

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Машинобудівний інститут, транспортний факультет  
(повне найменування інституту, назва факультету)

Кафедра транспортних технологій  
(повна назва кафедри)

## Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

магістра

(ступінь вищої освіти (освітній ступінь))

на тему

**ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВВЕДЕННЯ СВІТЛОФОРНОГО  
РЕГУЛЮВАННЯ НА ПІШОХІДНИХ ПЕРЕХОДАХ ПО СОБОРНЬОМУ  
ПРОСПЕКТУ М. ЗАПОРЯЖЖЯ**

Виконав: студент VI курсу, групи

T-313M


спеціальності (напряму підготовки)

275 «Транспортні технології (за видами)»

(код і назва напряму підготовки, спеціальності)

Жиленко Т.В. 

(прізвище та ініціали)

Керівник Трушевський В.Е. 

(прізвище та ініціали)

Рецензент Щербина А.В. 

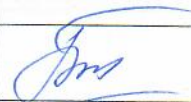



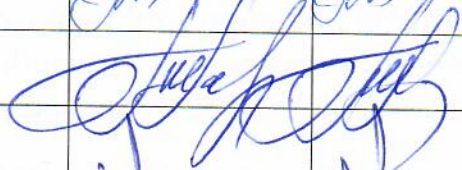
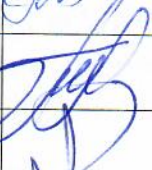


(прізвище та ініціали)

м. Запоріжжя

2018 рік



## 6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
Аналітична частина	Трушевський В.Е., доц.		
Основна частина	Трушевський В.Е., доц.		
Економічна частина	Харченко Т.В., ст. викл.		
Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	Лазуткін М.І., доц.	 04.11.18р	 25.11.18р

7. Дата видачі завдання 03.09.2018 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Аналітична частина	05.10-15.10	
2	Основна частина	16.10-02.11	
3	Економічна частина	05.11-16.11	
4	Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	19.11-23.11	
5	Оформлення роботи	26.11-30.11	
6	Отримання зовнішніх рецензій	03.12-12.12	

Студент

  
(підпис)Жиленко Т. В.  
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

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

## РЕФЕРАТ

ПЗ: 96 с., 8 табл., 3 рис., 13 джерел, 12 листів графічної частини.

Об'єкт дослідження – пішохідний перехід, що знаходиться біля автовокзалу, перехід, що біля вулиці імені Гагаріна, перехід, що біля вулиці Якова Новицького.

Мета магістерської роботи – перевірити економічну доцільність введення жорсткого режиму регулювання на пішохідних переходах; економічний ефект з введення світлофорного регулювання, режими якого розрахований за методом Вебстера, порівняти з оптимізованою транспортною фазою регулювання.

Під час виконання магістерської роботи було проведено аналіз досліджуваних пішохідних переходів та міста в цілому, визначено необхідний рівень організації дорожнього руху у зоні пішохідних переходів, проведено розробку вдосконаленої схеми організації дорожнього руху, розраховано параметри режимів світлофорного регулювання за методом Вебстера, оптимізовано тривалості транспортної фази регулювання при управлінні рухом за окремими напрямками, підраховано соціально-економічний ефект від введення світлофорного регулювання для кожного переходу по двом методам проведено аналіз з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях та розроблено заходи по запобіганню небезпек.

ПІШОХІДНИЙ ПЕРЕХІД, ОСНОВНИЙ ТАКТ, ПЕРЕХІДНИЙ ІНТЕРВАЛ, ТРАНСПОРТНА ФАЗА, ТРАНСПОРТНИЙ ПОТІК, ПРОЇЗНА ЧАСТИНА, ОРГАНІЗАЦІЯ ДОРОЖНЬОГО РУХУ, СВІТЛОФОРНЕ РЕГУЛЮВАННЯ, ЕКОНОМІЧНИЙ ЕФЕКТ

## ЗМІСТ

Завдання на дипломний проект.....	2
Реферат.....	5
Вступ.....	7
1 Аналітична частина.....	8
1.1 Опис населеного пункту та ділянок проектування.....	8
1.2 Вулично-дорожня мережа міста.....	9
1.3 Прилеглі території досліджуваних об'єктів. Місця тяжіння людей....	10
1.4 Транспортні потоки, що рухаються досліджуваними ділянками.....	14
1.5 Громадський транспорт, що перетинає досліджувані ділянки.....	15
1.5.1 Маршрути та організація руху.....	15
1.5.2 Зупинки та пересадочні пункти.....	18
1.6 Огляд публікацій за темою дослідження.....	20
1.7 Аналіз недоліків та постановка задач.....	22
2 Основна частина.....	24
2.1 Визначення необхідного рівня організації дорожнього руху у зоні пішохідних переходів.....	24
2.2 Розробка вдосконаленої схеми організації дорожнього руху.....	24
2.3 Розрахунок параметрів режимів світлофорного регулювання за методом Вебстера.....	33
2.4 Оптимізація тривалості транспортної фази регулювання при управлінні рухом за окремими напрямками.....	41
3 Соціально-економічна частина.....	52
3.1 Розрахунок капітальних витрат.....	52
3.2 Розрахунок експлуатаційних витрат.....	63
3.3 Обґрунтування економічної доцільності введення світлофорного регулювання на пішохідному переході.....	68
4 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.....	85

4.1 Аналіз потенційних небезпек.....	85
4.2 Заходи по забезпеченню безпеки.....	88
4.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці.....	89
4.4 Заходи з пожежної безпеки.....	90
4.5 Заходи по забезпеченню безпеки у надзвичайних ситуаціях.....	91
4.6 Висновки з розділу «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях».....	91
Висновки.....	93
Перелік посилань.....	95

## ВСТУП

У зв'язку з розвитком урбанізації та автомобілізації, концентрацією міського населення у селітебних, виробничих та центральних зонах великих міст постає проблема конфліктів транспортних і пішохідних потоків на перетинах в одному рівні. Кардинальним рішенням цієї проблеми є рознесення транспортних та пішохідних потоків у просторі шляхом будівництва розв'язок, підземних та надземних пішохідних.

Проте, описані проектні рішення можуть бути реалізовані лише за виконання капітального будівництва та потребують значних фінансових витрат. Таким чином, за умов обмеженості фінансування та неможливості вжиття архітектурно-планувальних заходів, наприклад, у районах зі старою забудовою, постає необхідність врегулювання конфлікту транспортних засобів і пішоходів шляхом вжиття оперативних заходів організації дорожнього руху. Ці заходи полягають у створенні регульованих та нерегульованих пішохідних переходів [1]. Ефективність функціонування світлофорного об'єкту визначається аварійністю за тими видами дорожньо-транспортних пригод, що їх можливо уникнути за наявності світлофорного регулювання та значеннями транспортних і пішохідних втрат часу (затримок) в очікуванні дозволяючого рух сигналу чи роз'їзду черги. Вказані фактори є взаємопов'язаними, особливо зважаючи на те, що транспортна дисципліна пішоходів є низькою. Отже, правильне визначення параметрів світлофорного режиму регульованого пішохідного переходу є одним з найважливіших моментів у забезпеченні його ефективного функціонування. Врахування усіх факторів, що впливають на параметри світлофорного об'єкта на пішохідному переході дозволяють максимально розширити область ефективного застосування вуличних переходів, і таким чином забезпечити безпеку руху пішоходів, заощадити капітальні вкладення у будівництво не вуличних переходів [2].

## 1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

### 1.1 Опис населеного пункту та ділянок проектування

Місто Запоріжжя - обласний центр Запорізької області, один з найбільших адміністративних, індустріальних і культурних центрів півдня України. В зоні впливу Запоріжжя як обласного центра розташовано 14 міст, 23 селища міського типу, багато сіл. На сьогодні площа міста становить 331 км<sup>2</sup>, що є п'ятим за площею містом в Україні. Запоріжжя розділене на сім адміністративних районів: Олександрівський, Заводський, Комунарський, Дніпровський, Вознесенівський, Хортицький, Шевченківський. До складу міста входить близько 1300 проспектів, вулиць, провулків та площ. Головною вулицею міста є проспект Соборний, який простягнувся на 10,8 км через чотири райони міста, саме на даному проспекті спостерігається найбільше зосередження транспорту.

Водні ресурси займають 13% території, промислові та складські об'єкти розмістилися на 24%, під сільське господарство використовуються 18%, решту займає житлова забудова. Центром міста вважається лівобережна частина Дніпровського району, Вознесенівський та Олександрівський райони. Чисельність мешканців міста на 1 січня 2018 року складає 745 тис. чол., що є шостим показником в Україні [3].

Пішохідний перехід по Соборному проспекту, що знаходиться біля автовокзалу, перетинають легкові автомобілі, вантажні, автобуси, з електротранспорту – тролейбуси та трамваї. В районі вулиці Гагаріна та Якова Новицького по Соборному проспекту рухаються легкові автомобілі, автобуси та тролейбуси, вантажним автомобілям рух по даній ділянці заборонено.

Кожен з обраних пішохідних переходів розташований у селятебній зоні. Пішохідний перехід біля автовокзалу розташований в Комунарському районі міста. Переходи біля вулиць Гагаріна та Якова Новицького – у



Вознесенівському районі. Між Комунарський та Вознесенівським районами міста простягається Олександрівський район. Вулиці, що об'єднують усі вищезазначені райони є Соборний проспект та транзитна Прибережна автомагістраль.

## 1.2 Вулично-дорожня мережа міста

Західною околицею міста проходить автомобільний шлях національного значення Н 08 (Бориспіль – Маріуполь). Східною околицею міста пролягають: автомобільний шлях міжнародного значення М 18 (Харків – Сімферополь – Алушта – Ялта), який є складовою частиною європейського автомобільного маршруту Е 105 (Кіркенес – Санкт-Петербург – Москва – Харків – Ялта) та автомобільний шлях національного значення Н 15 (Запоріжжя – Донецьк). У південно-західному напрямку пролягає автомобільний шлях національного значення на території України Н 23 (Кропивницький – Кривий Ріг – Запоріжжя) та автомобільний шлях територіального значення в Запорізькій області Т 0806 (Запоріжжя – Біленьке). Безпосередньо по Соборному проспекту проходить автошлях Н 08.

Існуюча магістральна дорожня мережа міста представлена магістралями міського та районного значення. В цілому технічний магістральної дорожньої мережі стан та її щільність ( $1,67\text{км}\backslash\text{км}^2$  [4]) не відповідає нормативним вимогам, які викликає необхідність проведення значних робіт по її реконструкції та будівництва нових магістралей у межах усього міста.

### 1.3 Прилеглі території досліджуваних об'єктів. Місця тяжіння людей

Кожен з пішохідних переходів розташований між жилими зонами. Ділянки Соборного проспекту, на яких розташовані пішохідні переходи біля автовокзалу, вулиці Гагаріна, вулиці Якова Новицького наведено на листі 1 графічної частини.

На ділянці пішохідного переходу біля автовокзалу, з парної сторони Соборного проспекту навпроти пішохідного переходу розташована двоповерхова будівля Автовокзалу та має адресу Соборного проспекту 20. Праворуч від Автовокзалу розташована двоповерхова будівля №18А із магазинами. Ліворуч від Автовокзалу, за р. Мокра Московка, розташована одноповерхова будівля за номером 20Б, в якій розташована виробничо-комерційна фірма «Полімер». З непарного боку Соборного проспекту навпроти пішохідного переходу знаходиться одноповерхова АЗС з адресою Соборного проспекту 17Б. Правіше, через вулицю Миколая Ласточкина та міст, що веде через річку Мокру Московку, знаходиться будинок № 23 житлового призначення, що має п'ять поверхів. Ліворуч від АЗС знаходиться нежитлова будівля в три поверхи, та має номер 17А. Ліворуч від останньої знаходиться двоповерховий будинок за номером 15, що використовується як нежилый. Між 15 та 17А знаходяться одноповерхові забудови, що використовуються в якості торгових точок та мають за адресу Соборний проспект 17. Біля сімнадцятого будинку знаходиться двоповерхова будівля, що використовується як магазин та має адресу Соборного проспекту 13. Ще лівіше вздовж Соборного проспекту розміщено житловий будинок трьох поверхів, що лежить й вздовж вулиці Сергія Серікова, та має адресу вулиці Сергія Серікова 13.

На ділянці пішохідного переходу біля вулиці Гагаріна з парної сторони проспекту праворуч від переходу знаходиться шестиповерховий житловий будинок, що має адресу Соборного проспекту 156, безпосередньо навпроти

переходу знаходиться прибудова до останнього будинку та має два нежитлові поверхи. Впритул до прибудови знаходиться восьмиповерховий нежитловий будинком за номером 158Б. З лівої сторони восьмиповерхової будівлі примикає семиповерховий будинок №158 нежитлового призначення. Ще ліворуч, за адресою Соборного проспекту 160, розташований шістнадцятиповерховий офісний центр. З непарної сторони проспекту, праворуч від переходу, розташовані дев'ятиповерховий житловий будинок № 133 та дев'ятиповерховий нежитловий № 127, що лежить й на Центральному бульварі. Ліворуч від переходу знаходяться шестиповерховий житловий будинок № 129, який суміщено з будинком за адресою вулиці Гагаріна 6.

На ділянці пішохідного переходу біля вулиці Якова Новицького з парного боку проспекту безпосередньо навпроти пішохідного переходу знаходиться п'ятиповерховий житловий будинок, адреса якого Соборний проспект 170А. Правіше розташовано чотириповерхова будівля житлового призначення, що має адресу Соборного проспект 170. Ще правіше знаходиться дванадцятиповерхова будівля нежитлового призначення під номером 168. Ліворуч від пішохідного переходу розташовується п'ятиповерхова житлова будівля під номером 172, до якої прилягає також п'ятиповерховий житловий будинок, який має адресу Соборний проспект 176 (простягається й вздовж вулиці Якова Новицького). З іншого боку вулиці Якова Новицького знаходиться будинок 178, що має п'ять поверхів та житлове призначення. З непарного боку проспекту навпроти переходу знаходиться п'ятиповерховий будинок житлового призначення №143, який простягається до вулиці Якова Новицького; по іншу сторону вулиці Якова Новицького розташований п'ятиповерховий будинок №145 житлового призначення, що суміщений з будинком за адресою вулиця Якова Новицького 8. Ліворуч від пішохідного переходу знаходиться п'ятиповерхова будівля житлового призначення №141. Лівіше розміщується інша п'ятиповерхова житлова будівля №139. Ще лівіше розташована будівля з чотирма поверхами, що має адресу Соборного проспекту 137 та нежитлове

призначення. Біля останньої знаходиться дев'ятиповерхова будівля запорізького готелю Інтурист, номер якої 135. Важливо зазначити, що перші поверхи житлових будинків як правило займають різноманітні магазини, кафе тощо, що є центрами тяжіння протягом мінімум 8 робочих годин.

Частина транспорту, що рухається зі сторони правого берегу та Заводського району у напрямку залізничного вокзалу «Запоріжжя І» чи Автовокзалу зазвичай перетинає усі досліджувані переходи (якщо їхати з Шевченківського району – то лише той перехід, що знаходиться біля Автовокзалу), адже до вокзалів можливо доїхати лише двома шляхами: Прибережною автомагістраллю та Соборним проспектом. Якщо ж з вищеперерахованих пунктів транспорт направляється до Запорізького Аеропорту, то будуть перетнуті досліджувані переходи, що знаходяться в Вознесенівському районі міста; при слідуванні до Аеропорту з Комунарського району, якщо рухатися містом, транспорт перетне пішохідний перехід, що біля Автовокзалу.

Автовокзал, біля якого знаходиться досліджуваний пішохідний перехід, працює цілодобово, тож даний перехід є центром тяжіння в будь-який час. Також, на відстані до 150 метрів від переходу розташована будівля головного офісу ВКФ «Полімер» (Соборний проспект 21), що працює з 8:00 до 18:00 та може бути об'єктом тяжіння.

На відстані близько 440 метрів по прямій від переходу, що біля вулиці Гагаріна, знаходиться підприємство НІИ Промсталь СП (вулиця Перемоги 129А), що працює по будням з 9:00 до 18:00 та є місцем тяжіння для людей, через що транспорту необхідно перетинати вищезазначений пішохідний перехід. На відстані близько 110 метрів від переходу розташований дитячий садок №42 «Сонечко» (Соборний проспект 131А); в близько 380 метрах по прямій – школа № 94 (вулиця Яценка 3А). Також, близько переходу, що біля вулиці Гагаріна, розташований кінотеатр «Байда» (Соборний проспект 162) на відстані близько 230 метрів по прямій.

На відстані близько 150 метрів по прямій від пішохідного переходу, що розташований біля вулиці Якова Новицького, знаходиться дитячий садок №20 (Соборний проспект 139А), а на відстані близько 225 метрів по прямій розташований яслі-сад №6 (вулиця Якова Новицького 4А). На відстані близько 200 метрів від переходу знаходиться готель «Інтурист» (Соборний проспект 135) з однойменним рестораном в ньому. На відстані близько 350 метрів по прямій розташована Запорізька обласна державна адміністрація (Соборний проспект 164) та на відстані близько 280 метрів - Обласна податкова адміністрація (Соборний проспект 166). Також, недалеко від переходу, що біля вулиці Якова Новицького (близько 415 метрів) розташований популярний в місті універмаг «Україна» (Соборний проспект 147), а на відстані близько 250 метрів – кіноконцертний зал імені Довженка (Соборний проспект 145).

З вищесказаного зрозуміло, що кожний з досліджуваних переходів розташований в епіцентрі точок тяжіння людей.

#### 1.4 Транспортні потоки, що рухаються досліджуваними ділянками

Через те, що досліджувані пішохідні переходи знаходяться на головній вулиці міста – Соборному проспекті – ділянка дороги на даних пішохідних переходах досить завантажена. Пішохідний перехід біля автовокзалу перетинає велика кількість транспортних засобів, що рухається з Комунарського району у напрямку Олександрівського. Цей напрям дублює лише Прибережна магістраль (транспортний потік з Південних мікрорайонів у своїй більшості рухається саме Прибережною магістраллю). Транспортний потік з Космічного мікрорайону у напрямку центру може рухатися лише по Соборному проспекту (чи їхати до Прибережної магістралі через Південній мікрорайон, що вимагає великих витрат часу та палива, та не є оптимальним

маршрутом). Зворотній маршрут з центру міста до Комунарського району таким же, як і прямий.

