пікове навантаження має виражене представлення у вечірній години, то розрахунок проводиться саме на основі цих вихідних даних.

1.4 Аналіз недоліків та постановка задач дипломного проектування

Близьке розташування та значне транспортне навантаження перехресть вулиці Інститутської з вулицею Тиражною та з вулицею Бориспільською, а також розташування поблизу перехрестя вулиць Тиражної та Інститутської залізничного переїзду викликали значне ускладнення дорожньо-транспортної ситуації на цій ділянці. Високі інтенсивності дорожнього руху у порівнянні з низькою пропускною здатністю під'їздів до обох перехресть під впливом близького розташування залізничного переїзду негативно позначається на загальній пропускній здатності ділянки транзитного маршруту, що пов'язує виїзд до міста Дніпра з автомобільними переходами між правим і лівим берегом міста Запоріжжя.

Для поліпшення цієї ситуації пропонується вдосконалити розташуванням засобів світлофорного регулювання на перехресті вулиць Тиражної та Інститутської, а також змінити режим світлофорного регулювання на перехресті вулиць Інститутської та вулиці Бориспільської з урахуванням близького розташування наступного перехрестя там залізничного проїзду.

2 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

2.1 Формалізація режиму світлофорного регулювання

Можливість телеметричного контролю стану світлофорних об'єктів тісно пов'язана із вибором способу формалізації режимів світлофорного регулювання. З одного боку, обраний спосіб формалізації повинен забезпечувати можливість конфігурації дорожнього контролера під усі можливі структури та набори параметрів циклів світлофорного регулювання, а з іншого боку, формалізація повинна забезпечити повний набір дистанційних та гнучких функцій автоматизованого керування.

Найчастіше застосовуються два методи формалізації: пофазовий та метод окремих напрямків. Отсанній, хоча і надає необмежені можливості у конфігурації апаратів керування та застосуванні телеавтоматичних функцій, характеризується високою складністю як на етапі конфігурації, так і на етапі експлуатації, а саме під час здійснення диспетчерських функцій віддаленого керування.

Пофазовий метод накладає деякі обмеження на гнучкість регулювання, оскільки передбачає поділ усієї структури світлофорного циклу на основні такти та перехідні інтервали. Однак, у разі застосування повних перехідних інтервалів з можливістю перемикання напрямку світлофорного регулювання протягом одного перехідного інтервалу з червоного сигналу на зелений та одразу навпаки, можна впевнено зробити висновок, що не існує таких жорстких режимів регулювання, для яких неможливо було б зконфігурувати дорожній контролер із застосуванням пофазового методу.

Втім, як вже зазначалося, важливою є не лише принципова можливість конфігурації апарату під даний режим регулювання, а ще й гнучкість цього режиму під час здійснення диспетчерського або локального гнучкого регулювання. З метою максимального використання можливостей щодо збільшення гнучкості регулювання, необхідно розділяти створений режим на

якомога більшу кількість фаз світлофорного регулювання. Втім, для деяких структур режимів, можливості такої оптимізації є значно обмеженими. На рис. 2.1 та 2.2 наведено циклограму та структуру другої фази світлофорного регулювання на перехресті Соборного просп. та Фортечної вул. у м. Запоріжжі.

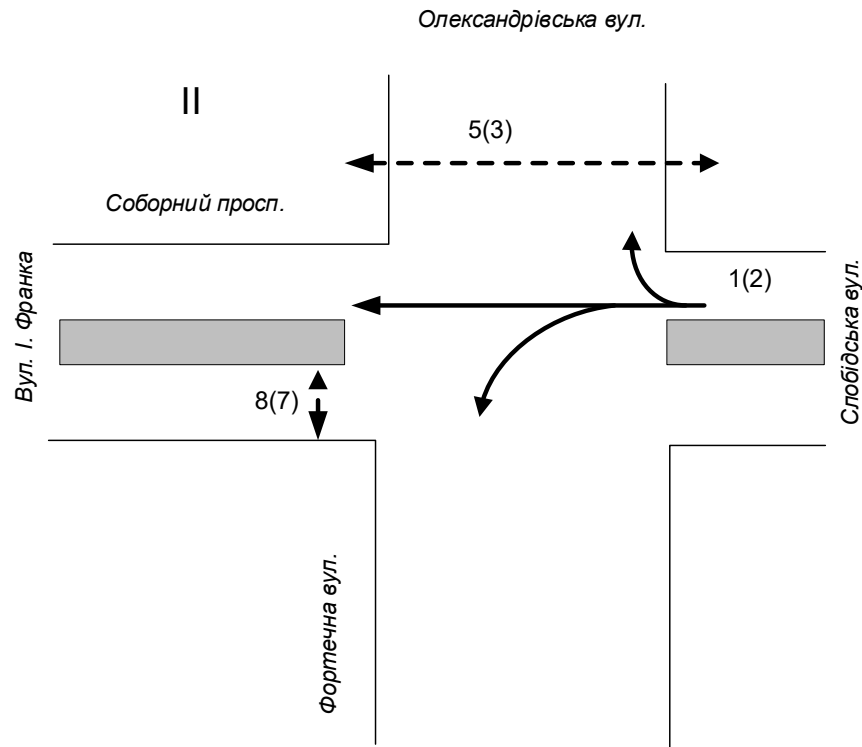


Рисунок 2.1 – Друга фаза світлофорного регулювання

Можна побачити, що пішохідний напрям регулювання №10 не входить до основного такту цієї фази регулювання. Це пояснюється тим, що, через різницю значень елементів матриці мінімальних часових проміжків (intergreen), початок зеленого сигналу за напрямом №10 відбувається пізніше початку дозволяючого сигналу за напрямом № 8 при тому, що за напрямками регулювання №1 та №5 зелені сигнали тривають, тому із 43-ї до 45-ї секунди циклу існують формальні ознаки для існування основного такту, але на 46-й секунді умови для перехідного інтервалу не виникають. Натомість, з'являються ознаки нового основного такту.

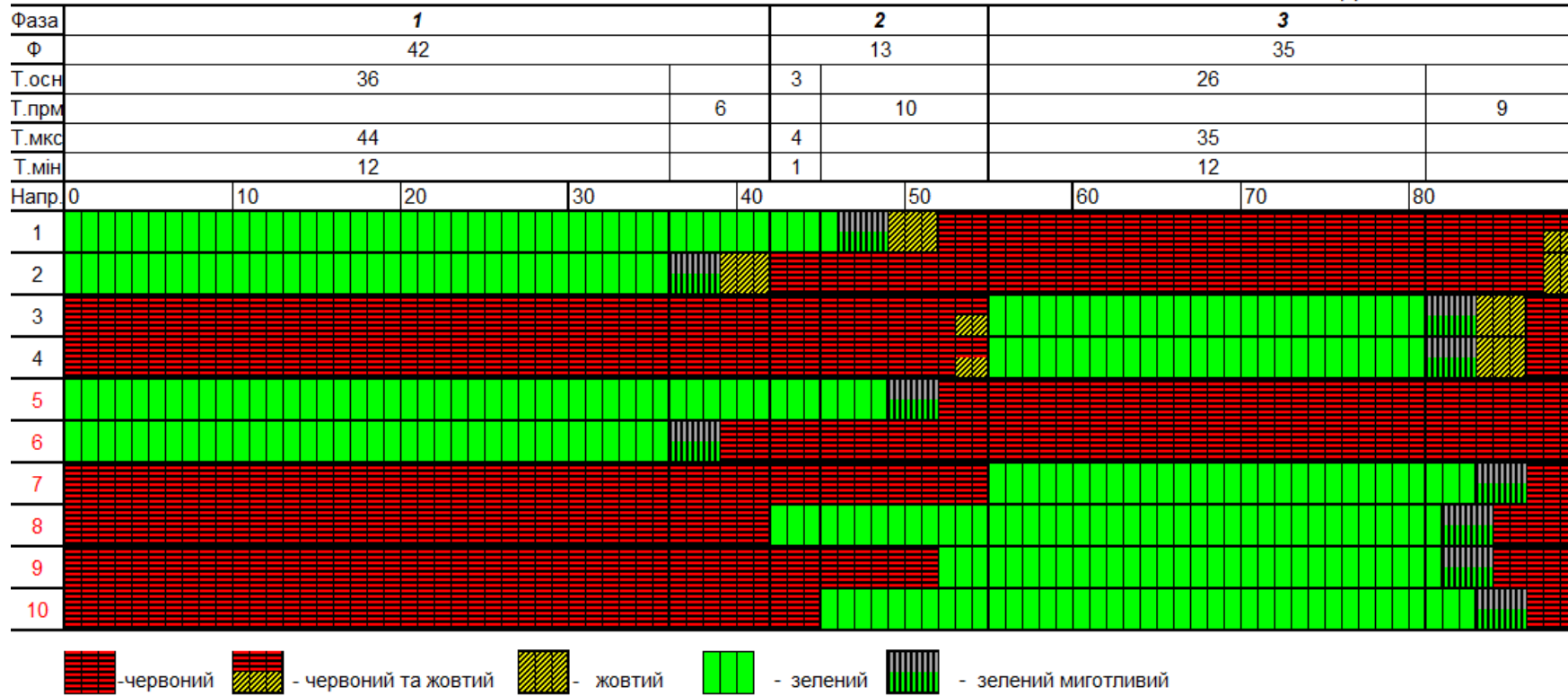


Рисунок 2.2 – Циклограма світлофорного регулювання

Втім, ані продукovanі в Україні дорожні контролери, не дозволяють застосовувати нульових тривалостей основних тактів та перехідних інтервалів, ані вимоги ДСТУ 4157-2003, які є обов'язковими для застосування, не дозволяють застосовувати тривалості тактів, менші за 1.

