

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівний інститут, транспортний факультет  
(повне найменування інституту, факультету)  
Кафедра транспортних технологій  
(повне найменування кафедри)

**Пояснювальна записка**

до дипломного проєкту (роботи)

магістра

(ступінь вищої освіти)

на тему ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАСТОСУВАННЯ АВТОМАТИЧНОЇ  
ПЕРЕЇЗНОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ У ВЗАЄМОДІЇ ЗІ СВІТЛОФОРНИМ  
РЕГУЛЮВАННЯМ

Виконав: студент(ка) 2 курсу, групи Т-818м

Спеціальності 275 «Транспортні технології»  
(на залізничному транспорті)  
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)  
Транспортні технології  
(на залізничному транспорті)

Григор'єва Є. Г.  
(прізвище та ініціали)

Керівник Трушевський В.Е.  
(прізвище та ініціали)

Рецензент Щербина А.В.  
(прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
**Національний університет «Запорізька політехніка»**  
 (повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут, факультет Машинобудівний інститут, транспортний факультет  
 Кафедра транспортних технологій

Ступінь вищої освіти магістр

Спеціальність 275 «Транспортні технології (на залізничному транспорті)»  
 (код і найменування)

Освітня програма (спеціалізація) Транспортні технології (на залізничному транспорті)  
 (назва освітньої програми (спеціалізації))

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

«07» жовтня 2019 року

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

Григор'свій Євгенії Григорівні  
 (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Дослідження застосування автоматичної переїзної сигналізації у взаємодії зі світлофорним регулюванням

керівник проєкту (роботи) Трушевський Вячеслав Едуардович, канд. техн. наук  
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «11» листопада 2019 року №376

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 29.11.2019 р.

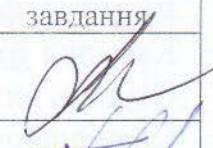
3. Вихідні дані до проєкту (роботи) схема перехрестя. Інтенсивності дорожнього руху, склад транспортних потоків, геометричні характеристики залізничного переїзду та перехрестя.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 2.1 Визначення розрахункової швидкості 2.2 Визначення елементів світлофорного циклу 2.3 Розрахунок режиму роботи світлофорної сигналізації на залізничному переїзді

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. 1. Схема району дослідження. 2 Наявна дислокація технічних засобів організації дорожнього руху. 3 Характеристики дорожнього руху. 4 Наявний режим регулювання. 5 Модель рейкового ланцюга та переїзної автоматики. 6 Проектна дислокація технічних засобів організації дорожнього руху. 7 Проектний режим регулювання. 8 Соціально-економічні параметри

## 6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

| Розділ             | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата                                                                        |                                                                                     |
|--------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|                    |                                           | завдання видав                                                                      | прийняв виконане завдання                                                           |
| Основна частина    | Трушевський В.Е.                          |  |  |
| Економічна частина | Харченко Т.В.                             |  |  |
| Охорона праці      | Лазуткін М.І.                             |  |  |

7. Дата видачі завдання «07» жовтня 2019 року.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів дипломного проєкту (роботи) | Строк виконання етапів проєкту (роботи) | Примітка |
|-------|------------------------------------------|-----------------------------------------|----------|
| 1.    | Аналітична частина                       | 07.10-18.10                             |          |
| 2.    | Основна частина                          | 21.10-04.11                             |          |
| 3.    | Економічна частина                       | 05.11-15.11                             |          |
| 4.    | Охорона праці                            | 18.11-22.11                             |          |
| 5.    | Оформлення МР                            | 25.11-29.11                             |          |
| 6.    | Отримання зовнішніх рецензій             | 02.12-09.12                             |          |

Студент(ка)

  
 (підпис)
Є.Г. Григор'єва  
(прізвище та ініціали)

Керівник проєкту (роботи)

  
 (підпис)
В.Е. Трушевський  
(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

ПЗ: 90 с., 6 рис., 16 табл., джерел 10

Об'єкт дослідження – перехрестя вулиці Тиражна та вулиці Інститутська.

Мета роботи – дослідити застосування автоматичної переїзної сигналізації у взаємодії зі світлофорним регулюванням.

Методи дослідження – статистичний аналіз, аналітичний.

Результати дослідження – досліджено роботу світлофорної сигналізації у взаємодії з автоматичною переїзною сигналізацією, зменшено тривалість світлофорного циклу. Розроблена схема організації технічних засобів на перехресті та залізничному переїзді. За рахунок економії зменшено тривалість затримок транспортних засобів та пасажирів.

СВІТЛОФОРНЕ РЕГУЛЮВАННЯ, ІНТИНСИВНІСТЬ, ТРАЄКТОРІЯ, ПОТІК НАСИЧЕННЯ, ШВИДКІСТЬ РУХУ, МАТРИЦЯ КОНФЛІКТІВ, ПЕРЕЇЗД, ДІЛЯНКА НАБЛИЖЕННЯ.

## ЗМІСТ

|                                                                                            |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Завдання на магістерську роботу.....                                                       | 2  |
| Реферат.....                                                                               | 4  |
| Вступ.....                                                                                 | 6  |
| 1 Аналітична частина.....                                                                  | 7  |
| 1.1 Характеристика району дослідження.....                                                 | 7  |
| 1.2 Аналіз залізничного переїзду.....                                                      | 9  |
| 1.3 Аналіз існуючої схеми технічних засобів організації дорожнього руху на перехресті..... | 23 |
| 2 Основна частина.....                                                                     | 36 |
| 2.1 Визначення розрахункової швидкості.....                                                | 38 |
| 2.2 Визначення елементів світлофорного циклу.....                                          | 44 |
| 2.3 Розрахунок режиму роботи світлофорної сигналізації на залізничному переїзді.....       | 61 |
| 3 Соціально-економічна частина.....                                                        | 65 |
| 3.1 Загальна частина.....                                                                  | 65 |
| 3.2 Розрахунок капітальних вкладень.....                                                   | 66 |
| 3.3 Розрахунок витрат по базовому варіанту.....                                            | 67 |
| 3.4 Розрахунок витрат по проектному варіанту.....                                          | 70 |
| 3.5 Розрахунок техніко-економічних показників проекту.....                                 | 72 |
| 4 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.....                                   | 76 |
| 4.1 Аналіз потенційних небезпек.....                                                       | 76 |
| 4.2 Заходи по забезпеченню безпеки.....                                                    | 77 |
| 4.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці.....                      | 78 |
| 4.4 Заходи з пожежної безпеки.....                                                         | 84 |
| 4.5 Заходи по забезпеченню безпеки у надзвичайних ситуаціях.....                           | 85 |
| Висновки.....                                                                              | 89 |
| Перелік посилань.....                                                                      | 90 |

## ВСТУП

Вся зростаюча роль автотранспорту в житті суспільства вимагає створення необхідних умов для забезпеченості зручності і комфорту транспортного процесу. Для цього на вулично-дорожній мережі та позаміських шляхах, здійснюється постійна і цілеспрямована діяльність по плануванню та оснащення технічними засобами організації дорожнього руху.

В магістерській роботі розглянута взаємодія світлофорного регулювання та автоматичної переїзної сигналізації. Запропоновано зменшити час циклу світлофорного регулювання та внести зміни з оснащення технічними засобами на перехресті та залізничному переїзді.

Для обґрунтування проектних рішень необхідно виконати техніко-економічні розрахунки та порівняти з базовими значеннями.

Зменшення тривалості світлофорного циклу на перехресті є актуальною задачею, оскільки може зменшити затримки транспортних засобів та пасажирів та має економічний ефект.

## 1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

### 1.1 Характеристика району дослідження

Досліджуване перехрестя вулиць Тиражна та Інститутська розташовується в Дніпровському районі.

Дніпровський район розташований вздовж Правого та частково Лівого берегів річки Дніпро. Межує з Вознесенівським районом міста Запоріжжя по залізничній колії та по вул. 12 Квітня; з Заводським районом міста Запоріжжя — уздовж річки Дніпро та частини Восьмого селища по вул. Північне шосе; з Хортицьким районом міста Запоріжжя — уздовж річки Дніпро. Орган управління районом — Дніпровська районна державна адміністрація [1].

Дніпровський район - один з найстаріших районів міста, утворений як адміністративно-територіальна одиниця в 1928 році. Активна забудова району почалася в 30-і роки XX ст., Щоб забезпечити потреби стрімко зростаючих промислових об'єктів Запоріжжя, в першу чергу - ДніпроГЕСу. У 1936 році район був названий Ленінським, в 2016 році перейменований в Дніпровський [1].

Житловий фонд району налічує 32 тис. квартир. Це понад 800 будинків та 21 гуртожиток [1].

Площа району становить 49,67 км<sup>2</sup>, він на десять кілометрів тягнеться уздовж правого берега Дніпра. Населення району станом на 1 січня 2017 року становить 134,372 тисяч осіб. Територія об'єднує кілька селищ і мікрорайонів, які сформувалися в різний час, - Великий Луг, Верхня Хортиця, Правий берег, Бородинський і Осипенківський мікрорайони, Соцмісто. Багатоповерхівки сусідять з численними приватними будинками. У складі району понад 300 вулиць і провулків, в тому числі кінцева частина проспекту Соборної, проспект Металургів, бульвар Вінтера [1].

Основними видами промислової діяльності в районі є: обробна промисловість, виробництво і розподілення електроенергії, газу та води, машинобудування, будівництво та транспорт [1].

На території району розташована низка комунальних підприємств: Дніпровська дільниця КП «Зеленбуд», КП «ЕЛУАШ», дільниця КП «Міськсвітло», філія концерну «Міські теплові мережі» Дніпровського району, Правобережний районний відділ електричних мереж Запорізьких міських електричних мереж ВАТ «Запоріжжяобленерго», дільниця каналізації та водопроводу Дніпровського району КП «Водоканал», річковий порт [1].

В Дніпровському районі розташовані 21 загальноосвітній навчальний заклад комунальної форми власності, 18 дошкільних навчальних закладів та 2 дошкільних відділення при навчально-виховних комплексах. На території району функціонують 2 навчально-виховних заклади недержавної форми власності: спеціалізована школа «Хабар Любавич» з поглибленим вивченням івриту та англійської мови, товариство з обмеженою відповідальністю «Ліцей економіки та інформаційних технологій». У 23 школах Дніпровського району навчаються понад 11,8 тис. школярів, у 18 дошкільних закладах виховуються понад 4,7 тис. малюків [1].

На території Дніпровського району розташована значна кількість історико-культурних національних пам'яток та пам'ятників [1].

На території району розташовані [1]:

- Запорізька обласна філармонія;
- чотири палацу культури: палац культури ПрАТ «Запоріжтрансформатор» ім. Іванова В.А., ТОВ «Соціальні ініціативи Запоріжжя» Палац культури металургів, ДП «Палац культури енергетиків» ПАТ «Запоріжжяобленерго», Палац культури і творчості ПАТ «ЗАЛК»;
- міський палац юнацького та дитячої творчості;
- центр дитячої та юнацької творчості Дніпровського району;
- десять бібліотек.

Територія району включає 13 скверів і 5 парків для відпочинку жителів. Це сквер на площі Запорізької, парки Металургів і Енергетиків. Реконструйовано сквери по бульвару Вінтера, вулицях Товариської, Ладожской, Сергія Синенко, Розенталь [1].

Архітектурною пам'яткою є забудова Соцгорода - приклад радянського конструктивізму. Крім того, на території Дніпровського району знаходиться Музей історії зброї [1].

Найважливішою пам'яткою Дніпровського району і всього міста є гребля ДніпроГЕСу. На Верхній Хортиці збереглися будівлі менонітських поселень Хортиця і Розенталь. Там же росте дуб, якому не менше 700 років. На жаль, потужне дерево зберегло лише одну живу гілку [1].

Схема району дослідження наведена на листі 3 графічної частини.

## 1.2 Аналіз залізничного переїзду

Метою дипломної роботи є дослідження застосування автоматичної переїзної сигналізації у взаємодії з світлофорним регулюванням.

Важливе місце на залізниці займають переїзди – місця перетину на одному рівні залізничної колії та автомобільних доріг. Вони є місцями підвищеної небезпеки для руху як залізничною колією, так і автомобільною дорогою. Переїзди є проблемними об'єктами як для водіїв автодорожніх транспортних засобів (з точки зору витрат часу на пропуск поїздів), так і для залізничних підприємств (з точки зору витрат на їх безпечне утримання) не тільки у нашій країні. Високий ризик інцидентів, значний для обох сторін, зумовлений розмірами руху через переїзди як залізничних так і автодорожніх транспортних засобів [2].

Залізничними переїздами рухаються два різnorідні види транспортних засоби руху, які відрізняються швидкостями, масою та ефективністю гальмівних пристроїв. Гальмівний шлях залізничного поїзда більше ніж у 10

разів перевищує гальмівний шлях транспортних засобів, які рухаються автомобільною дорогою. Тому на залізничних переїздах пріоритет віддається залізничному транспорту – у нормальному режимі експлуатації поїзд не повинен мати завад при русі через переїзд. Тому учасник дорожнього руху повинен бути повідомлений про наближення поїзда та зобов'язаний зупинитися перед переїздом. Таке попередження може бути реалізоване одним із двох способів: за допомогою оптичних або акустичних сигналів, які подаються з поїзда, або за допомогою спеціальних сигналів, які встановлені перед переїздом. Якщо зупинка неможлива внаслідок того, що автомобіль наблизився до переїзду на відстань, яка менша за його гальмівний шлях, або вже в'їхав у межі переїзду, то він повинен мати можливість повністю покинути переїзд без створення аварійної ситуації. Якщо це неможливо, то в багатьох (але не в усіх) країнах обов'язково організовується контроль вільного стану зони залізничного переїзду [2].

Світлофорна сигналізація на переїздах повинна відрізнятися від сигналізації на міських вулицях і автомобільних дорогах для того, щоб водій не міг прийняти залізничний переїзд за звичайне перехрестя чи перетин автомобільних доріг. Тому на залізничних переїздах застосовується особлива автоматична світлофорна сигналізація із двома миготливими червоними вогнями. У нормальному положенні вогні переїзного світлофора вимкнені, вони вмикаються у випадку наближення поїзда до переїзду. Миготливі червоні вогні переїзного світлофора забороняють водіям в'їзд на переїзд і є сигналами особливої небезпеки. Технічні пристрої на переїздах повинні працювати безпечно, тобто їхні несправності не повинні спричиняти небезпечні наслідки. При відмовах технічних засобів повинен бути передбачений режим управління з обмеженою функціональністю, щоб не зупиняти руху через залізничний переїзд. Ще одна важлива вимога полягає в тому, що тривалість знаходження переїзду у закритому стані не повинна перевищувати межі, необхідні для забезпечення безпеки. Тривале закриття автомобільного руху на переїзді здатне стати фактором, який знижує рівень

безпеки, оскільки може спричинити порушення водіями правил руху – спробі проїхати через закритий переїзд. З іншого боку, затримки поїздів знижують пропускну здатність залізничної лінії та порушують виконання графіку руху.[2]

Серед значної кількості технічних рішень щодо пристроїв, що запобігають в'їзду автодорожнього транспортного засобу на закритий переїзд на даний час найбільшого поширення досягли загороджувальні бар'єрні установки (ЗБУ) типу жорсткої механічної перепони. Практика показує, що вони володіють деякими недоліками – зокрема те, що їх застосування можливе тільки на переїздах, де є черговий, який у стані забезпечити надійне функціонування механізмів підймання та опускання металевих плит.[2]

Залежно від алгоритму функціонування апаратури при подачі сповіщення про наближення поїзда, розрізняють системи з фіксованою довжиною ділянки наближення та з фіксованим постійним часом сповіщення [2].

У першому випадку сповіщення на переїзд подається з моменту вступу поїзда на ділянку наближення, вибір довжини якої значно впливає на безпеку руху та пропускну спроможність переїзду. Розрахункова довжина ділянки наближення визначається з умови забезпечення часу сповіщення, достатнього для повного звільнення переїзду транспортним засобом, який вступив на нього в момент увімкнення переїзної сигналізації. Подача сповіщення на переїзд здійснюється при наближенні до нього поїзда, який рухається в будь-якому напрямку, незалежно від спеціалізації колій і напрямку дії колійного блокування. Відкриття переїзду для руху автотранспорту на одноколійних і двоколійних залізничних ділянках при прямуюванні поїзда правильною або неправильною колією, здійснюється після проходження всього складу за переїзд для встановленого напрямку руху. При прямуюванні поїзда у не встановленому напрямку, переїзд відкривається після проходження складу за ділянку наближення зустрічного напрямку.[2]

На даний час на магістральному залізничному транспорті України в основному використовуються системи з фіксованою довжиною ділянки наближення, що обумовлено простотою та порівняно низькою вартістю апаратної їх реалізації та алгоритму управління, який використовується в цих системах. Істотним недоліком даного способу сповіщення є відсутність контролю фактичної швидкості та прискорення поїзда, який наближається. Це спричиняє зайву тривалість закриття переїзду, коли швидкість поїзда на ділянці наближення нижча максимальної, чи при зміні у межах даної ділянки напрямку руху поїзда. Зазначений недолік призводить до триваліших простоїв автотранспорту перед закритим переїздом, що, у свою чергу, спричиняє відповідні матеріальні втрати та негативно позначається на безпеці руху. Проведені дослідження показали, що надмірно тривалий час закриття переїзду провокує деяких водіїв на порушення правил руху через переїзд, спричиняючи, у ряді випадків, серйозні аварії.[2]

Залежно від виду обладнання, яке використовується для отримання та передачі на переїзд інформації про наближення поїзда, можна виділити системи, які використовують колійні педалі; рейкові кола колійного блокування; рейкові кола накладання тональної частоти; лічильники осей; магнітометри, які реєструють зміну сил гравітації при наближенні поїзда; супутникові навігаційні системи [2].