Пішохідний перехід біля вулиці Гагаріна перетинає транспортний потік, що рухається з дамби в сторону нового центру міста та у зворотному напрямку. Альтернативними вулицями проспекту є вулиці Перемоги, Яценка, Патріотична, Незалежної України та Прибережна магістраль. Якщо необхідно доїхати, наприклад, від Української вулиці до Фестивальної площі, то користуючись вулицями Яценка та Перемоги матимемо завеликий переїзд, те ж саме стосується й останніх вулиць, тим паче очевидно, що водії поїдуть найпростішим та найкоротшим шляхом по прямій, тобто безпосередньо рухатимуться через дамбу в бік Фестивальної.

Альтернативними вулицями задля ділянки Соборного проспекту, де розташований пішохідний перехід поблизу вулиці Якова Новицького, є вулиці Перемоги, Яценка, Леоніда Жаботинського, Незалежної України та Прибережна магістраль. В даному випадку також розвантажити Соборний проспект можливості немає як і попередніх випадках. Отже, задля полегшення ситуації на усіх трьох ділянках пішохідних переходів по Соборному проспекту технічно неможливо застосувати безпосередньо зменшення інтенсивності транспортного потоку на цих самих ділянках, тож способом підвищення безпеки є введення на них світлофорного регулювання.

На автовокзалі Соборний проспект розділено трамвайними рейками. На переходах біля вулиці Гагаріна та вулиці Якова Новицького проспект розмежовано розділовою смугою на дві проїзні частини.

Планом кожного з досліджуваних пішохідних переходів є пряма ділянка.

На кожному з досліджуваних пішохідних переходах були підраховані інтенсивності транспортних та пішохідних потоків у годину пік, які наведені на листі 2 графічної частини.

## 1.5 Громадський транспорт, що перетинає досліджувані ділянки

### 1.5.1 Маршрути та організація руху

На ділянці біля автовокзалу у напрямі Комунарського району рухаються наступні маршрути міського пасажирського автотранспорту, з яких:

- автобуси дуже малої та малої місткості: №1 «вул. Базарна – Дослідна станція», №7 «вул. Базарна – вул. Технічна», №9 «вул. Олімпійська – вул. Б. Завади – вул. Олімпійська», №31 «ТЦ «Епіцентр, Ашан» - Сімферопольське шосе», №37 «4-й Південний мкрн. - Аеропорт», №40А «Річковий порт – Обласна лікарня», №40 «Обласна лікарня – порт ім. Леніна», №42 «пр. 40 річчя Перемоги – вул. І. Сікорського - 1», №43 «4-й Південний мкрн. – вул. Б. Завади», №44 «Тепличний комбінат – Вокзал «Запоріжжя - І»», №46 «вул. Піщана – вул. Олімпійська», №55 «вул. Рубана – Вокзал «Запоріжжя - І»», №61 «Арматурний завод – 4-й Південний мкрн.», №62 «4-й Південний мкрн. – БК ЗАЛК», №63 «Бородінський ринок – Європейська – Бородінський ринок», №63А «БК ЗАЛК – Європейська – БК ЗАЛК», №67 «Запорізький дуб – пр. 40 річчя Перемоги», №74 «Станція «Запоріжжя Лівє» - Вокзал «Запоріжжя – І»», №75 «вул. Шушенська – 4-й Південний мкрн.», №76 «вул. Олімпійська – вул. Розенталь», №80 «ТЦ «Метро» – Річковий порт», №81 «вул. Товариська – 4-й Південний мкрн.», №84 «вул. Товариська – Вокзал «Запоріжжя - І»», №85 «Набережна – вул. Чумаченка», №88 «вул. Товариська – вул. 40 річчя Перемоги – вул. Товариська», №99 «4-й Південний мкрн. – Набережна»;

- автобуси середньої та великої місткості: №17 «Арматурний завод – Вокзал «Запоріжжя - І»», №18 «вул. Базарна – вул. Кільцева» та №59 «Набережна – вул. Чумаченка»;

Також на вказаній ділянці прокладені маршрути електротранспорту: тролейбуси ходять за маршрутом №3 «4-й Південний мкрн. – вул. Піщана»,

трамваї - №3 «Вокзал «Запоріжжя - І – «Запоріжжя Ліве»» та №16 «Вокзал «Запоріжжя - І – Павло - Кічкас».

На ділянці біля автовокзалу у напрямку Олександрівського району рухаються наступні маршрути міського пасажирського транспорту, з яких:

- автобуси дуже малої та малої місткості: №1 «вул. Базарна – Дослідна станція», №7 «вул. Базарна – вул. Технічна», №9 «вул. Олімпійська – вул. Б. Завади – вул. Олімпійська», №24 «Вокзал «Запоріжжя - ІІ» - вул. Б. Завади», №31 «ТЦ «Епіцентр, Ашан» - Сімферопольське шосе», №33 «вул. Миколая Ласточкина – Вокзал «Запоріжжя - ІІ»», №37 «4-й Південний мкрн. - Аеропорт», 40А «Річковий порт – Обласна лікарня», №40 «Обласна лікарня – порт ім. Леніна», №42 «пр. 40 річчя Перемоги – вул. І. Сікорського - 1», №43 «4-й Південний мкрн. – вул. Б. Завади», №44 «Тепличний комбінат – Вокзал «Запоріжжя - ІІ»», №46 «вул. Піщана – вул. Олімпійська», №55 «вул. Рубана – Вокзал «Запоріжжя - ІІ»», №61 «Арматурний завод – 4-й Південний мкрн.», №62 «4-й Південний мкрн. – БК ЗАЛК», №63 «Бородінський ринок – Європейська – Бородінський ринок», №63А «БК ЗАЛК – Європейська – БК ЗАЛК», №67 «Запорізький дуб – пр. 40 річчя Перемоги», №74 «Станція «Запоріжжя Ліве» - Вокзал «Запоріжжя – ІІ»», №75 «вул. Шушенська – 4-й Південний мкрн.», №76 «вул. Олімпійська – вул. Розенталь», №80 «ТЦ «Метро» – Річковий порт», №81 «вул. Товариська – 4-й Південний мкрн.», №84 «вул. Товариська – Вокзал «Запоріжжя - ІІ»», №85 «Набережна – вул. Чумаченка», №88 «вул. Товариська – вул. 40 річчя Перемоги – вул. Товариська», №99 «4-й Південний мкрн. – Набережна»;

- автобуси середньої та великої місткості: №17 «Арматурний завод – Вокзал «Запоріжжя - ІІ»», №18 «вул. Базарна – вул. Кільцева» та №59 «Набережна – вул. Чумаченка»;

- тролейбуси: №3 «4-й Південний мкрн. – вул. Піщана», №8 «Сімферопольське шосе – завод «Запоріжжякабель»» та №14 «Сімферопольське шосе – Набережна»;



- трамваї: №3 «Вокзал «Запоріжжя - І – «Запоріжжя Ліве»» та №16 «Вокзал «Запоріжжя - І – Павло - Кічкас».

На ділянках біля вулиць Гагаріна та Якова Новицького у обох напрямках проходять наступні маршрути міського пасажирського транспорту:

- автобуси дуже малої та малої місткості: №4 «Аеропорт – пр. Металургів», №28 «Річковий порт – вул. Пархоменка», №40 «Обласна лікарня – порт ім. Леніна», №44А «Тепличний комбінат – пр. Металургів», №46 «вул. Піщана – вул. Олімпійська», №55 «вул. Рубана – Вокзал «Запорожжя - І»», №61 «Арматурний завод – 4-й Південний мкрн.», №62 «4-й Південний мкрн. – БК ЗалК», №63А «БК ЗалК – Європейська – БК ЗалК», №69 «пл. Запорізька – вул. Квіткова», №75 «вул. Шушенська – 4-й Південний мкрн.», №76 «вул. Олімпійська – вул. Розенталь», №80 «ТЦ «Метро» – Річковий порт», №81 «вул. Товариська – 4-й Південний мкрн.», №84 «вул. Товариська – Вокзал «Запоріжжя - І»», №85 «Набережна – вул. Чумаченка», №88 «вул. Товариська – вул. 40 річчя Перемоги – вул. Товариська», №99 «4-й Південний мкрн. – Набережна»;

- автобуси середньої та великої місткості: №17 «Арматурний завод – Вокзал «Запоріжжя - І»», №18 «вул. Базарна – вул. Кільцева», №59 «Набережна – вул. Чумаченка» та №72 «Бородінський ринок – вул. Пархоменка»;

- тролейбуси: №3 «4-й Південний мкрн. – вул. Піщана», №8 «Сімферопольське шосе – завод «Запоріжжякабель»» та №14 «Сімферопольське шосе – Набережна».

### 1.5.2 Зупинки та пересадочні пункти

Поблизу пішохідного переходу, що біля автовокзалу, розташовані наступні зупинкові пункти:

- найближчою зупинкою до заданого пішохідного переходу є зупинка міського пасажирського маршрутного автотранспорту, що знаходиться у напрямку Комунарського району на відстані близько 90 метрів від переходу. На даному зупинковому пункті зупиняються лише автотранспорт малої місткості та не мають можливості зупинятися ті маршрути, що слідуєть у напрямку Космічного мікрорайону;

- наступним зупинковим пунктом у напрямку Комунарського району є трамвайна зупинка, що знаходиться на відстані близько 310 метрів від переходу. Дана зупинка суміщена з зупинкою автотранспорту, де зупиняються й тролейбуси;

- за кільцем, на Космічній вулиці, на відстані близько 300 метрів пішохідного ходу до досліджуваного переходу розташована зупинка для автотранспорту й тролейбусів, що рухаються у напрямку Космічного мікрорайону;

- близько зупинки для транспорту, що рухається за напрямком Комунарського району (на відстані близько 305 метрів пішохідного ходу від переходу), розташована трамвайна зупинка, маршрути яких слідуєть в напрямку Олександрівського району;

- у напрямку з Комунарського до Олександрівського району біля автовокзалу (приблизно 150 метрів від пішохідного переходу) знаходиться зупинковий пункт, на якому зупиняються маршрутні транспортні засоби (автобуси та тролейбуси), що рухаються з Південного та Космічного мікрорайонів.

Кожна з вищеперерахованих зупинок має назву Автовокзал.

Близько вулиці Гагаріна, біля якої розташовується досліджуваний пішохідний перехід, розташовані дві зупинки з назвою Гагаріна:

- одна знаходиться на відстані близько 105 метрів по ходу руху транспорту в напрямку Олександрівського району; на ній роблять свою зупинку автобуси та тролейбуси;

- друга зупинка розташована по ходу руху транспорту в зворотному напрямку й призначена для автобусів та тролейбусів. Дана зупинка є найближчою до досліджуваного пішохідного переходу, відстань до якого складає близько 100 метрів.

З боку Дніпровського району найближчою зупинкою (на відстані близько 800 метрів) є зупинка Універмаг «Україна».

Зупинкою, що лежить на найменшій відстані до пішохідного переходу, що розташований біля вулиці Якова Новицького, є зупинка Універмаг «Україна». Вона розташована на відстані близько 420 метрів в бік Дніпровського району та служить для транспорту, що направляєється в сторону Олександрівського району. На протилежній стороні Соборного проспекту, на відстані близько 430 метрів, розташована зупинка для транспорту, що рухається в зворотному напрямку та має назву аналогічною з попередньою зупинкою – Універмаг «Україна». На відстані близько 140 метрів пішохідного руху від зупинки автотранспорту, що рухається в бік Олександрівського району знаходиться трамвайна зупинка, з якої трамваю по вулиці Лермонтова рухаються в бік Олександрівського району. На відстані близько 160 метрів пішохідного руху до зупинки Універмаг «Україна», що лежить по ходу руху транспорту в напрямку Дніпровського району, знаходиться зупинковий пункт трамваїв, що рухаються по вулиці Лермонтова в бік Заводського району. Кожна з трамвайних зупинок, про які йшлося вище, має назву Універмаг «Україна».

Зупинка Автовокзалу може бути пересадочним пунктом для пасажирів, що рухаються з будь-якого району міста до Комунарського району, та в межах Комунарського району з Космічного до Південного мікрорайону та в

зворотному напрямку. Також в районі автовокзалу роблять пересадку з рейкового транспорту на наземний та навпаки.

На зупинках Гагаріна можливі пересадки, якщо потрібно дістатися до правого берегу з таких районів міста, як Комунарський, Олександрівський, Шевченківський й навпаки.

На зупинках Універмагу «Україна» можливі такі ж пересадки, як і на зупинках Гагаріна; якщо необхідно потрапити до Заводського району з інших районів міста, пасажери також користуються даними зупинками. Крім того на даному пересадочному пункті відбуваються пересадки з рейкового транспорту на наземний та навпаки.

## 1.6 Огляд публікацій за темою дослідження

Новизна публікації [5] полягає у виявленні впливу відстані між стоп-лініями та інтенсивності руху на тривалість транспортних затримок в умовах регульованого перехрестя. В результаті даного дослідження було виявлено, що із збільшенням відстані між стоп-лініями та інтенсивності руху в умовах координованого регулювання, тривалість транспортних затримок зростає. А мінімальні затримки спостерігаються під час режиму регулювання, який забезпечує поетапний пропуск пішоходів. Проте, у ході роботи не було враховано чинників, що впливають на затримки пішоходів за для оптимізації руху усіх учасників ДР на регульованому перехресті.

Новизна [6] являє собою методику розрахунків перехідного такту пішохідної фази, дає змогу формалізувати процедуру корекції елементів світлофорного циклу для гарантування безпеки пішоходів; визначення умов, за яких доцільно введення табло зворотного відліку часу дозвільного сигналу на регульованих пішохідних переходах.

Новизна дослідження [7] представляє собою визначення заново граничних умов застосування нерегульованих і регульованих пішохідних переходів на перегонах міських вулиць. В результаті отримано наступні дані:

а) для вулиць, що мають дві смуги руху транспорту на проїзній частині, світлофорне регулювання необхідно застосовувати:

- при  $N_{\text{піш}}$  більше 100 піш./год. та  $N_{\text{тр}}$  більше 675 од./год.;
- при  $N_{\text{піш}}$  більше 200 піш./год. та  $N_{\text{тр}}$  більше 475 од./год.;
- при  $N_{\text{піш}}$  більше 300 піш./год. та  $N_{\text{тр}}$  більше 325 од./год.;
- при  $N_{\text{піш}}$  більше 400 піш./год. та  $N_{\text{тр}}$  більше 250 од./год.;

б) для вулиць, що мають чотири смуги руху транспорту на проїзній частині, світлофорне регулювання необхідно застосовувати:

- при  $N_{\text{піш}}$  більше 100 піш./год. та  $N_{\text{тр}}$  більше 630 од./год.;
- при  $N_{\text{піш}}$  більше 200 піш./год. та  $N_{\text{тр}}$  більше 400 од./год.;
- при  $N_{\text{піш}}$  більше 300 піш./год. та  $N_{\text{тр}}$  більше 350 од./год.;
- при  $N_{\text{піш}}$  більше 400 піш./год. та  $N_{\text{тр}}$  більше 325 од./год.

Проте є й обмеження у даному досліді, а саме те, що розрахунки проведено лише для проїзних частин, що мають 2 та 4 смуги руху.

Новизна публікації [8] являє собою інноваційні рішення щодо забезпечення безпеки руху пішоходів на пішохідних переходах, а саме: розширення тротуару (звуження проїзної частини); застосування «повітряної зебри» на пішохідних переходах України. Проте розглянуті заходи, не в повному обсязі здатні підвищити безпеку руху пішоходів і рівень їх комфортності на ВДМ.

Автор статті [9] провів дослідження поведінки пішоходів на регульованих пішохідних переходах в залежності від різних факторів, що представляє собою новизну для вже існуючих наукових дослідів. В результаті було висунуто пропозицію моделювання пішохідних потоків на таких переходах задля забезпечення безпеки руху пішоходів. Недоліком даної пропозиції є неможливість врахування всіх чинників, що впливають на

поведінку кожного пішохода, при моделювання пішохідних потоків завжди буде мати місце погрішність.

Існує ряд методик розрахунків світлофорного циклу на регульованих перехрестях, проте кожна має свої недоліки. Усунення таких недоліків є новизною роботи [2], а саме визначення оптимального методу підрахунку основного такту транспортної фази – складової світлофорного циклу, що має основний вплив на затримку всіх учасників дорожнього руху на регульованому перехресті. Проте у даних обстежень є певні обмеження: метод є оптимальним за критерієм рівності та мінімальності затримок учасників дорожнього руху на регульованих перехрестях.

Тож у даній роботі буде перевірятися перевага методу, що представлений у статті [2] порівняно з розрахунками за методом Вебстера.

### 1.7 Аналіз недоліків та постановка задач

Кожен з досліджуваних нерегульованих пішохідних переходів знаходиться біля місць тяжіння великої кількості людей. Згідно зі статистичними даними Національної поліції України середня кількість ДТП (дорожньо-транспортних пригод) за 2015 – 2017 роки на пішохідному переході, що знаходиться біля автовокзалу, складає 4, 3 постраждалих а один померлий; на переході, що біля вулиці Гагаріна – 3 ДТП та 3 постраждалих; на переході, що біля вулиці Якова Новицького – 4 ДТП та 4 постраждалих. Тож виходячи з кількості ДТП на кожному з досліджуваних нерегульованих пішохідних переходів зрозуміло, що на них необхідні міри з підвищення безпеки дорожнього руху у вигляді введення світлофорного регулювання, а для зменшення витрат часу транспорту задля очікування закінчення пішохідної фази регулювання, коли пішоходи на переході відсутні, вводиться буде світлофори, пов'язані з кнопкою викличної дії.

У даній роботі потрібно розрахувати параметри режимів світлофорного регулювання за методом Вебстера та провести оптимізацію тривалості транспортної фази регулювання при управлінні рухом за окремими напрямками; необхідно провести порівняння соціально-економічної ефективності при введенні світлофорного регулювання та при його відсутності. В результаті потрібно провести порівняння між собою двох методів розрахунків параметрів режимів світлофорного регулювання для кожного з переходів та зробити висновки про найефективніший варіант організації дорожнього руху на кожному з досліджуваних переході.