Зважаючи на зазначене, для більш повного забезпечення широкого застосування автоматизованих систем керування дорожнього руху, у тому числі гнучкого світлофорного регулювання та диспетчерських функцій, пропонується дозволити застосування нульових тривалостей тактів регулювання, якщо у конкретних умовах це не суперечитиме іншим вимогам норм і стандартів у сфері безпеки дорожнього руху.

Застосування оперативних методів організації дорожнього руху в умовах великих міст часто є єдиним з числа доступних способів поліпшення дорожньо-транспортної ситуації.

Керування світлофорною сигналізацією за окремими напрямками регулювання суттєво збільшує частку ефективного часу у циклах світлофорного регулювання, проте жоден із дорожніх контролерів українського виробництва наразі не має технічної можливості проведення конфігурації режимів регулювання за окремими напрямками.

В усіх апаратах застосовується пофазний метод, хоча і доповнений можливістю програмування повних перехідних інтервалів та вибором переметрів додаткових тактів залежно від фаз регулювання, що завершуються та розпочинаються.

У таких умовах для збільшення пропускної здатності вузьких під'їздів до перехресть зі складним плануванням слід зважати на те, що реальне значення величини потоку насичення змінюється протягом тривалості зеленого сигналу. Зменшення величини потоку насичення зумовлюється тим, що при роз'їзді реальної черги з транспортних засобів кожен наступний транспортний засіб розпочинає рух із запізненням, спричиненим витратою додаткового часу, який необхідний на реакцію водія. Таке явище максимально проявляється у транспортних потоках змішаного складу, де

динамічні характеристики транспортних засобів сильно відрізняються, що зумовлює утворення додаткових часових інтервалів в перерізі стоп-лінії через неможливість для транспортних засобів високої вантажопідйомності розвинути таке саме прискорення, як і у легкових автомобілів.

На рис. 1 показано схему пофазового роз'їзду на перехресті вул. Іванова та просп. Моторобудівників у м. Запоріжжі, запроваджену у лютому 2024 р. з урахуванням вищенаведених принципів.

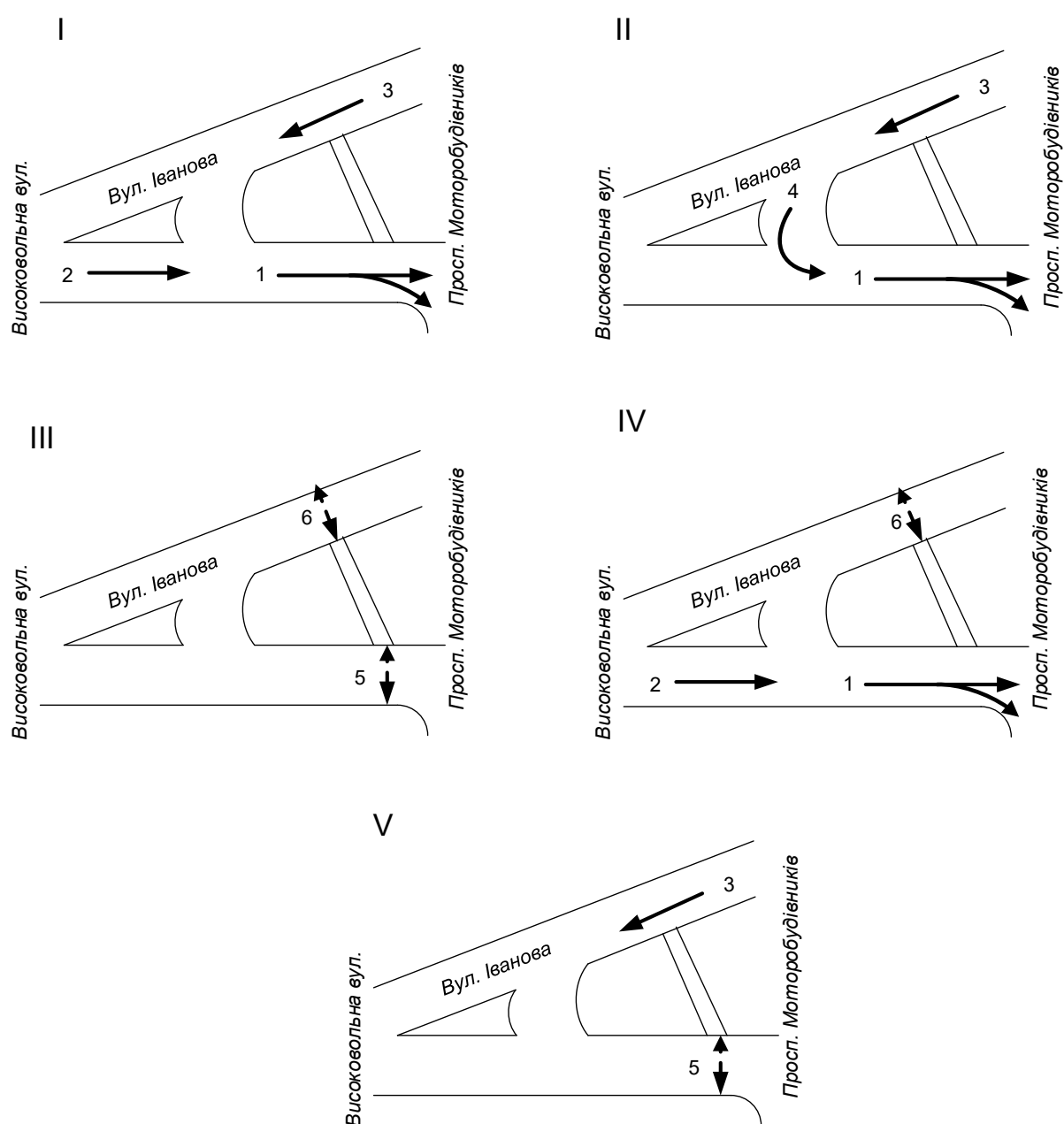


Рисунок 2.3 – Схема пофазового роз'їзду

Зважаючи на зазначене, максимальною метою є забезпечення безупинного руху на під'їзді до стоп-лінії. Таким чином, тривалості заборонних сигналів повинні бути недостатніми для утворення ударних хвиль на під'їзді. З цією метою фази регулювання, до яких включено напрями, що характеризуються низькою пропускної здатністю, слід включати до структур світлофорних циклів кілька разів. Звичайно, така структура характеризуватиметься збільшенням втраченого часу за рахунок збільшення кількості перехідних інтервалів, проте, з урахуванням позитивного ефекту відсутності ударних хвиль, загальний вплив на пропускну спроможність стоп-линий є позитивним.

В години-пік чургування фаз є таким: I - II - IV - V, а в міжпікові періоди I - II – III.

Шляхом відеоспостереження встановлено, що у 92% циклів запинку руху на відстані 50 м від перехрестя не відбувається, а середня швидкість на відстані 100 м від перехрестя зросла у порівнянні із попереднім режимом регулюванням у 2,1 рази.

Застосування зазначеного режиму регулювання дозволило ліквідувати суцільний затор на ділянці вул. Іванова від Кругової вул. до просп. Моторобудівників, а також застосувати координоване світлофорне регулювання по вул. іванова від просп. Моторобудівників до вул. Карпенка-Карого. Завдяки кращому насиченню рухом цієї ділянки вул. Іванова, використання викличного координованого режиму регулювання на пішохідному переході в районі вул. Фонвізіна стало економічно доцільним. Наразі проводяться дослідження щодо оцінки впливу нового режиму регулювання та наявності кординацію на дорожньо-транспортну аварійність по вул. іванова.