При розташуванні переїзду на ділянці, обладнаній автоблокуванням, для подачі сповіщення про наближення поїзда та про звільнення переїзду використовують рейкові кола. Сповіщення на переїзд може подаватися за одну або дві блок-ділянки. Якщо межі блок-ділянки автоблокування та ділянки наближення не збігаються, рейкові кола не розрізаються, а закриття переїзду здійснюється з витримкою часу, який дорівнює різниці фактичного та розрахункового часу сповіщення. Для вимикання переїздної сигналізації після проходження поїзда, за переїздом встановлюються ізолюючі стики, які ділять рейкове коло на дві частини [2].

Переїзди повинні розташовуватися на прямих ділянках колії та автомобільних доріг за межами виїмок та місць, де не забезпечуються достатні умови видимості [3].

Перехрещення залізничних колій з автомобільними дорогами повинно виконуватися переважно під прямим кутом. При неможливості виконання цієї умови гострий кут між коліями та автомобільною дорогою має бути не менше 60 град. Діючі переїзди, розташовані під більш гострим кутом, повинні перевлаштовуватися відповідно до цієї Інструкції одночасно з реконструкцією автомобільної дороги, вулиці [3].

Забороняється влаштування переїздів через станційні колії, де здійснюється організоване приймання та відправлення або безперервний рух поїздів. Такі переїзди необхідно закривати або переносити на перегін [3].

Автомобільна дорога у поздовжньому профілі протягом не менше 10 м від крайньої рейки по обидва боки від переїзду повинна мати горизонтальну площадку. Поздовжній ухил підходів автомобільної дороги до переїзду протягом не менше 20 м перед горизонтальною площадкою повинен бути не більше 30 проміле [3].

На переїздах, що розташовані на головних коліях, повинна бути забезпечена водіям транспортних засобів на відстані 50 м від крайньої рейки видимість поїзда, що наближається з будь-якого боку за 400 м від переїзду. Для поїздів задовільною є видимість, за умовами якої машиніст поїзда, що наближається, міг бачити середину переїзду на відстані 1000 м. При незадовільних умовах видимості для водіїв транспортних засобів або машиністів поїздів перед переїздами без чергового працівника встановлюються додаткові сигнальні та відповідні дорожні знаки. У разі відсутності капітальних будівель у зоні переїзду видимість повинна бути відновлена в термін, що не перевищує 10 діб з часу виявлення [3].

Проїзна частина переїзду складається з настилу та під'їздів. Ширина проїзної частини переїзду повинна відповідати ширині проїзної частини автомобільної дороги, але не менше 6 м [3].

На переїздах із черговим у середині кожної колії влаштовується пристосування для встановлення переносних сигналів зупинки поїзда (щита червоного кольору та ліхтаря з червоним вогнем), а також обладнання для визначення нижньої негабаритності в поїздах, яке встановлюється перед переїзним настилом на дерев'яній або між залізобетонними шпалами [3].

На відстані не менше ніж 2,5 м від крайньої рейки на узбіччі автодороги розташовуються сигнальні огорожування (стовпчики) висотою 0,75-0,8 м, їх відстань від брівки земляного полотна та від краю проїзної частини повинна становити відповідно не менше 0,35 м і не менше 0,75 м, а відстань між осями стовпчиків - 1,5 м. Кількість стовпчиків, перил чи іншої огорожі залежить від висоти насипу і визначається проектом [3].

Переїзди з інтенсивністю пішохідного руху більше 100 чол/год, а також переїзди, що розташовані у населених пунктах, повинні обладнуватися пішохідними доріжками, тротуарами та звуковою сигналізацією, яка вмикається при подачі сповіщення про наближення до переїзду поїзда, а вимикається при відсутності даного сповіщення. Порядок дій чергового по переїзду у випадках несправностей дзвінків на переїзді повинен бути зазначений в Інструкції з технічного обслуговування переїзду [3].

На підходах до переїздів з боку залізничної колії повинні бути встановлені постійні попереджувальні сигнальні знаки "С" про подавання машиністами поїздів свистка, а з боку автомобільної дороги на переїздах без чергового - дорожні знаки 1.29 "Одноколійна залізниця" або 1.30 "Багатоколійна залізниця" та інші, передбачені Правилами дорожнього руху. Сигнальні знаки "С" встановлюються з правого боку відповідно до напрямку руху поїздів на відстані 500-1500 м, а на переїздах, де рухаються поїзди із швидкістю понад 120 км/год, - на відстані 800-1500 м від переїздів. Перед переїздами без чергового з незадовільними умовами видимості, крім того, повинні встановлюватися додаткові сигнальні знаки "С" на відстані 250 м від переїзду (на перегонах, де рухаються поїзди зі швидкістю понад 120 км/год, - на відстані - 400 м) [3].

При незадовільній видимості поїздів, що наближаються, перед нерегульованими переїздами з боку автомобільної дороги встановлюється дорожній знак 2.2 "Проїзд без зупинки заборонено", у інших випадках встановлення цього знака не допускається. Необхідність установлення знака визначається представниками Державтоінспекції, дорожньої організації та дистанції колії або власником переїзду, а його установлення здійснює власник залізничної колії [3].

На електрифікованих ділянках з обох боків переїзду повинні бути встановлені дорожні знаки 3.18 "Рух транспортних засобів, висота яких перевищує ... м, заборонено" з цифрою на знаку "4,5 м" на відстані не менше 5 м до шлагбаумів, а при їх відсутності - не менше 14 м від крайньої рейки. Знаки встановлюються власником залізничної колії [3].

На підходах до переїздів з боку автомобільних доріг відповідно до Правил дорожнього руху на відстані 150-300 м, а в населених пунктах - на відстані 50-100 м від крайньої рейки встановлюються дорожні знаки 1.27, 1.28, 1.29, 1.30 "Залізничний переїзд із шлагбаумом", "Залізничний переїзд без шлагбаума" [3].

Переїзди обладнуються шлагбаумами. Бруси автоматичних (напівавтоматичних) та електричних шлагбаумів повинні перекривати не менше половини проїзної частини автомобільної дороги з правого боку відповідно до руху транспортних засобів на переїздах з шириною проїзної частини до 9 м та не менше двох третин на переїздах з шириною проїзної частини 9 м і більше. При цьому ширина не перекритої частини лівого боку проїзної частини автодороги має бути у межах 3-3,5 м. Довжина бруса шлагбаума визначається при проектуванні пристроїв автоматики для залізничних переїздів. З дозволу начальника залізниці на переїздах, які обладнані автоматичною світлофорною сигналізацією з автоматичними (напівавтоматичними) шлагбаумами, можуть встановлюватися додаткові автоматичні (напівавтоматичні) шлагбауми, які разом з основними повністю

перекривають проїзну частину автодороги у обох напрямках руху транспорту [3].

Додаткові автоматичні (напіваавтоматичні) шлагбауми встановлюються на одній осі з основними (з лівого боку дороги за напрямком руху транспортних засобів) і повинні разом з основними шлагбаумами повністю перекривати проїзну частину автодороги. При опущених брусах обох шлагбаумів ділянка проїзної частини автодороги, що не перекривається, повинна бути не більше 1,0 м. При повному перекритті проїзної частини допускається зміщення додаткових шлагбаумів відносно осі основних шлагбаумів не більше 0,5 м. Додаткові шлагбауми не обладнуються переїзними світлофорами [3].

При будівництві нових та реконструкції діючих залізничних ліній або переїздів, у разі необхідності, можливе встановлення загороджувальних бар'єрних пристроїв, які повинні разом зі шлагбаумами перекривати проїзну частину автодороги. Порядок роботи додаткових шлагбаумів та загороджувальних бар'єрних установок, а також дії чергового по переїзду, що обладнаний цими пристроями, визначаються Інструкцією з технічного обслуговування переїзду [3].

Механізовані шлагбауми повинні перекривати всю проїзну частину і мати сигнальні ліхтарі, які вмикаються у темний час доби, а також удень під час поганої видимості (туман, завірюха та інші несприятливі погодні умови). Ліхтарі, що встановлені на загороджувальних брусах механізованих шлагбаумів, повинні сигналізувати в бік автомобільної дороги: при закритому положенні шлагбаума - червоним вогнем, при відкритому - прозоро-білим, а у бік залізничної колії - контрольним прозоро-білим як при відкритому, так і в закритому положенні шлагбаумів. Шлагбауми встановлюються з правого боку відповідно до напрямку руху транспортних засобів на узбіччі автомобільної дороги на відстані не менше 0,35 м від брівки земляного полотна, а відстань від краю проїзної частини до внутрішньої поверхні стійки (опори) шлагбаума повинна становити не менше

0,75 м. Висота шлагбаума повинна бути 1,0-1,25 м від поверхні проїзної частини дороги до осі шлагбаума. Механізовані шлагбауми встановлюються на відстані не менше 8,5 м та не більше 14 м від крайньої рейки [3].

Переїзні світлофори з автоматичними (напіваавтоматичними) та електричними шлагбаумами при довжині бруса шлагбаума до 4 м встановлюються на відстані не менше 6 м, а при довжині бруса шлагбаума 6 і 8 м - відповідно на відстані не менше 8 і 10 м від крайньої рейки. При встановленні переїзного світлофора і шлагбаума на різних основах шлагбауми встановлюються за світлофором на узбіччі автодороги. При відсутності шлагбаумів переїзні світлофори повинні встановлюватися на відстані не менше 6 м від крайньої рейки [3].

Електричне освітлення повинні мати всі переїзди I та II категорій, а також III та IV категорій за наявності поздовжніх ліній електропостачання або інших постійних джерел електропостачання. У необхідних випадках для огляду поїздів, які проходять, переїзди з черговим обладнуються прожекторними установками. Освітленість у межах переїзду повинна бути не менше:

- I категорії - 5 лк, II категорії - 3 лк;
- III категорії - 2 лк, IV категорії - 1 лк [3].

На переїздах, розташованих у населених пунктах, рівень освітленості повинен бути не меншим, ніж передбачено ДСТУ 3587. На автомобільних дорогах I та II категорій, які будуються або реконструюються, підходи до переїзду повинні бути освітлені на відстані 100 м від крайньої рейки. На переїзних постах регульованих залізничних переїздів необхідно встановлювати лічильники спожитої електроенергії [3].

Електропостачання пристроїв переїзної сигналізації та поїзного радіозв'язку на переїзді повинно забезпечуватися від двох незалежних джерел живлення та відповідати вимогам живлення електроприймачів I категорії. З дозволу Державної адміністрації залізничного транспорту України, до завершення перевлаштування електропостачання у діючих пристроях

переїзної автоматики та зв'язку допускається живлення від одної повітряної лінії зв'язку, централізації і автоблокування або повітряної лінії повздовжнього електропостачання. На переїздах як резервне джерело живлення повинен передбачатися акумуляторний резерв [3].

Довжина ділянок наближення має бути розрахована, виходячи з максимальної швидкості руху поїздів, що встановлена на ділянці, і швидкості руху транспортних засобів 8 км/год з найбільшою довжиною транспортного засобу 24 м [3].

При розробленні проектів улаштування автоматики розрахунковий термін сповіщення про наближення поїзда до переїзду визначається у залежності від довжини переїзду і має бути не менше:

- при автоматичній світлофорній сигналізації, у тому числі з автоматичними (напівавтоматичними) шлагбаумами, якщо у ділянці наближення до переїзду входять імпульсні (кодові) рейкові кола постійного або змінного струму - 32 с, у решті випадків - 30 с;
- при встановленні додаткових автоматичних (напівавтоматичних) шлагбаумів додається гарантійний час 10 с на їх закриття;
- при сповіщальній сигналізації з електрошлагбаумами - 40 с [3].

Для забезпечення необхідного терміну сповіщення допускається затримання відкриття вихідних і маневрових світлофорів; затримання відкриття маневрових світлофорів за наявності розрахункового терміну сповіщення не обов'язкове [3].

На переїздах, обладнаних автоматичною переїзною сигналізацією, власниками переїздів, за узгодженням із Державтоінспекцією, може передбачатися встановлення пристроїв відеонагляду проїзної частини переїзду та автодороги [3].

На автомобільних дорогах перед переїздами, обладнаними переїзною сигналізацією, застосовуються світлофори з двома горизонтально розташованими та поперемінно мигаючими червоними вогнями, які сигналізують у такому порядку:

- горить червоний вогонь - рух транспортних засобів заборонено;
- червоний вогонь не горить - рух транспортних засобів дозволяється тільки після того, коли водій переконається у відсутності поїзда [3].

Світлофори встановлюються з правого боку відповідно до напрямку руху транспортних засобів. У окремих випадках (умови видимості, інтенсивність руху) на протилежному боці дороги можуть встановлюватися додаткові переїзні світлофори, які повторюють показання основних переїзних світлофорів. На окремих переїздах без чергового може бути застосована світлофорна сигналізація з двома поперемінно мигаючими червоними вогнями і одним місячно-білим мигаючим вогнем, які сигналізують:

- горить червоний вогонь, місячно-білий вогонь не горить - рух транспортних засобів заборонено;
- горить місячно-білий мигаючий вогонь, червоний не горить - рух транспортних засобів дозволено, переїзна сигналізація справна;
- червоний і місячно-білий вогні не горять - переїзна сигналізація відключена або несправна - рух транспортних засобів дозволено тільки після того, як водій переконається, що до переїзду не наближається поїзд або інша рухома одиниця залізничного транспорту [3].

На переїздах, що розташовані на під'їзних та інших коліях і обладнані світлофорною сигналізацією, повинні встановлюватися маневрові світлофори з червоним та місячно-білим сигнальними вогнями. При цьому має забезпечуватися взаємне блокування, яке гарантує включення місячно-білого вогню на переїзних світлофорах тільки після включення червоного вогню на маневрових світлофорах, а включення місячно-білого вогню на маневрових світлофорах за наявності сповіщення про наближення поїзда до переїзду, тільки після включення червоних сигнальних вогнів на переїзних світлофорах [3].

У разі виключення сигналізації або її несправності черговому найближчої станції або поїзному диспетчеру на ділянках з диспетчерською

централізацією або іншому працівнику повинно автоматично подаватися сповіщення про несправність переїзної сигналізації [3].

Черговий по станції (поїзний диспетчер), одержавши інформацію про несправність пристроїв переїзної сигналізації, повинен зробити відповідний запис у Журналі огляду колій, стрілочних переводів, пристроїв сигналізації, централізації, блокування, зв'язку і контактної мережі (форми ДУ-46), повідомити про це чергових сусідніх станцій, змінного інженера дистанції сигналізації та зв'язку або електромеханіка з обслуговування та ремонту пристроїв автоматики, телемеханіки і зв'язку (далі - електромеханіка), диспетчера дистанції колії або шляхового майстра чи бригадира колії, а при відсутності електропостачання - також чергового енергодиспетчера [3].

Черговий по станції (поїзний диспетчер) по радіозв'язку терміново передає повідомлення машиністам поїздів, які прямують без зупинок на роздільних пунктах у напрямку переїзду, про несправність пристроїв автоматики на переїзді та необхідність проходження його з особливою пильністю та швидкістю, яка встановлена для переїздів без чергового 25 км/год та 40 км/год - для переїздів із черговим. Для поїздів, що зупиняються на станції, про несправність переїзної сигналізації передають письмові попередження або передані через радіозв'язок реєстровані накази чергового по станції або поїзного диспетчера [3].

Автоматична світлофорна сигналізація повинна бути відрегульована таким чином, щоб початок подавання сигналу зупинки в бік автомобільної дороги забезпечував необхідний термін для звільнення переїзду транспортними засобами. При цьому на переїздах, що розташовані на перегоні, червоні мигаючі вогні на переїзних світлофорах та звукова сигналізація для сповіщення пішоходів включаються, а місячно-білі мигаючі вогні (при їх наявності) гаснуть з моменту подачі сповіщення при вступі поїзда на ділянку наближення. На переїздах, у ділянки наближення до яких входять станційні рейкові кола, сповіщення подається під час вступу поїзда на ділянку наближення чи при відкритті світлофора на дозволяюче показання

поїзду і замиканні маршруту через переїзд або при натисненні спеціальної кнопки черговим по станції [3].

Виключення червоних мигаючих вогнів і включення місячно-білих мигаючих вогнів (за їх наявності) відбувається після звільнення переїзду поїздом [3].

Під час руху поїздів у напрямку, що не відповідає визначеному схемою зміни напрямку на одноколійних ділянках, а також по неправильній колії на двоколійних і багатоколійних ділянках, обладнаних для руху в одному напрямку, виключення червоних мигаючих вогнів і включення місячно-білих мигаючих вогнів (за їх наявності) на переїзних світлофорах відбувається після звільнення поїздами ділянок наближення, які розташовані за переїздом відповідно руху поїзда [3].

На переїздах, обладнаних автоматичною світлофорною сигналізацією з автоматичними (напівавтоматичними) шлагбаумами, червоні мигаючі вогні на переїзних світлофорах включаються аналогічно, як на переїздах з автоматичною світлофорною сигналізацією. Через час, визначений розрахунком, бруси шлагбаумів опускаються в горизонтальне положення. При повному звільненні переїзду поїздом загороджувальні бруси автоматичних шлагбаумів підіймаються, після чого червоні вогні на переїзних світлофорах виключаються. Відкриття напівавтоматичних шлагбаумів та виключення мигаючих червоних вогнів на переїзних світлофорах виконується черговим по переїзду натисненням кнопки "Відкриття-підтримання бруса шлагбаума" після звільнення переїзду поїздом [3].

При сповіщальній сигналізації з електричними шлагбаумами включення червоних мигаючих вогнів переїзних світлофорів та закриття електрошлагбаумів здійснюється черговим по переїзду натисненням кнопки на щитку переїзду після отримання сигналу сповіщальної сигналізації. Відкриття електрошлагбаумів та виключення червоних мигаючих вогнів

світлофорів здійснюється після проходження поїзда через переїзд поверненням черговим по переїзду цієї кнопки у вихідне положення [3].

Для сповіщення водіїв про наявність на автодорозі залізничного переїзду на вулиці Тиражна та вулиці Інститутська встановлені пасивні технічні засоби.

Пасивні засоби використовуються, щоб привернути увагу водіїв до місця розташування переїзду та дати їм можливість знизити швидкість і виконати інші необхідні дії. Дані засоби містять, встановлювані безпосередньо біля переїзду знаки «Одноколійна залізниця», а також, розташовані на певній, обумовленій інструкцією, відстані від переїзду попереджувальних знаків «Залізничний переїзд без шлагбаума» [2].