## 2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

### 2.1 Визначення необхідного рівня організації дорожнього руху у зоні пішохідних переходів

Згідно з [10] світлофорне регулювання потрібно вводити при умові, що існує проміжок часу в одну годину, протягом якого інтенсивність руху транспортних засобів по головній дорозі в двох напрямках не менше за 600 од./год. та 150 пішоходів пересікають проїзну частину в одному найбільш завантаженому напрямку. Пішохідний перехід, що біля автовокзалу, за досліджувану годину перетнуло 4265 одиниць транспорту та 166 пішоходів у напрямку будівлі автовокзалу, тож на ньому потрібно вводити світлофорне регулювання. Також жорстке світлофорне регулювання допускається вводити при певному техніко-економічному обґрунтуванні.

### 2.2 Розробка вдосконаленої схеми організації дорожнього руху

Задля проведення вдосконалення схеми організації дорожнього руху на кожному з досліджуваних пішохідних переходах необхідно привести існуючу схему організації дорожнього руху.

Існуюча схема організації дорожнього руху на пішохідному переході, що біля автовокзалу, наведена на листі 3 графічної частини в масштабі 1:1122. Нижче наведено опис існуючої схеми організації дорожнього руху.

Пішохідний перехід, що перетинає Соборний проспект, позначено розміткою 1.14.3, що переривається на трамвайному шляху; також останньою розміткою позначено перехід, через вулицю Миколая Ласточкина по стороні автовокзалу. Перед останнім переходом нанесена розмітка стоп-лінії 1.12, що перетинає усю проїзну частину.



На проїзній частині Соборного проспекту, по якій рухається транспорт в напрямку Олександрівського району, над самою проїзною частиною, на розтяжці, розташовано знак 5.16 «Напрямки руху по смугах» (а тій самій розтяжці над проїзною частиною, якою рухаються в напрямку Комунарського району, розташовано знак 4.1 «Рух прямо»). При підході до самого пішохідного переходу над проїзною частиною на розтяжці розташовано знак головної дороги 2.3. Ліворуч від проїзної частини розташовано знак пішохідного переходу 5.35.2, праворуч – знак 3.1 «Рух заборонено» з табличкою 7.3.1 «Напрямок дії», стрілка якої вказує праворуч, та знак пішохідного переходу 5.35.1. За пішохідним переходом (на в'їзді на міст) над проїзною частиною на розтяжці знаходиться знак 3.34, що забороняє зупинку і стоянку транспортних засобів.

При повороті праворуч з проспекту соборного до території автовокзалу праворуч від проїзної частини розташовано знак 5.35.1 (5.35.2 для зустрічного транспорту). За стоп-лінією праворуч розташовані дорожні знаки в такій послідовності: 3.41 «Контроль», 4.10 «Круговий рух» та 3.29, який обмежує швидкість транспортних засобів до 10 км/год. На виїзді з території автовокзалу на проспект праворуч від проїзної частини на опорі для освітлення розташовані знак другорядної дороги 2.1, 4.2 «Рух праворуч» та знак пішохідного переходу 5.35.1 (5.35.2 для зустрічного транспорту).

На підході до вулиці Миколая Ласточкина по Соборному проспекту з боку Олександрівського району над проїзною частиною на розтяжці знаходиться знак 4.4 , що дозволяє рух прямо або праворуч. Ближче до пішохідного переходу через проспект, проте перед вулицею Миколая Ласточкина праворуч від проїзної частини, розташовано знак головної дороги 2.3. Праворуч від останнього знаку, на протилежному боці тротуару, розташовано два знаки сервісу: 6.8 «Телефон» та 6.11 «Туалет».

По вулиці Миколая Ласточкина при підході до Соборного проспекту (з боку Автозаправної станції) праворуч від проїзної частини встановлено знак 4.2 «Рух праворуч» на стойці для знаків. На тій самій стійці, для транспорту,

що повертають праворуч на автозаправну станцію, встановлені знаки 3.18, що обмежує рух транспорту, висота яких перевищує 4.3 м, 3.29, що обмежує максимальну швидкість руху транспорту до 5 км/год, та табличка, яка наведена на листі 3 графічної частини. При підході ближче до проспекту праворуч проїзної частини розташовані знак другорядної дороги 2.1 та знак пішохідного переходу 5.35.1 (5.35.2 для зустрічного транспорту). На тій самій стойці для знаків розташовано знак 5.35.1, який повернуто до транспорту, що рухається у напрямку Комунарського району. Ліворуч від проїзної частини розташовані знаки 5.35.1 (5.35.2, який призначено для зустрічного транспорту).

Існуюча схема організації дорожнього руху на пішохідному переході, що біля вулиці Гагаріна, наведена листі 4 (в масштабі 1:748) графічної частини. Нижче наведено опис ТЗОДР на переході.

Пішохідний перехід позначено розміткою 1.14.3. На підходах до переходу, впритул до розмітки 1.14.3 примикає розмітка 1.1, що розділяє смуги у попутному напрямку, до 1.1 примикає 1.6, а до 1.6 – розмітка за номером 1.5. За пішохідним переходом впритул до розмітки 1.14.3 примикає розмітка 1.5. За пішохідним переходом, на поїзній частині, яка призначена для транспорту, що рухається у напрямку Дніпровського району, Розмітка 1.5 розділює лише другу і третю смуги руху, перша і друга не мають розділення. До пішохідного переходу з кожного боку наявний «карман» для стоянки дорожніх транспортних засобів, що розташовується відносно переходу на відстані, ближчій за 10 метрів та не позначено дорожніми знаками.

З непарного боку проспекту перетинаючи безпосередньо пішохідний перехід знаходиться в'їзд до житлової зони. Праворуч від в'їзду знаходиться знак 5.31 «Житлова зона». На виїзді з житлової зони праворуч розташовано знак кінця житлової зони 5.32.

При русі в будь-якому напрямку перед розміткою 1.14.3 праворуч від проїзної частини розташовано знак 5.35.1, а ліворуч – 5.35.2. За пішохідним переходом також знаходиться знак 5.35.2.

Існуюча схема організації дорожнього руху на пішохідному переході, що біля вулиці Якова Новицького, наведена в масштабі 1:498 на листі 5 графічної частини. Нижче наведено опис ТЗОДР на переході.

Розмітка на даному переході ідентична розмітці, що на переході, який біля вулиці Гагаріна, проте перша та друга смуги руху на проїзній частині, якою рухаються у напрямку Дніпровського району, розділені розміткою 1.5. Розташування знаків 5.35.1 та 5.35.2 для даного переходу також ідентичне їх розташуванню на пішохідному переході, що біля вулиці Гагаріна. За переходов у напрямку Дніпровського району розташовано знак 5.39 «Зона стоянки» з табличкою 7.6.1, яка вказує спосіб поставлення транспортного засобу на стоянку таким чином, щоб транспорт ставили вздовж тротуару.

Схема організації дорожнього руху на пішохідному переході, що біля автовокзалу, наведено на листі 6 графічної частини в масштабі 1:561. Її опис приведено нижче.

Оскільки пішохідний перехід у проектному варіанті є регульованим, розмітка 1.14.3 заміняється на розмітку за номером 1.14.2. Переходи, що перетинають вулицю Миколи Ласточкина, залишаються нерегульованими (через важкість координації зі світлофором визивної дії), тож вони позначені розміткою 1.14.3. Знаки 5.35.1 та 5.35.2 «Пішохідний перехід» встановлюються таким чином, щоб знак 5.35.1 знаходився праворуч від дороги, знак 5.35.2 – ліворуч. У разі відсутності на переході розмітки 1.14.2 (через затирання розмітки чи засніженої проїзної частини) знаки 5.35.1 та 5.35.2 встановлюються так, щоб знак 5.35.1 містився відносно транспортних засобів, що наближаються до переходу, на ближній межі переходу, а знак 5.35.2 – на дальній [11]. Пішохідні світлофори встановлено за принципом встановлення знаків пішохідного переходу. Кнопка визивної дії знаходиться на підході до пішохідного переходу на одній лінії з правою межею переходу з кожного боку проїзної частини.

Згідно з [10] розташування світлофорів відносно розмітки 1.12 «Стоп-лінія» (яка розташована на відстані 4 м від розмітки регульованого

пішохідного переходу) повинно забезпечувати розпізнаваність їх сигналів водіями перших транспортних засобів, що стоять біля неї. Рекомендована відстань в горизонтальній площині від транспортних світлофорів до розмітки 1.12 «Стоп-лінія» на підході до регульованої ділянки повинна бути не менше 5 м при встановленні їх над проїзною частиною й не менше 3 м при встановленні збоку від проїзної частини. Тож основний транспортний світлофор типу Т1 для транспортного потоку, що рухається у напрямку Олександрівського району, знаходиться праворуч від проїзної частини на відстані 4 м від стоп-лінії; дублюючий світлофор розташовується на відстані 5 м від стоп-лінії над проїзною частиною. За вищеписаним принципом транспортні світлофори встановлено й на проїзній частині, рух по якій здійснюється в протилежну сторону, проте, на основному світлофорі, праворуч від секції червоного сигналу, встановлено експериментальну табличку білого кольору з зеленою стрілкою, що вказує праворуч, яка дозволяє рух праворуч на червоний сигнал світлофору транспортним засобам, які зайняли праву смугу, за умови, що пріоритет у русі мають пішоходи (згідно з [11] в експериментальному порядку допускають застосовувати дорожні знаки, не встановлені чинними стандартами і технічними умовами).

Згідно з [12] розмітка 1.1 застосовується для позначення меж смуг руху перед пішохідним переходом протягом 20 м. Розмітка 1.6 на підході до Соборного проспекту розділення транспортних потоків протилежних напрямків (осьова лінія) на дорогах, що мають не більше ніж три смуги руху в обох напрямках також розділяє транспортні потоки в протилежних напрямках по вулиці Миколая Ласточкина при наближенні до Соборного проспекту. Рух транспорту в протилежних напрямках по Соборному проспекту розділено трамвайними рейками. Розмітка за номером 1.6 (лінія наближення) застосовується для позначення наближення до розмітки за номерами 1,1, що розділяє транспортні потоки попутних напрямків руху,

протягом 50 м [12]. За пішохідним переходом Соборного проспекту межі смуг руху в попутному напрямку позначено розміткою 1.5.

На підході до регульованого пішохідного переходу по Соборному проспекту з боку Комунарського району на відстані 10 метрів від переходу розташований «карман», який призначено для стоянки дорожніх транспортних засобів. Перед початком стоянки встановлено знак 5.39 «Зона стоянки» з табличкою 7.6.4 «Спосіб поставлення транспортного засобу на стоянку» (перпендикулярно тротуару). Із закінченням «карману», на відстані 10 м від пішохідного переходу, встановлено знак 5.40 «Кінець зони стоянки». Знак 5.16 «Напрямки руху по смугах» розташовується над проїзною частиною на розтяжці на відстані 50 м від перехрестя. Згідно з [11] черговість розміщення знаків різних груп на одній опорі повинна бути така: знаки пріоритету, попереджувальні знаки, наказові знаки, заборонні знаки, інформаційно-вказівні знаки, знаки сервісу. На відстані 4 м від стоп-лінії праворуч під проїзної частини на світлофорній опорі розташовані дорожні знаки у наступній послідовності: знак пріоритету 2.3 «Головна дорога», заборонний знак 3.1 «Рух заборонено» з табличкою 7.3.1 «Напрямок дії» (стрілка праворуч) та інформаційно-наказовий знак за номером 5.35.1 «Пішохідний перехід». На дорогах із двома і більше смугами руху в одному напрямку знаки, що встановлені з правого боку дороги, потрібно дублювати. Дублюючі знаки потрібно установлювати на розділовій смузі, а у разі її відсутності – над дорогою або на лівому боці дороги, якщо для руху в зустрічному напрямку є не більше ніж дві смуги. Тож дублюючий знак головної дороги розміщено над проїзною частиною на кронштейні світлофору; праворуч від останнього розміщується ще один дублюючий знак пішохідного переходу 5.35.2. Знак 3.1 з табличкою 7.3.1 дублювання не потребує, адже цінності для транспортних засобів, що слідує в прямому напрямку, не складає.

При повороті праворуч транспортними засобами, що слідує на територію автовокзалу, після перетинання нерегульованого пішохідного

переходу праворуч знаходяться знаки 4.10 «Круговий рух», 3.29 «Обмеження максимальної швидкості» з позначенням 10, та 3.41 «Контроль». На виїзді з автовокзалу праворуч від проїзної частини розташовані знак 2.1 «Дати дорогу», 2.4 «Рух праворуч» та знак пішохідного переходу, про який вказувалося вище.

На підході до регульованого переходу з боку Олександрівського району на світлофорній опорі знаходяться два наступні знаки сервісу: 6.8 «Телефон» та 6.11 «Туалет». Оскільки згідно з [11] в одному поперечному перетині дороги допускають установлювати не більше ніж три знаки (без урахування дублюючих знаків і табличок до дорожніх знаків), знак головної дороги 2.3 та знак 4.4 «Рух прямо або праворуч» встановлюється над проїзною частиною на розтяжці за 5 м від стоп-лінії. За переходом на опорі визивної кнопки знаходиться знак 4.1 «Рух прямо». Перед розширенням дороги, яке призначено для зупинки, встановлено два знаки: 5.41.1 «Пункт зупинки автобуса» та 5.42.1 «Пункт зупинки тролейбуса». В кінці карману розташовані знаки 5.41.2 «Кінець пункту зупинки автобуса» та 5.42.2 «Кінець пункту зупинки тролейбуса».

При повороті з вулиці Миколая Ласточкина до АЗС (автозаправна станція) нанесена розмітка 1.11, що перериває розмітку 1.1, що дозволяє поворот транспорту, що повернув з проспекту, за допомогою повороту ліворуч (без перепробігу та розвороту на вулиці Ласточкина) заїхати на автозаправну станцію. При в'їзді на АЗС ліворуч від заїзду знаходяться знаки 3.18 «Рух транспортних засобів, висота яких перевищує 4.3 м, заборонено» та 3.29, що обмежує швидкість руху до 10 км/год. На підході до проспекту вулицею Миколая Ласточкина з боку АЗС праворуч від проїзної частини знаходяться знаки другорядної дороги 2.1, 4.2 «Рух праворуч» та знак пішохідного переходу, про який сказано вище.

Нижче наведено опис спільних технічних засобів організації дорожнього руху та їх розташування в проектному варіанті для ділянки на пішохідному переході, що знаходиться біля вулиці Гагаріна, та переході, що

розташовується біля вулиці Якова Новицького. Проектна схема організації дорожнього руху на пішохідному переході, що біля вулиці Гагаріна, наведена на листі 7 графічної частини в масштабі 1:416. Проектна схема організації дорожнього руху на переході, що біля вулиці Якова Новицького, наведена на листі 8 графічної частини в масштабі 1:332.

Знаки 5.35.1 та 5.35.2 «Пішохідний перехід» встановлюються таким чином, щоб знак 5.35.1 знаходився праворуч від дороги, знак 5.35.2 – ліворуч. На дорогах з розділювальною смугою, де кожна з проїзних частин має дві та більше смуг руху, знак 5.35.2 потрібно встановлювати ліворуч від кожної з проїзних частин на розділювальній смузі. У разі відсутності на переході розмітки, в даному випадку, 1.14.2 знаки 5.35.1 та 5.35.2 встановлюються так, щоб знак 5.35.1 містився відносно транспортних засобів, що наближаються до переходу, на ближній межі переходу, а знак 5.35.2 – на дальній [11].

Пішохідний перехід позначено розміткою 1.14.2. Розмітка 1.1 застосовується для позначення меж смуг руху перед пішохідним переходом протягом 20 м [12]. Розмітка за номером 1.6 (лінія наближення) застосовується для позначення наближення до розмітки за номерами 1,1, що розділяє транспортні потоки попутних напрямків руху, протягом 50 м. За пішохідним переходом межі смуг руху для одного напрямку руху позначено розміткою 1.5.

Основний транспортний світлофор типу Т1 встановлено праворуч від проїзної частини від «Стоп-лінії» на відстані 4 м. Задля забезпечення видимості світлофорів з кожної смуги руху встановлюємо два дублюючі світлофори: один розташовується ліворуч від проїзної частини на розділювальній смузі таким чином, щоб він знаходився на одній лінії з дальньою межею пішохідного переходу; другий світлофор встановлюється на відстані 5 м від стоп-лінії над другою смугою руху на кронштейні. Пішохідні світлофори типу П1 встановлюються по принципу встановлення знаків пішохідного переходу; світлофор, яким керується пішохід, завжди

знаходиться праворуч від пішоходу. Кнопка визивної дії знаходиться на підході до пішохідного переходу на одній лінії з правою межею переходу.

Близько вулиці Гагаріна, на підході до пішохідного переходу з обох боків на відстані 10 метрів розташовані «кармани», що призначені для стоянки транспортних засобів. До початку розширення проїзної частини встановлено знак 5.39 «Зона стоянки» з табличкою 7.6.1 «Спосіб поставлення транспортного засобу на стоянку», тобто всі транспортні засоби повинні бути поставлені на вздовж тротуару [11]. На стоянці кожне окреме місце виділено розміткою 1.1, розмір якого складає не менше за 3 м на 5 м. Одразу за «карманом» розташовано знак 5.40 «Кінець зони стоянки».

В'їзд транспортних засобів у жилу зону розташований безпосередньо на пішохідному переході (непарний бік проспекту), через що виникають додаткові конфліктні точки між транспортним та пішохідним потоками безпосередньо на тротуарі, що є недопустимим з точки зору безпеки пішоходів. Тож, задля підвищення безпеки на пішохідному переході, вищевказаний заїзд з Соборного проспекту необхідно закрити, що не обмежить доступ транспортного потоку до житлової зони, адже існують заїзди з боку вулиці Гагаріна, Патріотичної вулиці та Центрального бульвару. Отже, ліквідація даного заїзду не обмежить доступ транспортних засобів до житлової зони, проте знищить конфліктні точки, що призводить до підвищення безпеки на пішохідному переході. Тож в проектному варіанті знаки 5.31 та 5.32 необхідно прибрати.