2.2. Оптимізація параметрів світлофорного регулювання

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

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

$$t_z = t_p + \frac{V_z}{2a^k} + \frac{B_z + l_a}{V_z}, \quad (2.1)$$

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

$$t_{pn} = \frac{B_{pn}}{V_{pn}}, \quad (2.2)$$

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):

$$t = t_p + \frac{V_3}{2a^k} + \frac{B_3 + l_a}{V_3} - \frac{B_{pn}}{V_{pn}}. \quad (2.3)$$

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

$$\begin{aligned} ММП[i, j, m, n] = & t_p + \frac{V[i, j]}{2a^k} + \\ & + \frac{ММТ[i, j, m, n] + l_a}{V[i, j]} - \frac{ММТ[m, n, i, j]}{V[m, n]} + 3. \end{aligned} \quad (2.4)$$

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:

$$t = \frac{B}{V_n} - \frac{B_{pn}}{V_{pn}}, \quad (2.5)$$

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

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

Далі на рис. 3.1 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

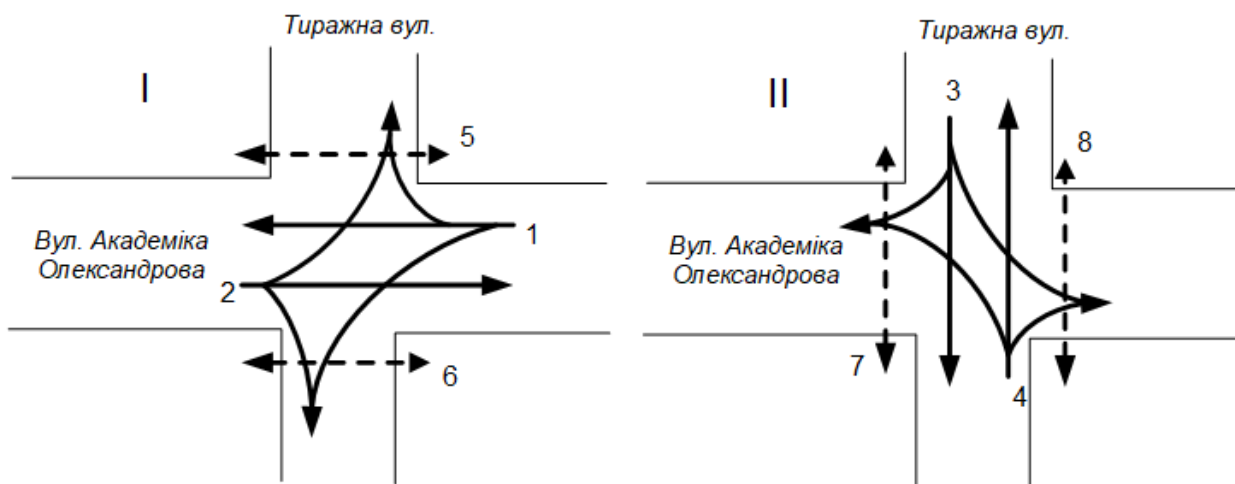


Рисунок 2.5 – Схема напрямів регулювання

Таблиця 2.1 – Матриця відстаней до дальніх конфліктних точок

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0	0	42	40	0	0	75	8
2	0	0	50	48	0	0	8	76
3	46	61	0	0	7	51	0	0
4	33	24	0	0	51	7	0	0
5	0	0	8,3	8,3	0	0	0	0
6	0	0	8,5	8,5	0	0	0	0
7	6,5	6,5	0	0	0	0	0	0
8	6,5	6,5	0	0	0	0	0	0

Таблиця 2.2 – Матриця відстаней до ближніх конфліктних точок

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0	0	34	12	0	0	0	0
2	0	0	21	14	0	0	0	0
3	20	75	0	0	0	0	0	0
4	37	44	0	0	0	0	0	0
5	0	0	5	50	0	0	0	0
6	0	0	34	5	0	0	0	0
7	75	8	0	0	0	0	0	0
8	8	78	0	0	0	0	0	0

У таблиці 3.3 наведено матрицю розрахункових швидкостей руху за траєкторіями до дальніх конфліктних точок.

Таблиця 2.3 – Матриця розрахункових швидкостей руху за траєкторіями до дальніх конфліктних точок

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0	0	50	35	0	0	50	50
2	0	0	35	50	0	0	50	50
3	35	35	0	0	40	40	0	0
4	35	30	0	0	40	40	0	0
5	0	0	1,3	1,3	0	0	0	0
6	0	0	1,3	1,3	0	0	0	0
7	1,3	1,3	0	0	0	0	0	0
8	1,3	1,3	0	0	0	0	0	0

У таблиці 3.4 наведено матрицю розрахункових швидкостей руху за траєкторіями до ближніх конфліктних точок.

Таблиця 2.4 – Матриця розрахункових швидкостей руху за траєкторіями до ближніх конфліктних точок

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0	0	50	35	0	0	1,3	1,3
2	0	0	50	40	0	0	1,3	1,3
3	50	50	0	0	1,3	1,3	0	0
4	50	50	0	0	1,3	1,3	0	0
5	0	0	50	40	0	0	0	0
6	0	0	50	40	0	0	0	0
7	50	50	0	0	0	0	0	0
8	50	50	0	0	0	0	0	0

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

$$ММП[1,3,1,3] = 1 + \frac{50}{2 \cdot 4} + \frac{42+5}{50} - \frac{34}{50} + 3 = 6,67 \approx 7c$$

Значення елементів *ММП* наведено у табл. 2.5.

З огляду на те, що при поділі графу структури циклу регулювання, отриманого на підставі таблиці 3.1 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. 2.2.

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

Таблиця 2.5 - Значення елементів *ММП*

	1	2	3	4	5	6	7	8	макс.	норм.	
1	0	0	7	9	0	0	11	7	11	11	1
2	0	0	9	8	0	0	7	12	12	12	2
3	9	7	0	0	6	10	0	0	10	10	3
4	6	5	0	0	10	6	0	0	10	10	4
5	0	0	6	6	0	0	0	0	6	6	5
6	0	0	6	7	0	0	0	0	7	7	6
7	5	5	0	0	0	0	0	0	5	6	7
8	5	5	0	0	0	0	0	0	5	6	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 (рис. 3.2), визначаємо шляхом вибору максимального значення розрахункові тривалості перехідних інтервалів фаз.

Втрачений у циклі час на перехресті визначається за формулою:

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

де m - кількість фаз регулювання на перехресті.

$$L = (9 - 3) + (9 - 3) = 12 \text{ с.}$$

Для потоку, що рухається в прямому напрямі при ширині проїзної частини від 5,4 до 16 м, величина потоку насичення $M_{\text{н}}$ визначається за емпіричною формулою:

$$M_{\text{н}} = 525H, \quad (2.7)$$

де H - ширина проїзної частини, м.

Якщо рух каналізований і ширина смуги $H < 5,4$ м, користуються таблицею 3.6.

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

Таблиця 2.6 – 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 виміряної за масштабною схемою ширин проїзних частин встановлено величини потоків насичення за напрямками регулювання та номером смуги. Інтенсивності руху розподіляються по смугах рівномірно. Величина потоку насичення підлягає корекції залежно від напрямів руху транспортних засобів за конкретною смугою.

$$M_n^k = \frac{M_H}{\alpha + 1.25\beta + 1.75\gamma} \quad (2.8)$$

де M_H - 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.

Таблиця 2.7 – Величини потоків насичення, од./год.

Напрями регулювання			
Смуга 1	Смуга 2	Смуга 1	Смуга 2
1		2	
1707	1925	1925	1682
3		4	
1541	-	1614	-

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

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

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

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

$$y_1^1 = 0,155; y_2^1 = 0,228$$

$$y_3^2 = 0,28; y_4^2 = 0,14$$

Визначаємо суму фазових коефіцієнтів за формулою:

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

Для першої програми

$$y = 0,54$$

Тривалість світлофорного циклу для перехрестя визначаємо за формулою:

$$T_y = \frac{2L_k}{1-Y}, \quad (2.11)$$

$$T_y = \frac{2 \cdot 12}{1 - 0,54} = 52,15c$$

Тривалість основного такту обчислюють за формулою:

$$\bar{t}_3^M = \frac{\bar{y}^i}{\bar{Y}} (\bar{T} - \bar{L}) - 1 - 2, \quad (2.12)$$

Для першої програми

$$\bar{t}_3^1 = \frac{0,26}{0,54} (52.15 - 12) - 1 - 2 = 16.36 \approx 17c$$

$$\bar{t}_3^2 = \frac{0,28}{0,73} (52.15 - 12) - 1 - 2 = 17.79 \approx 18c$$

При побудові циклограми методом доповнення головної послідовності тривалості основних тактів можуть коригуватися.

Визначається мінімальна тривалість основних тактів фаз регулювання:

$$t_{\min}^{OT} = b / V_n + 5 - ММПН[i, j, i, j], \quad (2.13)$$

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.

Значення ширини проїзної частини, що її переходять пішоходи, береться з табл. 3.1, а значення проміжків – з табл. 4.8.

