

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Транспортний
(повне найменування факультету)

«Транспортні технології»
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

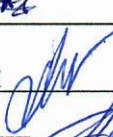
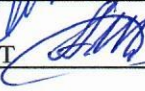
магістра
(ступінь вищої освіти)

на тему ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ РУХУ В РАЙОНІ ЗАЛІЗНИЧНОГО
ПЕРЕЇЗДУ НА ПЕРЕГОНІ ДНІПРОБУД-1 — ХОРТИЦЯ У М. ЗАПОРІЖЖЯ

Виконала: студентка ІІ курсу, групи Т-822м

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

Освітня програма (спеціалізація)
275.02 «Транспортні технології
(на залізничному транспорті)»


Тимофій КАЛМИКОВ
(прізвище та ініціали)
Керівник  Вячеслав 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) 275.02 «Транспортні технології (на
залізничному 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)

КАЛМИКОВА Тимофія Андрійовича

(ПРІЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Підвищення безпеки руху в районі залізничного переїзду на перегоні Дніпробуд-1 — Хортиця у м. Запоріжжя

керівник проєкту (роботи) канд. техн. наук, доц. ТРУШЕВСЬКИЙ Вячеслав
(науковий ступінь, вчене звання, ПРІЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

Едуардович

затверджені наказом закладу вищої освіти від «21» листопада 2023 року №451

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 15 грудня 2023 р.

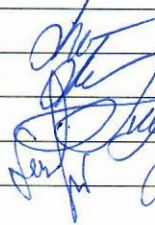
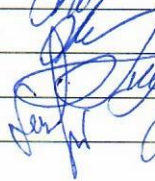
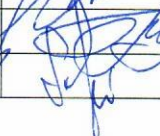
3. Вихідні дані до проєкту (роботи) існуюча вулично-дорожня мережа, існуючі характеристики транспортних та пішохідних потоків, існуюча схема організації дорожнього руху

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналітична частина, 2. Розрахункова частина, 2.1 Розрахунок нових програм регулювання руху транспорту, 2.2 Організація запобігання порушенням правил дорожнього руху пішоходами, 2.3 Організація руху автомобільного транспорту в нових умовах, 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)

Тимофій КАЛМИКОВ
(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Керівник проєкту (роботи)


(підпис)

Вячеслав ТРУШЕВСЬКИЙ
(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 65 с., 23 рис., 6 табл., 23 джерела.

ПЕРЕЇЗД, СВІТЛОФОРНЕ РЕГУЛЮВАННЯ, ДАТЧИК, БЕЗПЕКА РУХУ

Об'єкт дослідження – залізничний переїзд на перегоні Дніпробуд-1 — Хортиця у м. Запоріжжя.

Мета роботи - підвищення безпеки руху в районі залізничного переїзду на перегоні Дніпробуд-1 — Хортиця у м. Запоріжжя.

Методи дослідження – аналітичний.

Наводиться аналіз застосування засобів автоматики і телемеханіки для підвищення безпеки дорожнього руху в зонах залізничних переїздів, пропонується варіант встановлення додаткових технічних засобів, а саме - автоматичних загороджувальних шлагбаумів та залізничної сигналізації (трисекційного транспортного переїзного світлофора) задля зменшення затримок транспортних засобів перед переїздом.

ЗМІСТ

Завдання на проєкт	2
Реферат	4
Зміст	5
Вступ	7
1. Аналітична частина	8
2. Основна частина	16
2.1 Основні поняття та визначення щодо залізничних переїздів	16
2.2 Переїзні світлофори.....	18
2.3 Автоматичні шлагбауми.....	19
2.4 Розрахунок режиму світлофорного регулювання	21
2.4.1 Послідовність проведення розрахунків	22
2.4.2 Потоки насичення	23
2.4.3 Проміжні такти	25
2.4.4 Цикл регулювання	29
2.4.5 Основні тактові сигнали	32
2.4.6 Ступінь насиченості	35
2.4.7 Розрахунки режиму	37
2.4.8 Розрахунки основних складових для побудови діаграми роботи технічних засобів	43
3. Економічна частина	47
3.1 Розрахунок капітальних витрат	47
3.2 Розрахунок річних експлуатаційних витрат	48
3.3 Економія від зменшення затримок транспорту на перехресті	49
3.4 Розрахунок терміну окупності проєкту	53
4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	55
4.1 Аналіз потенційних небезпек	55
4.2 Заходи по забезпеченню безпеки	56
4.3 Заходи з виробничої санітарії та гігієни праці	57

4.4 Заходи з пожежної безпеки	63
Висновки	65
Перелік джерел посилань	66

ВСТУП

Для вирішення питання з підвищення безпеки руху на залізничному переїзді на перегоні Дніпробуд-1 — Хортиця необхідно ознайомитись з основними поняттями та існуючими варіантами вирішення питань безпеки на залізничних переїздах.

Під поняттям «залізничний переїзд» розуміється перетин залізничної колії з автомобільною дорогою на одному рівні.

Треба зауважити, що переїзди бувають різних категорій.

До *першої* належать переїзди, що мають шлагбауми на всю ширину проїзної частини або по два шлагбауми на половину ширини проїзної частини по обидва боки переїзду і світлофори. Під час спрацювання шлагбаума працює звукова сигналізація. Коли на ділянці під'їзду до залізничного переїзду немає рухомого складу, блимає місячно-білий сигнал світлофора. Ці переїзди можуть також знаходитись під наглядом чергового по переїзду.

Друга категорія. Обладнані двома шлагбауми на половину проїзної частини по обидва боки переїзду і світлофорами. Під час спрацювання шлагбаума працює звукова сигналізація. Якщо рух дозволено - блимає місячно-білий сигнал світлофора. Можуть встановлюватись додаткові короткі шлагбауми для велосипедних доріжок та тротуарів. Такі типи переїздів найпоширенішими в Україні.

До *третьої категорії* відносяться переїзди, які не мають шлагбаумів і мають світлофори з двома сигналами.

Четверта категорія. Переїзди не мають шлагбаумів і світлофорів. Встановлюється тільки дорожній знак у вигляді червоно-білого хреста.

1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

У статті[1] велику увагу приділено експлуатаційно-технічним вимогам щодо облаштування переїзної сигналізації, схемам та пристроям автоматики на переїздах, які використовуються на залізницях, а також перспективним мікропроцесорним системам автоматичної переїзної сигналізації.

Перевагою є підвищення безпеки руху через залізничний переїзд, шляхом встановлення нового та сучасного обладнання, менші затримки на переїздах.

Із недоліків: це великі експлуатаційні затрати на переобладнання ділянок залізниці перед переїздом, встановлення нової, більш сучасної, але ефективної апаратури.

У статті [2] розглянуто основні питання, які допоможуть покращити ситуацію на залізничних переїздах, а саме:

- переглянути методики доглядових заходів, розрахунку показників при визначенні зони розміщення пунктів огляду;
- перегляд транспортної безпеки і відповідних критичних складових у галузі, науково-практичне обґрунтування місць розміщення пунктів контролю і визначення критичних місць.

При розгляді джерела [3] була описана модель індуктивного датчика контролю автомобільного транспорту, у межах залізничного переїзду (рис. 1.1 та рис. 1.2). Тобто, при наближенні поїзда до переїзду, не тільки вмикається сигналізація та активуються загороджувальні пристрої, а й йде оцінка ситуації на переїзді, за допомогою вмонтованих у дорожнє покриття датчиків, які зчитують інформацію з рухомих автомобільних одиниць над ним і передають до системи ці данні (рис. 1.3 та рис. 1.4). За необхідності, може також передаватись код, який забезпечить зниження швидкості, або зупинку поїзда. Для більшої безпеки руху при цьому може застосовуватись голосова сигналізація або загороджувальний світлофор для учасників руху на переїзді.

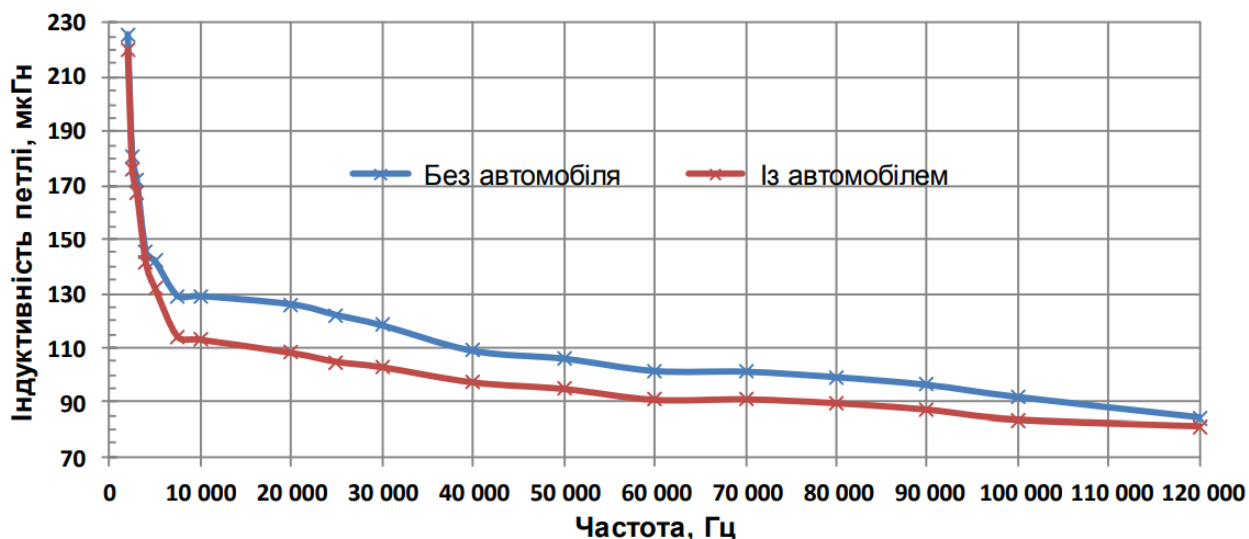


Рисунок 1.1- Індуктивність петлі прямокутної форми за наявності та відсутності автомобіля у межах її периметру на різних робочих частотах

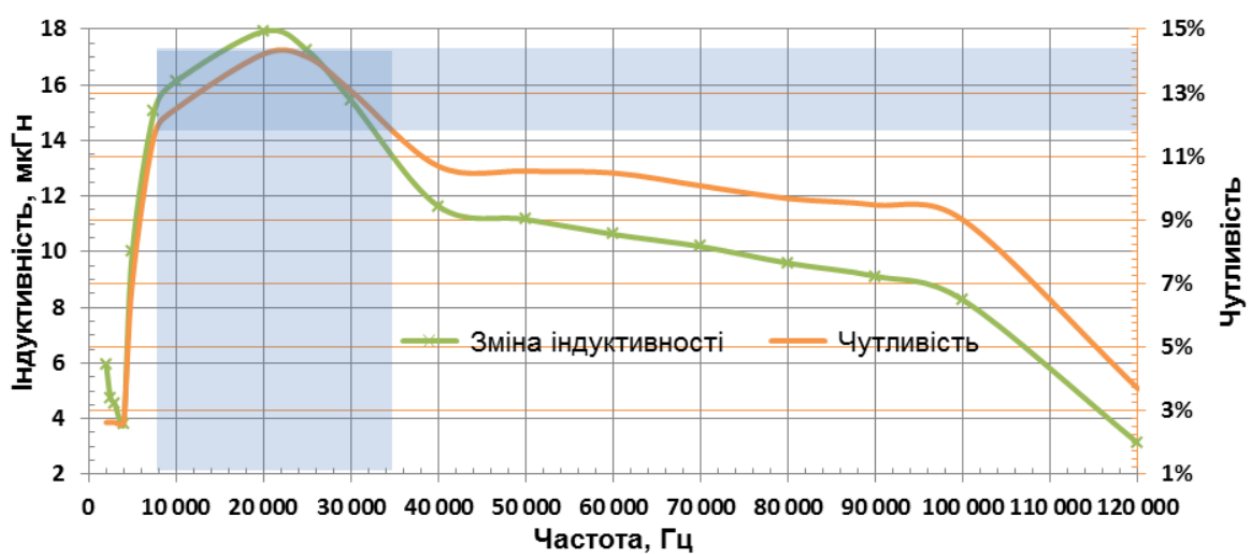


Рисунок 1.2 - Зміна індуктивності та чутливість петлі прямокутної форми за наявності та відсутності автомобіля у межах її периметру на різних робочих частотах

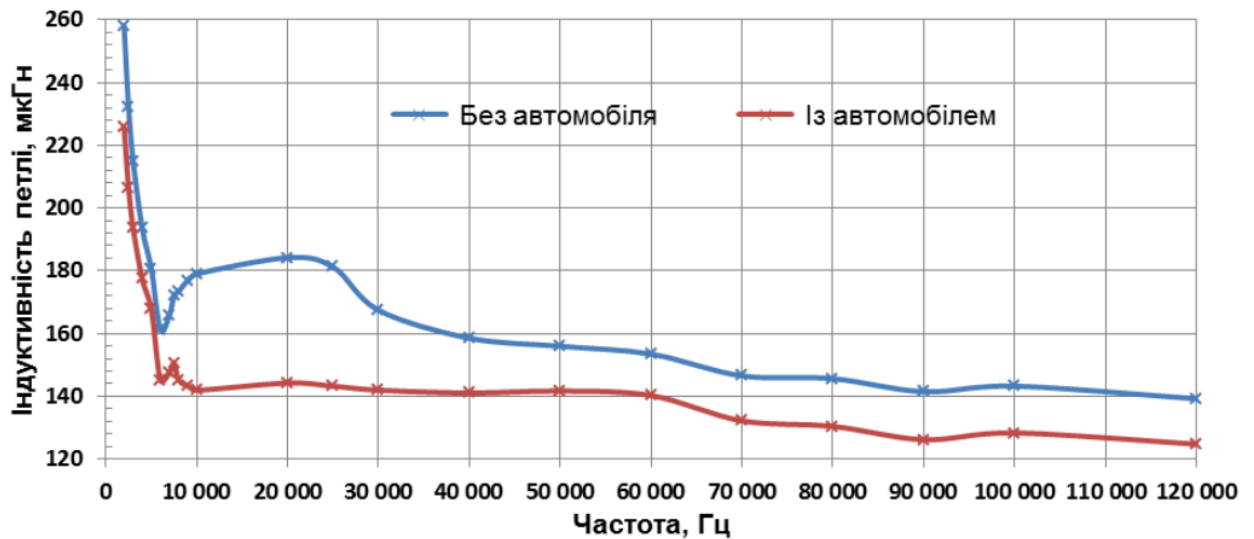


Рисунок 1.3 - Індуктивність петлі квадрупольної форми за наявності та відсутності автомобіля у межах її периметру на різних робочих частотах

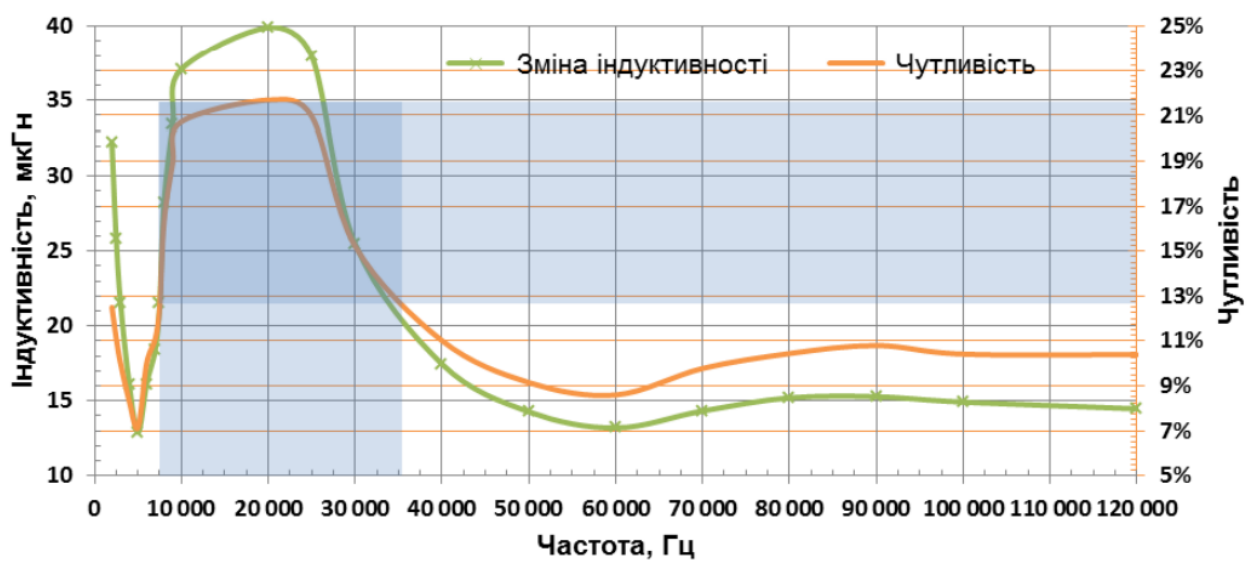


Рисунок 1.4 - Зміна індуктивності та чутливість петлі квадрупольної форми за наявності та відсутності автомобіля у межах її периметру на різних робочих частотах

Розглянута модель інтелектуальної системи контролю стану небезпечних ділянок залізничного шляху[4]. Різниця від інших систем полягає у новій архітектурі коду, за допомогою якого зменшується час обробки зображень.