На відстані менше 20 метрів від пішохідного переходу, що розташовується біля вулиці Якова Новицького, на проїзній частині, рух по якій здійснюється у напрямку Дніпровського району, розташовано знак 5.39 «Зона стоянки» з табличкою 7.6.1 «Спосіб поставлення транспортного засобу на стоянку».



### 2.3 Розрахунок параметрів режимів світлофорного регулювання за методом Вебстера

Розрахунок елементів світлофорного циклу для регульованого в жорсткому режимі пішохідного переходу проводиться за наступними формулами.

Час, необхідний пішоходам для перетину проїзної частини розраховується за формулою:

$$t_{\text{III}} = \frac{H}{V_{\text{II}}} + 5, \text{ с}, \quad (2.1)$$

де  $H$  - ширина проїзної частини, м;

$V_{\text{II}}$  - швидкість руху пішохода (Відповідно [10] приймається 1,3 м/с).

Тривалість перехідного інтервалу пішохідної фази розраховується за формулою:

$$t_{\text{III}}^{\text{II}} = \frac{H'}{V_n}, \text{ с}. \quad (2.2)$$

Значення  $H'$  обирається в залежності від дорожніх умов і дорівнює максимальній ширині проїзної частини, яку слід пройти пішоходам, аби дістатися тротуару, розділової смуги, лінії розділу зустрічних смуг руху.

Тривалість основного такту пішохідної фази визначається за формулою:

$$t_{\text{om}}^{\text{II}} = t_{\text{nu}} - t_{\text{III}}^{\text{II}}, \text{ с}. \quad (2.3)$$

Перехідний інтервал для транспортної фази розраховуємо за формулою:

$$t_{III}^I = t_p + \frac{V_k}{2a^k} + \frac{B_j + l_a}{V_k} + 2, \text{ с}, \quad (2.4)$$

де  $t_p$  - термін реакції водія, с. Приймаємо  $t_p = 1$  с;

$V_k$  - швидкість руху, м/с;

$a^k$  - прискорення уповільнення, м/с<sup>2</sup>. Приймаємо  $a^k = 2,75$  м/с<sup>2</sup>;

$B_j$  - відстань на переході між стоп-лініями, м;

$l_a$  - довжина зведеного автомобіля, м. Приймаємо  $l_a = 5$  м.

Цикл регулювання:

$$T_y = \frac{B}{2A} + \sqrt{\frac{B^2}{4A^2} - \frac{C}{A}}, \text{ с}, \quad (2.5)$$

де  $A = 1 - y^I$ ;

$B = 2,5T_n - T_n y^I + t_{ми} + 5$ ;

$T_n = (t_{ni}^I - 3) + (t_{ni}^{II} - 3)$ ;

$C = (T_n + t_{OT}^{II})(1,5T_n + 5)$ ;

$y^I$  - фазовий коефіцієнт,  $y^I = \frac{N}{M}$ ,

де  $M$  - потік насичення;  $M$  визначається для кожної смуги руху окремо згідно з таблицею 2.1.

Таблиця 2.1 – Значення потоків насичення

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

Тривалість основного такту транспортної фази:

$$t_{om}^I = T_{\psi} - t_{ni}^{II} - t_{ni}^I - t_{om}^{II}, \text{ с.} \quad (2.6)$$

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

$$M = 525H. \quad (2.7)$$

Розрахунок елементів світлофорного циклу для регульованого в жорсткому режимі пішохідного переходу, що знаходиться біля автовокзалу.

Час, необхідний пішоходам для перетину проїзної частини:

$$t_{nuu} = \frac{16}{1,3} + 5 = 17,31 \text{ с.}$$

Тривалість перехідного інтервалу пішохідної фази:

$$t_{III}^{II} = \frac{16}{1,3} = 12,31 \text{ с.}$$

Згідно з [10], значення перехідного інтервалу для пішохідного напрямку з урахуванням зеленого миготливого сигналу складає 6; 7 або 8 с. Отже, приймаємо  $t_{III}^{II} = 8 \text{ с.}$

Тривалість основного такту пішохідної фази:

$$t_{om}^{II} = 17,31 - 8 = 9,31 \text{ с}; \text{ приймаємо } t_{om}^{II} = 10 \text{ с.}$$

Відстань між стоп-лініями приймаємо  $B_j = 14 + 6 + 4 = 24 \text{ м}$ , тож перехідний інтервал для транспортної фази дорівнює:

$$t_{III}^I = 1 + \frac{14,91}{2,75} + \frac{24+5}{14,91} + 2 = 7,66 \text{ с}; \text{ приймаємо } t_{III}^I = 8 \text{ с.}$$

У напрямі Олександрівського району проїзна частина Соборного проспекту завширшки 16 м розділяється на три смуги: ширина першої становить 6 метрів, ширина другої і третьої – по 5 м кожна.

Розраховуємо значення потоків насичення для смуги завширшки 6 м:

$$M_6 = 525 \cdot 6 = 3150 \text{ од./год.}$$

Значення потоків насичення для смуг завширшки 5 м методом інтерполяції за допомогою таблиці 2.1:

$$M_5 = 2475 + \frac{5-4,8}{5,2-4,8} (2700 - 2475) = 2587 \text{ од./год.}$$

Отже, значення потоку насичення для усієї проїзної частини становить  $M = 3150 + 2587 + 2587 = 8324 \text{ од./год.}$

У напрямі Комунарського району проїзна частина завширшки 10 м розділяється на 2 смуги руху по 4 і 6 м.

Розрахунок потоків насичення для смуги завширшки 4 м:

$$M_4 = 1950 + \frac{4-3,6}{4,2-3,6}(2075-1950) = 2033 \text{ од./год.}$$

Отже, потік насичення для проїзної частини, рух по якій здійснюється у напрямку Комунарського району, дорівнює  $M = 3150 + 2033 = 5183$  од/год.

Розрахунки циклу регулювання.

Фазові коефіцієнти для проїзної частини, напрямом якої є Олександрівський район, та для проїзної частини, напрямом якої є Комунарівський район відповідно:

$$y_O^I = \frac{1871}{8324} = 0,23;$$

$$y_K^I = \frac{2394}{5183} = 0,46.$$

Згідно з [13] за розрахунковий (той, що визначає тривалість основного такту) фазовий коефіцієнт приймається найбільше його значення у даній фазі. Отже приймаємо  $y^I = 0,46$ .

$$A = 1 - 0,46 = 0,54;$$

$$T_n = (8-3) + (8-3) = 10;$$

$$B = 2,5 \cdot 10 - 10 \cdot 0,31 + 17,31 + 5 = 42,69;$$

$$C = (10+10)(1,5 \cdot 10 + 5) = 400;$$

$$T_y = \frac{42,69}{2 \cdot 0,54} + \sqrt{\frac{42,69^2}{4 \cdot 0,54^2} - \frac{400}{0,54}} = 68,48 \text{ с; приймаємо } T_y = 69 \text{ с.}$$

Отже, тривалість основного такту транспортної фази:

$$t_{om}^I = 69 - 8 - 8 - 10 = 43 \text{ с.}$$

Розрахунок елементів світлофорного циклу для регульованого в жорсткому режимі пішохідного переходу, що знаходиться біля вулиці Гагаріна:

Час, необхідний пішоходам для перетину проїзної частини:

$$t_{nu} = \frac{11}{1,3} + 5 = 13,46 \text{ с.}$$

Тривалість перехідного інтервалу пішохідної фази:

$$t_{III}^{II} = \frac{11}{1,3} = 8,46 \text{ с.}$$

Відповідно [10], значення перехідного інтервалу для пішохідного напрямку  $t_{III}^{II}$  з урахуванням зеленого миготливого сигналу складає 6; 7 або 8 с. Отже, приймаємо  $t_{III}^{II} = 8 \text{ с.}$

Тривалість основного такту пішохідної фази:

$$t_{om}^{II} = 13,46 - 8 = 5,46, \text{ приймаємо } t_{om}^{II} = 6 \text{ с.}$$

Розрахунки перехідного інтервалу для транспортної фази:

$$t_{III}^I = 1 + \frac{15,71}{2,75} + \frac{14+5}{15,71} + 2 = 7,07 \text{ с; приймаємо } t_{III}^I = 7 \text{ с.}$$

У напрямі Дніпровського району проїзна частина Соборного проспекту завширшки 11 м розділяється на три смуги: ширина першої становить 4 метри, ширина другої і третьої – по 3,5 метри кожна.

Розраховуємо значення потоків насичення для смуг завширшки 3,5 м:

$$M_{3,5} = 1875 + \frac{3,5-3,3}{3,6-3,3}(1950-1875) = 1925 \text{ од./год.}$$

Отже, значення потоку насичення для усієї проїзної частини становить  $M = 1925 + 1925 + 2033 = 5883$  од./год. Оскільки ширина проїзної частини в протилежну сторону також складає 11 метрів, значення потоку насичення також дорівнюватиме 5883 од./год.

Розрахунки циклу регулювання.

Фазові коефіцієнти для проїзної частини, напрямом якої є Дніпровський район, та для проїзної частини, напрямом якої є Олександрівський район відповідно:

$$y_D^I = \frac{1400}{5883} = 0,24;$$

$$y_O^I = \frac{1813}{5883} = 0,31.$$

Згідно з [13] за розрахунковий (той, що визначає тривалість основного такту) фазовий коефіцієнт приймається найбільше його значення у даній фазі. Отже приймаємо  $y^I = 0,31$ .

$$A = 1 - 0,31 = 0,69;$$

$$T_n = (7-3) + (8-3) = 9 \text{ с};$$

$$B = 2,5 \cdot 9 - 9 \cdot 0,31 + 13,46 + 5 = 38,19 \text{ с};$$

$$C = (9 + 6)(1,5 \cdot 9 + 5) = 277,5 \text{ с};$$

$$T_u = \frac{38,19}{2 \cdot 0,69} + \sqrt{\frac{38,19^2}{4 \cdot 0,69^2} - \frac{277,5}{0,69}} = 46,59 \text{ с}; T_u = 47 \text{ с}.$$

Отже, тривалість основного такту транспортної фази:

$$t_{om}^I = 47 - 8 - 7 - 6 = 26 \text{ с}.$$

Розрахунки для пішохідного переходу, що розташований біля вулиці Якова Новицького.

Вище приведені розрахунки часу, що необхідний пішоходам для перетину проїзної частини, тривалості перехідного інтервалу пішохідної фази та основного такту пішохідної фази для пішохідного переходу, що біля Гагаріна, є ідентичними й для переходу, що біля Якова Новицького, адже на обох переходах ширина проїзної частини не відрізняється.

Перехідний інтервал для транспортної фази:

$$t_{III}^I = 1 + \frac{19,01}{2,75} + \frac{14+5}{19,01} + 2 = 7,46 \text{ с}; \text{ приймаємо } t_{III}^I = 8 \text{ с}.$$

Розрахунки циклу регулювання.

Фазові коефіцієнти для проїзної частини, напрямом якої є Дніпровський район, та для проїзної частини, напрямом якої є Олександрівський район відповідно:

$$y_D^I = \frac{1531}{5883} = 0,26;$$



$$y'_O = \frac{1647}{5883} = 0,28.$$

Приймаємо  $y^I = 0,28$ .

$$A = 1 - 0,28 = 0,72$$

$$T_n = (8-3) + (8-3) = 10 \text{ с};$$

$$B = 2,5 \cdot 10 - 10 \cdot 0,28 + 13,46 + 5 = 40,66 \text{ с};$$

$$C = (10+7)(1,5 \cdot 10 + 5) = 340 \text{ с};$$

$$T_y = \frac{40,66}{2 \cdot 0,72} + \sqrt{\frac{40,66^2}{4 \cdot 0,72^2} - \frac{340}{0,72}} = 46,27 \text{ с}; \text{ приймаємо } T_y = 47 \text{ с}.$$

Отже, тривалість основного такту транспортної фази:

$$t_{om}^I = 47 - 8 - 7 - 8 = 24 \text{ с}.$$

#### 2.4 Оптимізація тривалості транспортної фази регулювання при управлінні рухом за окремими напрямками

Визначення тривалостей елементів світлофорного циклу за наявності пішохідних напрямів проводиться згідно [2].

Середню затримку одного автомобіля при ізольованому регулюванні обчислюють за формулою Вебстера:

$$\bar{t}_m = 0,9(AT_u + \frac{1}{N_m}B), \text{ с,} \quad (2.8)$$

$$\text{де } A = \frac{(1-\lambda)^2}{2(1-\lambda x)}, \quad B = \frac{x^2}{2(1-x)}, \quad \lambda = \frac{t_{om}^m + 1}{T_u}, \quad x = \frac{y}{\lambda};$$

$T_u$  – тривалість світлофорного циклу, с;

$N_m$  – інтенсивність руху транспорту (в обох напрямках), од/год;

$t_{om}^m$  – фазовий коефіцієнт транспортної фази.

Розрахунки сумарних потоків насичення для усїєї проїзної частини пішохідного переходу, що знаходиться поблизу автовокзалу:

$$\sum M_a = 8324 + 5183 = 13507 \text{ од./год.}$$

Значення сумарних потоків насичення для проїзних частин пішохідного переходу, що знаходиться поблизу вулиці Гагаріна та переходу, що поблизу вулиці Якова Новицького, є однаковими та дорівнюють:

$$\sum M_\Gamma = \sum M_H = 5883 + 5883 = 11766 \text{ од./год.}$$

Фазовий коефіцієнт транспортної фази для проїзної частини пішохідного переходу, що розташований біля:

- автовокзалу:

$$y_a = \frac{1871 + 2394}{13507} = 0,32;$$

- вулиці імені Гагаріна:

$$y_{\Gamma} = \frac{1400+1813}{11766} = 0,27;$$

- вулиці Якова Новицького:

$$y_H = \frac{1531+1647}{11766} = 0,27.$$

Припустимо, що цикл складається з транспортної та пішохідної фаз:

$$T_{\text{ц}} = t_{OT}^m + t_{III}^m + t_{OT}^n + t_{III}^n, \quad (2.9)$$

де  $t_{OT}^m, t_{III}^m, t_{OT}^n, t_{III}^n$  – тривалості відповідно основних тактів і перехідних інтервалів транспортної та пішохідної фаз, с.

Середня затримка одного пішохода складає таким чином:

$$\bar{t}_n = \frac{t_{OT}^m + t_{III}^m + t_{III}^n}{2}. \quad (2.10)$$

Загальна затримка пішоходів за годину складатиме:

$$T_n = N_n \frac{t_{OT}^m + t_{III}^m + t_{III}^n}{2}, \quad (2.11)$$

де  $N_n$  – інтенсивність руху пішоходів, чол./год.

Загальна затримка транспортних засобів за годину складатиме:

$$T_m = 0,9N_m \left( AT_{\psi} + \frac{1}{N_m} B \right). \quad (2.12)$$

Затримка всіх пасажирів транспортних засобів за годину складатиме:

$$T_{nac} = \sum_{i=1}^m \left( \frac{\alpha^i T_m}{k_{np}^i} P_i k_{n-m}^i \right), \quad (2.13)$$

де  $P_i$  – пасажиромісткість транспортного засобу даного типу;

$\alpha^i$  – частка в потоці транспортних засобів  $i$ -го типу;

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

$k_{np}^i$  – коефіцієнт зведення даного типу транспортного засобу до легкового автомобіля;

$m$  – загальна кількість типів транспортних засобів.

На пішохідному переході, що знаходиться біля автовокзалу, по проїзній частині, якою транспорт рухається у напрямку Олександрівського району, загальна кількість транспортних засобів складає 1352 авт./год, з яких 1014 складають легкові автомобілі. Частка легкових автомобілів в транспортному потоці складає  $1014/1352=0,75$ .

Таким чином розраховуємо частки кожного з видів транспорту у потоці, проте сума усіх часток повинна складати 1.

Результати підрахунку частки в потоці транспортних засобів  $i$ -го типу для пішохідного переходу, що біля автовокзалу, переходу, що біля вулиці Гагаріна та переходу, що біля вулиці Якова Новицького наведено відповідно на рисунках 2.1, 2.2 та 2.3.