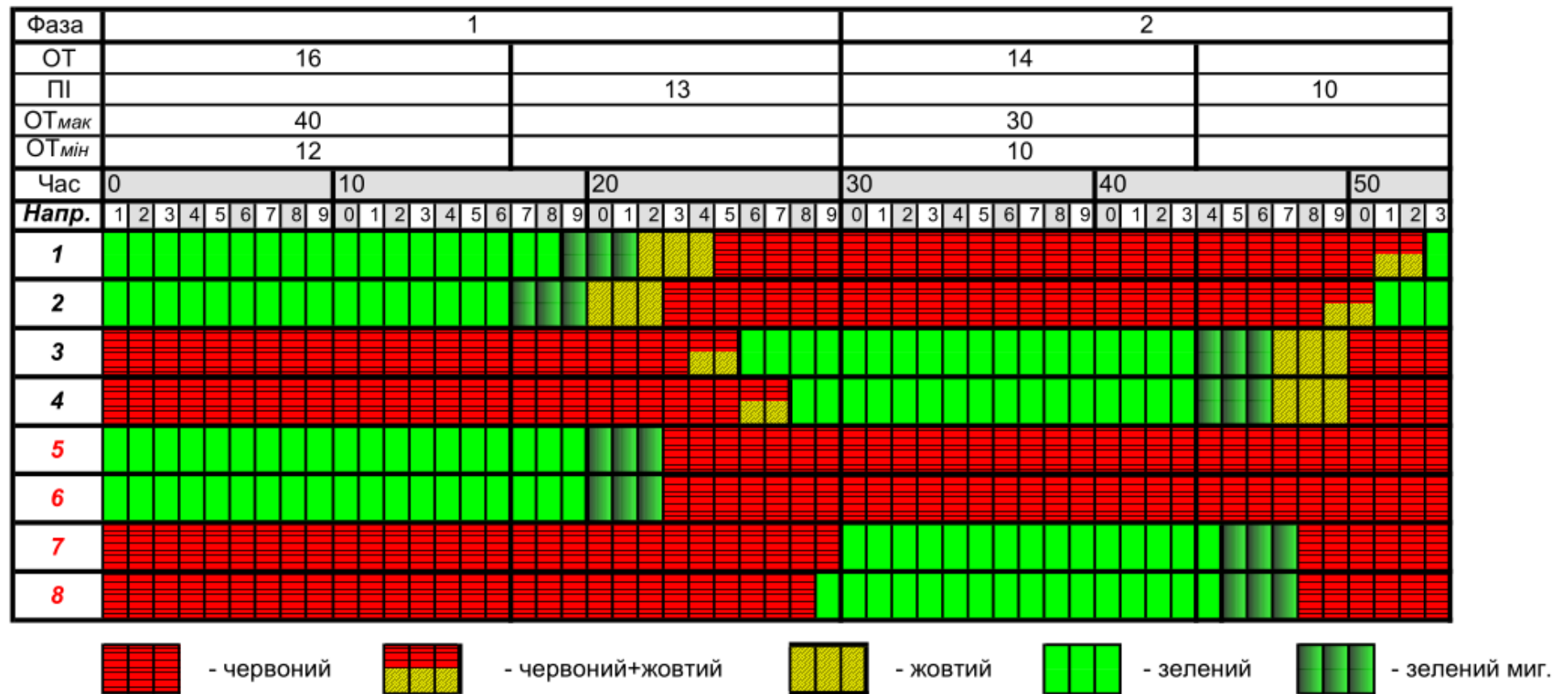
Для першої фази регулювання:

$$t_{\min}^{OT1} = 8.5 / 1,3 + 5 - 6 = 6c$$

Для другої фази регулювання:

$$t_{\min}^{OT} = 14 / 1,3 + 5 - 6 = 10c$$

Основні такти регулювання не потребують корекції.



* - протягом часу, що не входить до жодної з програм, об'єкт працює в режимі миготіння жовтих сигналів

Рисунок 2.5 – Циклограма світлофорного регулювання

<i>Характеристики напрямку регулювання</i>				<i>Час до завершення сигналу, с</i>				
<i>Номер</i>	<i>Тип та світлоблок</i>	<i>Номери фаз</i>	<i>Конф. напрямки</i>	<i>ЗД</i>	<i>ЗМ</i>	<i>Ж</i>	<i>Ч</i>	<i>ЧЖ</i>
1	<i>Т, с-діод</i>	1	3 4 7 8	11	8	5	3	1
2	<i>Т, с-діод</i>	1	3 4 7 8	13	10	7	5	3
3	<i>Т, с-діод</i>	2	1 2 5 6	10	7	4	6	4
4	<i>Т, с-діод</i>	2	1 2 5 6	10	7	4	4	2
5	<i>П, с-діод</i>	1	3 4	10	7	7	0	0
6	<i>П, с-діод</i>	1	3 4	10	7	7	0	0
7	<i>П, с-діод</i>	2	1 2	9	6	3	0	0
8	<i>П, с-діод</i>	2	1 2	9	6	3	1	1

Рисунок 2.6 – Параметри перехідних інтервалів (скрін)

<i>Програма</i>	<i>Параметр</i>	<i>Значення 1</i>	<i>Значення 2</i>
<i>1*</i>	<i>Пріоритет програми</i>	<i>5</i>	
<i>1</i>	<i>Номер послідовності фаз</i>	<i>1</i>	
<i>1</i>	<i>Час вмикання програми (год., хв.)</i>	<i>6</i>	<i>0</i>
<i>1</i>	<i>Час вимикання програми (год., хв.)</i>	<i>23</i>	<i>0</i>
<i>1</i>	<i>Дата вмикання програми (місяць, число)</i>	<i>1</i>	<i>1</i>
<i>1</i>	<i>Дата вимикання програми (місяць, число)</i>	<i>1</i>	<i>1</i>
<i>1</i>	<i>Дні тижня (понеділок - неділя; 1 – програма активна, 0 – неактивна)</i>	<i>1111111</i>	
<i>1</i>	<i>Зміщення ОТ1 від початку години, с</i>	<i>0</i>	
<i>1</i>	<i>Основний такт 1-ї фази, с</i>	<i>16</i>	
<i>1</i>	<i>Основний такт 2-ї фази, с</i>	<i>14</i>	
<i>1</i>	<i>Основний такт 3-ї фази, с</i>	<i>0</i>	
<i>2*</i>	<i>Пріоритет програми</i>	<i>1</i>	
<i>2</i>	<i>Номер послідовності фаз</i>	<i>1</i>	
<i>2</i>	<i>Час вмикання програми (год., хв.)</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
<i>2</i>	<i>Час вимикання програми (год., хв.)</i>	<i>24</i>	<i>0</i>
<i>2</i>	<i>Дата вмикання програми (місяць, число)</i>	<i>1</i>	<i>1</i>
<i>2</i>	<i>Дата вимикання програми (місяць, число)</i>	<i>1</i>	<i>1</i>
<i>2</i>	<i>Дні тижня (понеділок - неділя; 1 – програма активна, 0 – неактивна)</i>	<i>1111111</i>	
<i>2</i>	<i>Зміщення ОТ1 від початку години, с</i>	<i>0</i>	
<i>2</i>	<i>Основний такт 1-ї фази, с</i>	<i>0</i>	
<i>2</i>	<i>Основний такт 2-ї фази, с</i>	<i>0</i>	
<i>2</i>	<i>Основний такт 3-ї фази, с</i>	<i>0</i>	

Рисунок 2.7 – Програмування блоку управління (скрін)

2.3 Удосконалення переїзної сигналізації

У разі автоматичного управління переїзною сигналізацією перемикання світлофорів та закриття шлагбаумів відбувається після сигналу, що надходить з рейкової мережі.

Автоматична сигналізація залізного переїзду складається із світлофорів загородження та транспортних світлофорів. У випадку, коли рейкова мережа на ділянці наближення не шунтується колісними парами моторвагонного складу, ввімкнено світлофори загородження, а на транспортних світлофорах ввімкнено білий проблисковий сигнал. Коли колісні пари шунтують рейкову мережу ділянки наближення, то світлофори загородження вимикаються, а на транспортних світлофорах вмикається червоний сигнал по чергово в кожній з червоних секцій (рис. 2.8, 2.9).

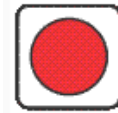


Рисунок 2.8 – Світлофор загородження

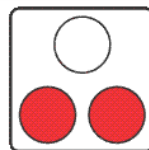


Рисунок 2.9 – Світлофор транспортний

В момент в'їзду поїзда на ділянку наближення біло-місячний сигнал змінюється на червоний по чергово миготливий. Через час, що дорівнює $t_{з.м.}$, починають закриватися вхідні шлагбауми, вони закриваються 5 с. Після

закриття вхідних шлагбаумів починається відлік часу на проїзд переїзду між стоп-лініями. Закриваються вихідні шлагбауми, вони закриваються 5 с. Проходить час затримки поїзда $t_{затр}$. На переїзд заїздить локомотив. Через переїзд рухається поїзд. Як тільки останній вагон залишає переїзд, відкриваються вихідні шлагбауми (5с), потім відкриваються вхідні шлагбауми (5с), потім замість червоних миготливих сигналів вмикається білий миготливий сигнал.

Принципова електрична схема моделі автоматичної переїзної сигналізації має вигляд, наведений на рис. 2.10.