Обробка даних, на відміну від інших систем відбувається у реальному часі за допомогою нейронної мережі і дає змогу оперативно реагувати на обставини. Це дає змогу розпізнавати критичні ситуації на залізничних переїздах та у свою чергу підвищити рівень безпеки. Також, при виявленні автомобіля на залізничному переїзді, система сповіщує червоним індикатором машиніста поїзда, що наближається до переїзду.

У статті [5] приводиться статистика щодо ДТП та їх причин. За даними велику частку займають ДТП, що сталися на залізничних переїздах, тому було приділено увагу щодо вирішення проблеми.

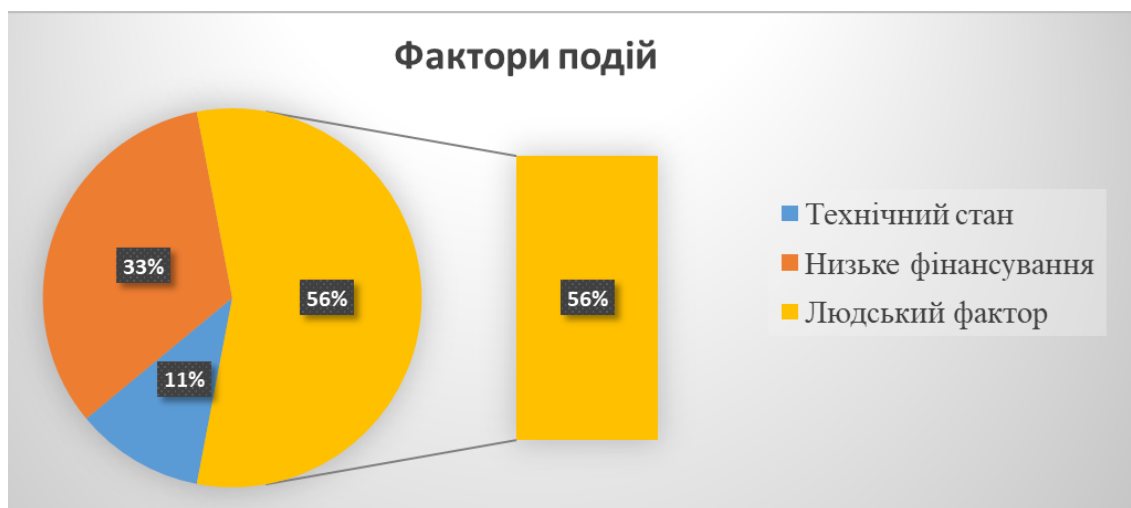


Рисунок 1.5 - Фактори у відсотковому значенні

Пропозиції щодо вирішення питання:

- посилення покарання за недотримання правил дорожнього руху;
- встановлення технічного оснащення, такого як підйомні містки та камери.

У збірці наукових праць [6] порівняно модель сповіщення з фіксованою та плаваючою точкою, ордината якої буде залежати від параметрів руху поїзда.

При використанні моделі з плаваючою точкою, можна зменшити простоту автотранспорту за допомогою подачі високочастотного сигналу через модуль НХР-3. Модуль здійснює такі функції, як:

- встановлення надходження до переїзду моторвагонного складу, що пересувається зі встановленою швидкістю;
- попередження про наближення рухомого складу до переїзду;
- дистанційний пуск сусідніх переїздів.

Запропоновано використовувати точкові колійні датчики для вдосконалення технології управління рухом на залізничних переїздах та визначення параметрів руху поїздів. Це дає можливість покращити адаптацію системи до будь-якої ділянки. Системи, які визначають параметри руху поїздів шляхом подачі сигналів на рейки, по-перше, висувають підвищені вимоги до параметрів залізничної лінії, а по-друге, їх використання може викликати проблеми сумісності з існуючими рейковими ланцюгами на ділянці.

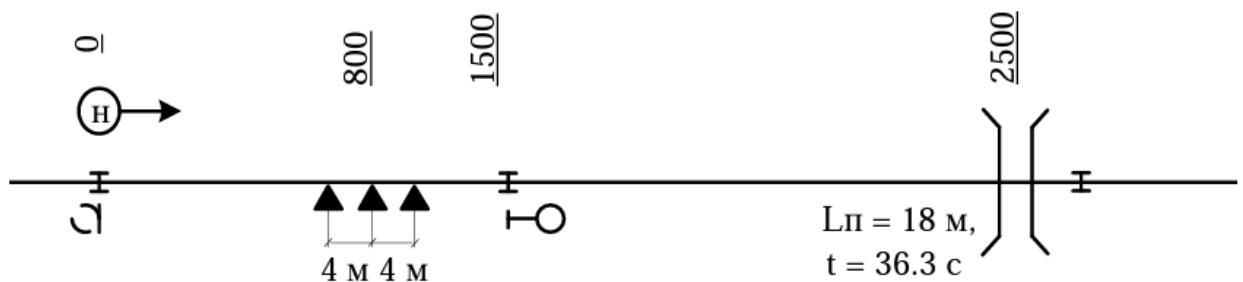


Рисунок 1.6 – Схема залізничного переїзду з вимірювальною ділянкою

За результатами досліджень можна зробити наступні висновки: Найдовші транспортні засоби є визначальними для розрахунків; при швидкості руху поїздів понад 30-40 км/год необхідна відстань наближення змінюється незначно, тоді як при менших швидкостях вона різко зростає. Тому, як правило, вважається, що найдовша відстань до залізниці - це відстань, яку мають повільніші транспортні засоби; пішоходи, як правило, рухаються з найменшою швидкістю, але через їхні малі розміри порівняно з автомобілями, вони стають значущим фактором при розрахунку відстані до залізниці лише тоді, коли існує довга зона конфлікту, тобто при перетині багатоколійної лінії або коли перехід знаходиться під дуже гострим кутом до залізничної колії. Також можна зробити

висновок, що в цій сфері є всі можливості для модернізації та вдосконалення огорожень на залізничних переїздах, що підвищує безпеку руху поїздів і автотранспорту.

На Всеукраїнській науково-практичній конференції [7] для вирішення проблеми на переїздах пропонується будувати віадуки та естакади. Потрібно зазначити, що це досить коштовний метод, але він вартий того, щоб скоротити процент аварійності та смертності.

При малих фінансових ресурсах, цілком достатньо функціонуючих пристроїв, таких як максимальне обладнання переїздів технічними засобами (конструкціями), що перешкоджають виїзду транспортних засобів на колії перед поїздом, що рухається. Це, зокрема, автоматичні шлагбауми або інші пристрої для огороження переїздів, відповідні звукові та/або світлові сигнали, попереджувальні знаки для водіїв та присутність працівників залізничної інфраструктури, фото- та відеофіксація, наочна агітація тощо.

У віснику Дніпровського національного університету залізничного транспорту [8] розглянуто тему убезпечення перетину залізничних переїздів. При розгляді існуючих методів оцінки рівня безпеки – запропоновано наступне:

Доцільно запровадити систему оцінки рівня безпеки на залізничних переїздах, яка наразі відсутня в чинних нормативних документах на залізничному транспорті України і яка потрібна задля пошуку аварійних місць та проведення заходів з підвищення рівня безпеки руху.

На українському залізничному транспорті далекого прямування майже всі методи виявлення та оцінки небезпечних ділянок базуються на статистичних даних про кількість ДТП. Укравтодором запропонована чинна методика визначення рівня безпеки руху на дорогах України М 218-03450778-652:2008, згідно з якою аварійність оцінюється за допомогою наступних показників: Коефіцієнт аварійності, коефіцієнт основної статистики розподілу ДТП на автомобільних дорогах загального користування та питома вага ДТП, що сталися в умовах незадовільного утримання доріг, а також підсумковий коефіцієнт аварійності.

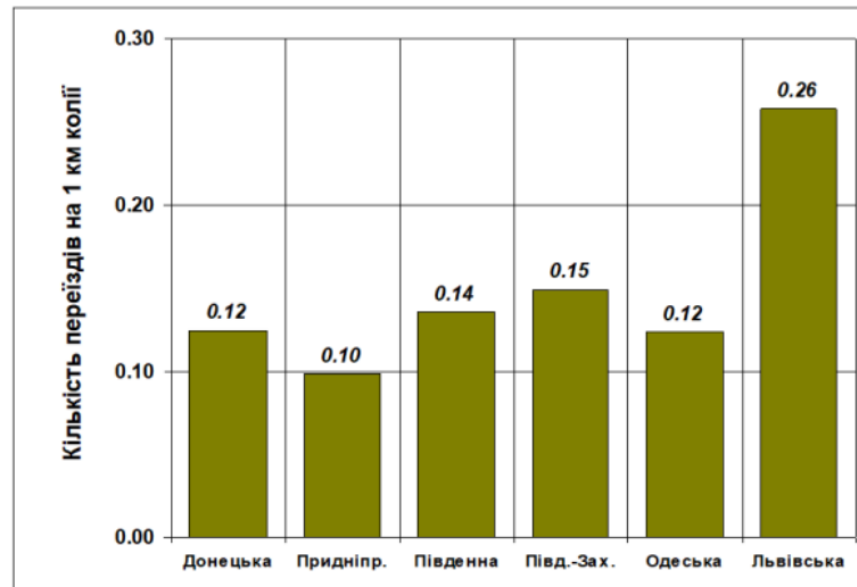


Рисунок 1.7 - Кількість переїздів на 1 км залізничної колії

Для проведення аналізу безпеки руху на залізничних переїздах найбільш доцільно використовувати метод підсумкового коефіцієнта аварійності.

При розгляді матеріалів XII Міжнародної науково-практичної конференції [9] з даних приведеної статистики - основною причиною аварій на переїздах є людський фактор, відповідно до статистики, на переїздах без чергових (яких в Україні налічується близько 4 000) необхідно встановити камери відеоспостереження, інформація з яких також передаватиметься машиністам поїздів, що наближаються до переїзду. Крім того, слід посилити відповідальність водіїв за порушення правил безпеки на залізничних переїздах.

У журналі «The International Journal of Integrated Engineering» [10] наведено автоматичну систему спрацювання залізничної сигналізації та шлагбауму на переїзді за допомогою TCRT-5000 сенсора на базі мікроконтролера Arduino Uno ATmega 328, яка включає систему визначення швидкості та виявлення того, що поїзд пройшов через ділянку на якій встановлений датчик.

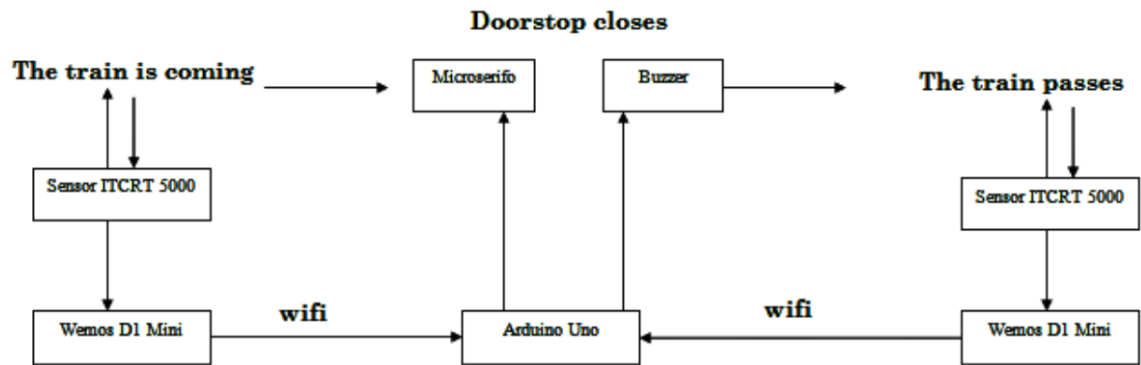


Рисунок 1.8 – Блок схема роботи моделі

Мініатюрний фіксатор приводиться в дію мікросервоприводом 9g SG90. При тестах видно, що на комп'ютері можуть нормально функціонувати датчики, які здатні відображати швидкість поїзда і очікуваний час прибуття.

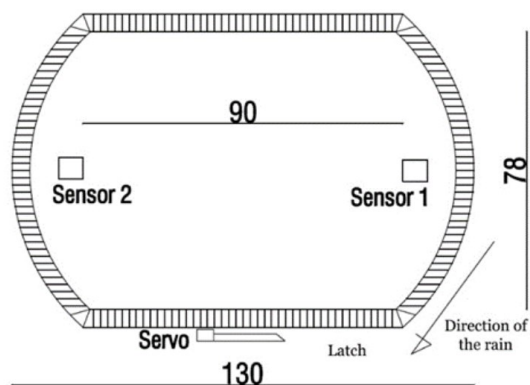


Рисунок 1.9 – Мініатюра модель залізниці з позначенням розміщення датчиків

Прототип роботи автоматичного шлагбаума для залізничного переїзду показано на мініатюрній моделі, яка зображена на рисунку 8. В даному випадку використано масштаб 1:100. При швидкості поїзда 90 км/год і часу закриття шлагбаума 4,5 хвилини датчик розміщується в фактичному місці зупинки поїзда, на відстані 1 хвилини від часу закриття шлагбаума спрацьовує сигналізація, через 2,5 хвилини після закриття шлагбаума потяг проїжджає, а через 1 хвилину після того, як потяг проїхав датчик 2, шлагбаум знову відкривається.

2. ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1. Основні поняття та визначення щодо залізничних переїздів

Залізничні переїзди - це місця перехрещення залізничних колій та автомобільних доріг (трамвайних колій, тролейбусів) на одному рівні, обладнані залежно від умов експлуатації одним із таких видів обладнання: автоматичною світлофорною сигналізацією, автоматичною світлофорною сигналізацією з автоматичним шлагбаумом, автоматичною попереджувальною світлофорною сигналізацією з неавтоматичним шлагбаумом[11].

За автоматичної світлової сигналізації перехрестя з боку автомагістралі розмежовується двома світлосигнальними системами, кожна з яких має дві сигнальні голівки з червоними світлофільтрами та електричний дзвінок. Коли перехрестя відкрите, сигнали не подаються. У закритому стані подаються світлові (два по чергово миготливі червоні вогні) і звукові сигнали (гучний дзвінок ЗПТ-12 або ЗПТ-24).

