

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівний, транспортний
(повне найменування інституту, факультету)

«Транспортні технології»
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проєкту (роботи)

магістра
(ступінь вищої освіти)

на тему ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЖОРСТКОГО РЕЖИМУ
СВІТЛОФОРНОГО РЕГУЛЮВАННЯ НА ПЕРЕХРЕСТІ ІЗ
ВЕЛОПЕРЕЇЗДОМ НАБЕРЕЖНОЇ ВУЛИЦІ ТА ЗАПОРІЗЬКОЇ ВУЛИЦІ У
М. ЗАПОРІЖЖІ

Виконав: студент II курсу, групи T-310м

Спеціальності 275 Транспортні технології
(на автомобільному транспорті)
(код і найменування спеціальності)

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

 Владислав ХОДАН
(прізвище та ініціали)
Керівник  Олександр ТАРАСЕНКО
(прізвище та ініціали)
Рецензент  Андрій ЩЕРБИНА
(прізвище та ініціали)

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

Інститут, факультет _____ машинобудівний, транспортний
 Кафедра _____ «Транспортні технології»
 Ступінь вищої освіти _____ магістр
 Спеціальність _____ 275 Транспортні технології
 _____ (на автомобільному транспорті)
 _____ (код і найменування)
 Освітня програма (спеціалізація) _____ Транспортні технології
 _____ (на автомобільному транспорті)
 _____ (назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

«Транспортні технології»

Сергій ТУРПАК

«05» 10 2021 року

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

Ходана Владислава Ілліча

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Дослідження ефективності жорсткого режиму світлофорного регулювання на перехресті із велопереїздом Набережної вулиці та Запорізької вулиці у м. Запоріжжі

керівник проєкту (роботи) Тарасенко Олександр Віталійович

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «05» листопада 2021 р. №426

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 30.11.2021 р.

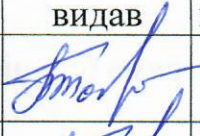
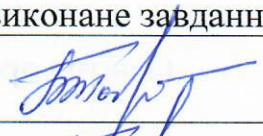
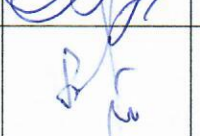
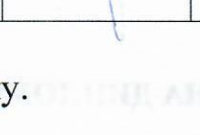
3. Вихідні дані до проєкту (роботи) інтенсивності дорожнього руху, склад транспортних потоків, геометричні характеристики дорожньої мережі

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналітична частина. 2. Дослідницька частина. 2.1 Проєктні рішення. 2.2 Розрахунок режиму роботи світлофорного об'єкту. 2.3 Розрахунок додаткової електричної потужності. 2.4 Монтажно-демонтажні роботи 3. Соціально-економічна частина. 3.1 Розрахунок капітальних витрат. 3.2 Розрахунок експлуатаційних витрат. 3.3 Економія від зменшення числа та важкості ДТП. 3.4 Розрахунок терміну окупності проєкта. 4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. 4.1 Аналіз потенційних небезпек. 4.2 Заходи по забезпеченню безпеки. 4.3 Заходи з виробничої санітарії та гігієни праці. 4.4 Заходи з пожежної безпеки. 4.5 Заходи з цивільного захисту

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

1. Схема перехрестя 2. Демонтажна схема. 3. Схема пофазового роз'їзду та циклограма світлофорної сигналізації 4. Схема розташування обладнання. 5. Схема електричних з'єднань. 6. Таблиці програмування дорожнього контролера. 7. Параметри перехідних інтервалів фаз. 8. Техніко-економічні показники проєкту.

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
Аналітична частина	Тарасенко О.В., ст. викл.		
Основна частина	Тарасенко О.В., ст. викл.		
Економічна частина	Харченко Т.В., ст. викл.		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Лазуткін М.І., доцент		

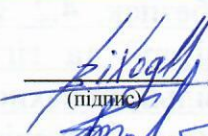
7. Дата видачі завдання «05» жовтня 2021 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Аналітична частина	18.10-30.10	
2	Основна частина	01.11-13.11	
3	Економічна частина	15.11-20.11	
4	Охорона праці	22.11-26.11	
5	Оформлення МР	27.11-30.11	
6	Перевірка МР на плагіат	01.12-10.12	
7	Отримання зовнішніх рецензій	13.12-18.12	
8	Захист магістерських робіт	20.12-24.12	

Студент(ка)

Керівник проєкту (роботи)


(підпис)

Владислав ХОДАН
(прізвище та ініціали)

Олександр ТАРАСЕНКО
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 73 с., 10 рис., 20 табл., 20 джерел, 2 додатка.

ВЕЛОДОРІЖКА, ВЕЛОСИПЕДИСТИ, ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНА ПРИГОДА, ІНТЕНСИВНІСТЬ, КОНФЛІКТНІ ТОЧКИ, ОСНОВНИЙ ТАКТ, ПЕРЕХІДНИЙ ІНТЕРВАЛ, ПЕРЕХРЕСТЯ, ФАЗА

Об'єкт дослідження – перехрестя Набережна магістраль – Запорізька вул.

Метод дослідження – аналітичний.