Активні засоби встановлені по вулиці Інститутська та покликані сигналізувати про наближення поїзда до залізничного переїзду та зайняття його рухомим складом, а також запобігти виїзду транспорту на залізничні колії при зайнятому переїзді або наявному повідомленні про наближення поїзда. У якості активних використовуються пристрої переїзної автоматики, які забезпечують подачу оптичних сигналів. Для подачі оптичних сигналів з кожного боку переїзду встановлюються спеціальні світлофори. Дані світлофори обладнані двома горизонтально розташованими по чергово миготливими, при закритті переїзду, червоними вогнями та місячно-білим миготливим вогнем, який сигналізує при вільному стані переїзду про справність і увімкнений стан переїзної сигналізації [2].

Для огороження переїзду зі сторони залізниці із правого боку за ходом руху поїзда встановлені постійні, попереджувальні знаки, які вимагають подачі свистка машиністом поїзда, що наближається до переїзду. У якості загороджувальних можуть використовуватися прохідні світлофори автоблокування, а також вхідні, вихідні, маршрутні, маневрові та попереджувальні світлофори. При неможливості використання перерахованих вище світлофорів, перед переїздом установлюються спеціальні загороджувальні світлофори [2].

### 1.3 Аналіз існуючої схеми технічних засобів організації дорожнього руху на перехресті

На листі 6 графічної частини наведена наявна схема технічних засобів організації дорожнього руху.

Одним з основних засобів забезпечення безпеки руху та зменшення затримок на перехрестях є впровадження світлофорного регулювання. Основною метою проектування режиму регулювання на перехресті є знаходження оптимальної тривалості циклу і всіх основних і проміжних тактів. При уведенні світлофорного регулювання однією з основних задач, що постають перед спеціалістами з організації дорожнього руху, є розрахунок оптимальної тривалості циклу світлофорної сигналізації. Одним з основних показників, що впливає на значення тривалості циклу світлофорної сигналізації, є показник потоку насичення. Він, як і інтенсивність дорожнього руху, визначається у приведених до умовного легкового автомобіля одиницях, що в свою чергу веде до спотворення реальних даних при розрахунках тривалості циклу світлофорного регулювання.[4]

Транспортний потік, що перетинає перехрестя вулиці Тиражна та вулиці Інститутська, складається з:

- легкові автомобілі (67%);
- вантажні автомобілі (27%);
- мікроавтобуси (6%).

На перехресті вулиці Тиражна та вулиці Інститутська встановлені технічні засоби регулювання дорожнього руху. Їх перелік наведений в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Світлофори встановлені на перехресті вулиці Тиражна та вулиці Інститутська

| № | Тип світлофору за ДСТУ 4092-2002 | Кількість,од |
|---|----------------------------------|--------------|
| 1 | T1.3 ТВЧ-2-01-АТ                 | 4            |
| 2 | T1.2 ТВЧ1.01-АТ                  | 2            |
| 3 | T1.16-АТ                         | 2            |
| 4 | П1.1 ТВЧ 1.01-АТ                 | 4            |

Світлофори призначені для почергового пропуску учасників руху через конкретну ділянку вулично-дорожньої мережі, а також для позначення небезпечних ділянок дороги. В залежності від умов світлофори застосовуються для управління рухом в конкретних напрямках чи по окремих смугах даного напрямку [4]:

- в місцях, де зустрічаються конфліктуючі транспортні, а також транспортні і пішохідні потоки (перехрестя, пішохідні переходи);
- на смугах, де напрямок руху може змінюватись на протилежний;
- на залізничних переїздах, розвідних мостах, причалах, поромках, переправах;
- при виїздах автомобілів спецслужб на дороги з інтенсивним рухом;
- для управління рухом маршрутних транспортних засобів.

Світлофори діляться на дві групи: Т- транспортні і П – пішохідні. Світлофори кожної групи, в свою чергу, підрозділяються на типи і виконання [4].

Світлофори необхідно виготовляти відповідно до стандарту ДСТУ 4092-2002 «Світлофори дорожні. Загальні технічні вимоги, правила застосування та умови безпеки» та технічних умов виробника на конкретні вироби, погоджених з Департаментом Державтоінспекції МВС України [5].

Світлофорний об'єкт – локальна ділянка вулично-дорожньої мережі, на якій послідовність руху конфліктуючих транспортних потоків або

транспортних і пішохідних потоків регулюється світлофорною сигналізацією [4].

При проведенні натурних досліджень, проектуванні й розрахунках режиму світлофорного регулювання необхідно виходити з наступного змісту основних понять [4]:

- такт – період дії певної комбінації світлофорних сигналів; основний такт – період часу, протягом якого дозволений рух певної групи транспортних і пішохідних потоків;

- проміжний такт – період часу, протягом якого йде підготовка до передачі права на рух наступній групі транспортних і пішохідних потоків;

- фаза регулювання – сукупність основного такту й наступного за ним проміжного такту; цикл регулювання – періодично повторювана послідовність всіх фаз;

- режим світлофорного регулювання – кількість, послідовність й тривалість окремих тактів і фаз, а також тривалість циклу регулювання;

- схема пофазного роз'їзду - графічне представлення розподілу конфліктуючих транспортних і пішохідних потоків у часі;

- циклограма світлофорного регулювання – графічне представлення послідовності й тривалості горіння сигналів світлофорів на всіх дозволених напрямках руху транспорту й пішоходів на перехресті або регульованому пішохідному переході, розташованому на перегоні вулиці.

Наявний режим регулювання наведений на листі 6 графічного матеріалу.

Знаки, що встановлені на перехресті наведені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Наявні знаки на перехресті вулиці Тиражна та вулиці Інститутська

| Номер згідно ДСТУ 4100:2014                       | Кількість |
|---------------------------------------------------|-----------|
| 1.24                                              | 2         |
| 1.28                                              | 2         |
| 2.1                                               | 4         |
| 2.3                                               | 4         |
| 3.21                                              | 1         |
| 4.7                                               | 2         |
| 5.35.1                                            | 4         |
| 5.35.2                                            | 4         |
| 5.62                                              | 6         |
| 7.1.4(50 метрів)                                  | 2         |
| Щиток для вертикальної розмітки 2.3<br>(1000*500) | 2         |
| Всього                                            | 33        |

Розмітка дорожня наведена в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Розмітка дорожня на перехресті вулиці Тиражна та вулиці Інститутська

| Номер згідно ДСТУ<br>2587:2010 | Довжина, м | Кількість |
|--------------------------------|------------|-----------|
| 1.1 (0.1 м)                    | 70         | -         |
| 1.1 (0.15 м)                   | 60         | -         |
| 1.5 (0.15 м)                   | 220        | -         |
| 1.6 (0.15 м)                   | 108        | -         |
| 1.7                            | 288        | -         |
| 1.8                            | 104        | -         |
| 1.12                           | 39         | -         |
| 1.14.2                         | 72         | -         |
| 1.18                           | -          | 9         |
| 2.3                            | -          | 2         |
| 2.6                            | 47         | 2         |

Схема технічних засобів організації дорожнього руху наведена на листі 4 графічної частини.

Світлофори типу 1, виконання Т1.1 — Т1.3, Т1.16, Т1.17, треба застосовувати для одночасного пропускання транспортних засобів в усіх дозволених напрямках на даному підході до перехрестя. Можна застосовувати світлофори зазначених виконань і в особливих випадках — на залізничних переїздах, перехрещенні з трамвайною колією, в місцях звуження проїзної частини, дорожньо-ремонтними роботами та ін [5].

Світлофори виконань Т1.4 — Т1.15 треба застосовувати для відокремленого пропускання транспортних потоків у визначених напрямках з одного підходу до перехрестя у виняткових випадках, якщо в конкретних умовах із технічних та економічних міркувань неможливо використати світлофори типу 2. Світлофори виконань Т1.13 — Т1.15 можна компонувати

однією з додаткових секцій залежно від схеми організації дорожнього руху на перехресті [5].

Транспортні світлофори типу 2 треба застосовувати для регулювання руху у визначених напрямках у тих випадках, коли транспортний потік, що рухається на їхній дозволяючий сигнал, не перетинається (злиття можливе) в межах перехрестя з транспортними потоками інших напрямків руху, а також не перетинається з пішохідними потоками (безконфліктне регулювання). У цьому випадку кожному напрямкові руху транспортних засобів повинен відповідати свій світлофор [5].

Застосовуючи світлофори виконань T2.10 — T2.12, T2.16 — T2.18 можливе одночасне вмикання зеленого сигналу з початком руху пішоходів, що переходять проїзну частину вулиці праворуч [5].

Транспортні світлофори типів 1 і 2, виконань T1.3, T1.6, T1.9, T1.12, T1.15, T1.17, T2.3, T2.6, T2.9, T2.12, T2.15, T2.18 з сигналами діаметром 300 мм треба застосовувати:

- на магістральних дорогах та площах;
- на дорогах з максимально допустимою швидкістю руху більше ніж 60 км/год;
- у несприятливих умовах видимості [5].

Світлофори виконань T1.2, T1.5, T1.8, T1.11, T1.14, T2.2, T2.5, T2.8, T2.11, T2.14, T2.17 треба встановлювати з боку другорядних доріг перед перехрестями у вищезазначених умовах. Світлофори типів 1 і 2 решти виконань треба застосовувати в усіх інших випадках [5].

Транспортні світлофори типу 3 треба застосовувати як повторювачі сигналів світлофорів типу 1 у разі, якщо їх видимість ускладнена для водія першого транспортного засобу, що зупинився біля стоп-лінії на крайній смузі проїзної частини даного напрямку. Можна застосовувати ці світлофори для регулювання руху велосипедистів у місцях перетинання дороги велосипедною доріжкою [5].

Транспортні світлофори типу 4 треба застосовувати для регулювання в'їзду на окремі смуги проїзної частини [5].

Транспортні світлофори типу 5 треба застосовувати тільки для безконфліктного регулювання руху трамваїв, а також маршрутних автобусів і тролейбусів, що рухаються спеціально виділеною смугою. В інших випадках для регулювання руху цих видів транспортних засобів треба використовувати транспортні світлофори типу 1 або 2 [5].

Транспортні світлофори типу 6 треба застосовувати для регулювання дорожнього руху через залізничні переїзди, розвідні мости, причали поромних переправ, у місцях виїжджання на дорогу спеціальних транспортних засобів (оперативних, дорожньо-експлуатаційних і комунальних служб) [5].

Транспортні світлофори типу 7 треба застосовувати для позначання нерегульованих перехресть чи пішохідних переходів [5].

Пішохідні світлофори типів 1 і 2 треба застосовувати для регулювання руху пішоходів через проїзну частину доріг. На пішохідних переходах, якими регулярно користуються сліпі, окрім світлофорної сигналізації можна застосовувати звукову сигналізацію, що працює в узгодженому режимі з пішохідними світлофорами [5].

Розташованість дорожніх світлофорів (окрім транспортних типу 3 та пішохідних) повинна забезпечувати видимість їх сигналів на відстані не меншій ніж 100 м з будь-якої смуги руху, на яку поширюється їх дія, за будь-яких погодних умов. У іншому випадку треба попередньо встановити дорожні знаки 1.24 "Світлофорне регулювання" [5].

Розташованість транспортних світлофорів типу 3 повинна забезпечувати видимість їх сигналів водієм першого транспортного засобу, що зупинився перед дорожнім знаком 5.62 "Місце зупинки" згідно з ДСТУ 4100 чи дорожньою розміткою 1.12 "Стоп-лінія" згідно з ДСТУ 2587 на крайній смузі, найближчій до цього світлофора. Розташованість пішохідних

світлофорів повинна забезпечувати видимість їх сигналів пішоходам з протилежного боку проїзної частини дороги яку перетинає пішохід [5].

Світлофори треба встановлювати на спеціальних колонках, кронштейнах, прикріплюваних до існуючих опор або стін будинків, на консольних чи рамних опорах, на стояках, а також підвішувати на тросах-розтяжках. Спеціальні колонки та опорні елементи консольних або рамних опор треба розташовувати поза проїзною частиною дороги [5].

Висота встановлених світлофорів від нижньої точки корпусу до поверхні проїзної частини повинна становити:

а) для транспортних світлофорів (окрім типу 3):

- у разі розташування над проїзною частиною — від 5,0 до 6,0 м;

- у разі розташування збоку від проїзної частини — від 2,0 до 3,0 м;

б) для транспортних світлофорів типу 3 — від 1,5 до 2,0 м;

в) для пішохідних світлофорів — від 2,0 до 2,5 м [5].

Розташовувати на одній опорі транспортні світлофори типів 1 або 2 не можна нижче пішохідних світлофорів. Уздовж однієї дороги висота встановлених світлофорів та їх віддаленість від проїзної частини повинна бути за можливості однакова [5].

Відстань від краю проїзної частини до світлофора, встановленого збоку від проїзної частини, повинна становити від 0,5 до 2,0 м (див. рисунок 2) [5].

Розташованість світлофорів відносно розмітки 1.12 "Стоп-лінія" повинна забезпечувати розпізнаваність їхніх сигналів водіями перших транспортних засобів, що стоять біля неї. Рекомендована відстань у горизонтальній площині від транспортних світлофорів до розмітки 1.12 "Стоп-лінія" на підході до регульованої ділянки повинна бути не менша ніж 5,0 м у разі встановлення їх над проїзною частиною й не менша ніж 3,0 м у разі встановлення збоку від проїзної частини. Використовуючи світлофори типу 3 відстань у горизонтальній площині від транспортного світлофору, встановленого збоку від проїзної частини, до стоп-лінії на підході до регульованої ділянки можна зменшувати до 1,0 м [5].

За відсутності на регульованому переході розмітки 1.14.3 пішохідні світлофори повинні бути установлені так, щоб відносно транспортних засобів, що наближаються до переходу, пішохідний світлофор з правої сторони проїзної частини містився на ближній межі переходу, а з лівої сторони — на дальній. За наявності дорожньої розмітки 1.14.3 дозволяється установлювати пішохідні світлофори на одному перетині дороги [5].

Світлофори не можна встановлювати на відстані меншій ніж 1,0 м від контактних дротів трамвая чи тролейбуса до будь-якої точки корпусу світлофора [5].

Транспортні світлофори треба розміщувати відповідно до таких варіантів, перевагу у використуванні яких для різних типів і виконань світлофорів зазначено у таблиці 1.4:

— перед перехрестям (регульованим пішохідним переходом):

а — праворуч від проїзної частини;

б — над проїзною частиною;

в — ліворуч від проїзної частини на розділовій смузі, напрямовому островці чи островці безпеки;

г — ліворуч від проїзної частини. (Варіант можна застосовувати на дорогах з одностороннім рухом транспортних засобів. За двостороннього руху варіант можна застосовувати за наявності не більше трьох смуг зустрічного руху, до того ж світлофори треба розташовувати на консольних опорах (за однієї зустрічної смуги можна встановлювати світлофор на стояку));

— на території перехрестя:

д — ліворуч на розділовій смузі, напрямовому островці чи островці безпеки;

е — праворуч на розділовій смузі, напрямовому островці чи островці безпеки;

— за перехрестям (регульованим пішохідним переходом):

ж — на розділовій смузі, напрямовому островці чи островці безпеки;

з — ліворуч від проїзної частини;

і — праворуч від проїзної частини [5].

Варіанти ж, з, і можна застосовувати лише у випадках, якщо відстань між стоп-лінією та світлофором не перевищує 25 м [5].

Таблиця 1.4 – Розміщення транспортних світлофорів в залежності від типу [5]

| Виконання світлофора | Призначення світлофора | Перевага щодо розміщування світлофора за варіантами |   |   |   |   |   |   |   |   |
|----------------------|------------------------|-----------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|
|                      |                        | а                                                   | б | в | г | д | є | ж | з | і |
| Т1.1 — Т1.3          | Основний               | 1                                                   | 2 | — | — | — | — | — | — | — |
|                      |                        | —                                                   | 6 | 1 | 2 | 3 | — | 4 | 5 | — |
| Т1.4 — Т1.6          | Основний               | 1                                                   | 2 | — | — | — | — | — | — | — |
|                      |                        | —                                                   | — | — | — | — | 1 | — | — | 2 |
| Т1.7 — Т1.9          | Основний               | 6                                                   | — | 1 | 2 | 3 | — | 4 | 5 | — |
|                      |                        | —                                                   | — | — | — | 1 | — | 2 | 3 | — |
| Т1.10 — Т1.12        | Основний               | 1                                                   | 2 | — | — | — | — | — | — | — |
|                      |                        | —                                                   | — | — | — | — | — | 1 | 2 | — |
| Т1.13 — Т1.15        | Основний               | 1                                                   | 2 | — | — | — | — | — | — | — |
|                      |                        | —                                                   | — | 1 | 2 | 3 | — | 4 | 5 | — |
| Т1.16, Т1.17         | Основний               | —                                                   | 1 | — | — | — | — | — | — | — |
|                      |                        | —                                                   | 1 | — | — | — | — | — | — | — |

Продовження таблиці 1.4 – Розміщення транспортних світлофорів в залежності від типу [5]

|                                |                       |         |          |        |        |        |        |        |        |        |
|--------------------------------|-----------------------|---------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| T2.1 — T2.3                    | Основний<br>Дублівний | 1*<br>— | 2<br>1*  | —<br>— | —<br>— | —<br>— | —<br>— | —<br>— | —<br>— | —<br>— |
| T2.4 — T2.6, T2.10<br>— T2.12  | Основний<br>Дублівний | 1<br>—  | 2<br>1   | —<br>— | —<br>— | —<br>— | —<br>— | —<br>— | —<br>— | —<br>— |
| T2.7 — T2.9, T2.13<br>— T2.15  | Основний<br>Дублівний | —<br>—  | 3<br>1** | 1<br>— | 2<br>— | —<br>— | —<br>— | —<br>— | —<br>— | —<br>— |
| T.2.16 — T.2.18                | Основний<br>Дублівний | 1<br>—  | 2<br>2   | —<br>1 | —<br>— | —<br>— | —<br>— | —<br>— | —<br>— | —<br>— |
| T.3.1, T.3.2, T.3.4            | Основний              | 1       | —        | 2      | 3      | —      | —      | —      | —      | —      |
| T.3.3                          | Основний              | —       | —        | 1      | —      | —      | —      | —      | —      | —      |
| T.4.1, T.4.2                   | Див. 7.25             |         |          |        |        |        |        |        |        |        |
| T.5.1, T.5.2                   | Основний              | 1***    | 2        | —      | —      | —      | —      | —      | —      | —      |
| T.6.1 — T.6.5 T.7.1<br>— T.7.4 | Основний              | 1****   | 2        | —      | —      | —      | —      | —      | —      | —      |

\* Варіант використовують за відсутності на даному підході до перехрестя світлофорів виконань T2.4 — T2.6.