На світлофорі може бути також встановлена третя головка, яка сигналізує про відкритий стан перехрестя місячним білим світлом.

У разі використання автоматичної світлової сигналізації з автоматичними шлагбаумами переїзд з боку автомагістралі додатково фіксується загороджувальною балкою. У разі відкритого переїзду загороджувальна балка перебуває у вертикальному положенні, у разі закритого - у горизонтальному (загороджувальна балка)[11].

Загороджувальна балка пофарбована в червоно-білі смуги і обладнана трьома електричними ліхтарями з червоним склом, розташованими наприкінці, у середині та біля підніжжя загороджувальної балки, що повернута в бік автомагістралі. Торцевий ліхтар є двостороннім і також має безбарвні лінзи.

Опущена стріла шлагбаума сигналізує трьома червоними вогнями в бік автомагістралі та одним білим вогнем у бік залізниці. Торцевий ліхтар горить постійно, два інші ліхтарі блимають поперемінно[12].

Під час закриття переїзду стріла шлагбаума опускається через 4-10 с. Після початку роботи сигналу. Коли балка шлагбаума вирівнюється, переїзні вогні та вогні балки шлагбаума залишаються увімкненими, а електричний дзвінок вимикається.

Автоматичні шлагбауми також оснащуються пристроями для неавтоматичного керування, зокрема кнопками на панелі керування[12].

У разі пошкодження системи автоматичного керування шлагбаум переходить у загороджувальне положення. На залізничних переїздах, обладнаних сигналізацією та шлагбаумами, використовуються електричні або механічні бар'єри, керовані охоронцями. Переїзди, що охороняються, також оснащуються загороджувальними вогнями, які використовуються для екстреної зупинки поїзда на переїзді.

Залежно від категорії переїзду, швидкості та інтенсивності руху поїздів і автотранспорту використовуються такі типи залізничних переїздів: переїзди без охорони з автоматичною світловою сигналізацією, переїзди під охороною з автоматичною світловою сигналізацією та автоматичними шлагбаумами, переїзди під охороною з попереджувальною сигналізацією та неавтоматичними шлагбаумами.

На останніх двох типах перехресть також використовується система шлагбаумів.

2.2 Переїзні світлофори

Переїзні світлофори призначені для подачі миготливих червоних, місячно-білих і звукових сигналів, що попереджають учасників дорожнього руху про наближення поїзда до залізничного переїзду[11]. Можуть бути застосовані світлофори з двох або трисекційними сигнальними головками, хрестоподібні і напівхрестоподібні покажчики зі світловідбивними

безбарвними лінзами[13], електричний дзвінок постійного струму ЗПТ-24 або ЗПТ-12.

Монтаж світлофорних головок дає змогу змінювати напрям світлового пучка в горизонтальній площині на кут до 60 град. та у вертикальній - на кут ± 10 град.

У світлофорних голівках використовуються лінзові комплекти малих лінзових ламп, сила світла яких без розсіювача становить не менше 500 кд. Видимість червоного миготливого сигналу в сонячний день має становити не менше 215 м, а під кутом 7° до оптичної осі – не менше 330 м. Кут видимості горизонтальної площини сигналу 70° [12].

Існують такі типи переїзних світлофорів: П-69 - для одноколійних ділянок, із двома сигнальними головками, хрестоподібними показчиками; П-69 - для одноколійних ділянок, із трьома сигнальними головками, хрестоподібними показчиками; П-73 - для двох і більше колійних ділянок, із двома сигнальними головками, хрестоподібними та напівхрестоподібними показчиками; П-73 - для двох і більше колійних ділянок, із трьома сигнальними головками, хрестоподібними та напівхрестоподібними показчиками.

Габарити світлофорів на залізничних переїздах: П-69, П-69 - 680x1250x2525 мм; П-73, П-73 - 680x1250x2872 мм; Маса вогнів: П-69 - 110 кг; П-69 - 130 кг; П-73 і П-73 - 138 кг.

2.3 Автоматичні шлагбауми

Автоматичні шлагбауми призначені для автоматичного закриття переїзду при наближенні поїзда. Автоматичні шлагбауми складаються з дерев'яної (або алюмінієвої) балки завдовжки 4 м або складаної дерев'яної балки завдовжки 6 м і встановлюються на типову світлофорну бетонну основу[12]. Шлагбаум (рис. 2.1) складається з таких основних вузлів: електроприводного механізму і

кришки механізму - 5, стріли шлагбаума - 2, сигнального пристрою - 3, протипаги - 4, бетонної основи - 6.

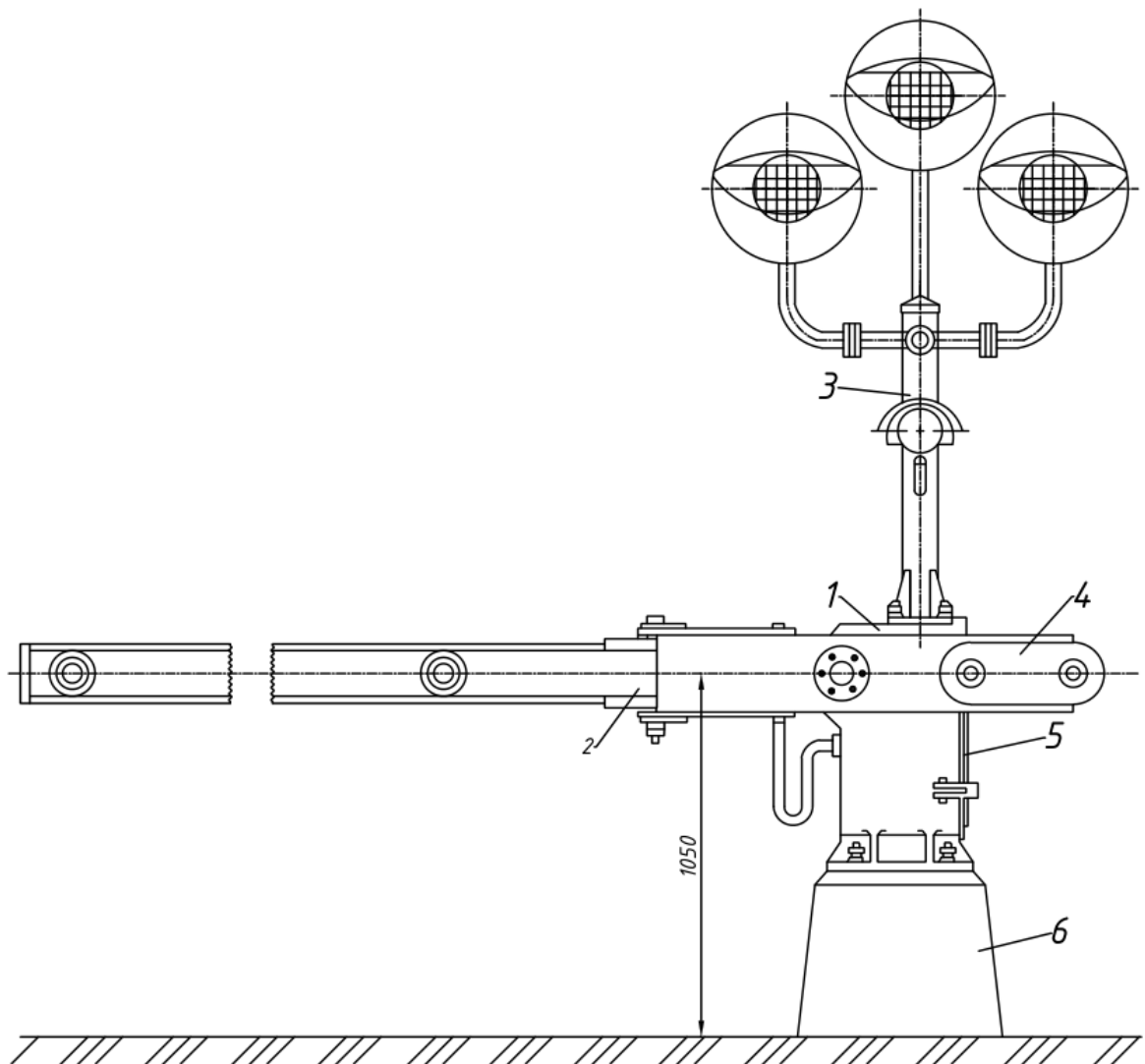


Рисунок 2.1 - Шлагбаум автоматичний

Для запобігання поломки опущеної балки в разі зіткнення з автомобілем передбачено спеціальний пристрій, що дає змогу під час удару змитити балку на кут 45° щодо її осі. Повернення балки у вихідне положення здійснюється вручну[12].

За відсутності живлення переведення балки із закритого у відкрите положення здійснюється шляхом її підйому вручну, попередньо вивівши балку із замкненого положення поворотом фрикціона.

Таблиця 2.1 - Технічна характеристика автоматичного шлагбаума

Характеристика	Значення
Тип електродвигуна постійного струму	СЛ-571К
Корисна потужність, кВт	0,095
Напруга, В	24
Частота обертання, об/хв	2200
Час підйому/опускання бруса, с	4-9
Сила струму у схемі електродвигуна, А не більше: при підйомі бруса роботі на фрикцію	2,5 8,4
Кут повертання бруса в вертикальній площині, град	90
Розміри шлагбаума, мм: в зібраному стані з довжиною бруса 4 м в зібраному стані з довжиною бруса 6 м	4845×1105×2750 6845×1105×2750
Вага шлагбауму, кг: в зібраному стані з довжиною бруса 4 м в зібраному стані з довжиною бруса 6 м	512 542
Встановлювані розміри механізму, мм	300×300

Шлагбаум ША призначений для перекриття руху на переїзді в разі наближення поїзда[11]. Залежно від довжини стріли шлагбаума існують різні варіанти автоматичних шлагбаумів - ША-8, ША-6, ША-4.

Бар'єри ША-6, ША-4 з довжиною прутка (6000 ± 5) і (4000 ± 5) мм мають довжину (6760 ± 5) і (4760 ± 5) мм відповідно і масу (492 ± 5) і (472 ± 5) кг. Інші характеристики бар'єрів ША-8, ША-6 і ША-4 ідентичні.

Шлагбауми обертаються у вертикальній площині і складаються з таких основних вузлів: електроприводного механізму, стріли шлагбаума, магнітного гальма, пристрою кріплення і амортизатора[12].

Амортизатор забезпечує амортизацію під час підходу штанги до крайніх положень, виштовхування під час опускання та фіксацію штанги в горизонтальному положенні під час вимикання електромагніту гальма. Прогин кінця штока не повинен перевищувати 280 мм для ША-8, 210 мм для ША-6 і 140 мм для ША-4.

Котушка соленоїда магнітного гальма забезпечує надійну фіксацію штанги у вертикальному положенні. Передбачено можливість ручного (за допомогою рукоятки) переведення штанги із закритого у відкрите положення, а також фіксації кронштейна зі штангою у вертикальному, горизонтальному положенні і під кутом 70° - за допомогою фіксатора кронштейна.

Час опускання кронштейна регулюється опором у ланцюзі електродвигуна.

2.4. Розрахунок режиму світлофорного регулювання

Світлофорний об'єкт вул. Тиражна - вул. Інститутська побудований і введений в експлуатацію в грудні 2006 року. На об'єкті встановлені лампові транспортні та пішохідні світлофори, які кріпляться до існуючих опор і металевих колонок для світлофорів. Крім цього, лампові світлофори працюють не ефективно, споживаючи значну кількість електроенергії.

Як показують підрахунки, в роботу об'єкта необхідно ввести додаткову «фазу» для забезпечення безперешкодного лівого повороту з вул. Тиражною на Осипенківський мікрорайон у напрямку руху від греблі ДГЕС.

Для забезпечення належного рівня безпеки дорожнього руху транспорту та пішоходів через перехрестя вул. Тиражна - вул. Інститутська, підвищення енергоефективності роботи обладнання та з урахуванням вимог ДСТУ, нормативної документації з питань безпеки дорожнього руху, проектом передбачається:

- введення додаткової фази регулювання для забезпечення

безперешкодного виконання лівого повороту з вул. Тиражною в бік Осипенківського мікрорайону;

- організація регульованого пішохідного переходу через вул. Інститутська з боку вул. Братська до побудованої зупинки громадського транспорту.

2.4.1 Послідовність проведення розрахунків

Визначення довжин циклів та основних циклів регулювання базується на порівнянні фактичної інтенсивності руху на підходах до перехрестя та пропускної спроможності (потоків насичення) цих підходів. Тому ці параметри слід розглядати як найважливіші вхідні дані для розрахунку.

Для кожного напрямку руху певної фази враховуються як інтенсивність, так і насиченість потоків. Тому розрахунку режиму регулювання має передувати створення схеми організації дорожнього руху на перехресті (проектування пофазного розділення транспортних засобів).

Вхідними даними для розрахунку є планувальні та транспортні характеристики перехрестя:

- ширина проїжджої частини, кількість і ширина смуг руху в кожному напрямку;
- ширина розділювальних смуг;
- ширина тротуарів та радіуси їх кривизни;
- поздовжній градієнт на підходах до розв'язки;
- склад транспортних потоків, картограма інтенсивності руху транспорту та пішохідних потоків для періодів доби, що розглядаються (інтенсивність руху виражена в приведених одиницях);
- середня швидкість транспортних засобів на під'їзді до перехрестя та в зоні перехрестя без гальмування.

2.4.2 Потоки насичення

Потік насичення для кожного напрямку конкретної фази регулювання визначається шляхом натурних спостережень в моменти, коли на під'їзді до перехрестя утворюються досить великі черги транспортних засобів.

Для алгоритмічного визначення структури і параметрів режиму світлофорного регулювання застосовуються такі дані:

- геометричні та транспортні характеристики перехресть (геометричні: ширина проїзної частини, кількість смуг руху, величина кривизни тротуарів, наявність розділювальних смуг та їх ширина; транспортні характеристики: картограма транспортних та пішохідних потоків, швидкість руху через перехрестя, склад транспортного потоку, довжина транспортних засобів);
- організація руху на транспортних розв'язках;
- потоки насичення.

При розробці схеми організації дорожнього руху рекомендується спочатку визначити всі напрямки, в яких транспортним засобам і пішоходам дозволено рухатися через перехрестя. Початкова схема дозволених напрямків руху є основою і використовується для аналізу конфліктних точок, які вона містить.

Визначення режиму роботи світлофорної системи з поетапним розділенням транспортних засобів за напрямком руху на регульованій ділянці рекомендується організовувати з урахуванням значень сигналів, визначених у Правилах дорожнього руху.

Якщо така послідовність сигналів не може бути реалізована через обмежені можливості перемикання пристроїв, рекомендується, як виняток, використовувати систему з двома жовтими сигналами. На рисунку 2.2 показано приклад роботи світлофорної сигналізації на перехресті двох доріг.