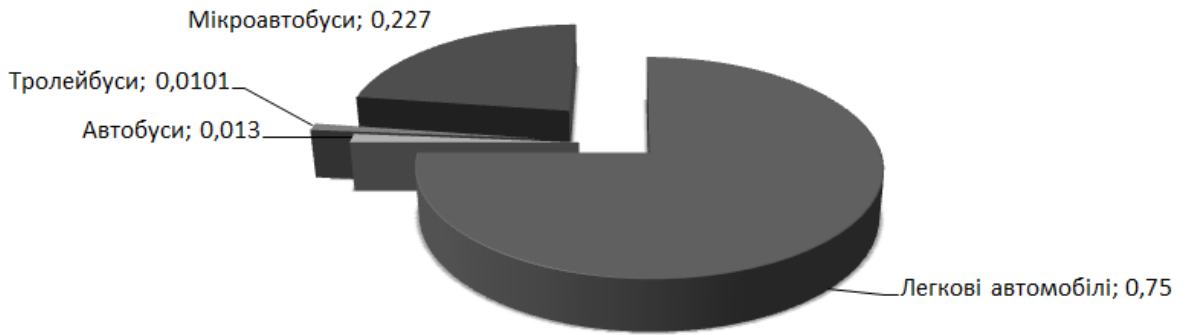


Рисунок 2.1 - Частка в потоці транспортних засобів і-го типу для пішохідного переходу, що біля автовокзалу

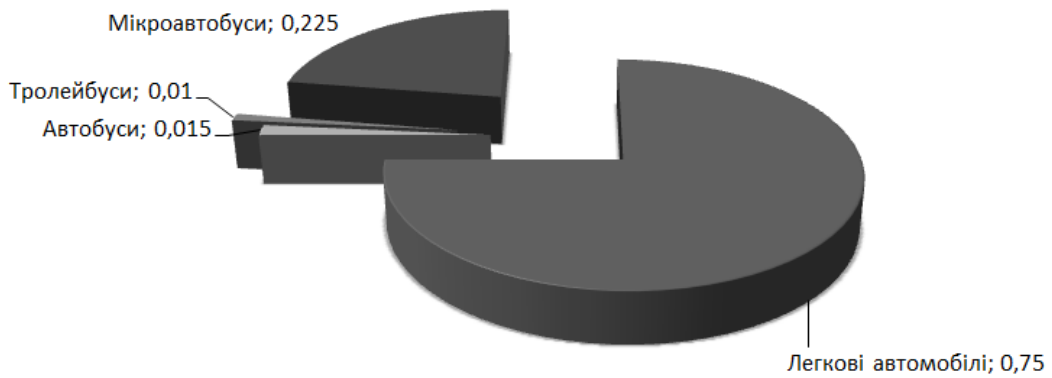


Рисунок 2.1 - Частка в потоці транспортних засобів і-го типу для пішохідного переходу, що біля вулиці Гагаріна

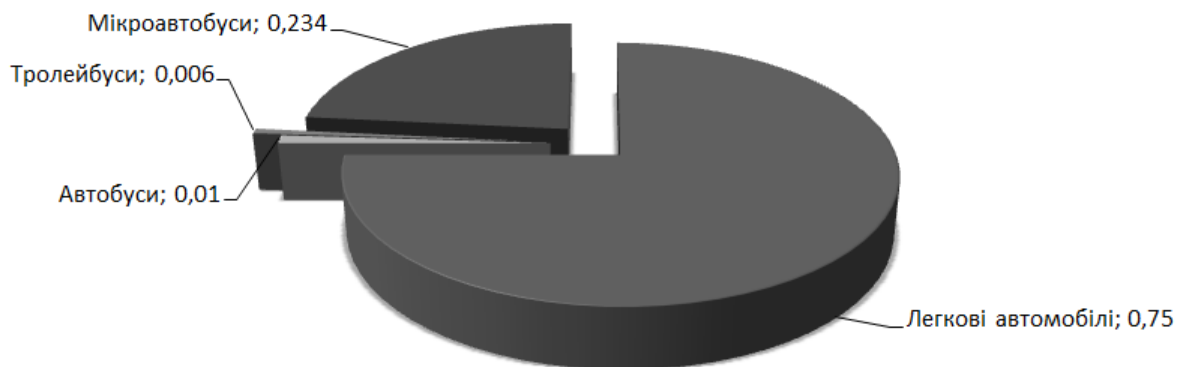


Рисунок 2.1 - Частка в потоці транспортних засобів і-го типу для пішохідного переходу, що біля вулиці Якова Новицького

Умова рівності тривалостей затримок пасажирів, водіїв транспортних засобів та пішоходів виглядає таким чином:

$$N_n \frac{t_{OT}^m + t_{III}^m + t_{III}^n}{2} = \sum_{i=1}^m \left( \frac{\alpha^i T_m P_i k_{n-m}^i}{k_{np}^i} \right), \quad (2.14)$$

де  $P_i$  – пасажиромісткість транспортного засобу даного типу;

$\alpha^i$  – частка в потоці транспортних засобів  $i$ -го типу;

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

$k_{np}^i$  – коефіцієнт зведення даного типу транспортного засобу до легкового автомобіля;

$m$  – загальна кількість типів транспортних засобів.

Умова рівності тривалостей затримок пасажирів, водіїв транспортних засобів та пішоходів виглядає таким чином:

$$N_n \frac{t_{OT}^m + t_{III}^m + t_{III}^n}{2} = T_m \sum_{i=1}^m \left( \frac{\alpha^i P_i k_{n-m}^i}{k_{np}^i} \right). \quad (2.15)$$

Коефіцієнти зведення, пасажиромісткості та коефіцієнти використання пасажиромісткості в залежності від типу транспортного засобу наведені у таблиці 2.2.

Складові цього виразу, в свою чергу, дорівнюють:

$$K = \sum_{i=1}^m \left( \frac{\alpha^i P_i k_{n-m}^i}{k_{np}^i} \right), \quad (2.16)$$

Таблиця 2.2 – Коефіцієнти зведення, пасажиромісткість та коефіцієнти використання пасажиромісткості в залежності від типу транспортного засобу

Тип транспортного засобу	Легкові автомобілі	Автобуси	Тролейбуси	Мікроавтобуси
Коефіцієнти зведення	1	3	3	2,5
Пасажиромісткість	4	50	50	18
Коефіцієнт використання пасажиромісткості	0,4	0,75	0,75	0,75

Розрахунки  $K$  для пішохідного переходу, що знаходиться біля:

- автовокзалу:

$$K_a = \left( \frac{0,75}{1} \cdot 4 \cdot 0,4 \right) + \left( \frac{0,01}{3} \cdot 50 \cdot 0,75 \right) + \left( \frac{0,006}{3} \cdot 50 \cdot 0,75 \right) + \left( \frac{0,234}{2,5} \cdot 18 \cdot 0,75 \right) = 2,66;$$

- вулиці імені Гагаріна:

$$K_G = (0,75 \cdot 4 \cdot 0,4) + \left( \frac{0,015}{3} \cdot 50 \cdot 0,75 \right) + \left( \frac{0,01}{3} \cdot 50 \cdot 0,75 \right) + \left( \frac{0,225}{2,5} \cdot 18 \cdot 0,75 \right) = 2,73;$$

- вулиці Якова Новицького:

$$K_H = (0,75 \cdot 4 \cdot 0,4) + \left( \frac{0,013}{3} \cdot 50 \cdot 0,75 \right) +$$

$$+\left(\frac{0,01}{3} \cdot 50 \cdot 0,75\right) + \left(\frac{0,227}{2,5} \cdot 18 \cdot 0,75\right) = 2,7,$$

$$\bar{t}_m = 0,9(A \times (t_{OT}^m + t_{III}^m + t_{OT}^n + t_{III}^n) + \frac{1}{N_m} B), \quad (2.17)$$

$$\lambda = \frac{t_{om}^m + 1}{t_{OT}^m + t_{III}^m + t_{OT}^n + t_{III}^n}, \quad (2.18)$$

$$x = \frac{y \cdot (t_{OT}^m + t_{III}^m + t_{OT}^n + t_{III}^n)}{t_{om}^m + 1}, \quad (2.19)$$

$$B = \frac{(y \times (t_{OT}^m + t_{III}^m + t_{OT}^n + t_{III}^n))^2}{2 \left( 1 - \frac{y \times (t_{OT}^m + t_{III}^m + t_{OT}^n + t_{III}^n)}{t_{om}^m + 1} \right) (t_{om}^m + 1)^2}, \quad (2.20)$$

$$A = \frac{\left( 1 - \frac{t_{om}^m + 1}{t_{OT}^m + t_{III}^m + t_{OT}^n + t_{III}^n} \right)^2}{2 \left( 1 - \frac{t_{om}^m + 1}{t_{OT}^m + t_{III}^m + t_{OT}^n + t_{III}^n} \times \frac{y \times (t_{OT}^m + t_{III}^m + t_{OT}^n + t_{III}^n)}{t_{om}^m + 1} \right)}. \quad (2.21)$$

Виконуємо заміну:

$$\Delta = t_{III}^m + t_{OT}^n + t_{III}^n. \quad (2.22)$$

Розрахунки  $\Delta$  для пішохідного переходу, що знаходиться біля:

- автовокзалу:

$$\Delta_a = 8 + 8 + 10 = 26 \text{ с};$$



- вулиці імені Гагаріна:

$$\Delta_G = 7 + 8 + 6 = 21 \text{ с};$$

- вулиці Якова Новицького:

$$\Delta_H = 8 + 8 + 7 = 23 \text{ с};$$

В результаті отримуємо:

$$N_n \frac{t_{OT}^m + t_{III}^m + t_{III}^n}{2} = 0,9 N_m K \left[ \frac{\left(1 - \frac{t_{OT}^m + 1}{t_{OT}^m + \Delta}\right)^2}{2(1-y)} \cdot (t_{OT}^m + \Delta) + \right. \quad (2.23)$$

$$\left. + \frac{1}{N_m} \cdot \frac{(y \times (t_{OT}^m + \Delta))^2}{2 \left(1 - \frac{y \times (t_{OT}^m + \Delta)}{t_{OT}^m + 1}\right) (t_{OT}^m + 1)^2} \right].$$

Перетворюючи це співвідношення, переходимо до повного рівняння 4-го ступеня, коренями якого є тривалості основного такту світлофорного циклу, до якого включено транспортні напрями. Перед перетворенням зробимо декілька замінів:

$$N_n = a; t_{om}^m = x; t_n^m = b; t_n^n = c; \Delta = d; K = e; \Delta = f; y = g. \quad (2.24)$$

Отримане рівняння має такий вигляд:

$$\begin{aligned}
& x^4 \cdot ad \cdot (1-g)^2 + x^3 [ad(1-g) \cdot ((2-g(1+f)) + (b+c+f)(1-g)) - \\
& - 0,9dge^2(1-g)] + x^2 [ad(1-g)((1-gf^2) + (b+c+f)(2-g(1+f))) + \\
& + f(b+c)(1-g) - 0,9d^2e(f-1)^2(1-g) - 0,9deg^2(1-g) \cdot 3f] + \\
& + x [ad(1-g)((b+c+f)(1-gf) + f(b+c)(2-g(1+f))) - \quad (2.25) \\
& - 0,9d^2e(f-1)^2(2-g(1+f)) - 0,9de(1-g)g^2 \cdot 3f^2] + \\
& + [ad(1-g)f(b+c)(1-gf) - 0,9d^2e(f-1)^2(1-gf) - \\
& - 0,9deg^2(1-g)f^3] = 0.
\end{aligned}$$

Отримане рівняння розв'язуємо за методом Феррарі. Ця процедура автоматизована за допомогою програми МайКрософт Ексель. При підстановці до листа Ексель значень аргументів, корені рівняння визначаються автоматично. Слід зазначити, що, оскільки йдеться про основний такт транспортної фази, то мінімальне припустиме значення дорівнює 7 с, а максимальне визначається з урахуванням часу терплячого очікування дозволяючого сигналу пішоходами, отже не може перевищувати 54 с. Серед отриманих коренів обирається мінімальний, що дозволить мінімізувати тривалість циклу.

У табл. 2.3 наведено результати розв'язку рівняння (2.23), що потрапляють до припустимого діапазону.

Таблиця 2.3 – Результати розв'язку рівняння (2.23)

Показник	Перехід, що біля автовокзалу	Перехід, що біля вулиці Гагаріна	Перехід, що біля вулиці Якова Новицького
$N_n$ , піш/год	210	212	104
$t_n^m$ , с	7	7	8
$t_n^n$ , с	8	8	8
$N_m$ , од/год	4265	3213	3178
К	2,66	2,73	2,7

## Продовження таблиці 2.3

Показник	Перехід, що біля автовокзалу	Перехід, що біля вулиці Гагаріна	Перехід, що біля вулиці Якова Новицького
$\Delta$	26	21	23
$y$	0,32	0,27	0,27
$t_{om}^m, c$	46	34	43

Отриману вибірку піддано статистичному дослідженню, в результаті якого отримано лінійну регресійну залежність, що дозволяє встановити міру впливу кожного з аргументів на корені рівняння:

$$t_{om}^m = -111,92 - 0,06N_n - 0,25t_n^m - 0,87t_n^n + 0,04N_m + 7,96K + 1,8\Delta + 306,12y. \quad (2.26)$$

Таким чином встановлено співвідношення між дозволяючими сигналами для конфліктних напрямів регулювання руху транспортних засобів і пішоходів, що дозволить забезпечити рівність витрат часу пішоходами та пасажирями транспортних засобів.

Частка основного такту транспортної фази в циклі за методом Вебстера та з оптимізацією даного параметру наведена в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 - Частка основного такту транспортної фази в світлофорному циклі за першим та другим методами розрахунку

Частка основного такту транспортної фази в світлофорному циклі за:	Перехід, що біля автовокзалу	Перехід, що біля вулиці Гагаріна	Перехід, що біля вулиці Якова Новицького
Першим методом	0,62	0,55	0,51
Другим методом	0,64	0,62	0,65

### 3 СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

#### 3.1 Розрахунок капітальних витрат

Витрати на закупівлю знаків розраховуються за формулою:

$$K_3^n = \sum_{i=1}^k d_i^3 n_i^3, \text{ грн}, \quad (3.1)$$

де  $d_i^3$  - вартість знаку  $i$ -го типу (таблиця 3.1);

$n_i^3$  - кількість знаків  $i$ -го типу.

Таблиця 3.1 - Вартість знаку залежно від його форми

Тип знаку	Вартість знаку $i$ -го типу
Трикутний	444
Круглий	546
Квадратний	566
Прямокутний	625
Табличка	290

Витрати на монтаж та демонтаж дорожніх знаків визначається за формулою:

$$K_3^{m/d} = n^3 \cdot d_3, \text{ грн}, \quad (3.2)$$

де  $n^3$  - кількість знаків, з якими потрібно провести монтаж/демонтаж;

$d_3$  - вартість монтажу/демонтажу одного дорожнього знаку, грн;

приймається  $d_3 = 430$  грн.

Витрати на монтаж та демонтаж стоек для знаків:

$$K_3^{cm} = n_{cm} d_{cm}, \text{ грн}, \quad (3.3)$$

де  $n_{cm}$  - кількість необхідних стоек для знаків;

$d_{cm}$  - вартість монтажу/демонтажу однієї стойки для знаку, грн;  
приймається  $d_{cm} = 340$  грн.

Витрати на закупівлю тросу для розтяжок:

$$K_m = l_m \cdot d_m, \text{ грн}, \quad (3.4)$$

де  $l_m$  - необхідна довжина тросу, м;

$d_m$  - вартість тросу, грн; приймається  $d_m = 12$  грн.

Витрати на монтаж/демонтаж тросів:

$$K_m^{m/\partial} = l \cdot d_m^{m/\partial}, \text{ грн}, \quad (3.5)$$

де  $l$  - довжина тросу, яку потрібно монтувати/демонтувати, м;

$d_m^{m/\partial}$  - вартість кабельних робіт над землею, грн; приймається  $d_m^{m/\partial} = 78$  грн/м.

Капітальні витрати на закупівлю світлофорного обладнання становлять:

$$K_{ce} = n_{mp} d_{mp} + n_{nu} d_{nu} + n_m d_m, \text{ грн}, \quad (3.6)$$

де  $n_{mp}, n_{ми}, n_m$  - відповідно кількість транспортних, пішохідних світлофорів, викличних табло;

$d_{mp}, d_{ми}, d_m$  - відповідно вартість відповідно кількість транспортних, пішохідних світлофорів, викличного табло, грн. Приймається  $d_{mp} = 15206$  грн,  $d_{ми} = 8986$  грн,  $d_m = 750$  грн.

Витрати на встановлення світлофорів та табло визначаються за формулою:

$$K_{св}^M = n_{св} d_{св}, \text{ грн}, \quad (3.7)$$

де  $n_{св}$  - необхідна кількість світлофорів та визивних табло;

$d_{св}$  - вартість на монтаж світлофору/табло, грн; приймається  $d_{св} = 560$  грн.

Витрати на світлофорні консольні опори та світлофорні стойки:

$$K_{он} = n_{св.к.о.} d_{св.к.о.} + n_{св.ст.} d_{св.ст.}, \text{ грн}, \quad (3.8)$$

де  $n_{св.к.о.}, n_{св.ст.}$  - необхідна кількість відповідно світлофорних консольних опор та світлофорних стоек;

$d_{св.к.о.}, d_{св.ст.}$  - вартість монтажу відповідно світлофорної консольної опори та світлофорної стойки, грн; приймається  $d_{св.к.о.} = 3840$  грн,  $d_{св.ст.} = 3229$  грн.

Витрати на монтаж світлофорних консольних опор та світлофорних стоек:

$$K_{он}^M = n_{св.к.о.} d_{св.к.о.}^M + n_{св.ст.} d_{св.ст.}^M, \text{ грн}, \quad (3.9)$$

де  $d_{св.к.о.}, d_{св.ст.}$  - вартість монтажу відповідно світлофорної консольної опори та світлофорної стойки, грн; приймається  $d_{св.к.о.}^M = 717$  грн,  $d_{св.ст.}^M = 480$  грн.

Витрати на контролер авторегулювання ( $K_{ка}$ ) складають 31080 грн, на його монтаж ( $K_{ка}^M$ ) – 560 грн.

Витрати на закупівлю кабелю визначаються за формулою:

$$K_k = l_k d_k, \text{ грн}, \quad (3.10)$$

де  $l_k$  - необхідна довжина кабелю, м;

$d_k$  - витрати на купівлю кабелю, грн; приймається  $d_k = 51$  грн/м.

Витрати на монтаж кабелю:

$$K_k^M = l_k d_k^M, \text{ грн}, \quad (3.11)$$

де  $d_k^M$  - витрати на прокладення кабелю під землю, грн; приймається  $d_k^M = 330$  грн/м.

Витрати на ТЗОДР:

$$K_{ТЗОДР} = K_3^H + K_m + K_{св} + K_{он} + K_{ка} + K_k, \text{ грн}. \quad (3.12)$$

Витрати на виконання робіт:

$$K_{роб} = K_3^{M/\partial} + K_3^{cm} + K_m^{M/\partial} + K_{св}^M + K_{он}^M + K_{ка}^M + K_k^M, \text{ грн}. \quad (3.13)$$

Отже капітальні витрати складають:

$$K = K_{ТЗОДР} + K_{роб}, \text{ грн.} \quad (3.14)$$

До капітальних витрат для проектного варіанту пішохідного переходу, що біля автовокзалу, відносяться витрати на монтаж 4 одиниць світлофорного обладнання для транспорту, 2 одиниць світлофорного обладнання для пішоходів та 2 кнопки визивної дії, одного контролера; закупівля 10 нових дорожніх знаків, демонтаж 29 дорожніх знаків та монтаж 34.

Нижче приведені розрахунки витрат на спорудження всієї площі покриття за проектним варіантом.