\*\* Можна застосовувати лише використовуючи варіанти в та г розміщення основного світлофора.

\*\*\* Регулюючи рух трамваїв, що їдуть відособленою колією, дозволено розміщувати між коліями.

\*\*\*\* Дозволено встановлювати один світлофор типу 7 на центральному островці або підвішувати його над центром перехрестя.

Якщо режим роботи світлофорного об'єкта передбачає різну тривалість та/або послідовність сигналів для окремих смуг руху, світлофори типу 2 як правило встановлюють над кожною відповідною смугою [5].

Світлофори типу 2 треба обладнувати табличкою білого кольору із зображенням чорної стрілки (стрілок), що вказує напрямок (напрямки) руху, який регульований даним світлофором. Табличка повинна мати форму квадрата із стороною 400 мм [5].

Транспортні світлофори типу 3 треба розміщувати під відповідними світлофорами виконань Т1.1—Т1.12. Використовуючи світлофори типу 3 для регулювання руху велосипедистів їх треба встановлювати праворуч від велосипедної доріжки на відстані від 0,4 до 1,5 м обладнуючи табличкою білого кольору з чорним символом велосипеда, згідно з ДСТУ 4100. Табличка повинна мати форму квадрата із стороною 200 мм [5].

Транспортні світлофори типу 4 треба встановлювати на початку регульованої смуги над нею й повторювати таким чином, щоб відстань між цими світлофорами забезпечувала видимість водіями транспортних засобів не менше двох послідовно встановлених світлофорів [5].

Пішохідні світлофори треба розміщувати на тротуарах з обох сторін проїзної частини. За наявності острівця безпеки або розділової смуги — і на них, якщо кількість смуг руху в одному напрямку більша чотирьох [5].

Транспортні світлофори типів 1 та 2 потрібно дублювати, якщо рух, що регулюється цими світлофорами, здійснюється двома і більше смугами і в конкретних умовах неможливо забезпечити виконання вимог для розпізнання сигналів відповідно до 7.20. За наявності світлофорів типу 3 світлофори виконань Т1.1 — Т1.9 не дублюються. Транспортні світлофори типу 2, розташовані над проїзною частиною (смугою руху) не дублюються [5].

Усі світлофори, встановлені на одному світлофорному об'єкті (крім світлофорів типу 4), повинні працювати у взаємозалежних режимах [5].

Кожний світлофорний об'єкт, що входить у систему координованого регулювання рухом, повинен мати можливість працювати в індивідуальному

автоматичному режимі, незалежно від роботи інших світлофорних об'єктів [5].

#### 1.4 Аналіз недоліків існуючого стану та постановка задач дослідження

Основним недоліком існуючого стану на перехресті вулиці Тиражна та вулиці Інститутська є завищена затримка учасників дорожнього руху, що призводить до негативних факторів соціального значення, надмірних витрат енергоресурсів та негативного впливу на довкілля.

Значне та неухильне зростання кількості транспортних засобів на мережі залізниць, підвищення їх тягових і швидкісних характеристик сприяє значному збільшенню інтенсивності руху на залізничних переїздах, що спричиняє збільшення кількості дорожньо-транспортних пригод (ДТП). Це, у свою чергу, висуває нові вимоги до облаштування місць перетину автомобільних доріг та залізничних колій, їх утримання, застосування додаткових заходів щодо підвищення безпеки руху, застосування профілактичних заходів щодо зміцнення дорожньої дисципліни водіїв [2].

Одним із засобів вирішення проблеми аварійності на залізничних переїздах є встановлення систем автоматичного блокування доступу автотранспорту на колії [2].

Визначено такі основні задачі:

- визначити основні характеристики транспортного потоку;
- привести розташування технічних засобів організації дорожнього руху у відповідність до діючих норм та стандартів;
- оптимізувати режим світлофорного регулювання за критерієм зниження транспортних затримок;
- дослідити схему автоматичної переїзної сигналізації;
- визначити параметри режиму автоматичної переїзної сигналізації на основі фактичних даних.

## 2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

Об'єктом дослідження обрано перехрестя вулиць Тиражної та Інститутської. Перехрестя розташоване в Дніпровському районі міста.

По вулиці Тиражній наявні дві смуги руху шириною 3.75 метри в напрямку Дніпрогесу, та три смуги такої ж ширини в напрямку м. Дніпра.

По вулиці Інститутській по одній смузі руху в обох напрямках шириною три метри. Також по цій вулиці в напрямку Осипенківського району розташовується нерегульований залізничний переїзд.

Для дослідження застосування автоматичної переїзної сигналізації у взаємодії з світлофорним регулюванням зібрали данні інтенсивностей руху та швидкості руху на перехресті. Заміри проводили в будній день з 13:00 до 14:00. Дослідження інтенсивності руху на перехресті за годину наведені в таблиці 2.1. Заміри швидкостей руху наведені в таблиці 2.2.

Характеристики дорожнього руху наведені на листі 5 графічної частини.

Таблиця 2.1 – Приведені інтенсивності руху на перехресті вул. Тиражна та вул. Інститутська

| Напрямок                | Ліворуч,<br>авт/год | Прямо,<br>авт/год | Праворуч,<br>авт./год |
|-------------------------|---------------------|-------------------|-----------------------|
| Дніпрогес               | 30                  | 246               | 186                   |
| м. Дніпро               | 222                 | 270               | 18                    |
| Осипенківський<br>район | 36                  | 6                 | 24                    |
| с. Сонячне              | 66                  | 84                | 144                   |

Таблиця 2.2 – Швидкість на перехресті

| №  | V, км/год | №  | V, км/год | №  | V, км/год |
|----|-----------|----|-----------|----|-----------|
| 1  | 37        | 31 | 47        | 61 | 53        |
| 2  | 38        | 32 | 47        | 62 | 53        |
| 3  | 39        | 33 | 47        | 63 | 55        |
| 4  | 39        | 34 | 48        | 64 | 55        |
| 5  | 39        | 35 | 48        | 65 | 55        |
| 6  | 40        | 36 | 49        | 66 | 55        |
| 7  | 40        | 37 | 49        | 67 | 55        |
| 8  | 40        | 38 | 49        | 68 | 55        |
| 9  | 40        | 39 | 49        | 69 | 56        |
| 10 | 40        | 40 | 49        | 70 | 56        |
| 11 | 40        | 41 | 50        | 71 | 56        |
| 12 | 40        | 42 | 50        | 72 | 56        |
| 13 | 40        | 43 | 50        | 73 | 57        |
| 14 | 40        | 44 | 50        | 74 | 57        |
| 15 | 41        | 45 | 50        | 75 | 57        |
| 16 | 42        | 46 | 50        | 76 | 58        |
| 17 | 43        | 47 | 50        | 77 | 59        |
| 18 | 43        | 48 | 51        | 78 | 59        |
| 19 | 43        | 49 | 51        | 79 | 59        |
| 20 | 43        | 50 | 51        | 80 | 59        |
| 21 | 44        | 51 | 51        | 81 | 59        |
| 22 | 44        | 52 | 51        | 82 | 60        |
| 23 | 44        | 53 | 52        | 83 | 60        |
| 24 | 45        | 54 | 52        | 84 | 60        |
| 25 | 45        | 55 | 52        | 85 | 61        |
| 26 | 45        | 56 | 52        | 86 | 61        |

| Продовження таблиці 2.2 – Швидкість на перехресті |    |    |    |    |    |
|---------------------------------------------------|----|----|----|----|----|
| 27                                                | 45 | 57 | 53 | 87 | 62 |
| 28                                                | 46 | 58 | 53 | 88 | 63 |
| 29                                                | 46 | 59 | 53 | 89 | 67 |
| 30                                                | 47 | 60 | 53 |    |    |

## 2.1 Визначення розрахункової швидкості

Відомо, що швидкість руху на перегонах магістралі описується нормальним законом розподілу ймовірностей. При цьому щільність розподілу ймовірностей окремих ТЗ є функцією двох параметрів і описується виразом [6]:

$$f(v_i) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(v_i - \bar{V})^2}{2\sigma_v^2}}, \quad (2.1)$$

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

$\sigma_v$  - середнє квадратичне відхилення швидкостей окремих ТЗ.

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

На базі вихідних даних маючи середню швидкість  $V=49,92$  км/год знайдемо мінімальні та максимальні значення  $V$  від (min) до (max):  $V_{\min}=37$  км/год;  $V_{\max}=67$  км/год.

Для спрощення розрахунків весь діапазон значень  $V$  від (min) до (max) розбивають на 11 інтервалів  $\Delta V$  ( $\Delta V_1 = \Delta V_2 = \Delta V_3 \dots$ ), вибирають значення  $V_i$ , посередині кожного інтервалу [6].

$$\Delta V = \frac{67-37}{11} = 2.73 \text{ м/с};$$

$$I_1 = V_{\min} + I; \quad (2.2)$$

$$I_2 = \Delta V_1 + I; \quad (2.3)$$

$$I_1 = 37 + 2.73 = 39.73;$$

$$I_2 = 37.73 + 2.73 = 42.45;$$

$$I_3 = 45.18;$$

$$I_4 = 47.91;$$

$$I_5 = 50.64;$$

$$I_6 = 53.36;$$

$$I_7 = 56.09;$$

$$I_8 = 58.82;$$

$$I_9 = 61.55;$$

$$I_{10} = 64.27;$$

$$I_{11} = 67.00.$$

Вибираємо значення  $\bar{V}$  посередині кожного інтервалу:

$$V_1 = I - \Delta V / 2 \text{ км/год}; \quad (2.4)$$

$$V_2 = V_1 + \Delta V \text{ км/год}; \quad (2.5)$$

$$V_1 = 39.73 - 1.36 = 38.36 \text{ км/год};$$

$$V_2 = 41.09 \text{ км/год};$$

$$V_3 = 43.82 \text{ км/год};$$

$$V_4 = 46.55 \text{ км/год};$$

$$V_5 = 49.27 \text{ км/год};$$

$$V_6 = 52 \text{ км/год};$$

$$V_7 = 54.23 \text{ км/год};$$

$$V_8 = 57.45 \text{ км/год};$$

$$V_9 = 60.18 \text{ км/год};$$

$$V_{10} = 62.91 \text{ км/год};$$

$$V_{11} = 65.64 \text{ км/год}.$$

Далі обчислюють за формулою (2.1) значення  $f(v_i)$  для кожного з дискретних значень  $V_i$ . Це відповідає графічній апроксимації нерозривної функції  $f(v)$  прямокутниками, сумарна площа яких дорівнює площі під кривою  $f(v)$ .

$$f(v_1) = 0.01;$$

$$f(v_2) = 0.02;$$

$$f(v_3) = 0.06;$$

$$f(v_4) = 0.12;$$

$$f(v_5) = 0.19;$$

$$f(v_6) = 0.22;$$

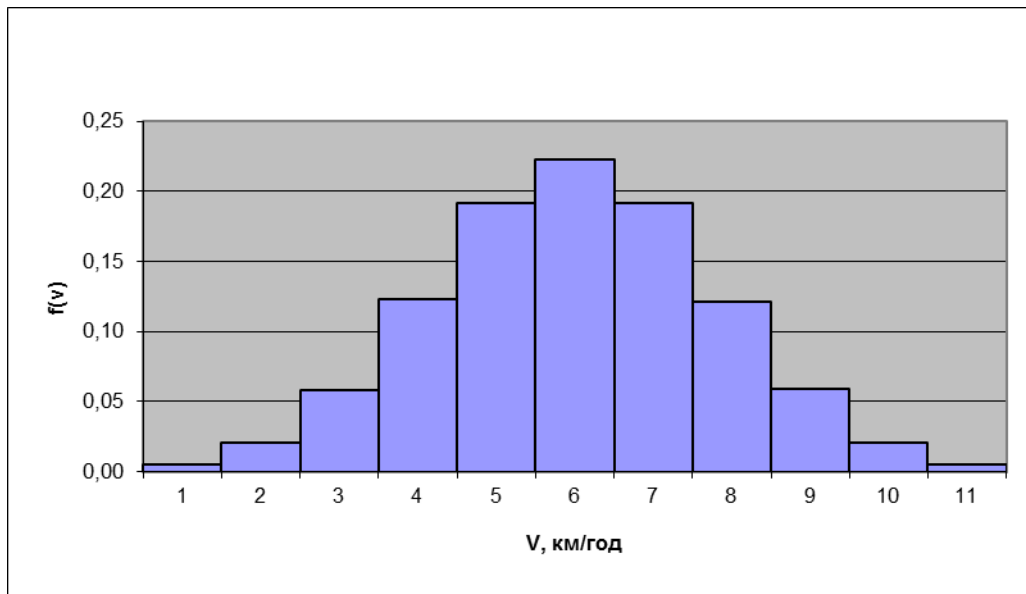
$$f(v_7) = 0.19;$$

$$f(v_8) = 0.12;$$

$$f(v_3) = 0.06;$$

$$f(v_2) = 0.02;$$

$$f(v_1) = 0.01.$$

Рисунок 2.1 – Крива  $f(v)$ 

Оскільки швидкість визначається на базі швидкості 85%-го забезпечення, необхідно мати графік функції розподілу ймовірностей швидкості окремих ТЗ –  $F(v)$  яка являє собою інтеграл від щільності розподілу  $f(v)$  тобто [6]:

$$F(v) = \int_{\bar{V}-3\sigma}^{\bar{V}+3\sigma} f(v) dV \quad (2.6)$$

Цей процес зручно проводити методом «графічного інтегрування» суть якого полягає в послідовному підсумовуванні окремих прямокутників на графіку  $f(v)$  в діапазоні  $\bar{V} - 3\sigma \dots \bar{V} + 3\sigma$  через  $\Delta V$  і відкладанні відповідного сумарного значення  $F_i(V)$  на осі ординат графіку  $F_i(V)$  за формулами [6]:

$$\begin{aligned} F_1(V_1) &= \Delta V f(V_1); \\ F_2(\Delta V_2) &= F_1(\Delta V_1) + \Delta V f(V_2) = \Delta V [f_1(V_1) + f(V_2)]; \\ F_n(\Delta V_n) &= \Delta V [f_1(V_1) + f(V_2) + \dots + f(V_n)]. \end{aligned} \quad (2.7)$$

За побудованим графіком  $F(v)$  відшукують значення швидкості ТП 85%-го забезпечення (тобто швидкість, яку статистично не перевищують 85% усіх ТЗ), що відповідає значенню  $F(V)=0,85$ .

$$F_1(V_1) = 0.01;$$

$$F_2(V_2) = 0.01 + 0.02 = 0.03;$$

$$F_3(V_3) = 0.08;$$

$$F_4(V_4) = 0.21;$$

$$F_5(V_5) = 0.4;$$

$$F_6(V_6) = 0.62;$$

$$F_7(V_7) = 0.81;$$

$$F_9(V_9) = 0.99;$$

$$F_{10}(V_{10}) = 1.01;$$

$$F_{11}(V_{11}) = 1.02.$$

Згідно з розрахованими даними будуюмо графік 85-% забезпечення. Графік зображено на рисунку 2.2.

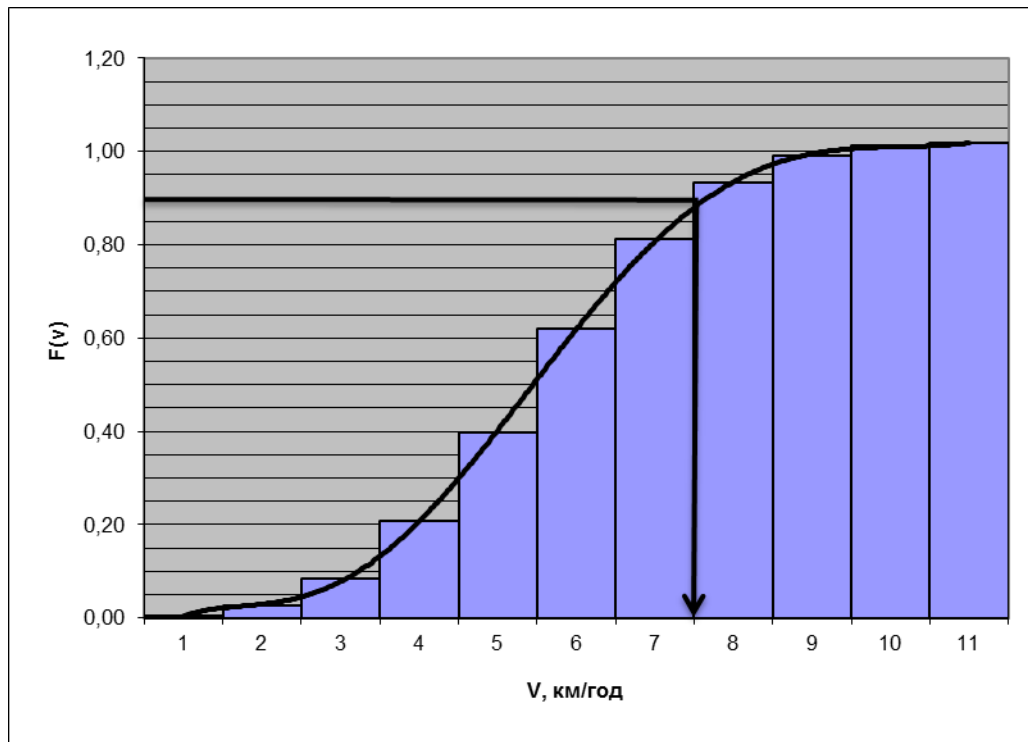


Рисунок 2.2 – Швидкість 85-% забезпечення

Судячи з розрахунків та побудованого графіку, можна зробити висновок, що швидкість 85-% забезпечення дорівнює 56.09 км/год. Зважаючи на це необхідно встановити на перехресті знаки обмеження швидкості до 60 км/год.