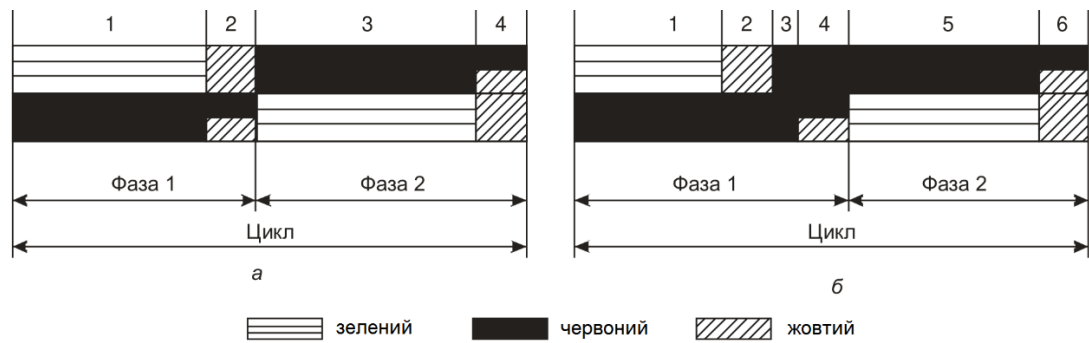


Рисунок 2.2 - Структура світлофорного циклу:

а - з проміжним інтервалом в кожній фазі; б - з трьома проміжними інтервалами у першій фазі; 1-6 – номери фаз

Використання проміжного інтервалу в циклі світлофора застосовується для забезпечення безпеки руху в перехідний період, коли рух попередньої групи потоків вже заборонено, а наступна група ще не отримала дозволу на проїзд через перехрестя. Під час проміжного інтервалу рух заборонено, за винятком транспортних засобів, водії яких не зупинилися вчасно на стоп-лініях (рис. 2.3). Під час основного такту рух певної групи транспортних і пішохідних потоків дозволено (і заборонено у зворотному напрямку).

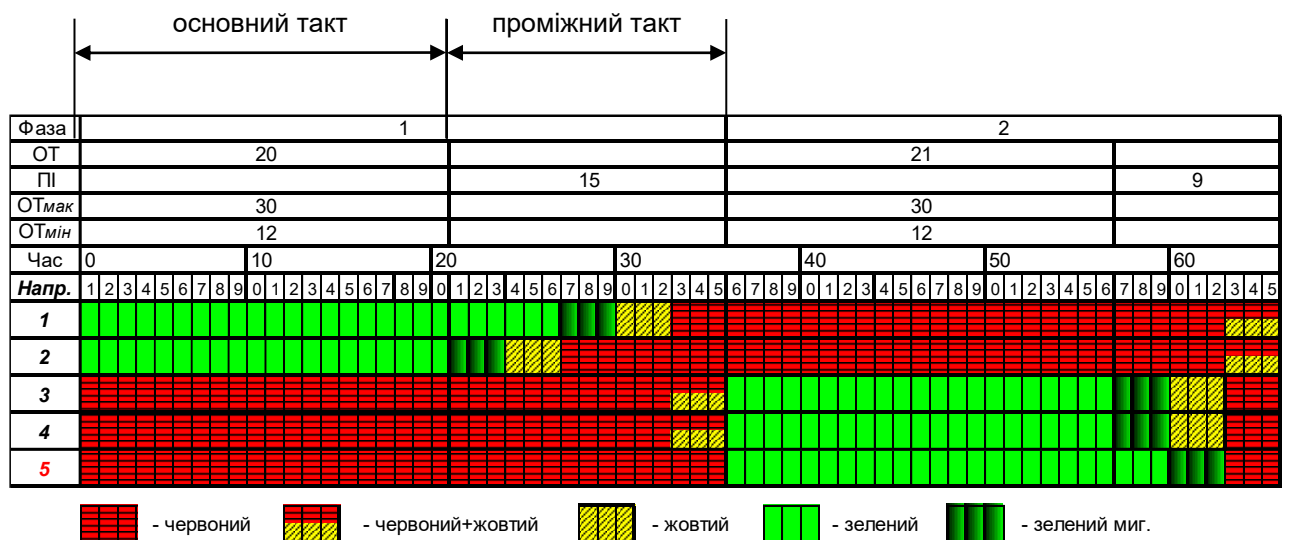


Рисунок 2.3 - Приклад використання основного та проміжних тактів синхронізації

Тривалість інтервалу повинна бути такою, щоб транспортний засіб, який наближається до перехрестя на зелений сигнал світлофора на швидкості вільного руху, коли сигнал змінюється із зеленого на жовтий, міг або зупинитися біля стоп-лінії, або проїхати перехрестя (уникаючи конфліктних точок перехрестя з транспортними засобами, що починають рух у наступній фазі світлофорного регулювання). Транспортний засіб може зупинитися перед стоп-лінією лише в тому випадку, якщо відстань між ним і стоп-лінією дорівнює або перевищує гальмівний шлях.

2.4.3 Проміжні такти

Беручи до уваги той факт, що час, необхідний для подолання відстані, що відповідає гальмівному шляху, складається з часу реакції водія на зміну сигналу світлофора і часу гальмування, ми можемо навести загальну формулу для перехідного інтервалу:

$$t_{ni} = t_{pk} + t_m + t_i + t_{i+1}, \quad (2.1)$$

де t_{pk} - час реакції водія на зміну сигналу світлофора, с;

t_m - час, необхідний автомобілю для подолання відстані, що відповідає гальмівному шляху s ;

t_i - час руху транспортного засобу до найвіддаленішої точки конфлікту, с;

t_{i+1} - час, необхідний автомобілю, що стартує в наступній фазі, щоб дістатися від стоп-ліній до віддаленої точки конфлікту.

Відповідно до призначення проміжного такту, його тривалість повинна бути такою, щоб транспортний засіб, який наближається до перехрестя на вільній швидкості при зміні сигналу з зеленого на жовтий, міг або зупинитися

на стоп-лінії, або встигнути проїхати перехрестя.

У більшості випадків складові формул t_{pk} і t_{i+1} близькі між собою за значенням, на практиці їх зазвичай виключають з розрахунку. Беручи це до уваги і припускаючи постійне уповільнення при гальмуванні транспортного засобу перед стоп-лінією, розраховується тривалість перехідного інтервалу:

$$t_{ni} = \frac{V_a}{7,2a_m} + \frac{3,6(l_i + l_a)}{V_a}, \quad (2.2)$$

де V_a - середня швидкість транспортних засобів на під'їзді до перехрестя та на його ділянці без гальмування (від початку), км/год;

a_m - середнє уповільнення транспортного засобу при ввімкненому забороненому сигналі, приймаємо $a_m = 3,5$ м/с);²

l_i - відстань між стоп-лініями та найвіддаленішою точкою конфлікту, м;

l_a - довжина транспортного засобу, що найчастіше зустрічається в потоці, м.

Пішоходи, які раніше переходили проїзну частину на дозволяючий сигнал світлофора, також припиняють свій рух у перехідному інтервалі. За час t_{ni} пішохід повинен або повернутися на тротуар, з якого він почав рух, або дійти до центру проїзної частини (острівця безпеки, осьової лінії, розділювальної смуги між потоками зустрічних транспортних засобів). Максимальний час, який потрібен пішоходу для цього:

$$t_{ni(nu)} = \frac{B_{nu}}{4v_{nu}}, \quad (2.3)$$

де B_{nu} - ширина проїжджої частини, яку перетинають пішоходи в і-й

фазі контролю, м;

$v_{ни}$ - розрахункова швидкість пішоходів (зазвичай 1,3 м/с).

На рис. 2.4 наведено діючу схему пофазового роз'їзду на перехресті вулиць Тиражної та Інститутської, для якого визначається режим світлофорного регулювання.

Розподіл напрямів регулювання за фазами відбувається, керуючись принципом попарної безконфліктності: усі напрями регулювання (транспортні та пішохідні), включені до даної фази регулювання не повинні мати між собою небезпечних конфліктів.

Під небезпечними конфліктами маються на увазі конфліктні точки, пріоритет у яких не визначено Правилами дорожнього руху за умов даної інтенсивності потоків та за умови працюючого світлофорного регулювання.

Лід також зазначити. Що зниження конфліктності є одним з основних оперативних напрямів організації дорожнього руху, що максимально впливає на рівень безпеки дорожнього руху та на стан аварійності. На рис. 2.5 для порівняння наведено схеми роз'їзду з більшим числом фаз та меншою конфліктністю напрямів регулювання.

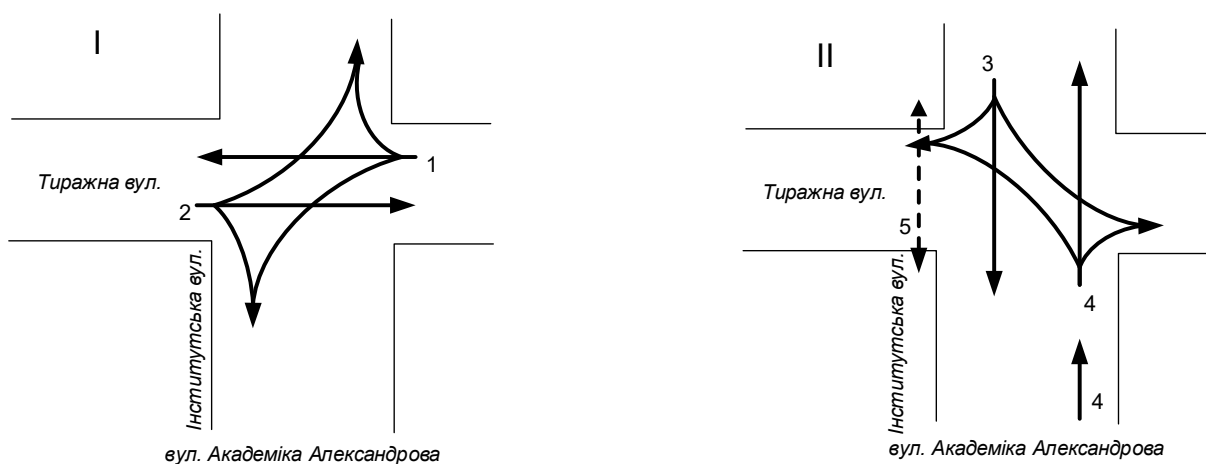


Рисунок 2.4 - Приклад двофазного світлофорного регулювання на перехресті

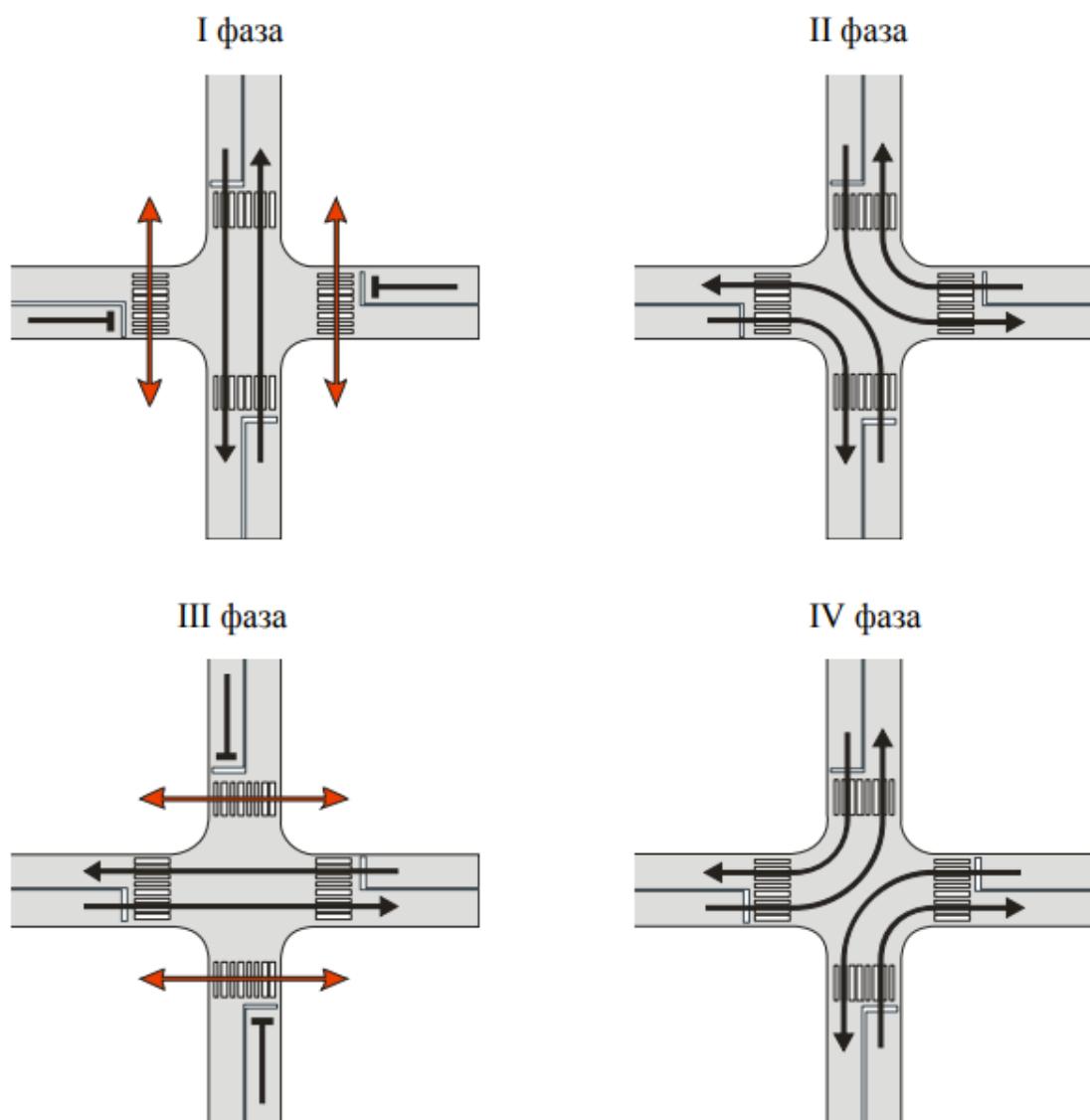


Рисунок 2.5 - Приклад керування чотирифазним світлофором на перехресті автомагістралі

Смути руху повинні використовуватися рівномірно. Не рекомендується випускати транспортні засоби, що рухаються в різних фазах, з однієї смуги (рисунок 2.6).

У разі, якщо цей принцип порушується, стає неможливим доведення фактичної інтенсивності руху цими смугами до величин потоків насичення, оскільки майже у кожній фазі регулювання трапляються транспортні засоби, напрям руху яких не відповідає дозволеному у даний момент.

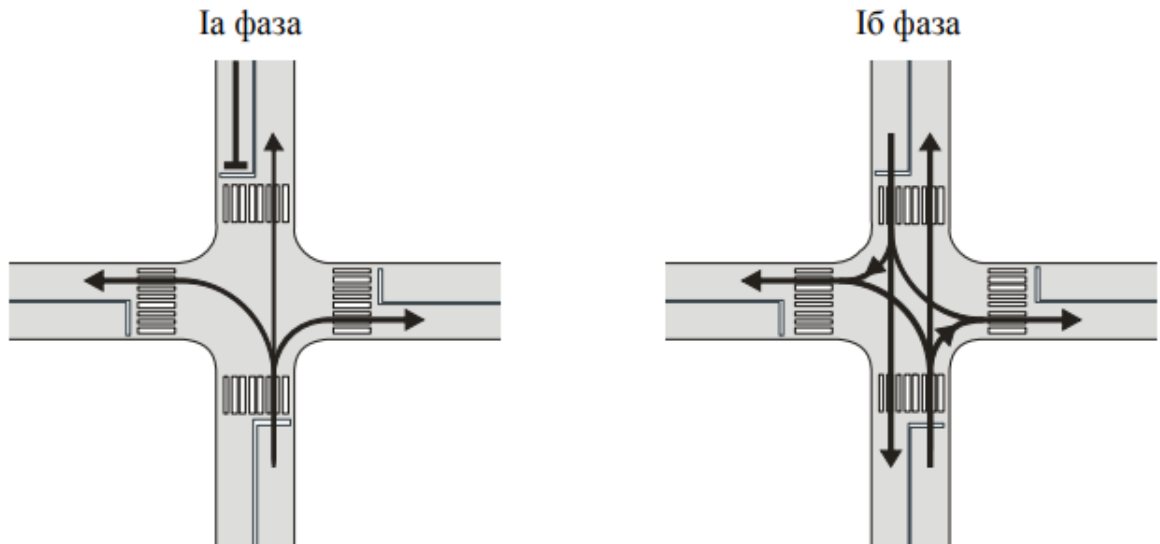


Рисунок 2.6 - Не рекомендована схема організації дорожнього руху зі світлофорним регулюванням

2.4.4 Цикл регулювання

У найпростішому випадку рівномірного прибуття транспортних засобів на перехрестя (через рівні проміжки часу) мінімальна тривалість циклу може бути визначена за допомогою наступних міркувань. Транспортні засоби, що прибувають на перехрестя в i -му напрямку протягом періоду, що відповідає контрольному циклу T_k , залишають перехрестя протягом основного такту i -ї фази з інтенсивністю, що відповідає потоку насичення Mn_{ij} . Тоді справедлива залежність $N_{ij} \cdot T_z = Mn_{ij} \cdot t_0$. Звідси випливає значення ефективної тривалості основного циклу фази регулювання:

$$t_{oi} = \frac{N_{ij} \cdot T_z}{Mn_{ij}} = y_{ij} \cdot T_z, \quad (2.4)$$

Оскільки в цьому випадку фаза повністю насичена, то $y_{ij} = y$.