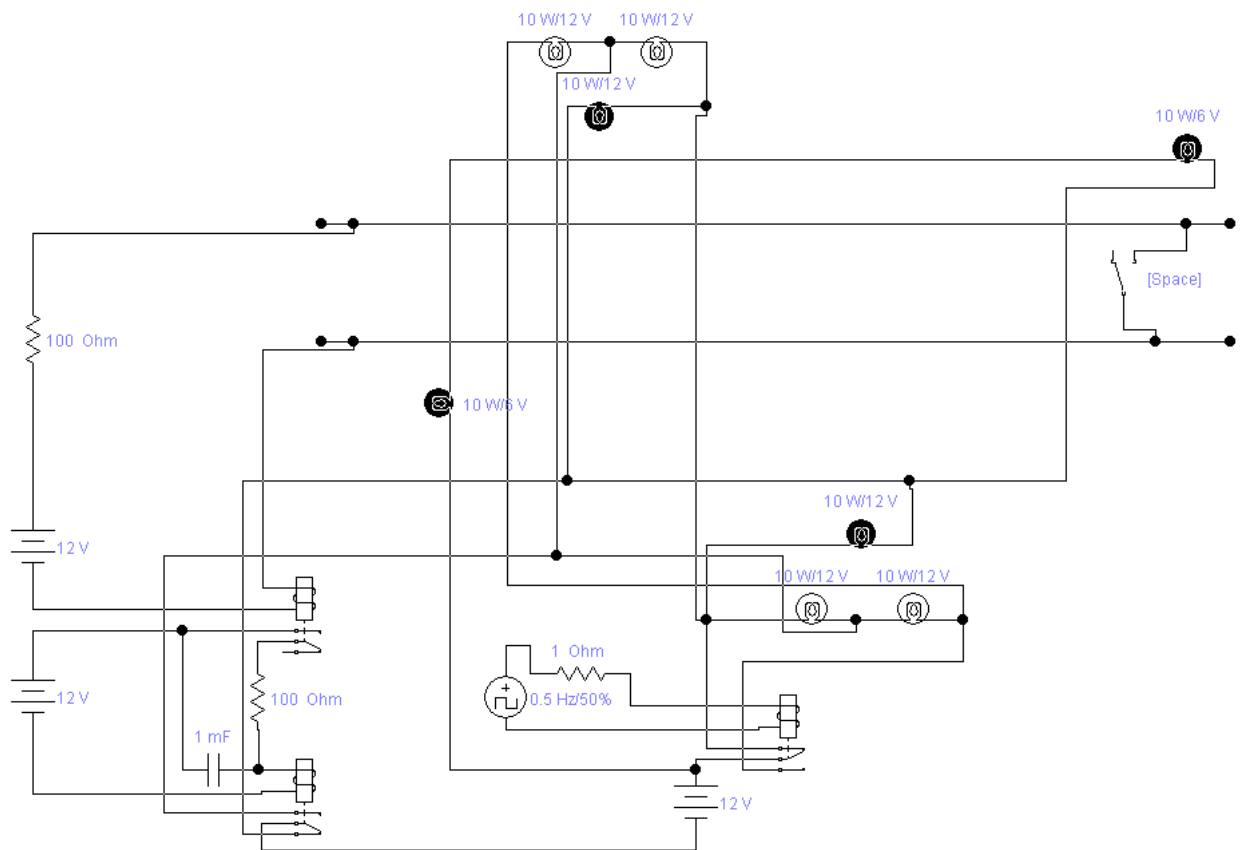


Рисунок 2.10 - Принципова електрична схема моделі автоматичної
переїзної сигналізації

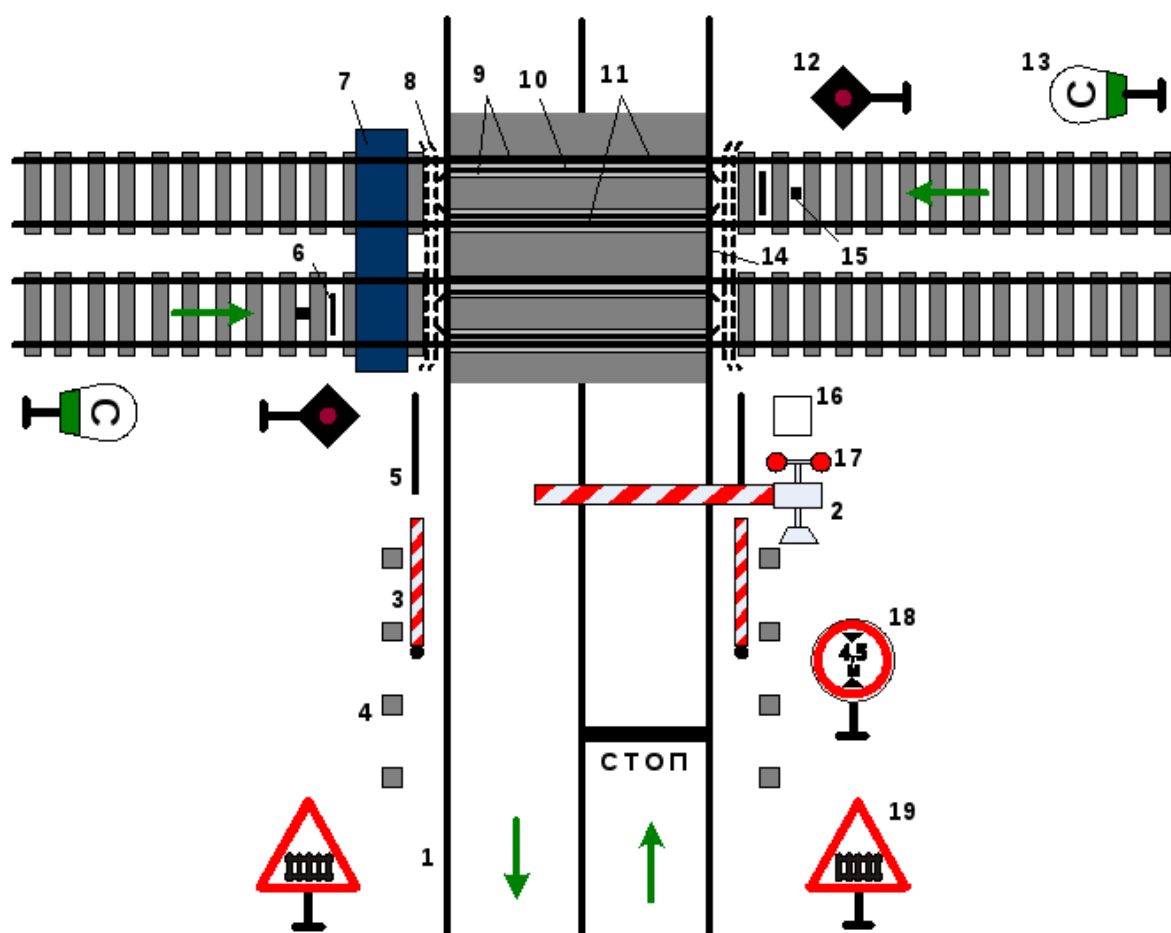


Рисунок 2.11 – Розташування засобів регулювання

Залізничний переїзд є перетином автомобільних доріг і залізничних колій на одному рівні. Як складний і небезпечний елемент транспортної мережі, до цих елементів залізниць пред'являються високі вимоги щодо безпеки руху, у зв'язку з чим вони обладнуються різними системами переїзної сигналізації.

Забезпечення безпечного руху транспорту через залізничні переїзди, як правило, є одним із головних завдань. У той самий час її виконання багато в чому спрощується, якщо принципи побудови систем управління пристроями, що захищають схеми сповіщення і ув'язування, розроблених конструкторських організаціях, обрані оптимально для конкретного переїзду. Особливо це актуально для проектних та експлуатаційних організацій в даний час, коли при збільшенні швидкості руху окремих категорій поїздів

необхідна значна зміна довжини ділянки сповіщення та додатковий попередній контроль надійності функціонування систем керування пристроями конструкцій, що захищають. Релейноконтактні системи, що широко використовуються, в основному мають суворий алгоритм функціонування, низьку швидкодію, недостатній обсяг пам'яті, відмова або несправність будь-якого елемента такої структури не виключає можливість небезпечного стану огорожувальних пристроїв при наближенні до переїзду поїздів. Багато в чому усунути ці недоліки можна за рахунок розширення функціональних можливостей систем управління. Найбільш перспективним напрямом подальшого їх удосконалення є технічна реалізація систем на сучасній і більш ефективній елементній базі - мікропроцесорній техніки. Очевидно, що одночасно з цим буде розробка їх оптимальних принципів функціонування надійності роботи. Необхідний рівень надійності функціонування мікропроцесорних систем управління може бути досягнутий збільшенням їхньої швидкодії при традиційному принципі обробки або інформаційно-організаційної послідовно-паралельного принципу роботи при існуючому коді. Цього можна досягти так: 1) застосуванням проблемноорієнтованих послідовно паралельних промислових контролерів; 2) одночасного використання кількох паралельно працюючих промислових контролерів із послідовною обробкою інформації. Аналогії зі світового досвіду застосування мікропроцесорних пристроїв у системах залізничної автоматики все-таки свідчать про відносний пріоритет випробування кількох промислових контролерів із послідовною обробкою інформації. Це в основному пояснюється відносно невеликою кількістю інформаційних вхідних та керуючих виходів. У той же час системи управління огорожувальними пристроями переїздів, розташованими на залізничних ділянках із сучасними, у тому числі і супутниковими пристроями ІРДП, через обробку великої кількості інформації можуть бути реалізовані тільки на мікропроцесорній елементній базі. У зв'язку з цим необхідно розробити можливі структури таких систем керування огорожувальними пристроями

та визначити вплив можливих відмов на надійність та безпеку їхнього функціонування. Аналізу відмов мікропроцесорних систем управління технологічними процесами промислових об'єктів присвячено досить багато наукових праць. При цьому всі відмови таких систем рекомендується поділяти на апаратні та програмні.