## 2.2 Визначення елементів світлофорного циклу

На схемі перехрестя стрілками позначаються всі можливі траєкторії руху транспортних засобів та пішоходів. Отримана схема зветься схемою траєкторій і будується з урахуванням вимог Правил дорожнього руху та рівномірності розподілу транспортного потоку по смугах руху. Визначаються конфліктні точки перетину та злиття. Схема перехрестя показана на рисунку 2.3.

Траєкторії, що входять на перехрестя через одну і ту ж саму стоп-лінію не повинні мати між собою точок перетину і злиття. Далі траєкторії поєднуються в напрямки за певними принципами [7].

До одного напрямку включаються лише траєкторії, що входять на перехрестя через одну й ту ж саму стоп-лінію. Траєкторія може входити лише до одного напрямку [7].

Паралельні прямі траєкторії, що входять на перехрестя з одного підходу, поєднуються в один напрям. До цього напрямку можна додати траєкторії правого повороту, якщо рух з крайньої смуги не здійснюється лише праворуч. Також до напрямку можна додати траєкторії лівого повороту, якщо вони не мають конфліктних точок із зустрічним рухом або якщо сумарна інтенсивність руху ними не перевищує 120 од/год [7].

Забороняється долучати до різних напрямів траєкторії, рух якими здійснюється з однієї смуги [7].

Кожна пішохідна траєкторія є окремим напрямом, в тому числі і ті, що знаходяться з різних боків одного піднятого над проїзною частиною острівця безпеки [7].

Конфігурація транспортних та пішохідних напрямів зазначається на схемі напрямів на рисунку 2.3.

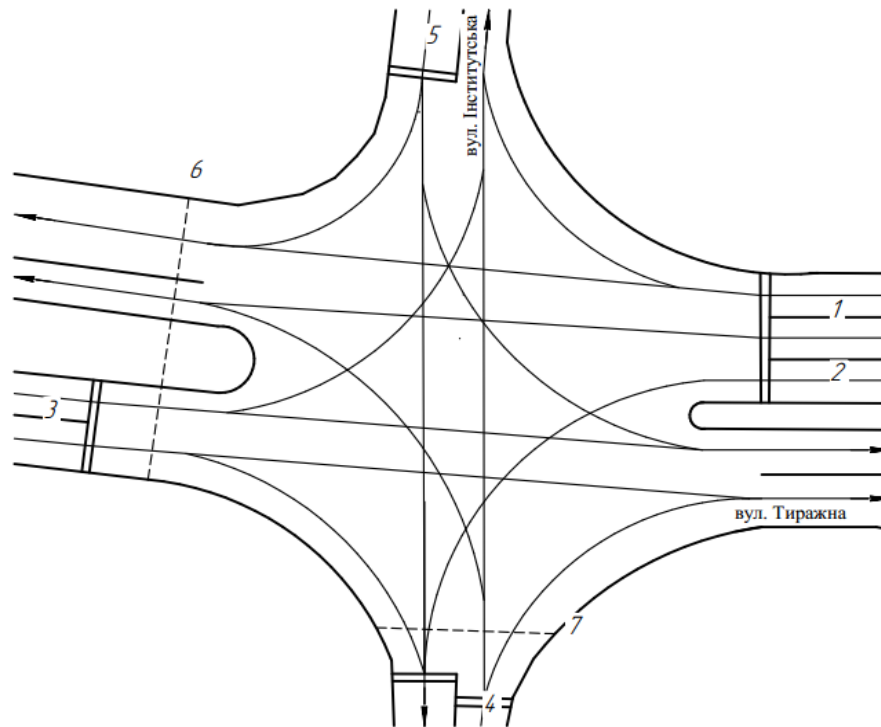


Рисунок 2.3 – Схема траєкторій

*Мінімальний часовий проміжок* – це час, що проходить від ввімкнення миготливого сигналу на одному напрямі регулювання до ввімкнення дозволяючого сигналу на конфліктному йому напрямі [7].

Ці проміжки визначаються на базі матриці конфліктів.

*Матриця конфліктів* – це квадратна матриця, елементами якої є відстані від стоп-ліній напрямів, номери яких дорівнюють номерам рядків матриці до дальніх конфліктних точок цих напрямів із напрямом, номери яких дорівнюють номерам стовпчиків матриці [7]. Матриця конфліктів показана в таблиці 2.2.

Якщо рядочок матриці має номер, що дорівнює номеру пішохідного напрямку, то елементи цього рядочка показують найбільшу відстань, яку слід пройти пішоходам по проїзній частині, аби досягти тротуару, островця безпеки чи лінії, що розділяє транспортні потоки протилежних напрямів [7].

Якщо траєкторія, довжина якої визначається, криволінійна, перед значенням елемента матриці ставиться знак «мінус». Якщо конфліктних

точок немає або вони, як виняток, не враховуються, елемент дорівнює 0 [7].

При визначенні елементів матриці конфліктів діють кілька винятків.

Точки, утворені зустрічними поворотними і прямими напрямками враховуються тільки в тому випадку, якщо інтенсивність лівоповоротного руху більша 120 од/год [7]. Такий виняток є на під'їзді Б.

Точки, утворені на виїзді з перехрестя поворотними траєкторіями з пішохідними напрямками, враховуються лише у випадку, коли сумарна інтенсивність руху транспорту в цей поворот перевищує 120 од/год, а для правих поворотів – якщо, крім того, інтенсивність пішохідного руху перевищує 900 піш./год [7].

Значення головної діагоналі матриці дорівнюються нулю.

Таблиця 2.2 – Матриця конфліктів

|   | 1    | 2    | 3    | 4    | 5     | 6    | 7     |
|---|------|------|------|------|-------|------|-------|
| 1 | X    | 0    | 0    | 21.5 | 24.5  | 42.5 | 0     |
| 2 | 0    | X    | -32  | -23  | -30.9 | 0    | -44.5 |
| 3 | 0    | 23   | X    | 26   | 23    | 5.5  | 0     |
| 4 | 35   | 24.8 | 17.8 | X    | 0     | 0    | 4.9   |
| 5 | 14.5 | 27.9 | 31.6 | 0    | X     | 0    | 40.8  |
| 6 | 9.4  | 0    | 5.6  | 0    | 0     | X    | 0     |
| 7 | 0    | 7.1  | 0    | 6    | 7.1   | 0    | X     |

На основі матриці  $B$  розраховується матриці мінімальних проміжків  $t$ , елементи якої визначаються за формулою [7]:

$$t[i, j] = t_p + \frac{V}{2a^k} + \frac{|B[i, j]| + l_a}{V} + 2, \quad (2.8)$$

де  $t_p$  - термін реакції водія, с (0,8...2 с);

$V$  - швидкість руху, м/с;

$a^k$  - прискорення уповільнення,  $a^k = 2,5 \dots 3,0$  м/с<sup>2</sup>;

$B[i, j]$  - елемент конфліктної матриці  $B$ , м;

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

Якщо елемент  $B[i, j] = 0$ , то елемент матриці  $t[i, j] = 0$ .

Значення елементів  $t[j, j]$ , якщо  $i$  – пішохідний напрямок, розраховується за формулою [7]:

$$t[i, j] = \frac{B[i, j]}{V_n}, \quad (2.9)$$

$V_n$  – швидкість руху пішохода, м/с (приймаємо 1,3 м/с).

У випадку, якщо значення елементу матриці  $B$  від'ємне, то у формулі 4.1 значення швидкості зменшують на 30%, але не менше за 30 км/год [7].

Усі значення  $t[i, j]$  округляють до цілого в більший бік. Значення, що після цього є меншими за 6с, приймають рівними 6с. Значення елементів  $t[i, j]$ , якщо  $i$  – пішохідний напрям, не повинно перевищувати 8с [7].

$$V = 15.58 \cdot 0.7 = 10.9 \text{ м/с} = 39.24 \text{ км/г};$$

$$t[1,2] = 0 \text{ с};$$

$$t[1,3] = 0 \text{ с};$$

$$t[1,4] = 1 + \frac{15.58}{2 \cdot 2.5} + \frac{21.5}{15.58} = 7.82 \text{ с};$$

$$t[1,5] = 1 + \frac{15.58}{2 \cdot 2.5} + \frac{24.5}{15.58} = 8.01 \text{ с};$$

$$t[1,6] = 1 + \frac{15.58}{2 \cdot 2.5} + \frac{42.5}{15.58} = 9.16 \text{ с};$$

$$t[1,7] = 0 \text{ с}.$$

Подальші розрахунки наведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Матриця мінімальних часових проміжків

|   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6  | 7  |
|---|---|---|---|---|---|----|----|
| 1 | X | 0 | 0 | 8 | 8 | 10 | 0  |
| 2 | 0 | X | 9 | 8 | 9 | 0  | 10 |
| 3 | 0 | 8 | X | 9 | 8 | 7  | 0  |
| 4 | 9 | 8 | 8 | X | 0 | 0  | 7  |
| 5 | 8 | 9 | 9 | 0 | X | 0  | 9  |
| 6 | 8 | 0 | 8 | 0 | 0 | X  | 0  |
| 7 | 0 | 8 | 0 | 8 | 8 | 0  | X  |

До однієї фази повинні входити лише попарно неконфліктні напрями, тобто для них виконується правило: на перетині рядочка та стовпчика, номери яких відповідно дорівнюють номерам напрямів повинен бути нульовий елемент матриці [7].

Кількість фаз регулювання дорівнює кількості груп неконфліктних напрямів.

До першої фази автоматично включається напрям 1 та проводиться перевірка можливості включення інших, не конфліктних до нього напрямів. При включенні наступних напрямів до фази треба перевірити їх не конфліктність з усіма тими, які вже включено до цієї фази. Треба перевірити можливість включення до фази всіх напрямків, в тому числі тих, які вже включено до попередніх фаз.

Якщо напрям не можна включити до даної фази, він першим включається до наступної фази [7].

Формування схеми завершується, коли всі напрями включено до фаз [7].

Формуємо схемі пофазового роз'їзду на основі матриці мінімальних часових проміжків.

Починаємо формувати першу фазу з 1-го напрямку. Перший напрямок немає конфліктів з другим напрямком, з третім та сьомим напрямками. Зважаючи на те, що по другому напрямку здійснюється рух тільки ліворуч та інтенсивність більша 120 од/год, цей напрямок не включається в першу фазу та першим увійде в другу фазу. Перевіряємо всі ці напрямки на наявність конфліктів між собою. Так як конфліктів немає в першій фазі будуть рухатись: перший, третій та сьомий напрямки. Зважаючи на те, що інші напрямки не можуть бути долучені до першої фази, вони автоматично включаються до другої фази.

Так як другий напрямок не увійшов до першої фази, він першим включається до другої фази.

До третьої фази першим увійде 4-й напрямок. Перевіряємо його на наявність конфліктів з іншими напрямками. З четвертим напрямком не конфліктують: п'ятий та шостий напрямки. Тому вони всі включені до третьої фази.

Розподіл напрямків по фазам наведено у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Розподіл напрямків за фазами

| № фази | № напрямків |
|--------|-------------|
| 1      | 1, 3, 7;    |
| 2      | 2;          |
| 3      | 4, 5, 6.    |

На основі цієї таблиці та схеми напрямків креслять схему пофазового роз'їзду. Кожній фазі відповідає свій рисунок схеми напрямків, на якому показуються лише ті напрямі, що включені до даної фази. Схема першої фази показана на рисунку 2.4. Схема другої фази наведена на рисунку 2.5. Схема третьої фази показана на рисунку 2.6.

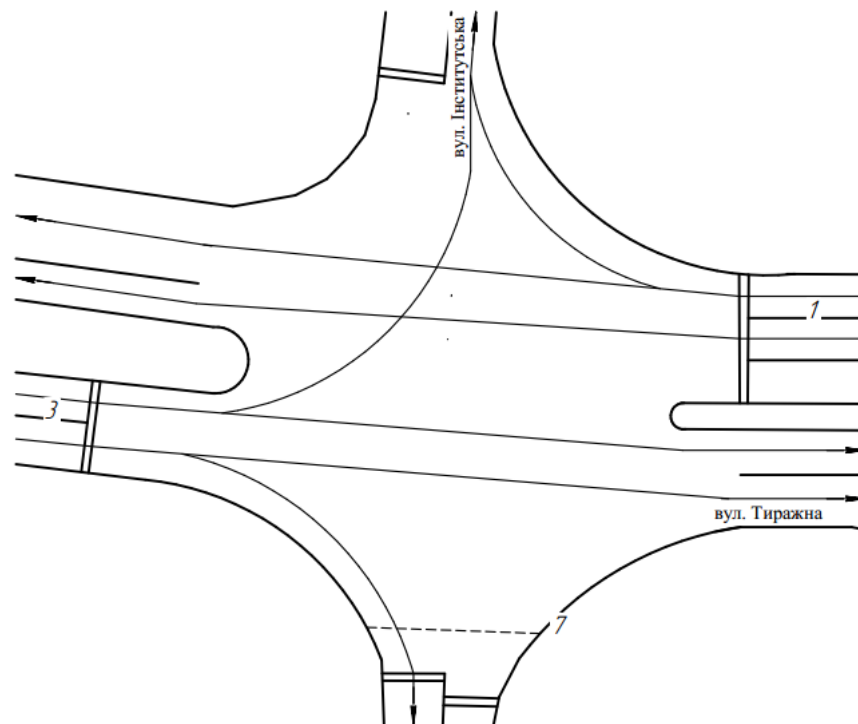


Рисунок 2.4 – Схема роз'їзду першої фази

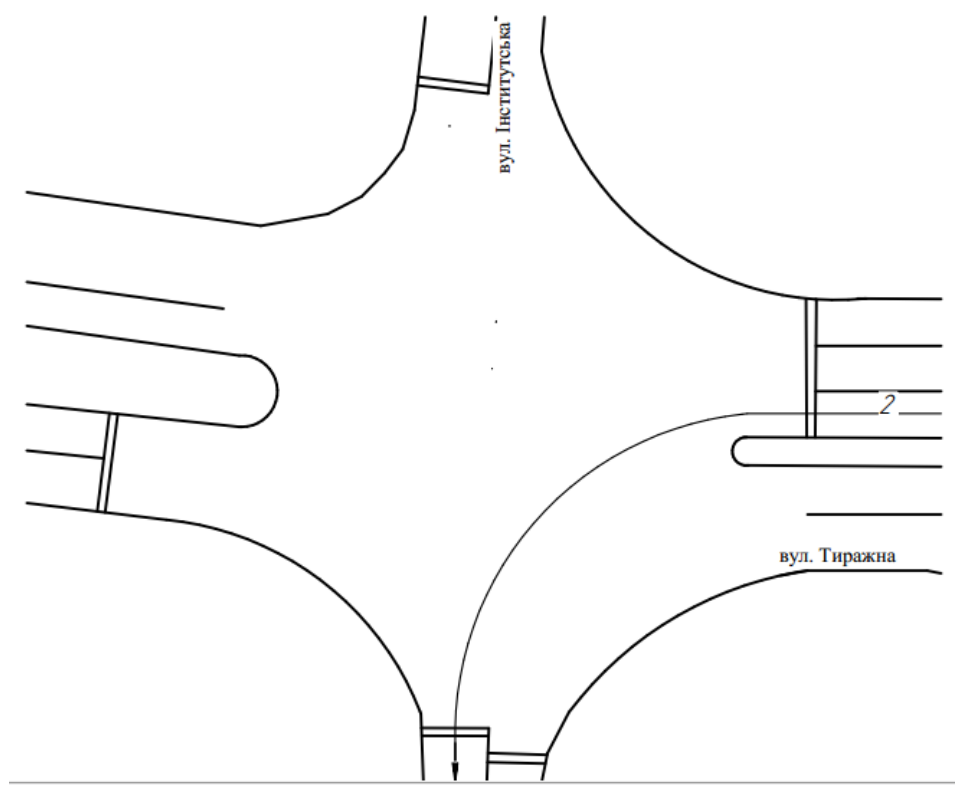


Рисунок 2.5 - Схема роз'їзду другої фази

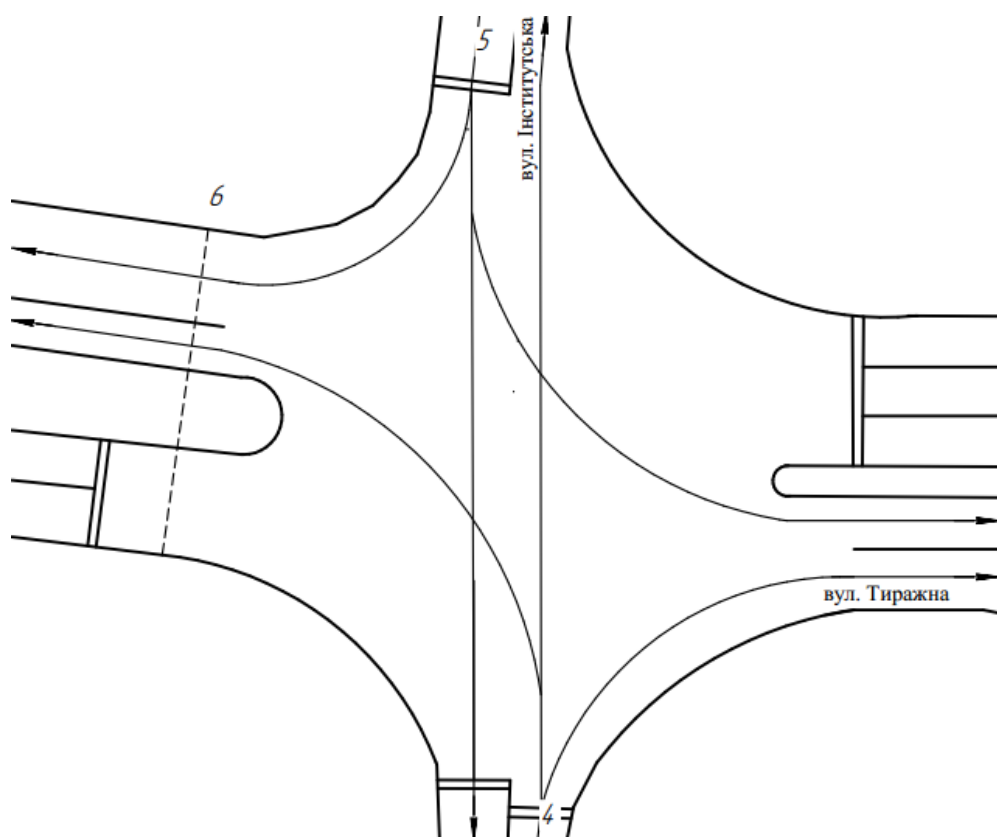


Рисунок 2.6 - Схема роз'їзду тртьої фази

Відповідно до схеми пофазового роз'їзду визначаються напрями, між якими здійснюється перехід при зміні фаз регулювання. Ці дані заносяться до табл. 2.5

Таблиця 2.5 – Визначення перехідних інтервалів

| № фази | Попарні переходи     | $t(ij), c$ | Перехідні інтервали, c |
|--------|----------------------|------------|------------------------|
| 1      | 1 – 2; 1 – 6.        | 0; 13.     | 13                     |
|        | 3 – 2; 3 – 6.        | 13; 7.     |                        |
|        | 7 – 2; 7 – 6.        | 8; 0.      |                        |
| 2      | 2 – 4; 2 – 5; 2 – 6. | 11; 14; 0. | 14                     |
| 3      | 4 – 1; 4 – 3; 4 – 7. | 11; 9; 7.  | 14                     |
|        | 5 – 1; 5 – 3; 5 – 7. | 9; 14; 14. |                        |
|        | 6 – 1; 6 – 3; 6 – 7. | 8; 8; 0.   |                        |

Для кожного переходу між фазами визначається максимальна тривалість мінімального проміжку. Ці значення дорівнюють тривалостям перехідних інтервалів  $t_{III}^i$  для кожної з фаз регулювання [7].