Якщо це зауваження враховано, то використовується формула:

$$T_y = t_{01} + t_{n1} + t_{02} + t_{n2} + \dots + t_{0n} + t_{nm}, \quad (2.5)$$

Значення t_{oi} , визначене за формулою (2.5), отримаємо:

$$T_y = y_1 T_y + t_{n1} + y_2 T_y + t_{n2} + \dots + y_n T_y + t_{nm}, \quad (2.6)$$

Якщо ми візьмемо $y_i = Y$ і $t_{ni} = T_n$, то після перетворення виразу (2.6) отримаємо наступне:

$$T_c = \frac{T_n}{(1 - Y)}, \quad (2.7)$$

Відомо, що на практиці рівномірне прибуття транспортних засобів на перехрестя трапляється дуже нечасто. Частіше ізольоване перехрестя характеризується випадковим прибуттям (відстані між транспортними засобами, що послідовно прибувають, не однакові).

Випадкове прибуття транспортних засобів можна розрахувати використовуючи наступну формулу:

$$T = \frac{1,5T_n + 5}{1 - (y_1 + y_2 + \dots + y_n)}, \quad (2.8)$$

де T - тривалість циклу, с;

T_n - сума всіх проміжних тактів, с;

y - коефіцієнт фази, який відповідає найбільшому з коефіцієнтів $\frac{N}{M_H}$ і

розраховується для всіх підходів до переходу, що обслуговується фазою;
 $y_1 + y_2 + \dots + y_n$ - відповідні фазові коефіцієнти для фаз 1, 2, ..., n , які
 розраховуються аналогічно;

N - інтенсивність руху на розглянутому підході до перехрестя в
 напрямках, що обслуговуються цією фазою (напрямком), од/год;

M_H - потік насичення для тих самих напрямків (напрямків), од/год.

Її запропонував англійський дослідник Ф. Вебстер. Його метод мінімізації транспортних затримок достатньо добре зарекомендував себе на практиці в реальних умовах руху, тому формула (2.8) використовується для технічних розрахунків у багатьох країнах світу, в тому числі і в Україні.

З міркувань безпеки дорожнього руху тривалість циклу понад 120 с вважається неприйнятною, оскільки водії можуть вважати світлофор несправним і проїхати на заборонений сигнал, якщо довго чекатимуть на дозволений. Якщо розрахункове значення $T_{\text{ц}}$ перевищує 120 с, тривалість циклу необхідно скоротити за рахунок збільшення кількості смуг на під'їзді до перехрестя, заборони певних маневрів, зменшення кількості фаз регулювання та організації пропуску інтенсивного транспортного потоку під час двох або більше фаз. З тих же причин не рекомендується приймати тривалість циклу менше 25 с.

Потік насичення може бути апроксимований для орієнтовних розрахунків заздалегідь до натурних спостережень:

$$M_H = 1250 \gamma_n, \quad (2.9)$$

де M_H - потік насичення;

γ_n - багатосмуговий коефіцієнт.

Якщо в кожному напрямку є кілька смуг руху, рекомендується враховувати в розрахунках коефіцієнт багатосмуговості γ_n , який враховує

взаємний вплив транспортних засобів на сусідніх смугах. Припускається, що коефіцієнт смуги однаковий (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Коефіцієнти багатосмуговості

Число смуг руху	Значення коефіцієнта
1	1
2	1,85
3	2,55
4	3,05

2.4.5 Основні тактові сигнали

Фазові коефіцієнти необхідні для визначення тривалості основних циклів, а контрольний цикл визначається для кожного з напрямків руху на перехресті в певній контрольній фазі:

$$y_{ij} = \frac{N_{ij}}{M_{nij}}, \quad (2.10)$$

де y_{ij} - фазовий коефіцієнт для цього напрямку;

N_{ij} - Інтенсивність руху для періоду доби, що розглядається, од/год;

M_{nij} - витрата насичення в даному напрямку даної фази регулювання, од/год.

Величина потоку насичення визначається експериментальним та математичним методами.

Найбільше значення y_{ij} у певній фазі використовується як розрахунковий фазовий коефіцієнт. Менші значення можуть бути використані пізніше для визначення необхідної мінімальної тривалості дозвільного сигналу в напрямках руху, що відповідають цим коефіцієнтам.

Якщо транспортний потік регулюється поетапно і проходить через дві або більше фаз, для нього окремо розраховується фазовий коефіцієнт, який не може бути використаний як розрахунковий фазовий коефіцієнт, незалежно від його значення. Цей фазовий коефіцієнт не повинен бути більшим за суму розрахованих фазових коефіцієнтів фаз, в яких дозволено пропуск транспортного потоку. Якщо ця умова не виконується, один з розрахункових фазових коефіцієнтів, що входить до цієї суми, повинен бути штучно збільшений.

Пропускна здатність смуг зменшується зі збільшенням кількості фаз керування. При трифазному управлінні через одну смугу може проходити максимум 700 одиниць/год, при чотирифазному управлінні - 600 одиниць/год.

Тривалість основних циклів (зелених сигналів) усіх фаз визначається за формулами:

$$t_{oi} = \frac{(T - T_n) y_i}{Y}, \quad (2.11)$$

де T - тривалість циклу світлофора, с

T_n - сума проміжних тактів, с

$y_1 y_2 \dots y_n$ - фазові коефіцієнти

Y - сума фазових коефіцієнтів.

Тривалість основного циклу t_{oi} в i -й фазі керування пропорційна розрахованому фазовому коефіцієнту цієї фази. Отже, якщо сума головних циклів дорівнює $T_c - T_n$, то:

$$t_{oi} = \frac{(T_c - T_n) y_i}{Y}, \text{с} \quad (2.12)$$

З міркувань безпеки дорожнього руху, t_{oi} зазвичай становить не менше 7 с. В іншому випадку зростає ймовірність виникнення ланцюгових аварій, коли черга розділяється на світлофорі для наскрізного руху. Якщо тривалість основного циклу, розрахована за формулою 2.12, є меншою за 7 с, то її слід збільшити до допустимого мінімуму. Розраховану тривалість основних циклів слід перевірити, щоб переконатися, що вони проходять у відповідних напрямках для пішоходів. Оскільки на зазначених перехрестях немає трамвайного руху, розрахунок виконано лише для пішоходів.

Тривалість основних циклів перевіряється, щоб забезпечити проїзд пішоходів і трамваїв у відповідних напрямках.

Час, необхідний для обгону пішоходів, що рухаються в певному напрямку t_{nu} розраховується за емпіричною формулою, яка широко використовується на практиці і враховує загальний час, необхідний для обгону пішоходів:

$$t_{nu} = \frac{B_{nu}}{V_{nu}} + 5, \text{с} \quad (2.13)$$

де B_{nu} - ширина зебри в метрах;

V_{nu} - швидкість руху пішохода, приймаємо рівною 1,3 м/с.

Якщо виявляється, що будь-яке значення t_{nu} більше, ніж тривалість відповідних головних циклів, розрахована за формулою (2.13), то остаточно приймається нова скоригована тривалість цих циклів, яка відповідає найбільшому значенню t_{nu} . У цьому випадку оптимальне співвідношення фаз у контурі регулювання відсутнє, оскільки порушується умова пропорційності

між t_{oi} та y_i . При більшому значенні t_{oi} в конфліктному напрямку буде накопичуватися більша кількість транспортних засобів в очікуванні сигналу на пропуск і вони отримають право на рух в інших фазах, коли основні цикли можуть залишитися незмінними.

Таке порушення пропорційності не призводить до значного збільшення транспортної затримки, якщо t_{oi} і t_{mui} відрізняються несуттєво (на 4-5 с). У цьому випадку t_{oi} можна збільшити до t_{mui} і відповідно збільшити тривалість циклу.

Якщо наведені вище параметри значно відхиляються один від одного, необхідно відновити оптимальне співвідношення тривалості фаз у циклі. Для цього необхідно також змінити тривалість основних циклів, які не були визначені для пішохідного руху, тобто адаптувати структуру циклу.

2.4.6 Ступінь насиченості

Індекс насиченості напрямку X - це співвідношення між середньою кількістю транспортних засобів, що залишаються на перехресті в певному напрямку протягом циклу, та максимальною кількістю транспортних засобів, що виїжджають з перехрестя в тому ж напрямку під час дозволеного сигналу світлофора:

$$X = \frac{N_j T_z}{M_{nj} - t_{oj}}, \quad (2.14)$$

де N_j та M_{nj} - відповідно інтенсивність руху та потік насичення у певному напрямку в одиницях/год,

t_{oj} - тривалість головного тактового імпульсу в одному напрямку, с,

j - номер напрямку

Перевантаження в напрямку, що розглядається, виникає в точці X_1 . Для того, щоб створити певний резерв пропускної спроможності, слід прагнути до значення X не більше 0,85-0,90. З точки зору максимального використання пропускної здатності перехрестя важливо, щоб не було слабко насичених напрямків і щоб вони були рівномірно завантажені.

З метою підвищення величини насиченості напрямів регулювання та з урахуванням того, що довжина перегону в напрямку сусідньої вулиці Академіка Александрова є невеликою, можна розглянути можливість координації розробленого режиму регулювання з режимом світлофорного об'єкту сусіднього перехрестя.

Найпростішим методом визначення параметрів графіків координованого регулювання є графоаналітичний.

Суть методу полягає в побудові графіка часу проїзду, який здійснюється в системі прямокутних координат. У масштабі, який обирається довільно і залежить від довжини автомагістралі та кількості світлофорних об'єктів, по горизонтальній осі відкладається значення часу в секундах, по вертикальній осі - значення відстані в метрах.

Вхідними даними для розрахунку є:

- масштабний план автомагістралі з відстанями між перехрестями;
- схема існуючої організації дорожнього руху зі світлофорами, дорожніми знаками та розміткою, організацією руху на перехрестях;
- картограми інтенсивності руху транспортних засобів та пішоходів на кожному перехресті в типовий час доби;
- дані про розрахункові швидкості для автомагістралі в цілому або для окремих ділянок.

Індикатор tl визначає ширину так званої стрічки неперервного часу. Якщо інтервал руху транспортного засобу знаходиться в межах цієї смуги, гарантується, що транспорт буде проїждати сусіднє перехрестя без зупинки. Визначається ширина стрілки часу таким чином:

$$tl = (0,4 - 0,5)T_u, \text{ с} \quad (2.15)$$

Абсолютний зсув моменту початку першої фази світлофорного регулювання на даному перехресті визначається таким чином:

$$\Delta t = R + \frac{S}{V}, \quad (2.16)$$

де R - абсолютний зсув моменту початку першої фази регулювання для попереднього перехрестя, с;

S - відстань при русі у прямому напрямку від стоп-лінії попереднього перехрестя до стоп-лінії даного перехрестя, с;

V - розрахункова швидкість координації на перегоні при русі у прямому напрямі з урахуванням ефекту «ведучого вогню».

Ефективність координованого регулювання зазвичай визначають після впровадження системи. Індикатором є те, наскільки скорочується час у дорозі транспортного засобу від початкової до кінцевої точки автомагістралі, на якій запроваджено систему координації. Численні спостереження показали, що час у дорозі, як правило, скорочується на 15-20%.

2.4.7 Розрахунки режиму регулювання

На основі відстаней від стоп-ліній до дальніх конфліктних точок напрямів регулювання розраховують перехідні інтервали фаз регулювання за формулою:

$$t[i, j] = t_p + \frac{V}{2a^k} + \frac{|B[i, j]| + l_a}{V}, \quad (2.17)$$

де t_p - термін реакції водія, с (0,8 - 1.2 с);
 V - швидкість руху, м/с;
 a^k - прискорення уповільнення, $a^k = 2,5 \dots 3,0$ м/с²;
 $B[i, j]$ - відстань до дальньої конфліктної точки, м;
 l_a - довжина зведеного автомобіля, м ($l_a = 5$ м).

Для першої фази регулювання:

$$t[i, j] = 1 + \frac{13.8}{2 \cdot 2.75} + \frac{|40| + 5}{13.8} = 6.76 \approx 7 \text{ с}$$

Для другої фази регулювання:

$$t[i, j] = 1 + \frac{13.8}{2 \cdot 2.75} + \frac{|-40| + 5}{13.8} = 6.76 \approx 7 \text{ с}$$

Втрачений у циклі час на перехресті визначається за формулою:

$$L = \sum_{i=1}^m (t_{II}^i - 1), \quad (2.18)$$

де m - кількість фаз регулювання на перехресті.

$$L = (7 - 1) + (7 - 1) = 12 \text{ с.}$$

З урахуванням вимірної за масштабною схемою ширин проїзних частин встановлено такі величини потоків насичення за напрямками регулювання:

$$M_1 = 4462.5 \text{ од. / год}$$

$$M_2 = 4462.5 \text{ од. / год}$$

$$M_3 = 2033 \text{ од. / год}$$

$$M_4 = 1850 \text{ од. / год}$$

Враховуючи інтенсивність руху транспорту протягом доби за напрямками, прийнято рішення про введення двох режимів роботи світлофорного об'єкта - з 9⁰⁰ до 21⁰⁰ (перша програма) та з 21⁰⁰ до 9⁰⁰ (друга програма).

Далі наведено скориговані значення.

Для першої програми:

$$M_1 = 3347 \text{ од. / год}$$

$$M_2 = 4081 \text{ од. / год}$$

$$M_3 = 1401 \text{ од. / год}$$

$$M_4 = 1433 \text{ од. / год}$$

Для другої програми:

$$M_1 = 3716 \text{ од. / год}$$

$$M_2 = 4159 \text{ од. / год}$$

$$M_3 = 1400 \text{ од. / год}$$

$$M_4 = 1431 \text{ од. / год}$$

Потім для кожного з поєднаних у фази напрямів розраховуємо значення фазових коефіцієнтів по формулі(2.10):

Для першої програми:

$$y_1^1 = 0,279; y_2^1 = 0,119$$

$$y_3^2 = 0,231; y_4^2 = 0,052$$

Для другої програми:

$$y_1^1 = 0,36; y_2^1 = 0,129$$

$$y_3^2 = 0,26; y_4^2 = 0,057$$

Визначаємо суму фазових коефіцієнтів за формулою:

$$y = \sum_{j=1}^m y_{j_{\max}}, \quad (2.19)$$

Для першої програми:

$$y = 0,51$$

Для другої програми:

$$y = 0,62$$

Тривалість світлофорного циклу для перехрестя визначаємо за формулою(2.8):

Для першої програми:

$$T_{\text{ц}} = \frac{1.5 \cdot 12 + 5}{1 - 0,51} = 46,9 \text{с}$$

Для другої програми:

$$T_{\text{ц}} = \frac{1.5 \cdot 12 + 5}{1 - 0,62} = 60,5 \text{с}$$

Тривалість основного такту обчислюють за формулою:

$$\bar{t}_3^{\text{м}} = \frac{\bar{y}^i}{\bar{Y}} (\bar{T} - \bar{L}) - 1, \quad (2.20)$$

Для першої програми:

$$\bar{t}_3^1 = \frac{0,279}{0,51}(46,9 - 12) - 1 = 13,9$$

$$\bar{t}_3^1 = \frac{0,231}{0,51}(46,9 - 12) - 1 = 19,18$$

Для другої програми:

$$\bar{t}_3^1 = \frac{0,36}{0,62}(60,5 - 12) - 1 = 20,31$$

$$\bar{t}_3^1 = \frac{0,26}{0,62}(60,5 - 12) - 1 = 19,34$$

Визначається мінімальна тривалість основних тактів фаз регулювання:

$$t_{\min}^{OT} = b / V_n + 5 - t_{III}, \quad (2.21)$$

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.)