Для проектного варіанту необхідно придбати 10 нових дорожніх знаків, з яких 8 знаків квадратної форми, один знак круглої, та одну табличку. Витрати на закупівлю знаків складають:

$$K_3^H = (566 \cdot 8 + 546 + 290) = 5364 \text{ грн.}$$

Необхідно провести демонтаж 29 дорожніх знаків та монтаж 34, тож витрати на монтаж та демонтаж дорожніх знаків становить:

$$K_3^{M/\partial} = (29 + 34)430 = 27090 \text{ грн.}$$

Витрати на демонтаж 6 стоек для знаків та монтаж 4:

$$K_3^{cm} = (6 + 4)340 = 3400 \text{ грн.}$$

Необхідно встановити 2 нові розтяжки: довжиною 37,57 м та 31 м. Витрати на закупівлю тросу для розтяжок:



$$K_m = (37,57 + 31) \cdot 12 = 823 \text{ грн.}$$

На ділянці необхідно демонтувати 4 розтяжки: довжина першої складає 37,6 м, довжина другою – 43,2 м, довжина останніх двох складає по 30,3 м кожна. Витрати на монтаж та демонтаж розтяжок складають:

$$K_m^{m/d} = (37,6 + 43,2 + 30,3 \cdot 2 + 37,57 + 31) \cdot 78 = 16378 \text{ грн.}$$

На ділянку потрібно закупити 4 транспортні, 2 пішохідні світлофори та 2 пішохідних викличних табло. Капітальні витрати на закупівлю світлофорного обладнання становлять:

$$K_{cv} = 4 \cdot 15206 + 2 \cdot 8986 + 2 \cdot 750 = 80296 \text{ грн.}$$

Витрати на встановлення світлофорів складають:

$$K_{cv}^m = 8 \cdot 560 = 4480 \text{ грн.}$$

Витрати на дві світлофорні консольні опори та одну світлофорну стійку:

$$K_{on} = 2 \cdot 3840 + 3229 = 10909 \text{ грн.}$$

Витрати на монтаж двох світлофорних консольних опор та одну світлофорну стійку:

$$K_{on}^m = 2 \cdot 717 + 480 = 1914 \text{ грн.}$$

Витрати на контролер авторегулювання ( $K_{ка}$ ) складають 31080 грн, на його монтаж ( $K_{ка}^M$ ) – 560 грн.

Витрати на закупівлю кабелю, довжина якого складає 19 м:

$$K_k = 19 \cdot 51 = 969 \text{ грн.}$$

Витрати на монтаж кабелю:

$$K_k^M = 19 \cdot 330 = 6270 \text{ грн.}$$

Витрати на ТЗОДР:

$$K_{ТЗОДР} = 5364 + 823 + 80296 + 10909 + 31080 + 969 = 129441 \text{ грн.}$$

Витрати на виконання робіт:

$$K_{роб} = 27090 + 3400 + 16378 + 4480 + 1914 + 560 + 6270 = 60092 \text{ грн.}$$

Отже капітальні витрати складають:

$$K = 129581 + 60092 = 189533 \text{ грн.}$$

До капітальних витрат для проектного варіанту пішохідного переходу, що біля вулиці імені Гагаріна, відносяться витрати на монтаж 6 одиниць світлофорного обладнання для транспорту, 4 одиниць світлофорного обладнання для пішоходів та 4 кнопки визивної дії, одного контролера; демонтаж 8 встановлених знаків, монтаж 10 дорожніх знаків, закупівля 6 нових дорожніх знаків; демонтаж 5 існуючих опор для знаків та монтаж 3 з

них. Нижче приведені розрахунки витрат на спорудження всієї площі покриття за проектним варіантом.

Для проектного варіанту необхідно придбати 6 нових дорожніх знаків, з яких 4 знаків прямокутної форми, вартість яких складає по 625 грн за кожний та 2 таблички, які коштують по 290 грн кожна. Витрати на закупівлю нових знаків:

$$K_3^H = 625 \cdot 4 + 290 \cdot 2 = 3080 \text{ грн.}$$

Необхідно демонтувати 8 знаків та монтувати 10, тож витрати демонтаж та монтаж знаків:

$$K_3^{M/d} = (8+10)430 = 7740 \text{ грн.}$$

Витрати на демонтаж 5 стійок для знаків та монтаж 3 стійок:

$$K_3^{cm} = (5+3)340 = 2720 \text{ грн.}$$

На ділянку потрібно закупити 6 транспортні, 4 пішохідні світлофори та 4 пішохідних викличних табло. Капітальні витрати на закупівлю світлофорного обладнання:

$$K_{ce} = 6 \cdot 15206 + 4 \cdot 8986 + 4 \cdot 750 = 130180 \text{ грн.}$$

Витрати на встановлення світлофорів та табло:

$$K_c = 14 \cdot 560 = 7840 \text{ грн.}$$

Витрати на дві світлофорні консольні опори та дві світлофорні стійкі:

$$K_{on} = 2 \cdot 3840 + 2 \cdot 3229 = 14138 \text{ грн.}$$

Витрати на монтаж двох світлофорних консольних опор та двох світлофорних стійок:

$$K_{on}^M = 2(717 + 480) = 2394 \text{ грн}$$

Витрати на контролер авторегулювання ( $K_{ка}$ ) складають 31080 грн, на його монтаж ( $K_{ка}^M$ ) – 560 грн.

Витрати на закупівлю кабелю, довжина якого складає 20 м:

$$K_{к} = 20 \cdot 51 = 1020 \text{ грн.}$$

Витрати на монтаж кабелю:

$$K_{к}^M = 20 \cdot 330 = 6600 \text{ грн.}$$

Витрати на ТЗОДР:

$$K_{ТЗОДР} = 3080 + 130180 + 14138 + 31080 + 1020 = 179498 \text{ грн.}$$

Витрати на виконання робіт:

$$K_{роб} = 7740 + 2720 + 7840 + 2394 + 560 + 6600 = 27854 \text{ грн.}$$

Отже капітальні витрати складають:

$$K = 179498 + 27854 = 207352 \text{ грн.}$$

До капітальних витрат для проектного варіанту пішохідного переходу, що біля вулиці імені Гагаріна, відносяться витрати на монтаж 6 одиниць світлофорного обладнання для транспорту, 4 одиниць світлофорного обладнання для пішоходів та 4 кнопки визивної дії, одного контролера; демонтаж 6 встановлених знаків, монтаж 4 дорожніх знаків; демонтаж 4 існуючих опор для знаків. Нижче приведені розрахунки витрат на спорудження всієї площі покриття за проектним варіантом.

Необхідно демонтувати 6 знаків та монтувати 4, тож витрати демонтаж та монтаж знаків:

$$K_3^{m/d} = (6+4)430 = 4300 \text{ грн.}$$

Витрати на демонтаж 4 стійок для знаків:

$$K_3^{cm} = 4 \cdot 340 = 1360 \text{ грн.}$$

На ділянку потрібно закупити 6 транспортні, 4 пішохідні світлофори та 4 пішохідних викличних табло. Капітальні витрати на закупівлю світлофорного обладнання:

$$K_{cv} = 6 \cdot 15206 + 4 \cdot 8986 + 4 \cdot 750 = 130180 \text{ грн.}$$

Витрати на встановлення світлофорів та табло:

$$K_c = 14 \cdot 560 = 7840 \text{ грн.}$$

Витрати на дві світлофорні консольні опори та дві світлофорні стійкі:

$$K_{on} = 2 \cdot 3840 + 2 \cdot 3229 = 14138 \text{ грн.}$$

Витрати на монтаж двох світлофорних консольних опор та двох світлофорних стоек:

$$K_{оп}^M = 2(717 + 480) = 2394 \text{ грн}$$

Витрати на контролер авторегулювання ( $K_{ка}$ ) складають 31080 грн, на його монтаж ( $K_{ка}^M$ ) – 560 грн.

Витрати на закупівлю кабелю, довжина якого складає 17 м:

$$K_{к} = 17 \cdot 51 = 867 \text{ грн.}$$

Витрати на монтаж кабелю:

$$K_{к}^M = 17 \cdot 330 = 5610 \text{ грн.}$$

Витрати на ТЗОДР:

$$K_{ТЗОДР} = 130180 + 14138 + 31080 + 867 = 176265 \text{ грн.}$$

Витрати на виконання робіт:

$$K_{роб} = 4300 + 1360 + 7840 + 2394 + 560 + 5610 = 22064 \text{ грн.}$$

Отже капітальні витрати складають:

$$K = 176265 + 22064 = 198329 \text{ грн.}$$

### 3.2 Розрахунок експлуатаційних витрат

До поточних витрат відносяться витрати на відновлення дорожньої розмітки, витрати на оплату електричної енергії, спожитої світлофорами.

Розрахунок експлуатаційних витрат для пішохідного переходу, що знаходиться біля автовокзалу.

Річні витрати на електрику розраховуються за формулою:

$$C_e = d_e P n_{св} \cdot 356 \cdot 24, \text{ грн}, \quad (3.15)$$

де  $d_e$  - вартість кіловат-години електрики, грн; приймаємо  $d_e = 2,55$  грн;

$P$  - потужність одного світлофора/табло/контролера,  $P = 7$  Вт = 0,007 кВт.

Площа  $i$ -го типу дорожньої розмітки визначається за формулою:

$$S_i = l_i w_i p_i, \text{ м}, \quad (3.16)$$

де  $l_i$  - довжина  $i$ -й тип розмітки, м;

$w_i$  - ширина нанесення розмітки, м;

$p_i$  - зафарбована частка.

Загальна площа розмітки:

$$S = \sum_{i=1}^n S_i, \text{ м}. \quad (3.17)$$

Витрати на нанесення розмітки при вартість за 1 м<sup>2</sup> розмітки 85 грн становлять:

$$C_p = Sd_p, \text{ грн}, \quad (3.18)$$

де  $d_p$  - вартість 1 м<sup>2</sup> розмітки, грн; приймається  $d_p = 85$  грн.

Амортизаційні витрати для першого року експлуатації:

$$A = 0,24K, \text{ грн}. \quad (3.19)$$

Експлуатаційні витрати на ремонт технічних засобів:

$$C_{mз} = 0,05K_{ТЗОДР}, \text{ грн}. \quad (3.20)$$

Загальні експлуатаційні витрати визначаються за формулою:

$$C_{експ} = C_e + C_p + A + C_{mз}, \text{ грн}. \quad (3.21)$$

Розрахунки експлуатаційних витрат для пішохідного переходу, що знаходиться біля автовокзалу.

Річні витрати на електрику для 6 встановлених світлофорів, 2 табло викличної дії та одного контролера:

$$C_e = 2,55 \cdot 0,007 \cdot 9 \cdot 365 \cdot 24 = 1407 \text{ грн}.$$

Результати розрахунків площі дорожньої розмітки наведено у таблиці 3.1.



Таблиця 3.1 – Результати розрахунків площі дорожньої розмітки

Тип розмітки $i$	$l_i$ , м	$w_i$ , м	$p_i$	$S_i$ , м <sup>2</sup>
1.1	157,95	0,1	1	15,8
1.5	300	0,1	0,33	9,9
1.6	200	0,1	0,66	13,02
1.11	18,5	0,1	0,83	1,54
1.12	26	0,4	1	10,4
1.14.1	18,9	6	0,5	56,7
1.14.2	56,82	0,2	0,66	7,5
$S$ , м				115,03

Витрати на нанесення розмітки:

$$C_p = 115,03 \cdot 85 = 9778 \text{ грн.}$$

Амортизаційні витрати для першого року експлуатації:

$$A = 0,24 \cdot 189533 = 45488 \text{ грн.}$$

Експлуатаційні витрати на ремонт технічних засобів:

$$C_{mз} = 0,05 \cdot 129441 = 6472 \text{ грн.}$$

Отже, загальні експлуатаційні витрати складають:

$$C_{експ} = 1407 + 9778 + 45488 + 6472 = 63145 \text{ грн.}$$

Розрахунок експлуатаційних витрат для пішохідного переходу, що знаходиться біля вулиці імені Гагаріна.

Річні витрати на електрику для 10 встановлених світлофорів, 4 табло складають та одного контролера:

$$C_e = 2,55 \cdot 0,007 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 15 = 2345 \text{ грн.}$$

Результати розрахунків площі дорожньої розмітки наведено у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Результати розрахунків площі дорожньої розмітки

Тип розмітки	$l_i$ , м	$w_i$ , м	$p_i$	$S_i$ , м <sup>2</sup>
1.1	152	0,1	1	15,2
1.5	400	0,1	0,33	13,2
1.6	200	0,1	0,66	13,2
1.12	22	0,4	1	8,8
1.14.2	44	0,2	0,66	5,81
Площа нанесення розмітки				56,21

Тож витрати на нанесення розмітки при вартість за 1 м<sup>2</sup> розмітки 85 грн становлять:

$$C_p = 56,21 \cdot 85 = 4778 \text{ грн.}$$

Амортизаційні витрати для першого року експлуатації:

$$A = K \cdot 0,24 = 207352 \cdot 0,24 = 49764 \text{ грн.}$$

Експлуатаційні витрати на ремонт технічних засобів:

$$C_{mз} = 0,05 \cdot 179498 = 8975 \text{ грн.}$$

Отже, загальні експлуатаційні витрати складають:

$$C_{експ} = 2345 + 4778 + 49764 + 8975 = 65862 \text{ грн.}$$

Розрахунок експлуатаційних витрат для пішохідного переходу, що знаходиться біля вулиці імені Якова Новицького.

Річні витрати на електрику для 10 встановлених світлофорів, 4 табло складають та одного контролера:

$$C_e = 2,55 \cdot 0,007 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 15 = 2345 \text{ грн.}$$

Результати розрахунків площі дорожньої розмітки наведено у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Результати розрахунків площі дорожньої розмітки

Тип розмітки	$l_i$ , м	$w_i$ , м	$p_i$	$S_i$ , м <sup>2</sup>
1.1	80	0,1	1	8
1.5	400	0,1	0,33	13,2
1.6	200	0,1	0,66	13,2
1.12	22	0,4	1	8,8
1.14.2	44	0,2	0,66	5,81
Площа нанесення розмітки				49,01

Тож витрати на нанесення розмітки при вартість за 1 м<sup>2</sup> розмітки 85 грн становлять:

$$C_p = 49,01 \cdot 85 = 4166 \text{ грн.}$$

Амортизаційні витрати для першого року експлуатації:

$$A = K \cdot 0,24 = 198329 \cdot 0,24 = 47599 \text{ грн.}$$

Експлуатаційні витрати на ремонт технічних засобів:

$$C_{mз} = 0,05 \cdot 176265 = 8813 \text{ грн.}$$

Отже, загальні експлуатаційні витрати складають:

$$C_{експ} = 2345 + 4166 + 47599 + 8813 = 62923 \text{ грн.}$$

### 3.3 Обґрунтування економічної доцільності введення світлофорного регулювання на пішохідному переході

Визначення витрат для базового варіанту.

Втрати часу транспорту за рік на нерегульованому переході визначаються за формулою:

$$T_n = \frac{365}{3600k_n} \sum_{i=1}^n N_i \cdot \frac{L_i}{1,3}, \text{ авт.-год,} \quad (3.22)$$

де  $k_n$  - коефіцієнт нерівномірності; приймається  $k_n = 0,1$ ;

$N_i$  - інтенсивність транспортного потоку в  $i$ -му напрямку, авт./год;

$L_i$  - довжина пішохідного переходу, м.

Вартість втрат часу транспорту на нерегульованому переході:

$$C_{mp}^{\bar{o}} = 0,2T_n \sum_{i=1}^n \alpha^i d_i, \text{ грн,} \quad (3.23)$$

де  $d_i$  - вартість машино-години  $i$ -го виду транспорту, грн;

$\alpha^i$  - частка  $i$ -го виду транспорту в потоці.

Вартість втрат часу, який втрачають пасажирів за рік на нерегульованому переході:

$$C_{nac}^{\bar{o}} = T_n S_n \sum_{i=1}^n \alpha^i P_i k_{n-m}^i, \text{ грн,} \quad (3.24)$$

де  $S_n$  - вартість години часу пасажирів, грн.

Вартість втрат часу, який втрачають пішоходи за рік на нерегульованому переході:

$$C_{niu}^{\bar{o}} = \frac{365}{3600} S_n (N_{niu} n_{чп} t_{oi}), \text{ грн,} \quad (3.25)$$

де  $N_{niu}$  - кількість пішоходів, що скористалися пішохідним переходом за одну годину-пік;

$n_{чп}$  - кількість годин-пік на добу;

$t_{oi}$  - час очікування автомобілю, поки пішохід перейде проїзну частину,

с.

Збитки від дорожньо-транспортних пригод (ДТП) за рік на нерегульованому переході:

$$C_{ДТП} = nd + n_n d_n + n_3 d_3, \text{ грн}, \quad (3.26)$$

де  $n, n_n, n_3$  - відповідно кількість ДТП, постраждалих та загиблих;

$d, d_n, d_3$  - відповідно збитки від одного ДТП, постраждалого та загиблого, грн; приймається  $d = 100000$  грн,  $d_n = 150000$  грн,  $d_3 = 200000$  грн.

Загальні витрати по базовому варіанту:

$$C^{\circ} = C_{тр}^{\circ} + C_{нас}^{\circ} + C_{пш}^{\circ} + C_{ДТП}, \text{ грн}. \quad (3.27)$$

Визначення витрат для проектному варіанту.

Середня затримка одного автомобіля, що рухається в напрямку Олександрівського району:

$$t_i = \frac{M_i(T_u - t_3)^2}{2T_u(M_i - N_i)}, \text{ с}, \quad (3.28)$$

де  $M_i$  - потік насичення для проїзної частини у  $i$ -му напрямку, авт./год.;

$T_u$  - тривалість циклу світлофорного регулювання, с;

$t_3$  - тривалість горіння зеленого сигналу світлофора для транспорту, с.

Річні втрати часу транспорту на регульованому пішохідному переході:

$$T_p = \frac{365}{3600} \sum_{i=1}^n t_i N_i, \text{ грн}. \quad (3.29)$$

Вартість втрат часу транспорту, вартість втрат часу, який втрачають пасажери за рік та вартість втрат часу, який втрачають пішоходи за рік для

проектного варіанту визначаються за відповідно за формулами 3.23, 3.24 та 3.25.