Втрачений у циклі час для всіх перехресть визначається за формулою [7]:

$$L = \sum_{i=1}^m (t_{III}^i - 1 - 2), \quad (2.10)$$

де  $m$  - кількість фаз регулювання на перехресті.

$$L = (10 - 1 - 2) + (9 - 1 - 2) + (9 - 1 - 2) = 19 \text{ c.}$$

Для потоку, що рухається в прямому напрямі при ширині проїзної частини від 5,4 до 16 м, величина потоку насичення  $M_n$  визначається за емпіричною формулою [7]:

$$M_n = 525N, \quad (2.11)$$

де  $N$  - ширина проїзної частини, м.

Якщо  $N > 16$  м, як в нашому випадку по вулиці Тиражна, користуються таблицею 2.6.

Таблиця 2.6 – Визначення потоку насичення

|                          |      |      |      |      |      |      |
|--------------------------|------|------|------|------|------|------|
| Н, м                     | 3.0  | 3.3  | 3.6  | 4.2  | 4.8  | 5.2  |
| М <sub>н</sub> , од./год | 1850 | 1875 | 1950 | 2075 | 2475 | 2700 |

Для під'їзду Г та В, де рух каналізований при смузі 3м потік насичення 1850 од/год. Для інших при 3.75 м потік насичення 1970 од/год.

Якщо рух на перехресті каналізований,  $M_n$  визначається для кожної смуги руху окремо згідно з таблицею 2.6.

Якщо поворот праворуч чи ліворуч виконується безконфліктно з окремої смуги, потік насичення залежить від радіуса повороту [4]:

$$M_n = \frac{1800}{1 + \frac{1.525}{r}}, \quad (2.12)$$

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

Якщо поворотні маневри здійснюються із загальної смуги руху і частка ТЗ, що повертають, більша за 10%, користуються формулою [7]:

$$M_n^k = \frac{M_H}{\alpha + 1.25\beta + 1.75\gamma}, \quad (2.13)$$

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

$\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  - частки в потоці ТЗ, що рухаються відповідно прямо, праворуч, ліворуч.

$$M_1 = \frac{1970}{0.8421 + 1.25 \cdot 0.1589} = 1892.9 \text{ од/год};$$

$$M_1 = \frac{1970}{1} = 1970 \text{ од/год};$$

$$M_2 = \frac{1800}{1 + \frac{1.525}{56.35}} = 1752.57 \text{ од/год};$$

$$M_3 = \frac{1970}{0.1948 + 1.25 \cdot 0.8051} = 1640.06 \text{ од/год};$$

$$M_3 = \frac{1970}{0.8701 + 1.75 \cdot 0.1298} = 1795.39 \text{ од/год};$$

$$M_1 = \frac{1850}{0.2222 + 1.25 \cdot 0.6032 + 1.75 \cdot 0.1746} = 1443.34 \text{ од/год};$$

$$M_1 = \frac{1850}{0.0909 + 1.25 \cdot 0.3636 + 1.75 \cdot 0.5454} = 1233.46 \text{ од/год}.$$

Для кожного з поєднаних у фази напрямів для всіх перехресть розраховують значення фазових коефіцієнтів [7]:

$$y_i = \frac{N_i}{M_{n_i}}, \quad (2.14)$$

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

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

$$y_1 = \frac{114}{1893} = 0.06;$$

$$y_2 = \frac{114}{1753} = 0.06;$$

$$y_3 = \frac{231}{1640} = 0.14;$$

$$y_3 = \frac{231}{1795} = 0.12;$$

$$y_4 = \frac{378}{1443} = 0.26;$$

$$y_5 = \frac{66}{1233} = 0.05;$$

Результати обчислень заносять до табл. 2.7.

Таблиця 2.7 – Розрахункові дані

| № фази | № напр. | № смуги | N <sub>j</sub> | M <sub>hkj</sub> | Y <sub>j</sub> | Y <sub>jmax</sub> | Y <sub>j</sub> |
|--------|---------|---------|----------------|------------------|----------------|-------------------|----------------|
| 1      | 1       | 1       | 114            | 1893             | 0.06           | 0.06              | 0.2            |
|        |         | 2       | 114            | 1970             | 0.05           |                   |                |
|        | 3       | 1       | 231            | 1640             | 0.12           | 0.14              |                |
|        |         | 2       | 231            | 1795             | 0.13           |                   |                |
| 2      | 2       | 1       | 222            | 1753             | 0.19           | 0.06              | 0.06           |
| 3      | 4       | 1       | 378            | 1443             | 0.26           | 0.26              | 0.26           |
|        | 5       | 1       | 66             | 1233             | 0.05           |                   |                |

Далі розраховують фазові коефіцієнти перехресть як суми максимальних фазових коефіцієнтів, дозволених у фазі напрямів руху [7]:

$$Y_k = \sum_{j=1}^m y^i; \quad (2.15)$$

$$Y_k = 0.2 + 0.06 + 0.26 = 0.52.$$

Якщо інтенсивність руху будь якою смугою на перехресті у будь-якій фазі регулювання більша 500 од./год, цикли розраховують за формулою для трифазних циклів [6]:

$$T_k = \frac{1.5L_k + 5}{1 - Y_k}; \quad (2.18)$$

$$T_k = \frac{1.5 \cdot 19 + 5}{1 - 0.52} = 70 \text{ с.}$$

Тривалість основного такту обчислюють так [7]:

$$t_{OT}^i = \frac{y^i}{\bar{Y}} (T_y - L) - 1 - 2; \quad (2.19)$$

$$t_{OT}^1 = \frac{0.2}{0.52} \cdot (70 - 19) - 1 - 2 = 16.54 \text{ с};$$

$$t_{OT}^2 = \frac{0.06}{0.52} \cdot (70 - 19) - 1 - 2 = 2.86 \text{ с};$$

$$t_{OT}^3 = \frac{0.26}{0.52} \cdot (70 - 19) - 1 - 2 = 16.54 \text{ с}.$$

Проводиться корекція на пішохідний мінімум у випадку наявності пішохідного руху на перехресті [7]:

$$k'' = \frac{\frac{b}{V_n} + 5 - t_{III}^i}{\bar{t}_{OT}^i}, \quad (2.20)$$

де  $b$  – максимальна довжина шляху пішохода за даним напрямом від сходження на проїзну частину до тротуару, розділової смуги, підвищеного островця безпеки.

$$k'' = \frac{\frac{11.25}{1.3} + 5 - 10}{16.54} = 0.22;$$

$$k'' = \frac{\frac{11}{1.3} + 5 - 9}{16.54} = 0.31.$$

У випадку, якщо всі отримані за формулою (2.20) коефіцієнти корекції більші за 1 або хоча б один із них більше за 1,5, слід виконати розрахунок тривалості циклу за формулою 2.18 незалежно від значення інтенсивностей руху та кількості фаз [7].

Зважаючи на те, що остаточно тривалість циклу регулювання визначають за формулою [7]:

$$\bar{T}_u = \sum_{i=1}^m (\bar{t}_{OT}^i + t_{III}^i); \quad (2.21)$$

$$T_{\text{ц}} = (17+10) + (3+9) + (17+9) = 65 \text{ с.}$$

Остаточна тривалість циклу з міркувань безпеки руху не повинна перевищувати 120с [7].

Циклограма світлофорного регулювання – це графічне зображення станів сигнальних груп впродовж циклу регулювання у мірилі не менше 1мм:1с [7].

Спочатку визначаються типи світлофорів для кожного з напрямів регулювання: транспортний (перший, другий тип, перший з додатковою секцією), пішохідний, трамвайний. Кожен напрям повинен мати свій світлофор або додаткову секцію світлофора [7].

Побудова циклограми відбувається у певній послідовності [7]:

1. На вісі часу відкладаються послідовно всі основні такти та перехідні інтервали, що складають цикл регулювання.

2. Відповідно до схеми пофазового роз'їзду всі напрями, в межах основних тактів фаз, до яких вони входять, позначаються зеленим.

3. Основні такти, за напрямками, не позначеними зеленим, позначаються червоним.

4. Перехідні інтервали між «червоним» та «червоним» основними тактами позначаються червоним.

5. Перехідні інтервали між «червоним» та «зеленим» основними тактами позначаються червоним, проте останні 2-3с перехідного інтервалу позначаються червоним із жовтим сигналом у випадку, якщо його застосування прийнято за встановленою послідовністю.

6. Заповнюються інші перехідні інтервали.

6.1 З таблиці для визначення перехідних інтервалів обирається перехід з тієї фази, до якої належить перехідний інтервал.

6.2 З переходів обираються лише ті, що мають першим той напрям, для якого накреслюється режим.

6.3 Зі значень мінімальних проміжків обирається максимальне.

6.4. Обране значення відкладається від закінчення перехідного інтервалу ліворуч.

6.6 Від отриманої позначки праворуч відкладається 3с зеленого миготливого сигналу, 3-4с жовтого сигналу.

6.6 Ліворуч від зеленого миготливого сигналу накреслюється зелений і ця його частина зветься додатковим інтервалом, праворуч від жовтого сигналу накреслюється червоний сигнал.

6.7 Замість жовтого та червоного з жовтим сигналу на пішохідних напрямках накреслюється червоний.

Проектна організація технічних засобів організації дорожнього руху наведена на листі 9 графічної частини

Проектний режим регулювання наведений на листі 10 графічної частини.

### 2.3 Розрахунок режиму роботи світлофорної сигналізації на залізничному переїзді

На залізницях проводяться заходи щодо посилення технічної оснащеності переїздів. До технічних пристроїв, які встановлюються на переїзді, насамперед, слід віднести всі пристрої переїзної автоматики, які призначені забезпечити розв'язання наступного класу завдань:

- подачу на переїзд повідомлення про наближення поїзда та контроль вільного стану переїзду від рухомого складу;
- завчасне сповіщення водіїв про наявність переїзду та небезпеки його заняття транспортним засобом;
- запобігання несанкціонованому виїзду транспортних засобів на переїзд у небезпечній близькості від рухомого складу;
- огороження переїзду з боку залізниці;
- виявлення на переїзді завад для руху поїзда;
- контроль справного стану пристроїв переїзної автоматики [2].

На даний час на магістральному залізничному транспорті України в основному використовуються системи з фіксованою довжиною ділянки наближення, що обумовлено простотою та порівняно низькою вартістю апаратної їх реалізації та алгоритму управління, який використовується в цих системах. Істотним недоліком даного способу сповіщення є відсутність контролю фактичної швидкості та прискорення поїзда, який наближається. Це спричиняє зайву тривалість закриття переїзду, коли швидкість поїзда на ділянці наближення нижча максимальної, чи при зміні у межах даної ділянки напрямку руху поїзда. Зазначений недолік призводить до триваліших простоїв автотранспорту перед закритим переїздом, що, у свою чергу, спричиняє відповідні матеріальні втрати та негативно позначається на безпеці руху. Проведені дослідження

показали, що надмірно тривалий час закриття переїзду провокує деяких водіїв на порушення правил руху через переїзд, спричиняючи, у ряді випадків, серйозні аварії [2].

Довжина ділянок наближення має бути розрахована, виходячи з максимальної швидкості руху поїздів, що встановлена на дільниці, і швидкості руху транспортних засобів 8 км/год з найбільшою довжиною транспортного засобу 24 м [3].

Довжина ділянки наближення розраховується за формулою [2]:

$$L = V_n \cdot (t_{з.ш.} + 2t_{спр} + \frac{B_{стоп} + L_{авт}}{V_a} + t_{затр}), \quad (2.22)$$

де  $V_n$  - встановлена швидкість руху поїздів на ділянці, в нашому випадку 13.9 м/с;

$B_{стоп}$  - відстань між стоп-лініями на переїзді, м;

$L_{авт}$  - максимальна розрахункова довжина автомобіля, в нашому випадку 24 м;

$V_a$  - розрахункова швидкість руху автомобілів через переїзд, 8 км/год = 2.2 м/с;

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

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

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

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. Проходить час затримки поїзда  $t_{затр}$ . На переїзд заїздить локомотив. Через переїзд рухається поїзд. Як тільки останній вагон залишає переїзд, відкриваються входні 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) приймаємо 6 м. Час від закриття шлагбаумів до прибуття локомотиву на переїзд приймаємо 0,5 хв.

Час від спрацювання світлофора до початку закриття шлагбауму на в'їзді розраховуємо по формулі [2]:

$$t_{з.ш} = 1 + \frac{V_a}{2 \cdot 2.75} + \frac{L_{авт} + 3}{V_a}. \quad (2.23)$$

$$t_{з.ш} = 1 + \frac{2.2}{2 \cdot 2.75} + \frac{24 + 3}{2.2} = 13.7 \text{ с.}$$

Перевіряємо виконання умови:

$$t_{з.ш} \geq 6 + \frac{L_{авт}}{V_a}. \quad (2.24)$$

$$13.7 < 16.9.$$

Оскільки умова не виконується в подальших розрахунках приймаємо  $t_{з.ш} = 16.9$ .

Розрахуємо довжину ділянки наближення:

$$L = 13.9 \cdot (16.9 + 2 \cdot 5 + \frac{6 + 24}{2.2} + 0.5) = 570.4 \text{ м.}$$

Автоматична сигналізація залізничного переїзду складається із світлофорів загородження та транспортних світлофорів. У випадку, коли рейкова мережа на ділянці наближення не шунтується колісними парами рухомого складу, ввімкнено світлофори загородження, а на транспортних світлофорах ввімкнено білий проблісковий 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.

Модель рейкового ланцюга та переїзної автоматики наведена на листі 7 графічної частини.

Проектна дислокація технічних засобів організації дорожнього руху наведена на листі 8.

### 3 СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

#### 3.1 Загальна частина

На перетині вулиці Тиражна та Інститутська встановлене світлофорне регулювання. Час циклу світлофора 67 с, при цьому час роботи зеленого сигналу по головній дорозі 21 с., по другорядній 27с.

Згідно з розрахунками елементів світлофорного регулювання пропонується час циклу зменшити до 65 с. При цьому час роботи зеленого сигналу по головній дорозі буде 30с., по другорядній 16 с.

Згідно проекту на перехресті необхідно встановити знаки 3.24 в кількості 6 шт, та знак 1.2 в кількості 4 шт.

Площа розмітки на перехресті по проекту складає 114.7 м<sup>2</sup>.

Приведена інтенсивність руху з урахуванням складу потоку наведена в таблиці 3.1.

Таблиця 2.1 – Приведені інтенсивності руху на перехресті вул. Тиражна та вул. Інститутська

| Напрямок                               | Інтенсивність, авт/год |
|----------------------------------------|------------------------|
| Дніпрогес (N <sub>1</sub> )            | 462                    |
| м. Дніпро (N <sub>2</sub> )            | 510                    |
| Осипенківський район (N <sub>3</sub> ) | 66                     |
| с. Сонячне (N <sub>4</sub> )           | 276                    |

Потік насичення по головній дорозі:

$$M_1 = 1970 \cdot 3 = 5910 \text{ од/год};$$

$$M_2 = 1970 \cdot 2 = 3970 \text{ од/год.}$$

По другорядній дорозі потік насичення:

$$M_3 = M_4 = 1850 \text{ од/год.}$$

### 3.2 Розрахунок капітальних вкладень

Згідно проекту на перехресті необхідно встановити знаки 3.24 в кількості 6 шт, та знак 1.2 в кількості 4 шт. Вартість встановлення знаків наведена в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – вартість дорожніх знаків

| № знаку                  | Кількість | Вартість 1 знаку,<br>грн | Загальна вартість,<br>грн |
|--------------------------|-----------|--------------------------|---------------------------|
| 3.24                     | 6         | 601                      | 3606                      |
| 1.2                      | 4         | 489                      | 1956                      |
| Загальна вартість знаків |           |                          | 5562                      |

Вартість однієї стійки для знаку складає 462 грн. Вартість монтажу однієї стійки для знаку складає 374 грн. Вартість монтажу одного знаку складає 473 грн.