Для першої фази регулювання:

$$t_{\min}^{OT} = 8,5 / 1,3 + 5 - 9 = 3с$$

Для другої фази регулювання:

$$t_{\min}^{OT} = 25 / 1,3 + 5 - 9 = 15c$$

Основні такти регулювання не потребують корекції.

Оскільки інтенсивності руху за зустрічними напрямками 1 та 2 суттєво відрізняються, використовуємо метод розщеплення фаз. Основний такт фази зі складним перехідним інтервалом визначаємо пропорційно до фазового коефіцієнта менш завантаженого напрямку.

Для першої та другої програм відповідно:

$$t_2^{OT} = 3c; t_1^{OT} = 1c$$

Тривалість перехідної частини фазоподібного інтервалу приймаємо за мінімальним значенням – 6 с.

Після розрахунків можемо побудувати циклограму роботи світлофорного об'єкту:

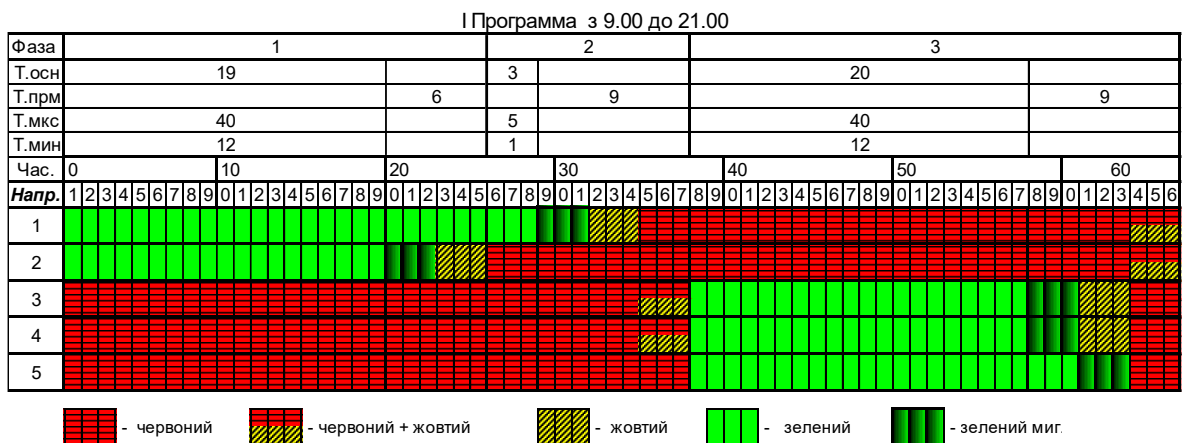


Рисунок 2.7 - Циклограма роботи світлофорного об'єкту на перетині Тиражної вул. та Інститутської вул. І програма з 09:00 до 21:00

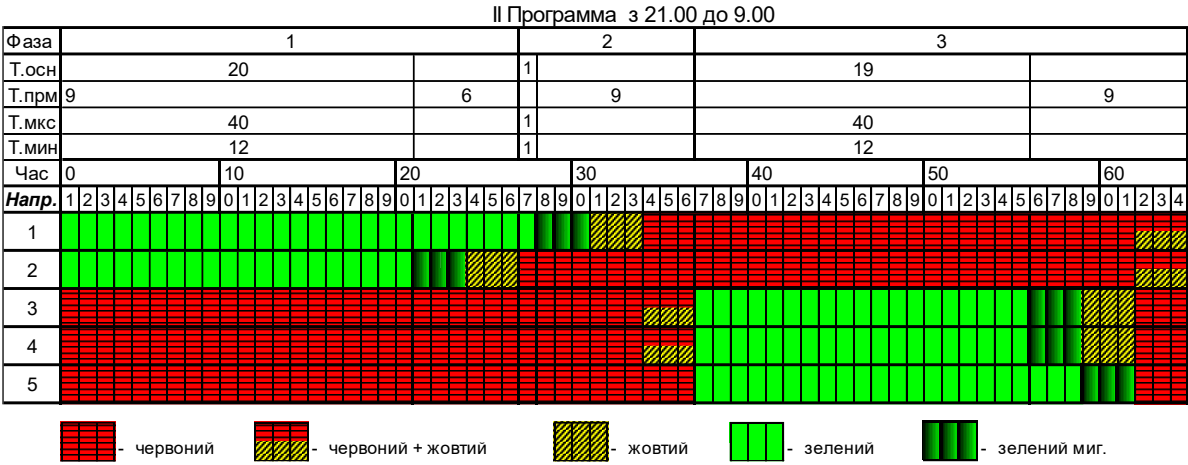


Рисунок 2.8 - Циклограма роботи світлофорного об’єкту на перетині Тиражної вул. та Інститутської вул. II програма з 21:00 до 09:00

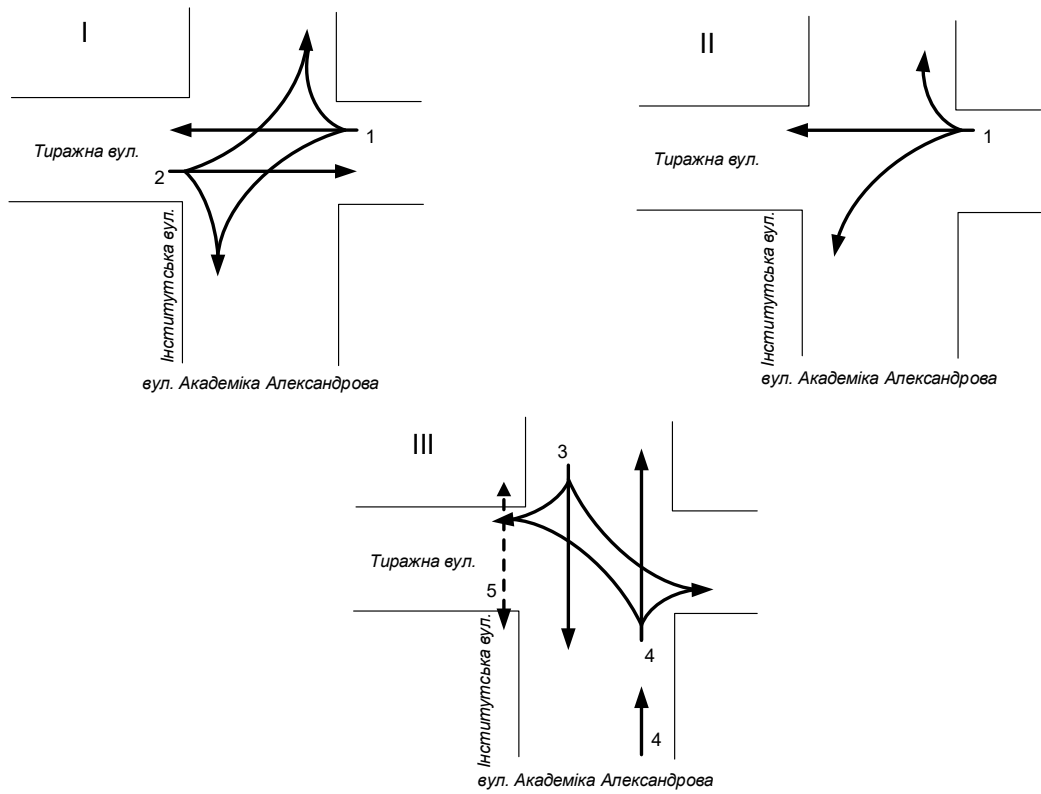


Рисунок 2.9 – Пофазний роз’їзд з трьома фазами

2.4.8 Розрахунки основних складових для побудови діаграми роботи технічних засобів

Для побудови діаграми роботи технічних засобів користуємося наступними параметрами: швидкість руху залізничного рухомого складу $V_n = 40$ км/год, що рухається перегonom та має перетин з автомобільною дорогою, кількість колій на розглянутому залізничному переїзді, в нашому випадку - одна, максимальну довжину автотранспортного засобу $L_{авт} = 13,6$ м, що може перетинати залізничний переїзд та розрахункова швидкість руху автомобілів через переїзд $V_a = 20$ км/год.

Довжина ділянки наближення розраховується за формулою:

$$L = V_n \times (t_{з.ш.} + 2t_{сnp} + \frac{B_{смон} + L_{авт}}{V_a} + t_{затp}) , \quad (2.22)$$

де V_n - встановлена швидкість руху поїздів на ділянці, м/с; приймаємо $V_n = 40$ км/год

$B_{смон}$ - відстань між стоп-лініями на переїзді, м; $B_{смон} = 1,52 + 11 + 11 = 24$ м;

$L_{авт}$ - максимальна розрахункова довжина автомобіля, $L_{авт} = 13,6$ м;

V_a - розрахункова швидкість руху автомобілів через переїзд, $V_a = 15$ м/с;

$t_{з.ш.}$ - час від спрацювання світлофора до початку закриття шлагбауму на в'їзді, с

$t_{сnp}$ - час спрацювання шлагбауму, с;

$t_{затp}$ - час від закриття шлагбаумів до прибуття локомотиву на переїзд, с.

Умовні позначення на рис. 2.10 означають наступне:

1 – межа проїзної частини; 2- дорожній знак «Обмеження максимальної висоти»; 3 - запасні ручні шлагбауми; 4 – напрямляючі стовпчики; 5 – огороження; 6 – споруди водовідведення; 7 – дерев'яні бруси; 8 – контррейки; 9 – колія; 10 – загороджувальний світлофор; 11 – сигнальний знак «Свисток»; 12 – дорожнє покриття; 13 – стійка для встановлення переносних залізничних сигналів; 14 – будівля для чергового; 15 – світлофор переїзної сигналізації; 16 – автоматичний шлагбаум; 17...20 – дорожні знаки (в дужках вказані значення для швидкості поїзда більше 120 км/год).

Розраховуємо час від спрацювання світлофора до початку закриття шлагбауму на в'їзді за формулою (2.23):

$$\begin{aligned} t_{з.ш.} &= 1 + \frac{V_a}{2 \times 2.75} + \frac{L_{авт} + 3}{V_a}, \text{але} \\ t_{з.ш.} &\geq 6 + \frac{L_{авт}}{V_a} \end{aligned} \quad (2.23)$$

$$\begin{aligned} t_{з.ш.} &= 1 + \frac{5,56}{2 \cdot 2.75} + \frac{13,6 + 3}{5,56} = 5, \text{але} \\ t_{з.ш.} &\geq 6 + \frac{13,6}{5,56} = 9 \end{aligned}$$

Після розрахунку часу від спрацювання світлофора до початку закриття шлагбауму на в'їзді – маємо можливість розрахувати довжину ділянки наближення за формулою (2.22):

$$L = 11,11 \times \left(9 + 2 \cdot 5 + \frac{(1,52 + 11 + 11) + 13,6}{5,66} + 30 \right) = 619 \text{ м}$$

В момент в'їзду поїзда на ділянку наближення біло-місячний сигнал змінюється на червоний почергово миготливий. Через $t_{з.ш.}$ с 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.

Відстань між стоп-лініями на переїзді розраховується за схемою в залежності від кількості колій (ширина колії 1520 мм, відстань між вісями колій 6м). Час від закриття шлагбаумів до прибуття локомотиву на переїзд прийняти 0,5 хв.

Режим роботи світлофорної сигналізації переїзду та регульованого перехрестя пропонується зробити взаємозалежним. У базовому варіанті задача полягає у тому, або уникнути виїзду в зону перетину колій та дороги автомобільних транспортних засобів, водії яких помилково керуються дозволяючим сигналом іншого транспортного світлофора.

Такої ситуації можна уникнути, якщо під час спрацювання датчиків наближення рухомого складу залізниці на ділянці наближення до переїзду, телемеханічна система переїзної сигналізації буде подавати керуючий сигнал пристрою керування світлофорним об'єктом, отримавши який, об'єкт переходить у режим миготіння жовтого сигналу.

Звичайно, режим миготливого жовтого сигналу не є найкращим з точки зору рівня безпеки дорожнього руху, проте, в даному випадку він дозволяє запобігти дорожньо-транспортним пригодам із тяжкими наслідками, пов'язаними із наїздом рухомого складу залізниці на автомобільні транспортні засоби.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	54	55	56	57	п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
світлофори																																			о											
шлагбаум в																																			ї											
шлагбаум вих																																			з											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	1	2	3	27	28	29	30	д	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		

	- відкрито
	- починається(відключається)
	- закрито(червоний сигнал)
	- біло-місячний сигнал

Рисунок 2.11 – Діаграма роботи технічних засобів

3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Розрахунок капітальних витрат

До капітальних витрат належать витрати по придбанню дорожнього контролера, кабель КВВГ 4х1 довжиною 50 м., транспортний світлофор Т 6.5, шлагбаум автоматичний переїзний АШ-06, також проведення пусконаладочних робіт та впровадження режиму для перехрестя Тиражної вул. та Інститутської вул.

Витрати на закупівлю технічного обладнання та проведення необхідних робіт приведені у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Капітальні вкладення

Позиція	Вартість, грн
Кабель КВВГ 4х1 50 м.	1594,5
Контролер дорожній КДК 32-02	200629,4
Світлофор біля шлагбауму транспортний Т6.5	13200
Шлагбаум автоматичний переїзний АШ-06	345200
Пусконаладочні роботи	15325
Впровадження режиму	14637,6

Сума капітальних вкладень становитиме:

$$K = 1594,5 + 200629,4 + 13200 + 345200 + 15325 + 14637,6 = 590586,5 \text{ грн}$$

3.2 Розрахунок річних експлуатаційних витрат

Амортизаційні витрати на технічні засоби для першого року експлуатації становлять:

$$A = \frac{K_{\text{б}} \cdot n_a}{100}, \quad (3.1)$$

де n_a - норма річних амортизаційних відрахувань на повне поновлення технічних засобів і їх капітальний ремонт, приймаємо III групу – 24 %.