У світовій практиці у системах залізничної автоматики застосовуються мікропроцесорні системи управління лише з неруйнівним принципом впливу відмов. У той же час, відповідно до вимог Європейського стандарту CENELEC ENV 50129 у частині систем управління огорожувальними пристроями переїздів, всі види необхідно своєчасно виявляти та класифікувати на небезпечні та безпечні для руху транспорту з метою подальшого відображення їх у впливі [. Це передбачає у разі виникнення небезпечних відмов переведення огорожувальних пристроїв у такий стан, коли водії автотранспортних засобів зможуть приймати безпечні для руху транспорту рішення. З цією метою в системах управління огорожувальними пристроями одночасно повинні реалізовуватися два процеси: робочий та контрольний. Робочий процес – це процес управління огорожувальними пристроями залежно від місця, відстані та параметрів руху поїздів та автотранспортних засобів, а контрольний – це процес контролю працездатності системи класифікації відмов щодо впливу на безпеку руху транспорту. У разі виникнення небезпечних відмов робочий процес повинен припинятися і пристрої, що огорожують, повинні переводитися в захисний стан. Тому виникає необхідність визначення ймовірності виникнення небезпечних відмов, що дозволить надалі досягти необхідних показників надійності та безпеки. У зв'язку з неможливістю повного виключення небезпечних відмов у системах управління необхідно виконувати розробку принципів побудови мікропроцесорних систем з урахуванням

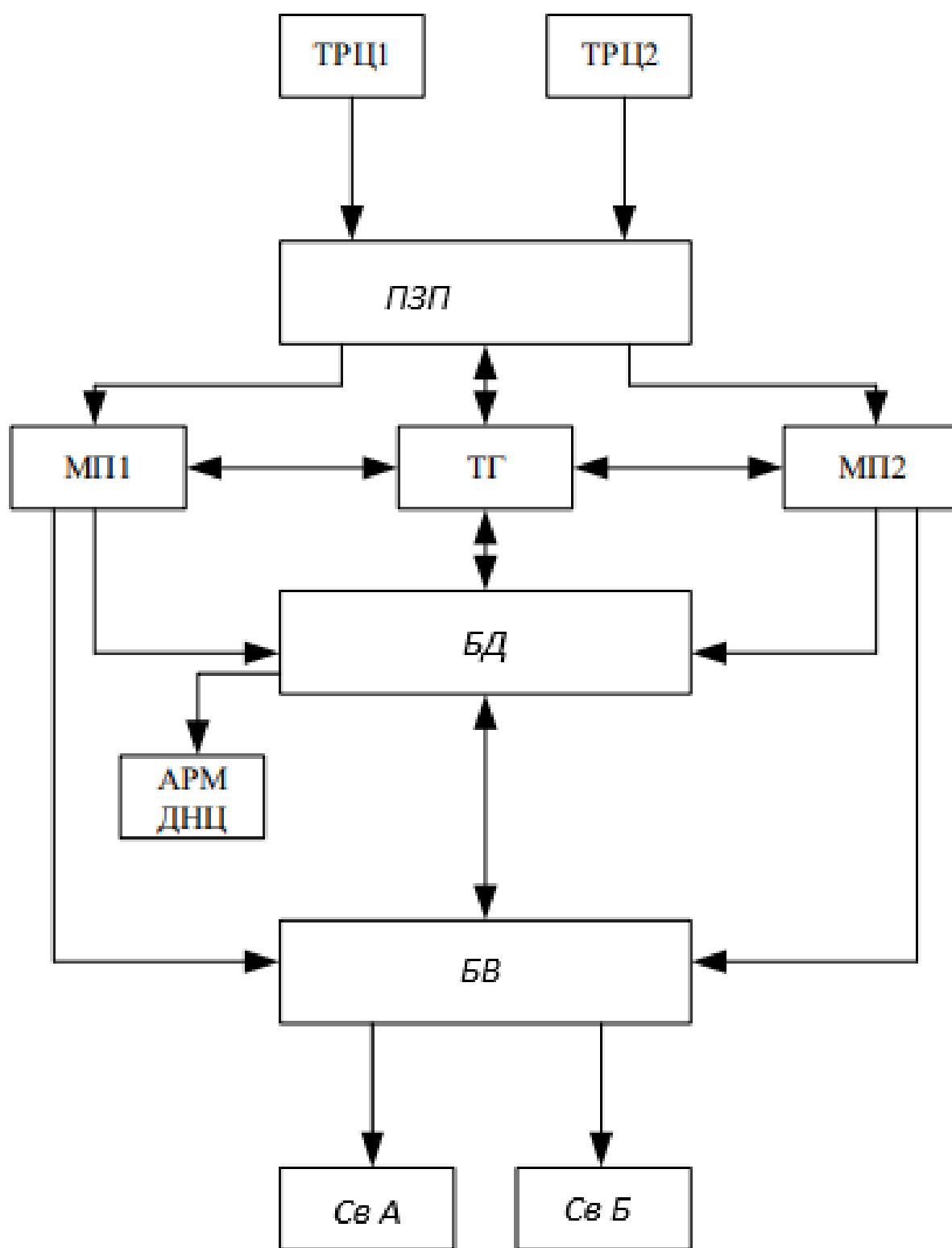


Рисунок 2.12 – Схема автоматизованої системи

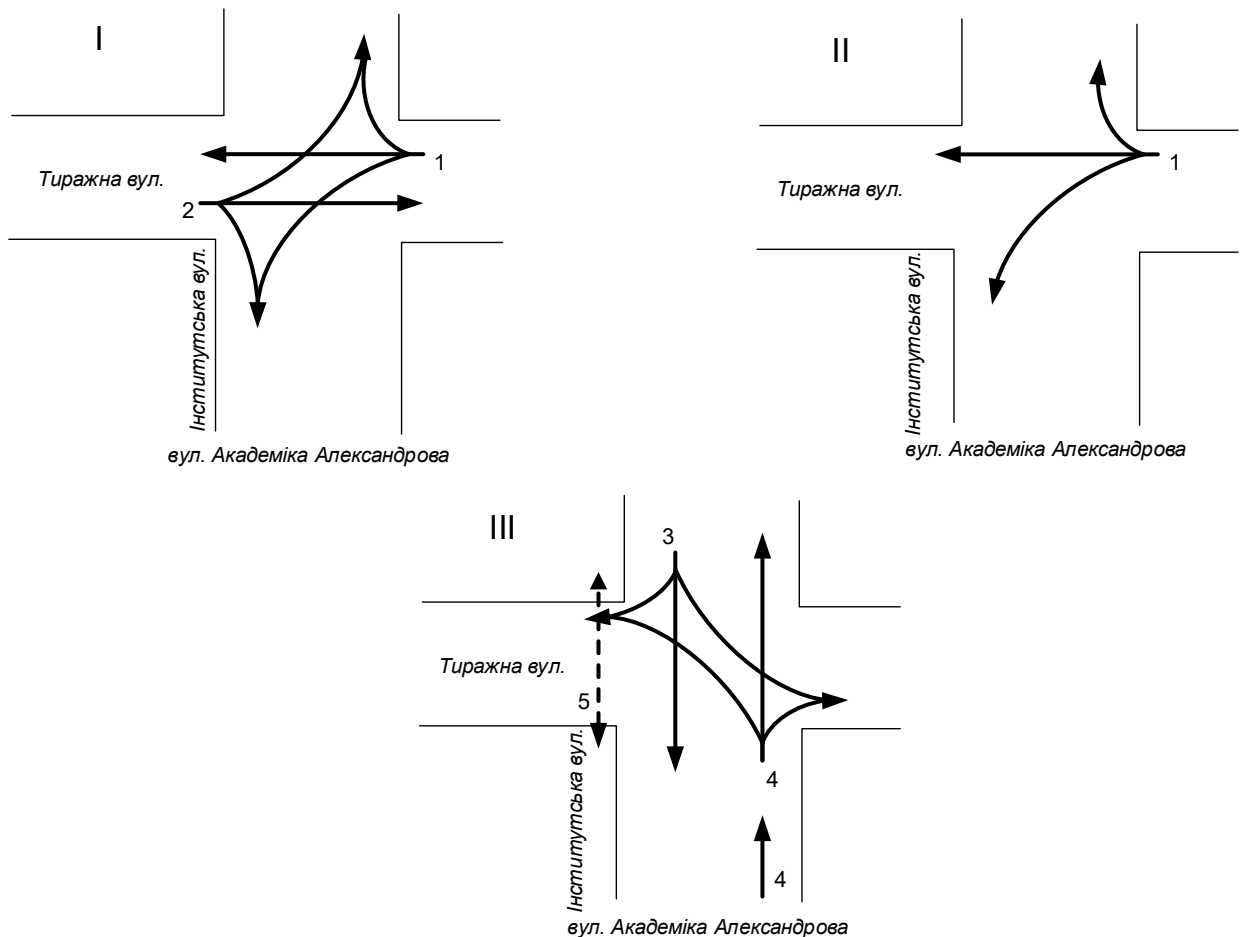


Рисунок 2.13 – Схема пофазового роз’їзду

Оглядаючи схеми по фазного роз’їзду, можна зробити висновок щодо застосування в ній газоподібного інтервалу у фазі регулювання номер два. Застосування фазоподібних інтервалів практикується для забезпечення безконфліктного повороту надмірної інтенсивності дорожнього руху протягом часу, коли зустрічний транспортний потік вже зупинений забороненим сигналом. Фазоподібний інтервал може представлятися у вигляді фази регулювання, і в такому випадку відкривається широкі можливості щодо керування його тривалістю в різних програмах світлофорного регулювання, а також в режимах координації та місцевого гнучкового регулювання. У випадку застосування фази замість фазоподібного інтервалу у міжпікових програмах ця фаза може пропускатися в послідовності світлофорного регулювання.