Тому витрати на встановлення знаків складуть:

$$C_{\text{зн}} = 5562 + 462 \cdot 10 + 374 \cdot 10 + 473 \cdot 10 = 18652 \text{ грн.}$$

На залізничному переїзді по вулиці Інститутська встановлюємо шлагбаум. Його вартість складає 22000 грн. Витрати на його монтаж складають 2300 грн. Тому загальні витрати на встановлення шлагбауму складуть:

$$C_{\text{шт}} = (22000 + 2300) \cdot 2 = 48600 \text{ грн.}$$

Загальні капітальні вклади:

$$K_{\text{заг}} = 18652 + 48600 = 67252 \text{ грн.}$$

### 3.3 Розрахунок витрат по базовому варіанту

Визначаємо втрати часу транспортними засобами на регульованому перехресті вулиці Тиражна та вулиці Інститутська (розрахунок ведемо по спрощеній формулі).

На регульованому перехресті середня затримка автомобілів в цій фазі в основному залежить від режиму регулювання. Мають місце ряд залежностей, які дозволяють визначити цю величину. З достатньою точністю вона може бути визначена за формулою Вебстера. У спрощеному вигляді вона має вигляд [8]:

$$t_{oi} = \frac{M_i \cdot (T_{\text{ц}} - t_3)^2}{2 \cdot T_{\text{ц}} \cdot (M_i - N_i)}, \quad (3.1)$$

где  $T_{\text{ц}}$  – час циклу (в базовому варіанті 67 с);

$t_3$ - час дії зеленого сигналу в відповідній фазі циклу ( $t_{31}=21$  с;  $t_{32}= 27$  с);

Середня затримка одного автомобіля, який рухається по головній дорозі в напрямку до Дніпрогесу:

$$t_{01} = \frac{5910 \cdot (67 - 21)^2}{2 \cdot 67 \cdot (5910 - 462)} = 17.1 \text{ с.}$$

Середня затримка одного автомобіля, який рухається по головній дорозі в напрямку міста Дніпро:

$$t_{02} = \frac{3940 \cdot (67 - 21)^2}{2 \cdot 67 \cdot (3940 - 510)} = 18.1 \text{ с.}$$

Середня затримка одного автомобіля, який рухається по другорядній дорозі в напрямку Осипенківського району:

$$t_{03} = \frac{1850 \cdot (67 - 27)^2}{2 \cdot 67 \cdot (1850 - 66)} = 12.4 \text{ с.}$$

Середня затримка одного автомобіля, який рухається по головній дорозі в напрямку селища Сонячного:

$$t_{04} = \frac{1850 \cdot (67 - 27)^2}{2 \cdot 67 \cdot (1850 - 276)} = 14 \text{ с.}$$

Середньозважене значення затримки визначаємо по формулі [8]:

$$t_0 = \frac{t_{01} \cdot N_1 + t_{02} \cdot N_2 + t_{03} \cdot N_3 + t_{04} \cdot N_4}{N_1 + N_2 + N_3 + N_4}.$$

Визначаємо середньозважене значення затримки:

$$t_0 = \frac{17.1 \cdot 462 + 18.1 \cdot 510 + 12.4 \cdot 66 + 14 \cdot 276}{462 + 510 + 66 + 276} = 16.6 \text{ с.}$$

Втрати часу за рік на регульованому перехресті визначається по формулі [8]:

$$T_p = \frac{365 \cdot (N_{gl} + N_{dp}) \cdot t_0}{3600 \cdot k_n}, \quad (3.3)$$

де  $N_{gl}$  та  $N_{dp}$  – інтенсивності руху по головній та другорядній дорогах відповідно;

$k_n$  – коефіцієнт нерівномірності розподілу.

$$T_p = \frac{365 \cdot (972 + 342) \cdot 16.6}{3600 \cdot 0.1} = 22115 \text{ авт/год.}$$

Розрахуємо вартість витрат часу по формулі [7]:

$$C_{тр}^{пр} = T_p \cdot \sum S_{чи} \cdot d_i, \quad (3.4)$$

де  $S_{чи}$  – вартість години роботи транспортного засобу.

Вартість години роботи легкового автомобіля 300 грн, частка легкових автомобілів 0.67. Вартість години роботи вантажного автомобіля 600 грн та доля вантажних автомобілів в потоці 0.27. Вартість години роботи мікроавтобуса 400 грн та доля їх в потоці 0.06. Тому вартість витрат часу складає:

$$C_{тр}^{пр} = 22115 \cdot (300 \cdot 0.67 + 600 \cdot 0.27 + 400 \cdot 0.06) = 8558505 \text{ грн.}$$

При розрахунку витрат часу пасажирів необхідно зважати на те, що через перехрестя маршрутів громадського транспорту немає. Тому для розрахунків приймаємо за базовий легковий автомобіль номінальною місткістю 5 чоловік (коефіцієнт використання місткості 0.4).

Економічна оцінка однієї години часу пасажирів прийнята в розмірі 25.13 грн/год.

Вартість втрат часу, що втрачається пасажирями за рік:

$$C_{\text{пас}}^{\text{пр}} = 22115 \cdot 25.13 \cdot (0.67 \cdot 5 \cdot 0.4) = 744704.9 \text{ грн.}$$

Визначаємо загальні витрати часу транспортними засобами та пасажирями:

$$B_{\text{о}}^{\text{заг}} = (C_{\text{тр}}^{\text{пр}} + C_{\text{пас}}^{\text{пр}}) \cdot 0.2. \quad (3.5)$$

$$B_{\text{о}}^{\text{заг}} = (8558505 + 744704.9) \cdot 0.2 = 1860641.99 \text{ грн.}$$

### 3.4 Розрахунок витрат по проектному варіанту

Визначаємо проектні втрати часу транспортними засобами на регульованому перехресті вулиці Тиражна та вулиці Інститутська. Згідно з попередніми розрахунками час циклу складає 65 с, час зеленого сигналу  $t_{31}=30$  с та  $t_{32}=16$  с.

Середня затримка одного автомобіля, який рухається по головній дорозі в напрямку до Дніпрогесу:

$$t_{\text{o1}} = \frac{5910 \cdot (65 - 30)^2}{2 \cdot 65 \cdot (5910 - 462)} = 10.2 \text{ с.}$$

Середня затримка одного автомобіля, який рухається по головній дорозі в напрямку міста Дніпро:

$$t_{\text{o2}} = \frac{3940 \cdot (65 - 30)^2}{2 \cdot 65 \cdot (3940 - 510)} = 10.8 \text{ с.}$$

Середня затримка одного автомобіля, який рухається по другорядній дорозі в напрямку Осипенківського району:

$$t_{03} = \frac{1850 \cdot (65 - 16)^2}{2 \cdot 65 \cdot (1850 - 66)} = 19.2 \text{ с.}$$

Середня затримка одного автомобіля, який рухається по головній дорозі в напрямку селища Сонячне:

$$t_{04} = \frac{1850 \cdot (65 - 16)^2}{2 \cdot 65 \cdot (1850 - 276)} = 21.7 \text{ с.}$$

Визначаємо середньозважене значення затримки:

$$t_0 = \frac{10.2 \cdot 462 + 10.8 \cdot 510 + 19.2 \cdot 66 + 21.7 \cdot 276}{462 + 510 + 66 + 276} = 13.3 \text{ с.}$$

Визначаємо втрати часу за рік на регульованому перехресті:

$$T_p = \frac{365 \cdot (972 + 342) \cdot 13.3}{3600 \cdot 0.1} = 17718.9 \text{ авт/год.}$$

Розрахуємо вартість витрат часу:

Вартість години роботи легкового автомобіля 300 грн, частка легкових автомобілів 0.67. Вартість години роботи вантажного автомобіля 600 грн та доля вантажних автомобілів в потоці 0.27. Вартість години роботи мікроавтобуса 400 грн та доля їх в потоці 0.06. Тому вартість витрат часу складає:

$$C_{\text{тр}}^{\text{пр}} = 17718.9 \cdot (300 \cdot 0.67 + 600 \cdot 0.27 + 400 \cdot 0.06) = 6857214.3 \text{ грн.}$$

При розрахунку витрат часу пасажирів необхідно зважати на те, що через перехрестя маршрутів громадського транспорту немає. Тому для розрахунків приймаємо за базовий легковий автомобіль номінальною місткістю 5 чоловік (коефіцієнт використання місткості 0.4).

Економічна оцінка однієї години часу пасажирів прийнята в розмірі 25.13 грн/год.

Вартість втрат часу, що втрачається пасажирями за рік:

$$C_{\text{пас}}^{\text{пр}} = 17718.9 \cdot 25.13 \cdot (0.67 \cdot 5 \cdot 0.4) = 596669.8 \text{ грн.}$$

### 3.5 Розрахунок техніко-економічних показників проекту

Амортизаційні витрати знаків складають:

$$B_1 = 18652 - \frac{18652 \cdot 6}{100} = 17532.88 \text{ грн;}$$

$$B_2 = 17532.88 - \frac{17532.88 \cdot 6}{100} = 16480.9 \text{ грн;}$$

$$B_3 = 16480.9 - \frac{16480.9 \cdot 6}{100} = 15492.05 \text{ грн;}$$

$$B_4 = 15492.05 - \frac{15492.05 \cdot 6}{100} = 14562.53 \text{ грн.}$$

Річна амортизація знаків дорівнює:

$$A_{\text{зн}}^{\text{р}} = 1119.12 + 1051.98 + 988.85 + 929.52 = 4089.47 \text{ грн.}$$

Розрахуємо амортизаційні відрахування:

$$B_1 = 48600 - \frac{48600 \cdot 6}{100} = 45684 \text{ грн};$$

$$B_2 = 45684 - \frac{45684 \cdot 6}{100} = 42942.96 \text{ грн};$$

$$B_3 = 42942.96 - \frac{42942.96 \cdot 6}{100} = 40366.4 \text{ грн};$$

$$B_4 = 40366.4 - \frac{40366.4 \cdot 6}{100} = 37944.42 \text{ грн.}$$

Річна амортизація шлагбауму дорівнює:

$$A_{\text{зн}}^p = 2916 + 2741.04 + 2576.56 + 2421.98 = 10655.58 \text{ грн.}$$

Загальні річні амортизаційні витрати від знаків та шлагбауму складають:

$$A_{\text{заг}}^p = 4089.47 + 10655.58 = 14745.05 \text{ грн.}$$

Визначаємо витрати на ремонтні роботи пов'язані зі знаками (5% від вартості знаків):

$$B_p^{\text{зн}} = 18652 \cdot 0.05 = 932.6 \text{ грн.}$$

Визначаємо витрати на ремонтні роботи пов'язані зі шлагбаумом (5% від вартості шлагбауму):

$$B_p^{\text{шл}} = 48600 \cdot 0.05 = 2430 \text{ грн.}$$

Загальні витрати на ремонт знаків та шлагбауму складуть:

$$B_p^{\text{заг}} = 932.6 + 2430 = 3362.6 \text{ грн.}$$

Загальна площа розмітки по проекту складає  $114.7 \text{ м}^2$ , а ціна квадратного метру розмітки складає 94 грн. Тому витрати на нанесення розмітки на перехресті складуть:

$$B_p = 114.7 \cdot 94 = 10781.8 \text{ грн.}$$

Загальні витрати на перехресті по проекту складуть:

$$B_{\text{пр}}^{\text{заг}} = (6857214.3 + 596669.8) \cdot 0.2 + 14745.05 + 3362.6 + 10781.8 = 1519666.27 \text{ грн.}$$

Загальна економія на перехресті складає:

$$\mathcal{E}^p = 1860641.99 - 1519666.27 = 340975.72 \text{ грн.}$$

Економічний ефект від впровадження проектних рішень складає:

$$E_{\text{еф}} = 340975.72 - \frac{67252}{4} = 324162.72 \text{ грн.}$$

Термін окупності капітальних витрат на впровадження систем управління дорожнім рухом складає:

$$T_{\text{ок}} = \frac{67252}{340975.72} = 0.2 \text{ р.}$$

Значення всіх розрахунків наведені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Техніко-економічні показники проекту

| Показник                                  | Базове значення | Проектне значення |
|-------------------------------------------|-----------------|-------------------|
| Капітальні вкладення, грн.                | -               | 67252             |
| Річні експлуатаційні витрати, грн.        | -               | 28889.45          |
| Затримки транспорту та пасажирів, год/рік | 22115           | 17718.9           |
| Витрати від затримок, грн./рік            | 1860641.99      | 1519666.27        |
| Економія від зменшення затримок, грн./рік | -               | 340975.72         |
| Економічний ефект, грн./рік               | -               | 324162.72         |
| Термін окупності проекту, років           | -               | 0.2               |

Техніко-економічні показники наведено на листі 11 графічної частини.

Згідно з розрахунками можна зробити висновок, що при зменшенні часу циклу на перехресті вулиці Тиражна та Інститутська затримки транспорту та пасажирів зменшились на 4396.1 год./рік. При цьому витрати від затримок зменшилися на 340975.72 грн./рік. Економічний ефект від впровадження проекту становить 324162.72 грн./рік. Термін окупності проекту становить 0.2 роки.

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В магістерській роботі проводиться дослідження застосування автоматичної переїзної сигналізації у взаємодії з світлофорним регулюванням. В даному розділі розглянемо потенційні небезпеки при виконанні дослідницьких робіт на перехресті та в дослідницькій лабораторії та заходи захисту від них, можливість негативного впливу санітарно-гігієнічних факторів, заходи з пожежної безпеки та захист дослідника в умовах надзвичайних ситуацій.

### 4.1 Аналіз потенційних небезпек

Дослідження проводилися на перехресті в денний час та теплу пору року. Подальша робота проводилась в дослідницькій лабораторії. При таких умовах на дослідника можуть впливати такі потенційні небезпеки:

- 1) фізичне травмування, що може бути пов'язане з наїздом транспортного засобу на дослідника на перехресті;
- 2) перегрів організму дослідника, що може бути пов'язана з високою температурою повітря;
- 3) наїзд на дослідника при перетині ним проїзної частини, що може бути пов'язана з недотриманням правил дорожнього руху дослідником;
- 4) фізичне травмування, що може бути пов'язане з наїздом потяга на дослідника на залізничному переїзді;
- 5) шкода зору дослідника, що може бути пов'язана з роботою на персональному комп'ютері в дослідницькій лабораторії;
- 6) пожежа, що може бути пов'язана з недотриманням вимог пожежної безпеки;

- 7) ураження електричним струмом, що може бути пов'язане з несправністю електричних приборів та розеток в дослідницькій лабораторії;
- 8) на дослідника при роботі на персональному комп'ютері можуть діяти шкідливі фактори: недостатня освітленість; не відповідні мікрокліматичні умови та інше;
- 9) шкода здоров'ю, яка може бути пов'язана з іонізуючим випромінюванням.

#### 4.2 Заходи по забезпеченню безпеки

Для запобігання травмування внаслідок наїзду необхідно знаходитись на безпечній відстані від краю проїзної частини, а саме на відстані не менше 5 м.

Для запобігання наїзду на дослідника при перетині дороги необхідно дотримуватись правил дорожнього руху та переконатись в власній безпеці.

Для запобігання фізичного травмування на залізничному переїзді необхідно триматись від крайньої рейки на безпечній відстані, а саме не менше 2.5 м. Переходити рейки необхідно в встановленому місці.

Для запобігання шкоди здоров'ю, що пов'язана з роботою на персональному комп'ютері робоче місце та сам комп'ютер повинні відповідати вимогам Директиви Ради «Про мінімальні вимоги безпеки та здоров'я при роботі з екранними пристроями». Символи на екрані повинні бути добре позначені і чітко представлені, мати відповідний розмір, між символами і рядками символів повинна бути належна відстань. Зображення на екрані повинне бути стабільним, без будь-яких миготінь або інших видів нестабільності. Яскравість та/або контрастність символів повинна бути легко регульована дослідником, а також легко адаптуватися до навколишніх умов. Екран повинен легко та вільно повертатися і нахилитися залежно від потреби.

Екран не повинен відблискувати або відбивати світло, що може викликати дискомфорт у користувача.

Електроживлення електрообладнання приміщення з ПК здійснюється від мережі змінного струму напругою 220 В і частотою 50 Гц. Відповідно до вимог «ПУЕ», електрообладнання в приміщенні з ПК, характеризується як електроустановки до 1000 В, тому згідно вимог глави 1.7 «ПУЕ» та ГОСТ 12.1.030-81 (2001) «ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление», величина опору контуру захисного заземлення електрообладнання приміщення з ПК у будь-яку пору року не перевищує – 4 Ом .

#### 4.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці

Для запобігання перегріву організму при проведенні дослідів на перехресті необхідно вибрати для дослідження місце в тіні, також мати з собою питну воду, та застосовувати спецодяг( одяг який відповідає порі року, та погодно-кліматичним умовам).

Для запобігання шкоди здоров'ю від дії вихлопних газів та пилу необхідно обирати місце для дослідження на перехресті найбільш віддалене від краю проїзної частини.

Для запобігання дії шкідливих та небезпечних факторів на дослідника в лабораторії яка обладнана персональним комп'ютером проведемо оцінку умов праці за ступенем шкідливості та небезпечності змірявши попередньо шкідливі фактори які діють на дослідника та внесемо данні в таблицю 4.1 [9].