Амортизаційні витрати становитимуть:

$$A = (200629,4 + 13200 + 345200) \cdot 0,24 = 134167,06 \text{ грн/рік}$$

Експлуатаційні витрати на ремонт технічних засобів становлять:

$$C_{\text{рем}} = (200629,4 + 13200 + 345200) \cdot 0,05 = 27951,47 \text{ грн/рік}$$

1.4. Витрати на електроенергію, яку споживають технічні засоби:

$$I_{\text{ен}} = q \cdot T_{\text{рб}} \cdot B_{\text{ен}} \cdot K_{\text{м}}, \quad (3.2)$$

де q - встановлена потужність токоприймача, $q = 20$ кВт;

$T_{\text{рб}}$ - тривалість-роботи протягом року, $T_{\text{рб}} = 8760$ год;

$B_{\text{ен}}$ - вартість 1 кВт/год електроенергії, $B_{\text{ен}} = 2,64$ грн;

$K_{\text{м}}$ - коефіцієнт використання встановленої потужності, $K_{\text{м}} = 0,7$.

$$I_{ен} = 20 \cdot 8760 \cdot 2,64 \cdot 0,7 = 323769,6 \text{ грн/рік}$$

Загальні експлуатаційні витрати складають:

$$C = 134167,06 + 27951,47 + 323769,6 = 485888,13 \text{ грн/рік}$$

3.3 Економія від зменшення затримок транспорту на перехресті

При базовому варіанті – всі учасники руху зупиняються перед знаком 2.2 «Проїзд без зупинки заборонено», встановлений перед залізничним переїздом, що не охороняється та не обладнаний світлофорною сигналізацією, водій повинен зупинитися перед стоп-лінією, а за її відсутності - перед цим знаком.

Тим самим, витратити час, на те, щоб впевнитись у відсутності рухомого складу, що буде рухатись через залізничний переїзд.

Розрахунок загальних транспортних затримок відбувається наступним чином:

$$Z_{заг} = \frac{z_0 \cdot N \cdot 10 \cdot 365}{3600}, \quad (3.3)$$

де z_0 - затримки при базовому варіанті, $z_0 = 4$ с;

N – інтенсивність руху за видом транспортних засобів, авт/год.

Заміри інтенсивності руху транспорту та пішоходів на перехресті Тиражної вул. та Інституцької вул. дали наступні результати:

- з 8⁰⁰ до 9⁰⁰

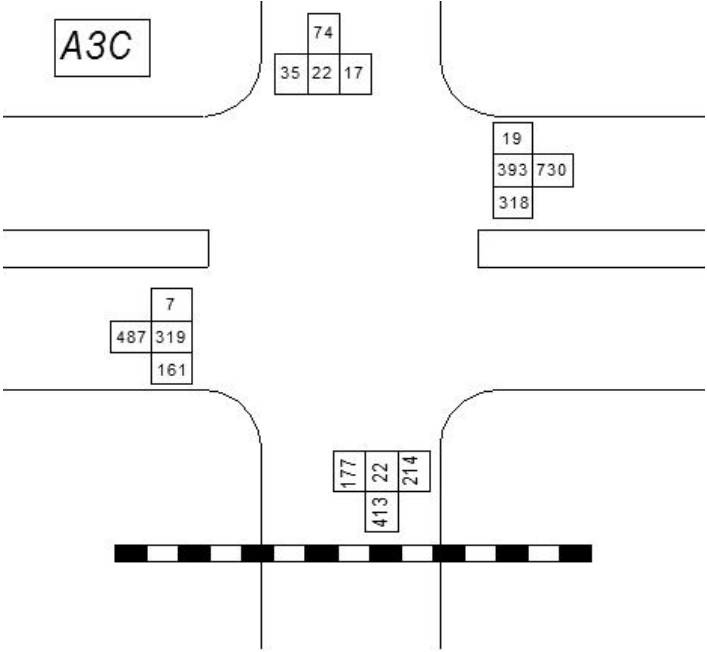


Рисунок 3.1 – Інтенсивність руху з 8⁰⁰ до 9⁰⁰

- з 12⁰⁰ до 13⁰⁰

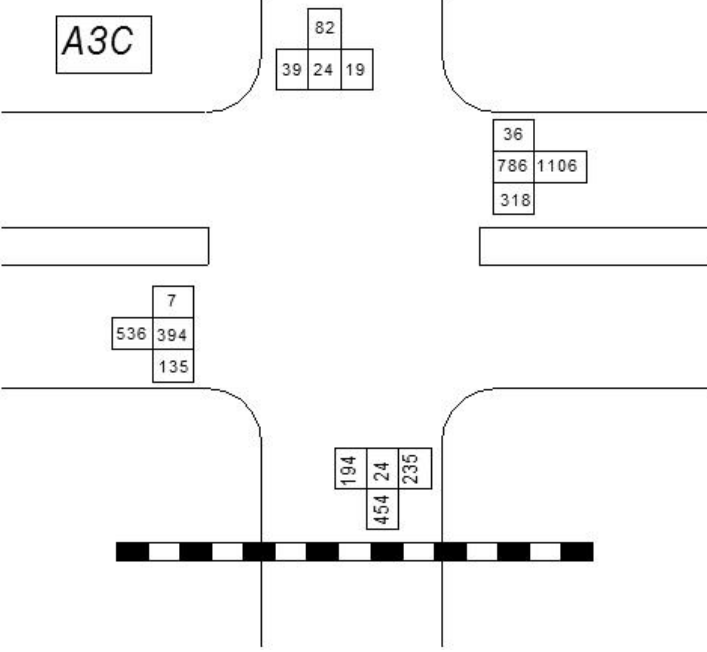


Рисунок 3.2 – Інтенсивність руху з 12⁰⁰ до 13⁰⁰

- з 17⁰⁰ до 18⁰⁰

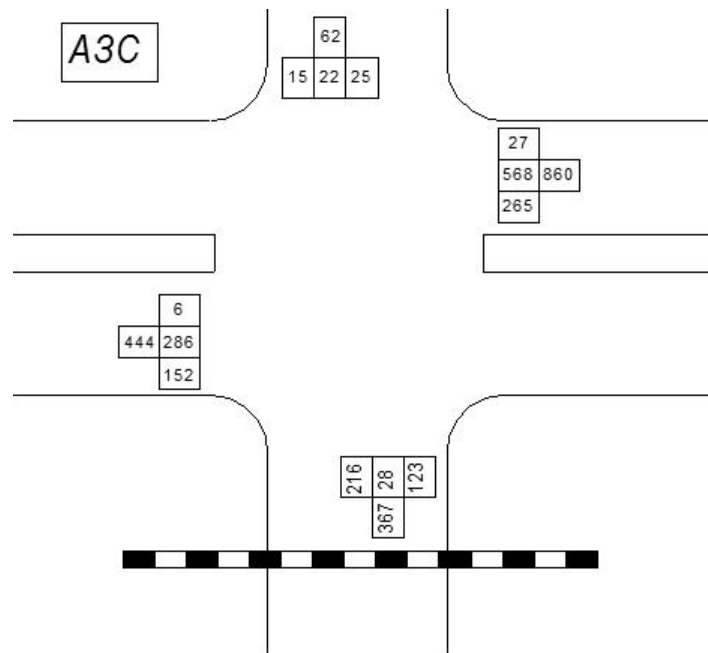


Рисунок 3.3 – Інтенсивність руху з 17⁰⁰ до 18⁰⁰

Для прикладу, розрахуємо загальні транспортні затримки для мікроавтобусів:

$$Z_{\text{заг}} = \frac{4 \cdot 98 \cdot 10 \cdot 365}{3600} = 397 \text{ год/рік.}$$

Оскільки транспортні засоби стривають на проїзд залізничного рухомого складу через переїзд як в базовому, так і в проектному варіанті, то й у формулі їх можна одразу використати для обох випадків. Різниця у затримках полягає у тому, що транспортні засоби не зупиняються кожен раз на вимогу дорожнього знаку пріоритету 2.2 «Проїзд без зупинки заборонено», а керуються дивлячись на сигнали світлофора, який має пріоритет перед знаком 2.2 та можуть не зупинятися при відповідному сигналі, який дозволяє рух через переїзд.

Вартість цієї різниці визначається таким чином:

$$C_{тз} = Z_{заг} \cdot D_i \cdot S \quad (3.4)$$

де $Z_{заг}$ - загальні транспортні затримки, год/рік;
 D_i - частка в потоці транспортних засобів і – го виду;
 S – вартість машино-години і-го виду ТЗ.

Наприклад, для мікроавтобусів:

$$C_{мікр} = 397 \cdot 0,08 \cdot 454,36 = 14446,7 \text{ грн/рік.}$$

Розрахунок вартості затримок пасажирів транспортних засобів провадиться за формулою:

$$C_{пас} = Z_{заг} \cdot D_i \cdot P \cdot K_{впм} \cdot S_g \quad (3.5)$$

де P – пасажиромісткість і-го виду ТЗ, пас;
 $K_{впм}$ – коефіцієнт використання пасажиромісткості;
 S_g – вартість години часу пасажирів, $S_g = 40,46$ грн.

Наприклад, для мікроавтобусів:

$$C_{пас} = 397 \cdot 0,08 \cdot 18 \cdot 0,75 \cdot 40,46 = 17367,1 \text{ грн/рік}$$

Для зручності виконання розрахунків доречно привести необхідні дані у вигляді таблиці, яка наведена нижче(таблиця 3.2).

Таблиця 3.2 – Параметри розрахунку вартості затримок

Тип учасника дор. руху	пішохід	легкові	вантажні	автобуси	мікроавт
Інтенсивність, авт/год		1267	168	32	98
Доля в потоці, %		70	17	5	8
Пасажиromісткість, пас		4	2	50	18
Коеф. використ. пасажиромісткості		0,4	0,5	0,75	0,75
Вартість машино-години, грн		233,72	337,75	681,55	454,36
Вартість години людини, грн	40,46				

Таблиця 3.3 – Результати розрахунку вартості затримок

Вид транспортного засобу	легкові	вантажні	автобуси	мікроавт	РАЗОМ
Транспортні затримки, год/рік	5138	681	130	397	6346,9
Вартість затримок транспортних засобів, грн/рік	840643,7	39120,9	4422,5	14446,7	898633,8
Вартість затримок пасажирів, грн/рік	232847,1	4686,3	9845,3	17367,1	264745,8
ЗАГАЛОМ, грн/рік	1073490,8	43807,2	14267,8	31813,7	1163379,5

$$E_{затр} = 1163379,5 \text{ грн/рік}$$

3.4 Розрахунок терміну окупності проєкту

Оскільки за результатами запровадження запропонованих у проєкті оперативних заходів організації дорожнього руху ефект спостерігається у зменшенні транспортних затримок та зростанні рівня безпеки дорожнього руху, то загальна економія розраховується за формулою:

$$E = E_{затр} - C, \quad (3.14)$$

$$E = 1163379,5 - 485888,13 = 677491,4 \text{ грн/рік}$$

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

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

З урахуванням попередньої формули, отримаємо:

$$T_{ок} = \frac{590586,5}{677491,4} = 0,87 \text{ року.}$$

Термін окупності проекту – 0,87 року.

Таблиця 3.4 -Техніко-економічні показники проекту

Показник	Базове значення	Проектне значення
Капітальні вкладення, грн.	-	590586,5
Додаткові річні експлуатаційні витрати, грн	-	485888,13
Економія від зменшення затримок, грн/рік	-	1163379,5
Загальна економія, грн./рік	-	677491,4
Термін окупності проекту, років	-	0,87

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКИ У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В розділі дипломного проекту з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях, відповідно до теми, «Підвищення безпеки руху в районі залізничного переїзду на перегоні Дніпробуд-1 — Хортиця у м. Запоріжжя» розглядається аналіз потенційних небезпек[14], які можуть підстерігати дослідника та робітників.

4.1 Аналіз потенційних небезпек

4.1.1 Можливі наїзди на транспорт та пішоходів, що рухається через переїзд.

4.1.2 При перевезенні насипного вантажу(вугілля, піску, руди та ін.) можливе розсипання та розпилення вантажу на прилеглу територію. Що в свою чергу може призвести до забруднення зовнішнього середовища, накопичення вантажу на переїзді та заваді руху через нього.

4.1.3 За розташування колії вище стандартного рівня - можливе зіпсування коліс транспортного засобу, що рухається з підвищеною швидкістю.

4.1.4 В свою чергу, при русі через залізничний переїзд зі швидкістю менше, ніж 20 км/год, можуть утворюватися затори. Крім того, підвищується ризик зіткнення потяга з транспортними засобами.

4.1.5 При підготовці збірних клем для дорожнього контролера у виробничому приміщенні можливе ураження електричним струмом.

4.1.6 При *фактично виміряних значеннях у майстерні:*

мікроклімату за ТНС-індексом[15] у 25 °С буде підвищена втомлюваність працівників;

освітленості робочого місця у 320 лк працівники будуть щуритись та псувати зір. Також підвищений рівень травматизму;

загальних енергозатратах організму у 300 Вт можливі неправильна збірка елементів конструкцій та неправильні дії працівника, що може в свою чергу призвести до ураження електричним струмом.

Тривалості зосередження уваги(у відсотковому значенні від часу зміни)у 78 з 75 допустимих можлива перевтома працівників.

4.2 Заходи по забезпеченню безпеки

Для зменшення кількості наїздів на транспортні засоби та пішоходів пропонується встановити шлагбауми з відповідним світлофорним регулюванням, яке розглядається у дипломному проєкті.[16]

При перевезеннях насипного вантажу(вугілля, піску, руди та ін.) задля уникнення розсипання та розпилення вантажу на прилеглу територію рекомендується використовувати критий рухомий склад, а при його відсутності – накривати відкритий рухомий склад тентом. Це не тільки покращить ситуацію на залізничному переїзді, а й дасть змогу покращити характеристики вантажу, що перевозиться.[17]

Щоб не замінювати залізничне полотно та нівелювати різницю у горизонтальній площині колії з дорожнім полотном, по якому здійснюють рух автомобільні транспортні засоби, можна замінити плити залізничного переїзду чи оновити існуючі.[18]

Електроживлення виробничої ділянки здійснюється від мережі змінного струму напругою 220 В з частотою 50 Гц. Відповідно до вимог «ПУЕ»[19], дорожній контролер та його складові - характеризується як електроустановки до 1000 В, тому згідно вимог глави 1.7 «ПУЕ»[19], величина опору контуру захисного заземлення електрообладнання у будь-яку пору року не перевищує – 4 Ом. Також необхідно використовувати ЗІЗ згідно «Правил експлуатації електрозахисних засобів»[20] задля запобігання ураження електричним

струмом. Використовувати тільки перевірений робочий інструмент та вказівник напруги керуючись правилами «ПБЕЕС»[21].

При порівнянні зі значеннями ГДР[22]:

для зменшення зосередження уваги(у відсотковому значенні від часу зміни) та кількості стереотипних рухів при виконанні роботи у виробничому приміщенні, необхідно робити перерву в роботі(пропонується роботи короткі перерви у розмірі 10-15 хв. через 1,5 – 2 години від початку виконання роботи).

4.3 Заходи з виробничої санітарії та гігієни праці

При порівнянні зі значеннями ГДР[22]:

мікроклімату за ТНС-індексом необхідно зробити вентиляцію приміщення або встановити необхідну температуру за допомогою пристрою для охолодження повітря, наприклад встановити вентилятор, або кондиціонер;

освітленості робочого місця необхідно встановити додаткове освітлення у вигляді настільних ламп або заміни лампочки на більш потужні;

підвищених загальних енергозатратах організму можна підвищити перерви в роботі чи перерозподілити обов'язки.

У відповідності до виробничої ділянки, вносимо наявні заміряні фактори умов праці та виробничого середовища, що впливає на працівника в процесі трудової діяльності. Відповідно до додатка А[15], за витратами енергії, визначаємо категорію робіт для електромеханіка дільниці. Умови праці, за витратами енергії, не повинні перевищувати 290 Вт (201-250 ккал/год.) що відповідає помірним фізичним напруженням – категорії Пб.

З додатків[15], відповідно до категорії робіт Пб, розряду зорових робіт А-5 та виявлених показників умов та напруженості праці, визначаємо ГДР виявлених факторів і показників та вносимо їх значення до стовпчика 4, таблиці 4.2 «Результати оцінювання за бальною шкалою».