Збитки від ДТП за рік на регульованому переході визначаються за формулою:

$$C_{ДТП}^{np} = C_{ДТП} k_c, \text{ грн}, \quad (3.30)$$

де  $k_c$  - коефіцієнт зниження втрат від ДТП; приймається  $k_c = 0,65$ .

Визначення загальних витрат для регульованого переходу:

$$C^{np} = C_{тр}^{np} + C_{пас}^{np} + C_{пш}^{np} + C_{ДТП}^{np} + C_{експ}, \text{ грн}. \quad (3.31)$$

Річний економічний ефект розраховується за формулою:

$$E = (C^{\sigma} - C^{np}) - \frac{K}{T}, \text{ грн}, \quad (3.32)$$

де  $T$  - нормативний строк окупності, р.

Розрахунки витрат для базового варіанту функціонування пішохідного переходу, що знаходиться біля автовокзалу.

Втрати часу транспорту за рік на нерегульованому переході:

$$T_n = \frac{365}{3600 \cdot 0,1} (1352 \cdot \frac{16}{1,3} + 1732 \cdot \frac{10}{1,3}) = 30379 \text{ авт.- год.}$$

Вартість втрат часу транспорту на нерегульованому переході:

$$C_{тр}^{\sigma} = 0,2 \cdot 30379 (0,75 \cdot 333 + 0,016 \cdot 770 + 0,234 \cdot 400) = 2160980 \text{ грн.}$$

Вартість втрат часу, який втрачають пасажери за рік:

$$C_{nac}^{\bar{b}} = 30379 \cdot 22,41(0,75 \cdot 4 \cdot 0,4 + 0,016 \cdot 50 \cdot 0,75 + 0,234 \cdot 18 \cdot 0,75) = 3376054 \text{ грн.}$$

Вартість втрат часу, який втрачають пішоходи за рік:

$$C_{niu}^{\bar{b}} = \frac{365}{3600} \cdot 22,41(210 \cdot 6 \cdot 14) = 40080 \text{ грн.}$$

Збитки від дорожньо-транспортних пригод за рік:

$$C_{дтп} = 4 \cdot 100000 + 3 \cdot 150000 + 1 \cdot 200000 = 1050000 \text{ грн.}$$

Загальні витрати по базовому варіанту:

$$C^{\bar{b}} = 2160980 + 3376054 + 40080 + 1050000 = 6627114 \text{ грн.}$$

Визначення витрат для проектному варіанту по першому методу розрахунку транспортної фази.

Середня затримка одного автомобіля, що рухається в напрямку Олександрівського району:

$$t_{01}^1 = \frac{8324(69-46)^2}{2 \cdot 69(8324-1871)} = 4,94 \text{ с.}$$

Середня затримка одного автомобіля, що рухається в напрямку Комунарського району:

$$t_{02}^1 = \frac{5183(69-46)^2}{2 \cdot 69(5183-2394)} = 7,12 \text{ с.}$$



Річні втрати часу транспорту на регульованому пішохідному переході:

$$T_p^1 = \frac{365}{3600} (4,94 \cdot 1352 + 7,12 \cdot 1732) = 1927 \text{ авт.-год.}$$

Вартість втрат часу транспорту на регульовано переході:

$$C_{tr}^1 = 0,2 \cdot 1927 (0,75 \cdot 333 + 0,016 \cdot 770 + 0,234 \cdot 400) = 137075 \text{ грн.}$$

Вартість втрат часу, який втрачають пасажери за рік:

$$C_{nac}^1 = 1927 \cdot 22,41 (0,75 \cdot 4 \cdot 0,4 + 0,016 \cdot 50 \cdot 0,75 + 0,234 \cdot 18 \cdot 0,75) = 214150 \text{ грн.}$$

Вартість втрат часу, який втрачають пішоходи за рік:

$$C_{niu}^1 = \frac{365}{3600} \cdot 22,41 \left( 210 \cdot 6 \frac{(69-46)^2}{2 \cdot 69} \right) = 10974 \text{ грн.}$$

Збитки від ДТП за рік на регульованому переході:

$$C_{дтп}^1 = 1050000 \cdot 0,65 = 682500 \text{ грн.}$$

Отже, загальні витрати по проектному варіанту за першим методом:

$$C^1 = 137075 + 214150 + 10974 + 682500 + 63145 = 1107844 \text{ грн.}$$

Річний економічний ефект:

$$E^1 = (6627114 - 1107844) - \frac{189533}{4} = 5471887 \text{ грн.}$$

Визначення витрат для проектному варіанту по другому методу розрахунку транспортної фази.

Середня затримка одного автомобіля, що рухається в напрямку Олександрівського району:

$$t_{01}^2 = \frac{8324(72-49)^2}{2 \cdot 72(8324-1871)} = 4,74 \text{ с.}$$

Середня затримка одного автомобіля, що рухається в напрямку Комунарського району:

$$t_{02}^2 = \frac{5183(72-49)^2}{2 \cdot 72(5183-2394)} = 6,83 \text{ с.}$$

Річні втрати часу транспорту на регульованому пішохідному переході:

$$T_p^2 = \frac{365}{3600} (4,74 \cdot 1352 + 6,83 \cdot 1732) = 1849 \text{ авт.-год.}$$

Вартість втрат часу транспорту на регульовано переході:

$$C_{tr}^2 = 0,2 \cdot 1849(0,75 \cdot 333 + 0,016 \cdot 770 + 0,234 \cdot 400) = 131527 \text{ грн.}$$

Вартість втрат часу, який втрачають пасажери за рік:

$$C_{nac}^2 = 1849 \cdot 22,41(0,75 \cdot 4 \cdot 0,4 + 0,016 \cdot 50 \cdot 0,75 + 0,234 \cdot 18 \cdot 0,75) = 205482 \text{ грн.}$$

Вартість втрат часу, який втрачають пішоходи за рік:

$$C_{\text{пш}}^2 = \frac{365}{3600} \cdot 22,41 \left( 210 \cdot 6 \frac{(72-49)^2}{2 \cdot 72} \right) = 10517 \text{ грн.}$$

Збитки від ДТП за рік на регульованому переході:

$$C_{\text{ДТП}}^2 = C_{\text{ДТП}}^1 = 682500 \text{ грн.}$$

Отже, загальні витрати по проектному варіанту за першим методом:

$$C^2 = 131527 + 205482 + 10517 + 682500 + 63145 = 1093171 \text{ грн.}$$

Річний економічний ефект:

$$E^2 = (6627114 - 1093171) - \frac{189533}{4} = 5486560 \text{ грн.}$$

Розрахунки витрат для базового варіанту функціонування пішохідного переходу, що знаходиться біля вулиці імені Гагаріна.

Втрати часу транспорту за рік на нерегульованому переході:

$$T_n = \frac{365}{3600 \cdot 0,1} \left( 1008 \frac{11}{1,3} + 1308 \cdot \frac{11}{1,3} \right) = 19869 \text{ авт.-год.}$$

Вартість втрат часу транспорту на нерегульованому переході:

$$C_{\text{тр}}^{\text{б}} = 0,2 \cdot 19869 (0,75 \cdot 333 + 0,025 \cdot 770 + 0,225 \cdot 400) = 1426594 \text{ грн.}$$

Вартість втрат часу, який втрачають пасажери за рік:

$$C_{\text{нас}}^{\text{б}} = 19869 \cdot 22,41 (0,75 \cdot 4 \cdot 0,4 + 0,025 \cdot 50 \cdot 0,75 + 0,225 \cdot 18 \cdot 0,75) = 2304243 \text{ грн.}$$

Вартість втрат часу, який втрачають пішоходи за рік:

$$C_{\text{пш}}^{\text{б}} = \frac{365}{3600} \cdot 22,41(212 \cdot 6 \cdot 14) = 40462 \text{ грн.}$$

Збитки від дорожньо-транспортних пригод за рік:

$$C_{\text{ДТП}} = 3 \cdot 100000 + 3 \cdot 150000 = 750000 \text{ грн.}$$

Загальні витрати по базовому варіанту:

$$C^{\text{б}} = 1426594 + 2304243 + 40462 + 750000 = 4521299 \text{ грн.}$$

Визначення витрат для проектному варіанту по першому методу розрахунку транспортної фази.

Середня затримка одного автомобіля, що рухається в напрямку Олександрівського району:

$$t_{01}^1 = \frac{5883(47-29)^2}{2 \cdot 47(5883-1400)} = 4,52 \text{ с.}$$

Середня затримка одного автомобіля, що рухається в напрямку Комунарського району:

$$t_{02}^1 = \frac{5883(47-29)^2}{2 \cdot 47(5883-1813)} = 4,98 \text{ с.}$$

Річні втрати часу транспорту на регульованому пішохідному переході:

$$T_p^1 = \frac{365}{3600} (4,52 \cdot 1008 + 4,98 \cdot 1308) = 1122 \text{ авт.-год.}$$

Вартість втрат часу транспорту на регульовано переході:

$$C_{mp}^1 = 0,2 \cdot 1122 (0,75 \cdot 333 + 0,025 \cdot 770 + 0,225 \cdot 400) = 80560 \text{ грн.}$$

Вартість втрат часу, який втрачають пасажери за рік:

$$C_{nac}^1 = 1122 \cdot 22,41 (0,75 \cdot 4 \cdot 0,4 + 0,025 \cdot 50 \cdot 0,75 + 0,225 \cdot 18 \cdot 0,75) = 130120 \text{ грн.}$$

Вартість втрат часу, який втрачають пішоходи за рік:

$$C_{niu}^1 = \frac{365}{3600} \cdot 22,41 \left( 212 \cdot 6 \frac{(47-29)^2}{2 \cdot 47} \right) = 9962 \text{ грн.}$$

Збитки від ДТП за рік на регульованому переході:

$$C_{дтп}^1 = 750000 \cdot 0,65 = 487500 \text{ грн.}$$

Отже, загальні витрати по проектному варіанту за першим методом:

$$C^1 = 80560 + 130120 + 9962 + 487500 + 65862 = 774004 \text{ грн.}$$

Річний економічний ефект:

$$E^1 = (4521299 - 774004) - \frac{207352}{4} = 3695457 \text{ грн.}$$

Визначення витрат для проектному варіанту по другому методу розрахунку транспортної фази.

Середня затримка одного автомобіля, що рухається в напрямку Олександрівського району:

$$t_{01}^2 = \frac{5883(55-37)^2}{2 \cdot 55(5883-1400)} = 3,87 \text{ с.}$$

Середня затримка одного автомобіля, що рухається в напрямку Комунарського району:

$$t_{02}^2 = \frac{5883(55-37)^2}{2 \cdot 55(5883-1813)} = 4,26 \text{ с.}$$

Річні втрати часу транспорту на регульованому пішохідному переході:

$$T_p^2 = \frac{365}{3600} (3,87 \cdot 1008 + 4,26 \cdot 1308) = 960 \text{ авт.-год.}$$

Вартість втрат часу транспорту на регульовано переході:

$$C_{mp}^2 = 0,2 \cdot 960(0,75 \cdot 333 + 0,025 \cdot 770 + 0,225 \cdot 400) = 68928 \text{ грн.}$$

Вартість втрат часу, який втрачають пасажери за рік:

$$C_{nac}^2 = 960 \cdot 22,41(0,75 \cdot 4 \cdot 0,4 + 0,025 \cdot 50 \cdot 0,75 + 0,225 \cdot 18 \cdot 0,75) = 111333 \text{ грн.}$$

Вартість втрат часу, який втрачають пішоходи за рік:

$$C_{niu}^2 = \frac{365}{3600} \cdot 22,41 \left( 212 \cdot 6 \frac{(55-37)^2}{2 \cdot 55} \right) = 8513 \text{ грн.}$$

Збитки від ДТП за рік на регульованому переході:

$$C_{ДТП}^2 = C_{ДТП}^1 = 487500 \text{ грн.}$$

Отже, загальні витрати по проектному варіанту за першим методом:

$$C^2 = 68928 + 111333 + 8513 + 487500 + 65862 = 742136 \text{ грн.}$$

Річний економічний ефект:

$$E^2 = (4521299 - 742136) - \frac{207352}{4} = 3727325 \text{ грн.}$$

Розрахунки витрат для базового варіанту функціонування пішохідного переходу, що знаходиться біля вулиці імені Якова Новицького.

Втрати часу транспорту за рік на нерегульованому переході:

$$T_n = \frac{365}{3600 \cdot 0,1} \left( 1104 \frac{11}{1,3} + 1188 \cdot \frac{11}{1,3} \right) = 19663 \text{ авт.-год.}$$

Вартість втрат часу транспорту на нерегульованому переході:

$$C_{тр}^b = 0,2 \cdot 19663 (0,75 \cdot 333 + 0,023 \cdot 770 + 0,227 \cdot 400) = 1408893 \text{ грн.}$$

Вартість втрат часу, який втрачають пасажери за рік:

$$C_{пас}^b = 19663 \cdot 22,41 (0,75 \cdot 4 \cdot 0,4 + 0,023 \cdot 50 \cdot 0,75 + 0,227 \cdot 18 \cdot 0,75) = 2259201 \text{ грн}$$

Вартість втрат часу, який втрачають пішоходи за рік:

$$C_{niu}^{\bar{b}} = \frac{365}{3600} \cdot 22,41(104 \cdot 6 \cdot 14) = 19849 \text{ грн.}$$

Збитки від дорожньо-транспортних пригод за рік:

$$C_{ДТП} = 4 \cdot 100000 + 4 \cdot 150000 = 1000000 \text{ грн.}$$

Загальні витрати по базовому варіанту:

$$C^{\bar{b}} = 1408893 + 2259201 + 19849 + 1000000 = 4687943 \text{ грн.}$$

Визначення витрат для проектному варіанту по першому методу розрахунку транспортної фази.

Середня затримка одного автомобіля, що рухається в напрямку Олександрівського району:

$$t_{01}^1 = \frac{5883(47-27)^2}{2 \cdot 47(5883-1531)} = 5,75 \text{ с.}$$

Середня затримка одного автомобіля, що рухається в напрямку Комунарського району:

$$t_{02}^1 = \frac{5883(47-27)^2}{2 \cdot 47(5883-1647)} = 5,91 \text{ с.}$$

Річні втрати часу транспорту на регульованому пішохідному переході:



$$T_p^1 = \frac{365}{3600} (5,75 \cdot 1104 + 5,91 \cdot 1188) = 1355 \text{ авт.-год.}$$

Вартість втрат часу транспорту на регульовано переході:

$$C_{mp}^1 = 0,2 \cdot 1355 (0,75 \cdot 333 + 0,023 \cdot 770 + 0,227 \cdot 400) = 97088 \text{ грн.}$$

Вартість втрат часу, який втрачають пасажери за рік:

$$C_{nac}^1 = 1355 \cdot 22,41 (0,75 \cdot 4 \cdot 0,4 + 0,023 \cdot 50 \cdot 0,75 + 0,227 \cdot 18 \cdot 0,75) = 155684 \text{ грн.}$$

Вартість втрат часу, який втрачають пішоходи за рік:

$$C_{niu}^1 = \frac{365}{3600} \cdot 22,41 \left( 104 \cdot 6 \frac{(47-27)^2}{2 \cdot 47} \right) = 6033 \text{ грн.}$$

Збитки від ДТП за рік на регульованому переході:

$$C_{дтп}^1 = 1000000 \cdot 0,65 = 650000 \text{ грн.}$$

Отже, загальні витрати по проектному варіанту за першим методом:

$$C^1 = 1355 + 97088 + 155684 + 6033 + 650000 + 62923 = 971728 \text{ грн.}$$

Річний економічний ефект:

$$E^1 = (4687943 - 971728) - \frac{198329}{4} = 3666633 \text{ грн.}$$

Визначення витрат для проектному варіанту по другому методу розрахунку транспортної фази.

Середня затримка одного автомобіля, що рухається в напрямку Олександрівського району:

$$t_{01}^2 = \frac{5883(66-46)^2}{2 \cdot 66(5883-1531)} = 4,1 \text{ с.}$$

Середня затримка одного автомобіля, що рухається в напрямку Комунарського району:

$$t_{02}^2 = \frac{5883(66-46)^2}{2 \cdot 66(5883-1647)} = 4,21 \text{ с.}$$

Річні втрати часу транспорту на регульованому пішохідному переході:

$$T_p^2 = \frac{365}{3600} (4,1 \cdot 1104 + 4,21 \cdot 1188) = 966 \text{ авт.-год.}$$

Вартість втрат часу транспорту на регульовано переході:

$$C_{tr}^2 = 0,2 \cdot 966(0,75 \cdot 333 + 0,023 \cdot 770 + 0,227 \cdot 400) = 69216 \text{ грн.}$$

Вартість втрат часу, який втрачають пасажери за рік:

$$C_{nac}^2 = 966 \cdot 22,41(0,75 \cdot 4 \cdot 0,4 + 0,023 \cdot 50 \cdot 0,75 + 0,227 \cdot 18 \cdot 0,75) = 110990 \text{ грн.}$$

Вартість втрат часу, який втрачають пішоходи за рік:

$$C_{niu}^2 = \frac{365}{3600} \cdot 22,41 \left( 104 \cdot 6 \frac{(66-46)^2}{2 \cdot 66} \right) = 4296 \text{ грн.}$$

Збитки від ДТП за рік на регульованому переході:

$$C_{ДТП}^2 = C_{ДТП}^1 = 650000 \text{ грн.}$$

Отже, загальні витрати по проектному варіанту за першим методом:

$$C^2 = 966 + 69216 + 110990 + 4296 + 650000 + 62923 = 897425 \text{ грн.}$$

Річний економічний ефект:

$$E^2 = (4687943 - 897425) - \frac{198329}{4} = 3740936 \text{ грн.}$$

Соціально-економічні показники наведено в таблиці 3.4 та на листі 12 графічної частини.

Виходячи з результатів розрахунків економічного ефекту маємо, що для усіх трьох досліджуваних пішохідних переходів введення жорсткого режиму регулювання є більш економічно вигідним, ніж при його відсутності. При порівнюючи два представлені методи розрахунків параметрів режимів світлофорного регулювання, згідно другому методу річний економічний ефект є вищим.