І Програма з 9.00 до 21.00

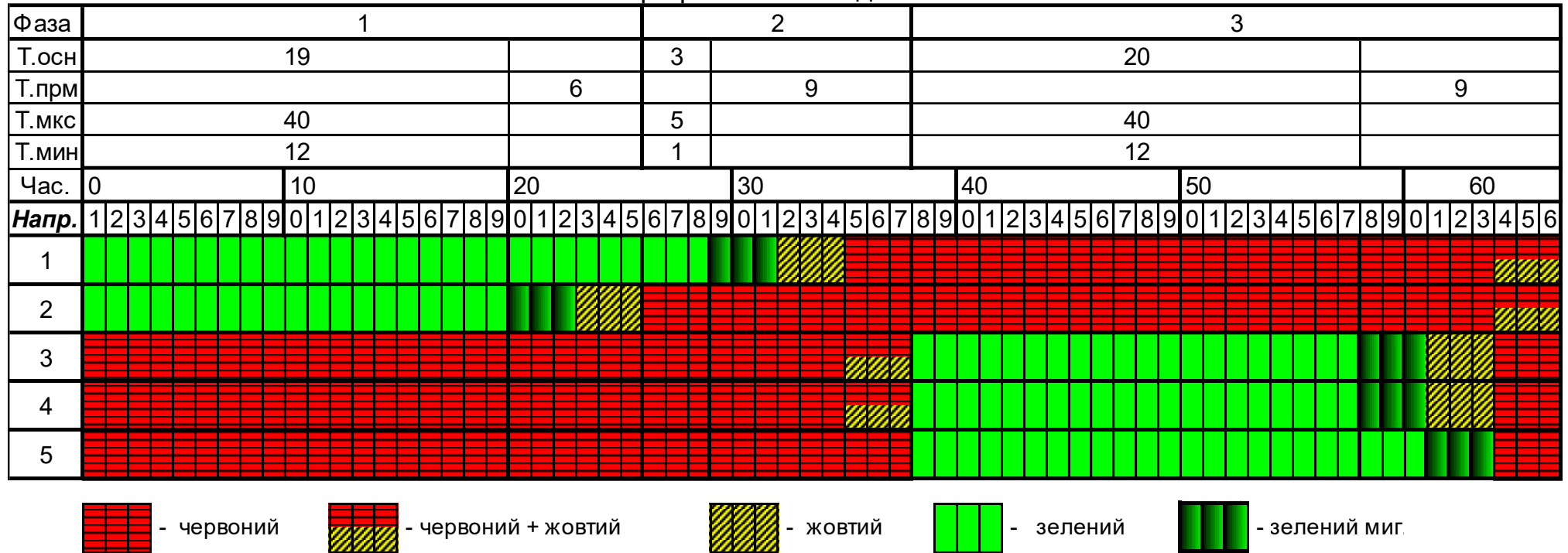


Рисунок 2.14 – Циклограма світлофорного регулювання

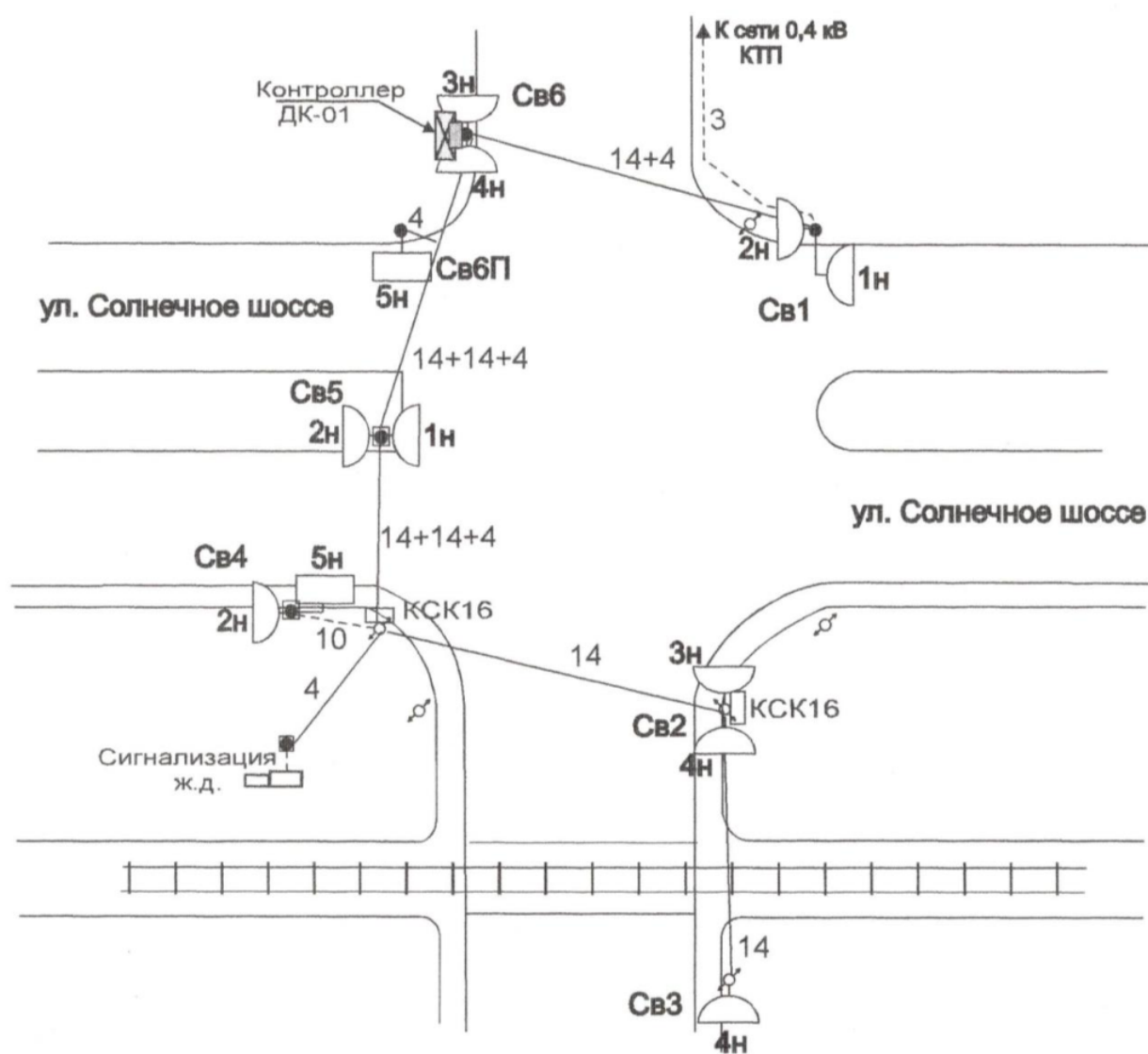


Рисунок 2.15 – Схема розташування засобів регулювання

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 світлофорного обладнання K_4 , монтаж світлофорів K_5 , закупівлю світлофорних стійок K_6 та їх монтаж K_7 , закупівлю кабелів та тросів K_8 та їх монтаж K_9 .