Таблиця 4.1 - Вихідні дані

Фактор (показник)	Фактично виміряні	Час дії, год	ГДК, ГДР, показники <i>P_{доп}</i>
Умови праці:			
Мікроклімат за ТНС-індексом, <i>t</i> , °C	25	8	21-23,9
Освітленість <i>E</i> , лк	320	8	400
Розряд і підрозряд зорових робіт, <i>Зор</i>	5	5	-
Рівень шуму <i>L</i> , дБ А	40	1,5	50
Важкість праці:			
Загальні енергозатрати організму, Вт	300	7	233-290
Стереотипні робочі рухи (кількість за зміну), при локальному навантаженні (за участю м'язів кистей та пальців рук)	38000	5	44000
Напруженість праці:			
Тривалість зосередження уваги (в % від часу зміни)	78	5	75
Тривалість робочого дня, год.	8	8	8

Таблиця 4.2 - Результати оцінювання за бальною шкалою

Фактор (показник)	Фактор (показник) <i>P_{вим}</i>	<i>Час дії</i> <i>год.</i>	<i>ГДК, ГДР,</i> <i>показники,</i> <i>P_{доп}</i>	<i>Хвизн,</i> бали	Клас умов праці	<i>Хі,</i> бали
1	2	3	4	5	6	7
Мікроклімат за ТНС- індексом, <i>t</i> , °C	25	8	21-23,9	3	3.3	3
Освітленість <i>E</i> , лк	320	8	400	-	3.1	1
Розряд зорових робіт, <i>Зор</i>	5	-	-	-	-	-
Рівень шуму <i>L</i> , дБА	40	1,5	50	-	2	-
Загальні енергозатрати організму, Вт	300	7	233-290	0,91	3.2	2
Стереотипні робочі рухи.	38000	5	44000	0,54		
Тривалість зосередження уваги (в % від часу зміни)	78	5	75	0,65		
Тривалість робочого дня, год.	8	8	8	0,15		

Для окремих факторів і показників згідно вимог «Гігієнічною класифікацією праці», визначаємо розрахункові коефіцієнти $X_{визн}$ та вносимо їх значення до стовпчика 5, таблиці 4.1:

- для гігієнічної оцінки мікроклімату на виробничій ділянці використовуємо ТНС-індекс, додаток Б[15]. Розрахунковий коефіцієнт $X_{визн}$ при оцінці мікроклімату визначаємо в балах:

$$X_{визн} = \frac{1 \cdot t_1 + 2 \cdot t_2 + 3 \cdot t_3 + 4 \cdot t_4}{T} = \frac{3 \cdot 8}{8} = 3 \quad (4.1)$$

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

а) Загальні енергозатрати організму, $K_{знач} = 1,0$

$$X_{визн} = \frac{P_{вим} \cdot T \cdot K_{знач}}{8 \cdot P_{дон}} = \frac{300 \cdot 7 \cdot 1,0}{8 \cdot 290} = 0,91 \quad (4.2)$$

б) При загальному навантаженні (за участю м'язів рук, тулуба, ніг):, $K_{знач} = 1,0$

$$X_{визн} = \frac{P_{вим} \cdot T \cdot K_{знач}}{8 \cdot P_{дон}} = \frac{38000 \cdot 5 \cdot 1,0}{8 \cdot 44000} = 0,54 \quad (4.3)$$

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

$$X_{визн} = \frac{P_{вим} \cdot T \cdot K_{знач}}{8 \cdot P_{дон}} = \frac{78 \cdot 5 \cdot 1,0}{8 \cdot 75} = 0,65 \quad (4.4)$$

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

$$X_{визн} = \frac{P_{вим} \cdot T \cdot K_{знач}}{8 \cdot P_{дон}} = \frac{8 \cdot 8 \cdot 0,15}{8 \cdot 8} = 0,15 \quad (4.5)$$

Визначаємо клас та ступінь шкідливості умов праці для кожного з виявлених факторів і показників та вносимо їх значення до стовпчика 6, таблиці 4.2 «Результати оцінювання за бальною шкалою»:

- для мікроклімату, відповідно до значення розрахункового коефіцієнта $X_{визн} = 3$, з таблиці 7.2[15] – 3 клас, 3 ступінь (3.3);

- при оцінці освітленості робочої зони приміщення, клас та ступінь шкідливості умов праці визначаємо у відповідності до $P_{вим} = 320$ лк, за додатком Г[15] та табл. Г.І[15] – 3 клас, І ступінь (3.1);

- для гігієнічної оцінки рівня шуму, клас та ступінь шкідливості умов праці визначаємо у відповідності до виміряного значення рівня шуму $P_{вим} = 40$ дБа, за додатком Д[15] та табл. Д.І[15] – відповідає 2 класу, тобто допустимий. Рівень шуму не перевищує гранично допустимий рівень фактора тому можна виконувати встановлення устаткування та його підключення.

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

$$X_{сум} = \sum_{i=1}^n X_i = 0,91 + 0,54 + 0,65 + 0,51 = 2,61 \quad (4.6)$$

З таблиці 7.3[15] за значенням суми розрахованих балів показників $X_{сум} = 2,61$ – 3 клас, 2 ступінь (3.2);

В результаті досліджень, відповідно до розрахунків, встановлено, що умови праці на робочому місці електромеханіка дільниці належать до 3 класу, 2 ступеню.

Оскільки при гігієнічній оцінці виявлена наявність роботи з важкими та шкідливими умовами 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 4.2 «Результати оцінювання за бальною шкалою»:

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

- при оцінці впливу освітленості, виходимо з того що вона відповідає 3 класу, 1 ступеню умов праці та діє протягом 8 годин, тому корегування не потрібно – $X_{cm} = X_i = 1$;

- Оцінювання впливу шуму не потрібно, оскільки його значення не виходить за межі ГДР.

- 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 :

$$X_{факт} = \sum_{i=1}^n X_i = 3 + 1 + 2 = 6 \quad (4.7)$$

Розмір доплати за умовами праці визначаємо в залежності від їх фактичного стану – $X_{факт} = 6$, 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[15]. Розмір доплати до тарифної ставки (окладу) – 12 %

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 слюсаря-електромеханіка дільниці, згідно результатів досліджень, належать до 3 класу, 2 ступеню (з важкими та шкідливими умовами праці), що не відповідає вимогам Державних санітарних норм та правил «Гігієнічної класифікації 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 слюсаря-електромеханіка дільниці належать до категорії 2б, тому необхідно привести ці умови у відповідність до нормативних значень, які відповідають оптимальним параметрам для категорії 2б;

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

- для забезпечення нормованої освітленості робочого місця, яке відповідає розряду зорових робіт необхідно провести додаткові розрахунки та визначитися з потужністю ламп, типом ламп та світильників, їх раціональним розміщенням;

- для зменшення загальних енергозатрат організму, необхідно скоротити тривалість робочого дня до 6 або 7 год;

- для зменшення напруженості праці при загальному навантаженні, за участю м'язів рук, тулуба і ніг за зміну 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. Розміри доплат за умовами праці в залежності від її фактичного стану (*Хфакт*) встановлюються керівниками об'єднань підприємств і установ по узгодженню з профспілковим комітетом(представником трудового (колективу) за результатом атестації робочих місць (дослідження фактичного стану умов праці) 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», таблиці 7.4[15].

До фактично відпрацьованого часу, на який, не включається :

- час усіх видів відпусток;
- час, протягом якого працівник хворів;
- час виконання державних і громадських обов'язків;
- час простоїв, якщо вони офіційно оформлені згідно з законодавством;
- час, коли з виробничих потреб працівника було переведено за наказом керівника на іншу роботу, не обумовлену трудовим договором;
- час обідньої перерви, якщо працівник згідно з Правилами внутрішнього трудового розпорядку має можливість використати її на свій розсуд.

Якщо, з об'єктивних причин, вищезазначені заходи неможливо виконати, необхідно забезпечити доплати до тарифної ставки за роботу з важкими та шкідливими умовами праці, відповідно до таблиці 7.4[15], у розмірі 12 %.

4.4 Заходи з пожежної безпеки

Комплекс протипожежних заходів для виробничого приміщення розроблений згідно вимог НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні»[23].

Електричне обладнання, апарати, прилади, електроштити зі ступенем захисту оболонок менше IP 44 повинні розміщуватися на відстані не менше 1 м від горючих матеріалів, за винятком матеріалів груп Г1, Г2.

Замір опору ізоляції і перевірка спрацювання приладів захисту електричних мереж та електроустановок від короткого замикання мають проводитись 1 раз на 2 роки, якщо інші терміни не обумовлені Правилами технічної експлуатації.

У приміщеннях категорій А, Б, В за вибухопожежною та пожежною небезпекою має бути забезпечено дотримання вимог електричної іскробезпеки.

У разі монтажу тимчасового електрообладнання слід вимірювати опір ізоляції електричних мереж та електроустановок із складанням актів.

Тип вогнегасника, який можна використовувати для гасіння пожеж, відомий як вогнегасник класу С. Це можуть бути як порошкові вогнегасники, наприклад ВП-5, так і вуглекислотні вогнегасники, наприклад ВВК-3,5.

Вогнегасники класу С спеціально розроблені для гасіння пожеж, спричинених електричним обладнанням, таким як прилади, двигуни та трансформатори. Вони містять непровідний вогнегасний агент, такий як двоокис вуглецю або сухий хімікат, який не проводить електрику. Ці вогнегасні речовини працюють, пригнічуючи вогонь і видаляючи кисень, що його живить.

ВИСНОВКИ

В результаті роботи маємо запропонований варіант організації дорожнього руху на переїзді з встановленим автоматичним шлагбаумом та світлофором з місячно-білим сигналом, що дає змогу транспортним засобам не зупинятися кожен раз на вимогу дорожнього знаку пріоритету 2.2 «Проїзд без зупинки заборонено», а орієнтуватись, на сигнали трисекційного залізничного переїзного світлофора, який має пріоритет перед знаком 2.2.

В порівнянні з існуючим варіантом, при якому всі учасники руху зупиняються перед знаком 2.2 «Проїзд без зупинки заборонено» перед стоп-лінією, а за її відсутності - перед цим знаком та переконуються у відсутності рухомого складу, який рухається залізничною колією.

Визначені конкретні параметри режимів світлофornoї сигналізації на перехресті, що впритул прилягає до залізничного переїзду та нормалізовано рух через нього.

Також, слід зазначити, що дорожній рух на регульованому перехресті у вільних для руху транспорту та пішоходів напрямках зупинятися не буде, тому непродуктивні затримки учасників дорожнього руху буде зведено до мінімуму, за рахунок чого при капітальних вкладення у 590 тис. грн. протягом 10 місяців проєкт окупиться.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Забезпечення безпеки руху на залізничних переїздах: монографія / О. М. Возняк, В. І. Гаврилюк. Дніпро: ДНУЗТ, 2019. 282 с.
2. Гумбатов, А. А. Розвиток транспортних сполучень в контексті забезпечення безпеки залізничних перевезень. *Транспортна безпека: правові та організаційні аспекти*: матеріали XV міжнар. наук.-практ. конф., м. Кривий Ріг, 13 лист. 2020 р. Кривий Ріг, 2020. С. 92 – 95.
3. Возняк, О. М. Модель індуктивного датчика контролю автодорожніх транспортних засобів у межах залізничних переїздів. *Електромагнітна сумісність та безпека на залізничному транспорті*. 2018. № 15. С. 57–69.
4. Семенов, С. Г., Ліпчанська, О. В. Інтелектуальна система контролю стану небезпечних ділянок залізничного шляху. *Сучасні інформаційні системи*. 2018. № 2. С. 89 – 93.
5. Колісник К. Г., Бойко Е.В., Зроднікова К.В. Аналіз причин і наслідків масштабних подій з початку історії залізниці в Україні. Кроки до покращення безпеки руху на залізничному транспорті. *Збірник наукових праць студентів та магістрів*. 2022. № 20. С. 96 - 105.
6. Овчаренко, Т. Г. Дослідження сучасних методів регулювання руху транспортних засобів на залізничних переїздах. *Збірник наукових праць студентів та магістрів*. 2022. № 20. С. 124 – 133.
7. Батиргаєва, В. С. Окремі фокуси проблеми автотранспортної безпеки в Україні. *Державна політика у сфері убезпечення дорожнього руху: теорія, законодавство, практика*: матеріали всеукр. наук.-практ. конф., м. Харків, 5 лист. 2021 р. Харків, 2021. С. 22 – 25.
8. Курган, М. Б., Гаврилов М. О., та ін. Оцінка безпеки руху транспортних засобів на перетині автомобільної дороги й залізниці в одному рівні. *Наука та прогрес транспорту*. 2022. № 2. С. 45 – 58.

9. Сидоренко, Г. Г., Заяць Ю. Л. Проблема забезпечення безпеки дорожнього руху на залізничних переїздах. *Безпека дорожнього руху: правові та організаційні аспекти*: матеріали XII міжнар. наук.-практ. конф., м. Кривий Ріг, 17 лист. 2017 р. . Кривий Ріг, 2017. С. 201 – 202.

10. Limfntara, A. D. , Nisa V. F. etal. Modeling of Automatic Door at Railroad Crossing Without Guard Based on Internet of Things in Indonesia. *International Journal of Integrated Engineering*. 2020. № 12.9: P. 140-148.

11. Glover J. Modern railways dictionary of railway industry terms: Hersham : Ian Allan Publishing: London. 2005. 160 p.

12. Кузьменко Д.М. (керівник розробки) Пристрої сигналізації, централізації та блокування. Технологічний процес обслуговування. *Міністерство праці та зв'язку України Головне управління автоматики, телемеханіки та зв'язку*. Київ, 2006. 461 с.

13. Інструкція з забезпечення безпеки руху поїздів при виконанні робіт з технічного обслуговування та ремонту пристроїв сигналізації, централізації та блокування (СЦБ) на залізницях України. ЦШЕОТ 0018. / Затв. наказом Міністра транспорту України №492 від 12 жовтня 1999 р. Київ. 1999. 105 с.

14. Метод. вказ. до викон. розд. «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях» в магістерських дипломних роботах зі спеціальностей: 275 – «Транспортні технології (на залізничному транспорті)» за освітньою програмою (спеціалізацією) – «Транспортні технології (на залізничному транспорті)» для усіх форм навчання / М. І. Лазуткін. Запоріжжя, НУ«ЗП», 2020. 35 с.

15. Метод. вказ. до лаб. зан. «Дослідження шкідливих та небезпечних факторів виробничого середовища, важкості і напруженості праці» з дисципліни «Цивільний захист і охорона праці в галузі» для студентів усіх спеціальностей та усіх форм навчання / М. І. Лазуткін, М. О. Журавель. Запоріжжя, НУ«ЗП», 2018. 44 с.

16. Наказ Міністерства транспорту та зв'язку України «Про затвердження Інструкції з улаштування та експлуатації залізничних переїздів» URL: <https://ips.ligazakon.net/document/re13429?an=55>

17. Наказ Міністерства транспорту України «Правила перевезення вантажів навалом і насипом» (ст. 37 Статуту)» URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0795-01#Text>

18. ДСТУ 3587:2022 Безпека дорожнього руху. Автомобільні дороги. Вимоги до експлуатаційного стану. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=99355

19. *Правила улаштування електроустановок: ПУЕ-2017.* Міненерговугілля України, 2017. 617 с.

20. *Правила експлуатації електрозахисних засобів: НПАОП 40.1-1.07-01.* Мінсоцполітики України, 2001. 34 с.

21. *Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів: НПАОП 40.1-1.21-98.* Мінпраці України, 1998. 89 с.

22. *Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу* URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0472-14>

23. *Правила пожежної безпеки в Україні: НАПБ А.01.001-14.* МВС України, 2014. 47 с.