Таблиця 3.4 - Соціально-економічні показники проекту

Показник	Для переходу, що біля автовокзалу		Для переходу, що біля вул. Гагаріна		Для переходу, що біля вул. Якова Новицького	
	За першим методом	За першим методом	За першим методом	За першим методом	За першим методом	За першим методом
Економія від зменшення витрат на затримки транспорту, грн/рік	2023905	2029453	1346034	1357666	1311805	1339677
Економія від зменшення витрат на затримки пасажирів, грн/рік	3161904	3170572	2174123	2192910	2103517	2148211
Економія від зменшення витрат на затримки пішоходів, грн/рік	29106	29563	30500	31949	13816	15553
Економія від зменшення витрат на ДТП, грн/рік	367500		262500		350000	
Річний економічний ефект від введення проектного варіанту, грн	5471887	5486560	3695457	3727325	3666633	3740936
Економічна перевага одного методу над іншим, грн/рік	-	14673	-	31868	-	74303

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В даній магістерській роботі, тема якої «Оптимізація регулювання дорожнього руху на пішохідних переходах по Соборному проспекту міста Запоріжжя», розглядається підвищення безпеки пішоходів на таких нерегульованих пішохідних переходах, як перехід навпроти будівлі головного автовокзалу міста Запоріжжя, перехід, що розташований біля вулиці Гагаріна та перехід, що розташований поблизу вулиці Якова Новицького за рахунок дослідження на них пішохідних та транспортних потоків. Нижче наведений аналіз потенційних небезпек.

### 4.1 Аналіз потенційних небезпек

4.1.1 Великою небезпекою при наборі статистичних даних на пішохідних переходах влітку є зневоднення організму, тепловий та сонячний удари, сонячні опіки.

4.1.2 Оскільки набір статистичних даних здійснюється безпосередньо біля пішохідних переходів, у випадку близького розташування дослідника до проїзної частини, існує загроза наїзду транспортних засобів, що рухаються повз дослідника по автомобільній дорозі, що може призвести до травм будь-якої частини тіла дослідника, внаслідок чого існує загроза каліцтва, або навіть до смерті.

4.1.3 Існує небезпека того, що близько пішохідного переходу станеться ДТП, та в бік тротуару, де стоїть дослідник на замалій відстані до проїзної частини, може відлетіти якась деталь від машини, наприклад, бампер або шматок пластмаси чи скла тощо. При потраплянні в людину якоїсь деталі з

великою силою можливе виникнення травм, каліцтва чи навіть настання смерті.

4.1.4 При нанесенні розмітки на ділянці пішохідного переходу існує небезпека наїзду транспортних засобів на робітників, що може призвести до травмування чи смерті робітників.

4.1.5 При збуренні ями під світлофор існує небезпека наїзду транспортних засобів, що рухаються по автодорозі, на автомобіль з буром, що може призвести до ДТП.

4.1.6 При бетонуванні закладних в яму, яка призначена для встановлення світлофора, які, згідно з [10], розташовують на відстані від 0,5 до 2,5 метрів від краю проїзної частини, існує небезпека наїзду транспортних засобів на робітників, що може призвести до травмування чи смерті робітників.

4.1.7 При проведенні монтажу світлофорів існує небезпека наїзду транспортних засобів на робітників, що може призвести до травмування чи смерті робітників.

4.1.8 При підключенні електрики до світлофорного об'єкту можливі падіння електрика з драбини чи ураження його електричним струмом.

4.1.9 При знаходженні дослідника близько проїзної частини з великою інтенсивністю руху за відсутності будь-яких перешкоди між ними існує велика ймовірність небезпеки для здоров'я людини від вихлопних газів, до складу яких входять свинець та його неорганічні поєднання, метилмеркаптан, формальдегід та бензин, вдихання яких може призвести до закупорювання артерій, погіршення імунної системи організму людини в цілому.

4.1.10 Небезпекою при роботі за ПК є шум, джерелом якого є кулери та принтери, що розташовуються поблизу робітників, чистота деталей ПК, за відсутності якої вентилятори працюють інтенсивніше і більш шумно. Довготривалий вплив шуму на організм людини може призвести до

порушень роботи слуху, головних болів, підвищення втомлюваності, гіпертонічні хвороби та утворення язв.

4.1.11 ПК є джерелом іонізуючого випромінювання, тому при довготривалому контакті дослідника з комп'ютерною технікою існує небезпека отримати променеву катаракту, злоякісні пухлини.

4.1.12 В темну пору доби через недостатню освітленість ділянки пішохідного переходу можливі наїзди транспортних засобів на пішоходів, що може призвести до травмування пішоходів чи смерті.

4.1.13 Енергетична небезпека у вигляді короткого замикання, що виникає внаслідок потрапляння на ПК води, накопичення на ньому пилу, використання ПК з пошкодженими чи застарілими проводами. Результатом короткого замикання може бути ураження людини електричним струмом, що може призвести до опіків людини, проблем з нервовою системою та навіть летальних випадків.

4.1.14 При використанні відкритого вогню чи палінні робітниками поблизу місць розташування бочок з фарбою існує небезпека пожежі, що може призвести до опіків та навіть смерті робітників.

4.1.16 Пожежна небезпека може виникнути через загоряння в результаті короткого замикання, що виникає внаслідок потрапляння на ПК води, накопичення на ньому пилу, використання ПК з пошкодженими чи застарілими проводами. Результатом пожежі на робочому місці можуть бути опіки тіла та дихальних шляхів, травми та летальні випадки.

4.1.17 У разі виникнення критичних вражаючих факторів через неправильну організацію укриття можливі травми чи навіть загибель цивільного населення.

## 4.2 Заходи по забезпеченню безпеки

4.2.1 В жаркий сонячний день згідно з Державними санітарними нормами та правилами «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу» необхідно пити достатньо води, як найбільше скоротити своє перебування під прямим сонячним промінням, а у разі знаходження під сонцем мати на голові капелюха та бути одягнутим в просторий одяг світлих тонів, що буде захищати шкіру від ультрафіолету.

4.2.2 Задля уникнення наїзду автомобіля на людину, що займається збиранням статистичних даних, необхідно знаходитися якнайдалі від проїзної частини, намагатися, щоб відстань від неї складала не менше 10 метрів.

4.2.3 З метою запобігання потрапляння в ДТП необхідно стояти за стовпом, деревом, зупинковим комплексом тощо.

4.2.4 При нанесенні розмітки на ділянці пішохідного переходу з метою запобігання наїзду транспортних засобів на робітників згідно з Правилами дорожнього руху України необхідно провести огороження місця проведення робіт.

4.2.5 Задля того, щоб запобігти наїзд транспортних засобів на автомобіль з буром згідно з Правилами дорожнього руху України необхідно провести огороження місця проведення робіт.

4.2.6 Задля запобігання наїзду транспортних засобів на робітників при бетонування ями згідно з Правилами дорожнього руху України необхідно провести огороження місця проведення робіт.

4.2.7 При проведенні монтажу світлофорів з метою запобігання наїзду транспортних засобів на робітників згідно з Правилами дорожнього руху України необхідно провести огороження місця проведення робіт.



4.2.8 Згідно з Правилами дорожнього руху України підключення електрики повинні проводити щонайменше 2 робітники; монтаж проводить робітник з неменшим за 4 розряд, другий робітник тримає драбину.

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

4.3.1 Задля зменшення впливу вихлопних газів на дослідника протягом збору статистичних даних необхідно робити часті перерви далеко від проїзної частини.

4.3.2 Задля зменшення впливу шуму на організм дослідника згідно з ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку» необхідно застосовувати ПК з малошумною системою охолодження процесору, використовувати принтери колективного використання та розмішувати їх на значній відстані від більшості робочих місць, застосування блоків живлення ПК з кулерами на гумових підвісках, слідкувати за чистотою кулерів та інших деталей ПК.

4.3.3 Задля зменшення кількості іонізуючого випромінювання на організм людини згідно з НРБУ-97/Д-2000 «Норми радіаційної безпеки України» і ОСПУ-2005 «Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України» необхідно обмежити час роботи з джерелом іонізуючого випромінювання, віддалити робоче місце від джерела іонізуючого випромінювання, провести екранування джерела іонізуючого випромінювання».

4.3.4 Досліджуваний Соборний проспект є магістральною вулицею загальноміського значення та належить до категорією об'єкта за освітленістю А, значення найбільшої інтенсивності руху транспорту в обох напрямках вкладається в значення від 3000 до 5000 од./год (4265 од/год). З вищевказаних даних згідно з ДБН В.2.5-28-2006 «Інженерне обладнання

будинків і споруд. Природне і штучне освітлення середня горизонтальна освітленість покриття повинна складати 20 лк., що відповідає дійсності. Отже, досліджувані пішохідні переходи в заходах з покращення освітленості потреби не мають.

#### 4.4 Заходи з пожежної безпеки

4.4.1 Задля уникнення короткого замикання при роботі з ПК з боку обслуговуючого персоналу необхідно регулярно проводити чистку деталей ПК, перевірку деталей на пошкодження та усунення цих пошкоджень; з боку робітників необхідно запобігати будь-який контакт рідин з елементами ПК.

4.4.2 Згідно з НАПБ А.01.001-14 «Правил пожежної безпеки в Україні» задля запобігання виникнення пожежі при зігріванні робітників в холодну пору року не можна використовувати відкриті полум'я біля бочок з фарбою.

4.4.3 При нанесенні розмітки робітникам згідно з НАПБ А.01.001-14 «Правила пожежної безпеки в Україні» забороняється палити біля бочок з фарбою та на місці проведення робіт.

4.4.4 Задля уникнення пожежі в результаті короткого замикання при роботі з ПК з боку обслуговуючого персоналу необхідно регулярно проводити чистку деталей ПК, перевірку деталей на пошкодження та усунення цих пошкоджень; з боку робітників необхідно запобігати будь-який контакт рідин з елементами ПК.

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

У разі надзвичайної ситуації важливо обрати укриття для цивільного населення згідно з вражаючим фактором. До захисних споруд відносять:

- сховище – герметичні споруди, що призначені для захисту людей (до 3 діб), де створені умови для забезпечення життєдіяльності та умов мінімізації впливу фактору, що вражає;

- протирадіаційні укриття – негерметичні споруди, що призначені для захисту людей від іонізуючого випромінювання в короткий період часу;

- швидкокомтовані захисті споруди – призначені для екстреного розширення фонду захисних споруд, що призначені для захисту на короткий період часу;

- споруди подвійного призначення – наземні чи підземні споруди, що в звичайний період за основним призначенням, а в період надзвичайної ситуації переходить в режим захисту населення;

- потенційні укриття – до потенційних відносяться такі укриття, як яри, окопи тощо.

Тож, якщо джерелом небезпеки є зброя масового ураження – для захисту цивільного населення необхідно використовувати сховища, якщо небезпекою є радіація – протирадіаційні укриття тощо.

#### 4.6 Висновки з розділу «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях»

Виконуючи розділ «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях» було проведено аналіз потенційних небезпек, який представляє собою виявлення небезпечних і шкідливих чинників, які мають прояв при:

- збиранні статистичних даних дослідником на наступних нерегульованих пішохідних переходах: перехід навпроти будівлі головного автовокзалу міста Запоріжжя, перехід, що розташований біля вулиці Гагаріна та перехід, що розташований поблизу вулиці Якова Новицького;

- наборі статистичних даних за приватним комп'ютером;

- встановленні технічних засобів у вигляді світлофорної установки та нанесенні розмітки на досліджуваних пішохідних переходах;

- переході пішохідного переходу пішоходами у темну пору доби;

- виникненні надзвичайних ситуацій.

В аналізі приведені причин та наслідків небезпечних чинників, проведена оцінка параметрів виробничого середовища на відповідність санітарно-гігієнічним нормам.

Також, за аналізом потенційних небезпек, було проведено розробку організаційних, технічних, санітарно-гігієнічних, лікувально-профілактичних заходів відповідно до нормативно-правових актів з охорони праці, запропоновані рішення щодо поліпшення санітарно-гігієнічних параметрів у робочих приміщеннях, приведені протипожежні заходи, захисні споруди, в яких необхідно проводити укриття цивільного населення у надзвичайних ситуаціях.

## ВИСНОВКИ

При виконанні магістерської роботи був проаналізований кожен з досліджуваних пішохідних переходів та встановлено, що кожен з них розташований біля центрів тяжіння великої кількості людей, а точніше – пішоходів. Було визначено та обґрунтовано необхідність введення світлофорного регулювання з викличним табло та розроблено проектну схему організації дорожнього руху для кожного з досліджуваних переходів.

Задля введення жорсткого режиму регулювання на переходах був підрахований цикл світлофорного регулювання за методом Вебстера, за яким на переході, що біля автовокзалу цикл дорівнює  $T_u = 69$  с, а основний такт транспортної фази -  $t_{om}^I = 43$  с; для переходу, що біля Гагаріна -  $T_u = 47$  с,  $t_{om}^I = 26$ ; для переходу, що біля Новицького -  $T_u = 47$  с,  $t_{om}^I = 24$  с. На основі підрахунків циклу за першим методом було проведено оптимізацію транспортної фази світлофорного регулювання, а точніше – основного такту. Тож його значення для переходу, що біля автовокзалу -  $t_{om}^I = 46$  с, для переходу, що біля вулиці Гагаріна -  $t_{om}^I = 34$  с, та для останнього переходу -  $t_{om}^I = 43$  с. За результатами розрахунків світлофорного циклу розроблено циклограму та схему пофазного роз'їзду, які наведено для першого переходу на листі 9, для другого переходу – на листі 10 та для третього переходу – на листі 11 графічної частини.

Задля перевірки найвигіднішого з економічної точки зору варіанту були визначені:

- витрати на базовий варіант: для першого переходу вони складають  $C^b = 6627114$  грн, для другого -  $C^b = 4521299$  грн, для третього -  $C^b = 4687943$  грн;

- витрати на проектний варіант за першим методом: для переходу, що біля автовокзалу -  $C^1 = 1107844$  грн, для переходу, що біля вулиці Гагаріна -  $C^1 = 774004$  грн, для переходу, що біля вулиці Якова Новицького -  $C^1 = 971728$  грн;

- витрати на проектний варіант за другим методом: для першого переходу -  $C^2 = 1093171$  грн, для другого -  $C^2 = 742136$  грн та для третього -  $C^2 = 897425$  грн;

- річний економічний ефект за першим варіантом розрахунків: для першого переходу -  $E^1 = 5471887$  грн, для другого -  $E^1 = 3695457$  грн, для третього -  $E^1 = 3666633$  грн;

- річний економічний ефект за другим варіантом розрахунків: для першого переходу -  $E^2 = 5486560$  грн, для другого переходу -  $E^2 = 3727325$  грн та для переходу, що біля вулиці Якова Новицького -  $E^2 = 3740936$  грн.

Отже, в результаті розрахунків виявлено, що для кожного з досліджуваних пішохідних переходів введення жорсткого режиму регулювання є економічно ефективним. При розрахунках режиму параметрів режимів світлофорного регулювання із проведенням оптимізації транспортної фази економічна ефективність введення світлофорного регулювання підвищилась: на першому переході на 14673 грн, на другому – на 31868 грн та на третьому – на 74303 грн.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Каплуновська, А. М. Підвищення безпеки руху на пішохідних переходах / А. М. Каплуновська, В. Е. Трушевський, В. В. Науменко // Автошляховик України. – 2015. – Вип. 1-2. – С. 39-41.
2. Грицай, С. В. Мінімізація затримок учасників дорожнього руху на регульованих пішохідних переходах / С. В. Грицай, В. Е. Трушевський, Д. А. Никифоровський // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2014. – Вип. 5 (3). – С. 25-28.
3. Запорізька міська рада: Місто [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://www/zp.gov.ua/uk/page/pasport-mista](http://www.zp.gov.ua/uk/page/pasport-mista).
4. Звіт про науково-дослідну роботу «Комплексне обстеження пасажиропотоків на маршрутах міського пасажирського транспорту загального користування у місті Запоріжжі».
5. Грицунь, О. М. Дослідження транспортних затримок на підходах до регульованих пішохідних переходів за різних режимів координації / О.М. Грицунь // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – 2016. – Вип. 1. – С. 55-59.
6. Трушевський, В. Е. Особливості корекції елементів циклу світлофорного регулювання з метою гарантування безпеки руху пішоходів / В. Е. Трушевський, С. В. Грицай // Автошляховик України. – 2014. – Вип. 5. – С. 20-22.
7. Толок, О. В. Удосконалення нормативної бази застосування різних типів пішохідних переходів на перегонах міських вулиць / О. В. Толок // Вісник Донецької академії автомобільного транспорту. – 2014. – Вип. 1. – С. 13-20.
8. Руденко, Д. В. Аналіз способів інформування учасників дорожнього руху на нерегульованих пішохідних переходах / Д. В. Руденко, А. О. Кошелєв // Науковий вісник НЛТУ України. – 2016. – Вип. 8. – С. 388-393.

9. Грицунь, О. М. Аналіз поведінки пішоходів на регульованих перехрестях / О. М. Грицунь // Наукові нотатки. – 2016. – Вип. 55. – С. 90-95.

10. 3. ДСТУ 4092 – 2002. Світлофори дорожні. Загальні технічні вимоги, правила застосування та вимоги безпеки – заміну ГОСТ 25695-91 та ГОСТ 23457-86 (розділ 4). – Введ. 2003-01-01. – К.: Держстандарт України, 2002. – 27 с.

11. ДСТУ 4100:2014. Знаки дорожні. Загальні технічні вимоги. Правила застосування. – на заміну ДСТУ 4100-2002. - Введ. 2014-12-29. – К.: Держстандарт України, 2014. - 106 с.

12. ДСТУ 2587:2010. Розмітка дорожня. Загальні технічні вимоги. Правила застосування. Методи контролювання – на заміну ДСТУ 2587-94; Введ. 2010-12-27. – К : Держстандарт України, 2010.-17 с.

13. Кременец, Ю. А. Технічні засоби організації дорожнього руху: підручник для вузів / Ю. А. Кременец, М. П. Печерский, М. Б. Афанасьев - М.: ИКЦ «Академкнига» 2005. - 279 с.- ISBN – 5-94628-111-9.