Таблиця 4.1 «Результати оцінювання за бальною шкалою»

| Фактор (показник)                                                                                                  | Виміряні показники<br>$P_{\text{вим}}$ | Час дії<br>год. | ГДК, ГДР, показники,<br>$P_{\text{доп}}$ | $X_{\text{визн}}$ , бали | Клас умов праці | $X_i$ , бали |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-----------------|------------------------------------------|--------------------------|-----------------|--------------|
| 1                                                                                                                  | 2                                      | 3               | 4                                        | 5                        | 6               | 7            |
| Мікроклімат за ТНС-індексом, t, °C                                                                                 | 29                                     | 10              | 23.0-25.1                                | 4                        | 3.4             | 4            |
| Освітленість приміщення E, лк                                                                                      | 150                                    | 9               | 200                                      | 1                        | 3.1             | 1            |
| Розряд і підрозряд зорових робіт, $Z_{\text{ор}}$                                                                  | Б-2                                    | —               | —                                        | —                        | —               | —            |
| Рівень шуму L, дБА                                                                                                 | 109                                    | 6               | 60                                       | -                        | 3.4             | 4.5          |
| Загальні енергозатрати організму, Вт                                                                               | 340                                    | 6               | 290                                      | 0.87                     | 3.3             | 3            |
| Стереотипні робочі рухи (кількість за зміну), при локальному навантаженні (за участю м'язів кистей та пальців рук) | 61000                                  | 6               | 40000                                    | 1.02                     |                 |              |
| Тривалість зосередження уваги (в % від часу зміни)                                                                 | 80                                     | 6               | 75                                       | 0,8                      |                 |              |
| Тривалість робочого дня, год.                                                                                      | 9                                      | 9               | 8                                        | 0,16                     |                 |              |

Визначаємо категорію робіт для дослідника лабораторії обладнаної ПК. Умови праці, за витратами енергії, до 175 Вт (90-120 ккал/год.) та повинні відповідати легким фізичним роботам – категорії II а [9].

Відповідно до категорії робіт II а, розряду зорових робіт Б-2 та виявлених показників умов та напруженості праці, визначаємо ГДК (ГДР) виявлених факторів і показників та вносимо їх значення до таблиці 4.2 «Результати оцінювання за бальною шкалою» [9].

Для окремих факторів і показників за методикою визначеною «Гігієнічною класифікацією праці», визначаємо розрахункові коефіцієнти  $X_{\text{визн}}$  та вносимо їх значення до таблиці 4.1 «Результати оцінювання за бальною шкалою» [9]:

- для гігієнічної оцінки мікроклімату використовуємо ТНС індекс, розрахунковий коефіцієнт  $X_{\text{визн}}$  при оцінці мікроклімату визначаємо в балах, за формулою 4.1 [9]:

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

- для показників важкості та напруженості праці розрахункові коефіцієнти визначаються за основними та допоміжними показниками, що є характерними для конкретного робочого місця, за формулою 4.2 [9]:

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

$$X_{\text{визн}} = \frac{P_{\text{вим}} \cdot T \cdot K_{\text{знач}}}{8 \cdot P_{\text{доп}}} = \frac{340 \cdot 6 \cdot 1}{8 \cdot 290} = 0.87. \quad (4.2)$$

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

$$X_{\text{визн}} = \frac{P_{\text{вим}} \cdot T \cdot K_{\text{знач}}}{8 \cdot P_{\text{доп}}} = \frac{61000 \cdot 6 \cdot 1}{8 \cdot 40000} = 1.14.$$

в) Тривалість зосередження уваги (% від часу робочого дня),  $K_{\text{знач}} = 1,0$

$$X_{\text{визн}} = \frac{P_{\text{вим}} \cdot T \cdot K_{\text{знач}}}{8 \cdot P_{\text{доп}}} = \frac{80 \cdot 6 \cdot 1}{8 \cdot 75} = 0.8.$$

г) Тривалість робочого дня,  $K_{\text{знач}} = 0,15$

$$X_{\text{визн}} = \frac{P_{\text{вим}} \cdot T \cdot K_{\text{знач}}}{8 \cdot P_{\text{доп}}} = \frac{9 \cdot 9 \cdot 0,15}{8 \cdot 9} = 0,16.$$

Визначаємо клас та ступінь шкідливості умов праці для кожного з виявлених факторів і показників та вносимо їх значення до таблиці 4.2 :

- для мікроклімату, відповідно до значення розрахункового коефіцієнта  $X_{\text{визн}} = 4$ , з таблиці 4.2 – 3 клас, 4 ступінь (3.4) [9];

- при оцінці освітленості робочої зони приміщення, клас та ступінь шкідливості умов праці визначаємо у відповідності до  $P_{\text{вим}} = 100$  лк, за додатками Г та табл. Г.1 – 1 клас, (1) [9];

- для гігієнічної оцінки рівня шуму, клас та ступінь шкідливості умов праці визначаємо у відповідності до виміряного значення рівня шуму  $P_{\text{вим}} = 107$  дБА, за додатками Д та табл. Д.1 – 3 клас, 4 ступінь (3.) [9];

- клас і ступінь важкості та напруженості праці визначаємо як суму розрахованих балів усіх показників  $X_{\text{визн}}$  за формулою 4.3 [9]:

$$X_{\text{сум}} = 0,87 + 1,14 + 0,8 + 0,16 = 2,97$$

З таблиці 4.1 за значенням суми розрахованих балів показників  $X_{\text{сум}} = 2,97$  – 3 клас, 3 ступінь (3.3);

Оскільки загальна гігієнічна оцінка умов праці за ступенем шкідливості та небезпечності, з урахуванням комбінованої та сумісної дії шкідливих факторів, встановлюється за найбільш високим класом та ступенем шкідливості окремих факторів і показників, тому в результаті досліджень, відповідно до розрахунків, встановлено, що умови праці на робочому місці дослідника в лабораторії обладнаній ПК належать до 3 класу, 4 ступеню.

Оскільки при гігієнічній оцінці виявлена наявність шкідливих та важких умов праці, проводимо дослідження фактичного стану умов праці, з метою

визначення розмірів доплат за ступені шкідливості факторів діючих на дослідника за бальною шкалою, та вносимо їх значення до таблиці 4.1 [9]:

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

- при оцінці впливу освітленості, виходимо з того що вона відповідає 2 класу умов праці, згідно додатку Г [42] –  $X_{ст} = X_i = 1$ ;

- для оцінки впливу шуму, виходимо з того, що його рівень відповідає 3 класу, 4 ступеню умов праці та діє протягом 4 годин, тому значення  $X_i$  визначаємо за формулою 4.3 [9]:

$$X_i = X_{ст} \cdot \frac{T}{7} = 3 \cdot \frac{4}{7} = 1.71 \quad (4.3)$$

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

Для визначення конкретного розміру доплати, умови праці оцінюємо по сумі значень  $X_i$ , за формулою 4.4 [9]:

$$X_{факт} = 4 + 1 + 4.5 + 3 = 12 \quad (4.4)$$

Розмір доплати за умовами праці визначаємо в залежності від їх фактичного стану –  $X_{факт} = 12$ , 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[. Розмір доплати до тарифної ставки (окладу) – 24 % [9].

На підставі результатів загальної гігієнічної оцінки умов праці за ступенем шкідливості та небезпечності, а також дослідження фактичного

стану умов праці є наступні пропозиції, щодо усунення шкідливих факторів [9]:

а) Відповідно до класифікації умови, важкість та напруженість праці на робочому місці дослідника лабораторії належать до категорії Ia, тому необхідно привести ці умови у відповідність до нормативних значень, які відповідають оптимальним параметрам для категорії Ia, а саме:

- мікрокліматичні умови, за інтегральним показником теплового навантаження середовища - ТНС-індексом - 23,5-26,4°C;
- рівень шуму в робочій зоні дослідника лабораторії – 60 дБА;
- загальні енергозатрати організму, до 140 Вт;
- стереотипні робочі рухи (кількість за зміну), при локальному навантаженні (за участю м'язів кистей та пальців рук), до 40000;
- тривалість зосередження уваги (в % від часу зміни), до 75%; - тривалість робочого дня, 6 год.

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

- для приведення мікрокліматичних умов до відповідності, необхідно забезпечити припливно-витяжну механічну вентиляцію або кондиціювання приміщення;
- для зниження рівня шуму в робочій зоні дослідника необхідно замість матричних принтерів застосувати лазерні; з метою зниження зовнішнього шуму замінити вікна на пластикові з трикамерним склопакетом;
- для зменшення загальних енергозатрат організму, необхідно скоротити тривалість робочого дня до 6 год;
- для зменшення напруженості праці від стереотипних рухів за зміну при локальному навантаженні кистей рук та пальців необхідно передбачити перерви, не менш 15 хвилин, кожні 1-2 години;
- для зменшення тривалості зосередження уваги, необхідно скоротити тривалість робочого дня, передбачити додаткові перерви.

в) Якщо, з об'єктивних причин, вищезазначені заходи неможливо виконати, необхідно забезпечити доплати до тарифної ставки (окладу) за особливо шкідливі та особливо важкі умови праці, відповідно у розмірі 24 %.

#### 4.4 Заходи з пожежної безпеки

Виходячи з аналізу речовин та матеріалів, які використовуються при роботі у приміщенні дослідницької лабораторії згідно ДСТУ EN 2:2014 «Класифікація пожеж (EN 2:1992, EN 2:1992/A1:2004, IDT)» у приміщенні дослідницької лабораторії можлива пожежа класів – А (пожежа, що супроводжується горінням твердих речовин), горіння папіру, деревини в результаті короткого замикання пошкоджених або перевантажених електроприладів, або електричних мереж;

Оскільки приміщення дослідницької лабораторії належить до категорії «Г» з пожежної небезпеки, тому відповідно до вимог ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги» воно має II ступінь вогнестійкості.

Для приміщення дослідницької лабораторії обладнаної ПК відповідно до вимог п. 5 розділу VI «Вибір типу та необхідної кількості вогнегасників», «Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників», затверджених наказом МВСУ 15.01.2018 № 25 та зареєстрованих в МЮУ 23.02.2018 р. за № 225/31677 для гасіння електроустановок, що знаходяться під напругою, передбачені вуглекислотні вогнегасники з розрахунку один вогнегасник з величиною заряду вогнегасної речовини 3 кг. і більше, на 20 м<sup>2</sup> площі приміщення. Згідно цього враховуючи, що приміщення лабораторії не перевищує 20 м<sup>2</sup>, для її обладнання використовуємо вогнегасники типу ВВК-3,5 у кількості 1 штука. Додатково оснащуємо приміщення аерозольним водопінним вогнегасником з масою заряду вогнегасної речовини 400 г типу ВВП – 4.

Згідно вимог ДБН В.2.5-56:2014 «Системи протипожежного захисту», в приміщенні дослідницької лабораторії встановлена система пожежної й охоронної сигналізації «Сигнал-ВК6». Яка забезпечує виявлення теплових і димових ознак пожежі і місця виникнення пожежі з точністю до місця розміщення датчика. Згідно з наказом МВСУ 15.01.2018 № 25 для визначених категорій у дослідницькій лабораторії повинні бути встановлені 2 переносні порошкові вогнегасники ВП-3.

#### 4.5 Заходи по забезпеченню безпеки у надзвичайних ситуаціях

Укриття населення у захисних спорудах цивільного захисту.

До захисних споруд цивільного захисту належать [10]:

1) сховище - герметична споруда для захисту людей, в якій протягом певного часу створюються умови, що виключають вплив на них небезпечних факторів, які виникають внаслідок надзвичайної ситуації, воєнних (бойових) дій та терористичних актів;

2) протирадіаційне укриття - негерметична споруда для захисту людей, в якій створюються умови, що виключають вплив на них іонізуючого опромінення у разі радіоактивного забруднення місцевості;

3) швидко споруджувана захисна споруда цивільного захисту - захисна споруда, що зводиться із спеціальних конструкцій за короткий час для захисту людей від дії засобів ураження в особливий період.

Споруда подвійного призначення - це наземна або підземна споруда, що може бути використана за основним функціональним призначенням і для захисту населення [10].

Найпростіше укриття - це фортифікаційна споруда, цокольне або підвальне приміщення, що знижує комбіноване ураження людей від небезпечних наслідків надзвичайних ситуацій, а також від дії засобів ураження в особливий період [10].

Укриттю підлягають [10]:

1) у сховищах:

- працівники найбільшої працюючої зміни суб'єктів господарювання, віднесених до відповідних категорій цивільного захисту та розташованих у зонах можливих значних руйнувань населених пунктів, які продовжують свою діяльність в особливий період;

- персонал атомних електростанцій, інших ядерних установок і працівники суб'єктів господарювання, які забезпечують функціонування таких станцій (установок);

- працівники найбільшої працюючої зміни суб'єктів господарювання, віднесених до категорії особливої важливості цивільного захисту та розташованих за межами зон можливих значних руйнувань населених пунктів, а також працівники чергового персоналу суб'єктів господарювання, які забезпечують життєдіяльність міст, віднесених до відповідних груп цивільного захисту;

- хворі, медичний та обслуговуючий персонал закладів охорони здоров'я, які не підлягають евакуації або не можуть бути евакуйовані у безпечне місце;

2) у протирадіаційних укриттях:

- працівники суб'єктів господарювання, віднесених до першої та другої категорій цивільного захисту та розташованих за межами зон можливих значних руйнувань населених пунктів, які продовжують свою діяльність у воєнний час;

- працівники суб'єктів господарювання, розташованих у зонах можливих руйнувань, небезпечного і значного радіоактивного забруднення навколо атомних електростанцій;

- населення міст, не віднесених до груп цивільного захисту, та інших населених пунктів, а також населення, евакуйоване з міст, віднесених до груп цивільного захисту і зон можливих значних руйнувань;

•хворі, медичний та обслуговуючий персонал закладів охорони здоров'я, розташованих за межами зон можливих значних руйнувань міст, віднесених до груп цивільного захисту, і суб'єктів господарювання, віднесених до категорій цивільного захисту, а також закладів охорони здоров'я, які продовжують свою діяльність у воєнний час;

3) у швидко споруджуваних захисних спорудах цивільного захисту, найпростіших укриттях та спорудах подвійного призначення - населення міст, віднесених до груп цивільного захисту, яке не підлягає евакуації у безпечне місце, а також інших населених пунктів.

Порядок створення, утримання фонду захисних споруд цивільного захисту та ведення його обліку визначається Кабінетом Міністрів України [10].

Проектування, будівництво, пристосування і розміщення захисних споруд та об'єктів подвійного призначення здійснюються згідно з нормами, які розробляються відповідно до Закону України "Про будівельні норми" [10].

Вимоги щодо утримання та експлуатації захисних споруд визначаються центральним органом виконавчої влади, який забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері цивільного захисту [10].

Утримання захисних споруд цивільного захисту у готовності до використання за призначенням здійснюється суб'єктами господарювання, на балансі яких вони перебувають (у тому числі споруд, що не увійшли до їх статутних капіталів у процесі приватизації (корпоратизації), за рахунок власних коштів [10].

Захисні споруди цивільного захисту можуть використовуватися у мирний час для господарських, культурних і побутових потреб у порядку, що визначається Кабінетом Міністрів України [10].

З моменту виключення захисної споруди із фонду споруд цивільного захисту вона втрачає статус захисної споруди цивільного захисту. Володіння,

користування та розпорядження спорудами, які втратили статус захисних споруд цивільного захисту, здійснюється відповідно до закону [10].

Захисні споруди цивільного захисту державної та комунальної власності не підлягають приватизації (відчуженню) [10].

Контроль за готовністю захисних споруд цивільного захисту до використання за призначенням забезпечує центральний орган виконавчої влади, який здійснює державний нагляд у сферах техногенної та пожежної безпеки, спільно з відповідними органами та підрозділами цивільного захисту, місцевими державними адміністраціями.[10]

#### 4.6 Висновки з розділу охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

В даному розділі розглянули потенційні небезпеки, які можуть впливати на дослідника під час збору та обробки даних транспортного потоку. Розробили заходи для усунення та мінімізації шкідливого впливу, а саме визначили безпечні відстані від краю проїзної частини та рейок для безпечного збору даних. Мінімізували шкідливий вплив при роботі з персональним комп'ютером Розглянули доплату робітникам за шкідливі умови праці на персональному комп'ютері санітарно-гігієнічного характеру. Визначили необхідні заходи з пожежної безпеки. Також розглянули порядок укриття населення у захисних спорудах цивільного захисту. Заходи для усунення та мінімізації шкідливого впливу наведені на листі 12 графічної частини.

## ВИСНОВКИ

В даній магістерській роботі вирішена задача удосконалення роботи світлофорного регулювання у взаємодії з автоматичною переїзною сигналізацією.

За рахунок зменшення часу циклу світлофорного регулювання скорочуються затримки транспортних засобів та пасажирів на перехресті.

В магістерській роботі запропоновано циклограма світлофорного регулювання, діаграма роботи технічних засобів на переїзді та схеми організації технічних засобів дорожнього руху на переїзді та перехресті.

Економія від зменшення затримок транспорту та пасажирів становить 340975.72 грн./рік. Економічний ефект від впровадження проекту становить 324162.72 грн./рік. Термін окупності проекту становить 0.2 роки.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Запорізька міська рада [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://zp.gov.ua/ru/page/dniprovskij>
2. Возняк, О. М. Забезпечення безпеки руху на залізничних переїздах [Текст] : монографія / О. М. Возняк, В. І. Гаврилюк; Дніпровськ. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпро, 2019. – 282 с.
3. Інструкція з улаштування та експлуатації залізничних переїздів, 2007. – 135 с.
4. Кременец Ю.А. Технические средства организации дорожного движения. - М.: Транспорт, 1990. - 255 с.
5. ДСТУ 4092-2002 Безпека дорожнього руху. Світлофори дорожні. Загальні технічні вимоги, правила застосування та вимоги безпеки. – К., Держстандарт, 2002.
6. Кременец Ю.А., Печерский М.П. Технические средства регулирования дорожного движения. - М.: Транспорт, 1981. - 252 с.
7. Форнальчик Є. Ю., Управління дорожнім рухом на регульованих перехрестях міст: монографія/ Є. Ю. Форнальчик, І. А. Могила, В. Е. Трушевський, В. В. Гілевич; за заг. Ред. Є. Ю. Форнальчика. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2018. – 236 с.
8. Аксенов В. А., Попова Е. П., Дивочкин О. А. Экономическая эффективность рациональной организации дорожного движения. — М.: Транспорт, 1987. — 128 с.
9. Методичні вказівки з дисципліни до лабораторного заняття «Дослідження шкідливих та небезпечних факторів виробничого середовища, важкості та напруженості праці» з дисципліни «Цивільний захист і охорона праці в галузі» для студентів усіх спеціальностей та усіх форм навчання. Укл.: М. І. Лазуткін, М. О. Журавель – Запоріжжя: ЗНТУ, 2018 р. – 44 с.
10. Кодекс цивільного захисту України. ВВР, №34-35/2013 – 458 с.