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	906	2	1812
Круглий	951	1	951
Квадратний	951	8	7608
Прямокутний	1344	2	2688
Табличка	471	2	942
		15	14001

Витрати на монтаж 15 дорожніх знаків K_2 з урахуванням вартості монтажу одного знаку 209 грн., складатимуть

$$K_2 = 15 \cdot 209 = 3135 \text{ грн} \quad (3.1)$$

Вартість демонтажу 4 старих дорожніх знаків становить:

$$K_3 = 4 \cdot 209 = 836 \text{ грн} \quad (3.2)$$

Ціна транспортного світлофора складає 19085 грн., Витрати на купівлю світлофорів становлять:

$$K_4 = 2 \cdot 19085 = 38170 \text{ грн.} \quad (3.3)$$

Вартість монтажу одного світлофора складає 979 грн., тому витрати на монтаж світлофорів становитимуть:

$$K_5 = 2 \cdot 979 = 1958 \text{ грн.} \quad (3.4)$$

Ціна світлофорної стійки складає 14592 грн. Для реконструкції об'єкта необхідно 2 нових стійки (частина світлофорів розміщується на існуючих електроопорах та стійках). Витрати на купівлю стійок становлять:

$$K_6 = 2 \cdot 14592 = 29184 \text{ грн.} \quad (3.5)$$

Вартість монтажу однієї світлофорної стійки складає 648,2 грн., тому витрати на монтаж нових стійок становитимуть:

$$K_7 = 2 \cdot 1648 = 3296 \text{ грн.} \quad (3.6)$$

Ціна одного метра світлофорного 19-жильного кабелю разом із несучим тросом складає 103,5 грн. Для об'єкта необхідно 50 м кабелю. Витрати на купівлю кабелю становлять:

$$K_8 = 50 \cdot 103,5 = 5175 \text{ грн.} \quad (3.7)$$

Вартість монтажу одного метру кабелю на тросовому підвісі складає 219 грн., тому витрати на монтаж кабелю становитимуть:

$$K_9 = 50 \cdot 219 = 10950 \text{ грн.} \quad (3.8)$$

Загальна сума збільшення основних фондів за рахунок капітальних вкладень становитиме:

$$\Phi = K_1 + K_4 + K_6 + K_8 \quad (3.9)$$

$$\Phi = 14001 + 38170 + 29184 + 5175 = 86530 \text{ грн.}$$

Витрати на проведення робіт зі знаками, світлофорами, кабелями та стійками становитимуть:

$$\Phi = K_2 + K_3 + K_5 + K_7 + K_9 \quad (3.10)$$

$$K_p = 3135 + 836 + 1958 + 3296 + 10950 = 20175 \text{ грн}$$

Визначасмо загальну величину капітальних витрат:

$$K = \Phi + K_p = 86530 + 20175 = 106705 \text{ грн}$$

3.2 Розрахунок річних експлуатаційних витрат

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

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 129,3 м².

Витрати на нанесення 1 м² розмітки становлять 304,93 грн., таким чином витрати на оновлення розмітки становитимуть:

$$C_n = 129,3 \cdot 304,93 = 39427 \text{ грн. / рік} \quad (3.11)$$

Амортизаційні витрати на технічні засоби регулювання дорожнього руху для першого року експлуатації становлять:

$$A = K \cdot 0,24 \quad (3.12)$$

$$A = 106705 \cdot 0,24 = 25609 \text{ грн / рік}$$

Експлуатаційні витрати на ремонт технічних засобів становлять:

$$C_{рем} = \Phi \cdot 0,05$$

$$C_{рем} = 86530 \cdot 0,05 = 4327 \text{ грн / рік}$$

Витрати на електроенергію з урахуванням потужності секції світлофора 15 Вт та вартості кВт×год. електрики 5,0 грн., складатимуть:

$$C_e = (2 \cdot 0,015) \cdot 10 \cdot 5 \cdot 365 = 548 \text{ грн / рік}$$

Загальні експлуатаційні витрати складають:

$$C = 39427 + 25609 + 4327 + 548 = 69911 \text{ грн / рік}$$

3.3 Економія від зменшення затримок транспорту на перехресті

Економія від зменшення затримок транспортних засобів та їх пасажирів перед регульованих перехрестях визначається як вартість різниці зазначених затримок, визначених до зміни режиму світлофорного регулювання та після введення змін.

$$E_{затр} = C_{затр.баз} - C_{затр.проект} \quad (3.13)$$

Тривалість базових та проектних затримок визначається у програмному комплексі Курс-15, оскільки розрахунок елементів циклу проводиться в автоматичному режимі.

$$\Delta T = 5553 - 2002 = 3551 \text{ год. / рік}$$

Ця різниця визначена для приведених автомобілів.

Затримка всіх пасажирів транспортних засобів за годину складатиме:

$$T_{nac} = \sum_{i=1}^m \left(\frac{\alpha^i T_m}{k_{np}^i} P_i k_{n-m}^i \right), \quad (2.14)$$

де P_i – пасажиромісткість транспортного засобу даного типу;

α^i – частка в потоці транспортних засобів i -го типу;

k_{n-m}^i – коефіцієнт використання пасажиромісткості для даного типу транспортного засобу;

k_{np}^i – коефіцієнт зведення даного типу транспортного засобу до легкового автомобіля; m – загальна кількість типів транспортних засобів.

Визначасмо умовну економію від заощадженого часу. Розрахунок вартості затримок транспортних засобів провадиться за формулою:

$$C_{mз} = \frac{Z_{заг} \times D_i \times S}{K_{зв}} \quad (3.15)$$

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

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

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

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

Розрахунок вартості затримок пасажирів транспортних засобів провадиться за формулою:

$$C_{пас} = \frac{Z_{заг} \times D_i \times P \times K_{впм} \times S_g}{K_{зв}} \quad (3.16)$$

де P – пасажиромісткість i -го виду ТЗ;

$K_{впм}$ – коефіцієнт використання пасажиромісткості;

S_n – вартість години часу пасажирів.

Таблиця 3.4 – Вихідні дані для визначення вартості затримок

Тип транспортного засобу	легкові	вантажні	автобуси	мікроавт
Частка в потоці, %	78	10	5	7
Пасажиромісткість	4		50	18
Коеф. використ. пасажиромісткості	0,4		0,75	0,75
Вартість машино-години, грн	233,72	377,75	681,55	454,36
Вартість години людини, грн	48,0			

Таблиця 3.5 – Результати визначення вартості затримок

Вид транспортного засобу	легкові	вантажні	автобуси	мікроавт	РАЗОМ
Транспортні затримки, год/рік	2769,78	177,55	59,1833	165,713	3172,2267
Вартість затримок пасажирів, грн/рік	212719,10	0	106530	107382	426631,34
Вартість згаяних машино-годин, грн/рік	647352,98	67069,5	40336,4	75293,5	830052,41
ЗАГАЛОМ, грн/рік	860072,09	67069,5	146866	182676	1256683,7

$$E_{затр} = 1256684 \cdot 0,2 = 251337 \text{ грн. / рік}$$

3.4 Розрахунок терміну окупності проєкту

Оскільки в даній роботі враховується ефект від зниження затримок учасників дорожнього руху та автомобілів перед перехрестям, то загальна економія буде дорівнювати економії на транспортних затримках.

$$E = E_{затр.} \quad (3.17)$$

$$E = 251337 \text{ грн./рік}$$

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

$$T_{ок} = \frac{K}{E - C} \quad (3.18)$$

З урахуванням попередньої формули, отримаємо:

$$T_{ок} = \frac{106705}{251337 - 69911} = 0,59 \text{ року}$$

Термін окупності проекту – 0,59 року.

Техніко-економічні показники проекту наведено у таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 -Техніко-економічні показники проекту

Показник	Базове значення	Проектне значення
Капітальні вкладення, грн.	-	106705
Додаткові річні експлуатаційні витрати, грн	-	69911
Транспортні затримки, год./рік	5553	2002
Економія, грн./рік	-	251337
Термін окупності проекту, років	-	0.59

ВИСНОВКИ

Відповідно до поставленого завдання, у дипломній роботі розглянуто питання підвищення рівня безпеки руху в районі залізничного переїзду, розташованого поблизу перехрестя вулиці Тиражної та Інститутської у місті Запоріжжі.

Також встановлено, що поруч знаходиться ще одне регульоване перехрестя, на якому запропоновано змінити режим світлофорного регулювання з метою зниження невинуватених затримок учасників дорожнього руху.

В результаті запропонованих заходів за умови капіталовкладень близько 100000 грн. досягається а річна економія на зниженні невинуватених затримок учасників дорожнього руху розміром близько 250000 грн., таким чином запропонований проект є економічно вигідним та окуповується менш ніж за рік.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Manual on Uniform Traffic Control Devices. – Режим доступу: <http://mutcd.fhwa.dot.gov/htm/2009/part4/part4c.htm>.
2. Запорізька міська рада. Офіційний сайт. URL: <https://zp.gov.ua/uk/page/shevchenkivskij> (дата звернення: 18.05.2023)
3. Паспорт Шевченківського району міста Запоріжжя. URL: https://zp.gov.ua/upload/editor/pasport_18-01-2023.pdf (дата звернення: 18.05.2023)
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. Правила дорожнього руху України URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1306-2001-%D0%BF#Text> (дата звернення: 21.05.2023)
6. Григор'єв В.І. Дослідження обставин, факторів та причин, які впливають на виникнення дорожньо-транспортних пригод / В.І. Григор'єв // Безпека дорожнього руху України. – 2005. – №1–2. – С. 43–50.
7. ДСТУ 4100:2021 Безпека дорожнього руху. Знаки дорожні. Загальні технічні умови. Правила застосування. URL: https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/dstu_4100_2014.pdf (дата звернення: 23.05.2023)
8. ДСТУ 2587:2021 Безпека дорожнього руху. Розмітка дорожня. Загальні технічні умови. URL: https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/dstu_2587_2021.pdf (дата звернення: 23.05.2023)
9. Дзюба О.П. Елементи теорії масового обслуговування в організації дорожнього руху / О.П. Дзюба, Н.Т. Кунда. – К.: УТУ, 1996. – 28 с.