Метою магістерської роботи є дослідження ефективності жорсткого режиму світлофорного регулювання на перехресті із велопереїздом Набережної вулиці та Запорізької вулиці у м. Запоріжжі.

Під час виконання магістерської роботи ми визначаємо місце розташування нових світлофорів; визначаємо новий режим регулювання на світлофорному об'єкті з урахуванням траєкторій та швидкостей руху, велопереїздів та інтенсивностей руху транспорту. Проводимо розрахунок капітальних та експлуатаційних витрат і визначаємо економічний ефект від введення нового режиму світлофорного регулювання.

ЗМІСТ

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ	2
РЕФЕРАТ	4
ВСТУП.....	7
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА.....	8
1.1 Загальна характеристика проєктної ділянки	8
1.2 Аналіз даних по ДТП	11
1.3 Причини пересування пішоходів на велодоріжках	23
1.4 Роль велосипеда в житті міста	25
2 ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА.....	28
2.1. Проєктні рішення	28
2.2 Розрахунок режиму роботи світлофорного об'єкту	29
2.3 Розрахунок додаткової електричної потужності	41
2.4 Монтажно-демонтажні роботи	42
3 СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	43
3.1 Розрахунок капітальних витрат	43
3.2 Розрахунок експлуатаційних витрат	44
3.3 Економія від зменшення числа та важкості ДТП	45
3.4 Розрахунок терміну окупності проєкта	47
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	49
4.1 Аналіз потенційних небезпек	49
4.2 Заходи по забезпеченню безпеки.....	51
4.3 Заходи з виробничої санітарії та гігієни праці.....	53
4.4 Заходи з пожежної безпеки	54
4.5 Заходи з цивільного захисту	55
Висновки до розділу Охорона праці і безпека у надзвичайних ситуаціях	55
ВИСНОВКИ	57

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	58
ДОДАТОК А - Оцінка рівня умов, важкості та напруженості праці за бальною шкалою.....	61
ДОДАТОК Б - Склад системи цивільного захисту держави, її режими функціонування та основні завдання	71

ВСТУП

В рамках магістерської роботи передбачено реконструкцію світлофорного об'єкту на перехресті Набережної магістралі та Запорізької вулиці.

Згідно до розробленого проєкту, на даному перехресті проєктована велосипедна доріжка буде перетинати Набережну вулицю з боку Фортечної вулиці та Запорізьку вулицю з боку виїзду стоянок торгових центрів.

З цією метою, керуючись Технічними умовами, виданими КП «Запоріжміськсвітло», передбачено перенесення існуючих світлофорів та світлофорних вузлів, монтаж нових світлофорів та світлофорних вузлів, протягування кабельних повітряних ліній, збільшення кількості напрямів регулювання у дорожньому контролері, розрахунок режиму роботи світлофорного об'єкта з урахуванням велопереїздів та існуючої інтенсивності дорожнього руху.

Під час розробки заходів необхідно також врахувати специфіку дорожньо-транспортної ситуації з огляду на характеристики вулично-дорожньої мережі та забудови навколишньої території, основні характеристики дорожнього руху на ділянці мережі, наявність маршрутів громадського транспорту загального користування та велопереїздів.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Загальна характеристика проєктної ділянки

Набережна автомагістраль – займає одне з перших місць серед доріг м. Запоріжжя по динаміці руху. Будувати дорогу почали в 1976 р., головною причиною для її відкриття стала потреба відвести рух вантажного та транзитного транспорту від головної транспортної артерії міста – проспекту Соборного. Дорога територіально розташована в трьох адміністративних районах міста та проходить від вул. Тюленіна до Південного мікрорайону. Проїжджі смуги розділяють газони.

Ділянка проєктування знаходиться на перехресті магістральної вулиці загальноміського значення регульованого руху Набережної магістралі та вулиці районного значення Запорізької (1-ий аркуш графічної частини).

Вулиця Набережна має дві проїзних частини по три смуги руху у кожен бік з розділовою смугою. Вулиця Запорізька з боку Шкільної вулиці має по одній смузі руху у кожен бік, а на проїзді стоянок торгових центрів – три смуги в напрямі перехрестя та дві смуги від нього, розділені розділовою смугою.

Тротуари та пішохідні переходи наявні з усіх боків перехрестя.

Вулицею Набережною рухаються маршрутні транспортні засоби громадського користування за регулярними маршрутами міських пасажироперевезень. Вони представлені автобусами та мікроавтобусами. Зупинок громадського транспорту поблизу перехрестя немає.

З об'єктів тяжіння слід виділити групу торгових центрів, ресторан Макдональдс.

Перехрестя характеризується значним рівнем аварійності, вираженої у зіткненнях різної локалізації.

Дослідження миттєвих швидкостей транспортних засобів в зоні перехрестя, що виконували о 12:00 в робочий день дозволили встановити, що швидкості руху транспортних засобів розподіляються за нормальним законом

розподілу, швидкість 85-% забезпечення дорівнює 50 км/год, частка водіїв, що порушують встановлений в межах міста швидкісний режим, становить 15 %.

Заміри інтенсивності руху транспорту в районі проєктування проводилися у робочий день з 7:00 до 9:00 та з 17:00 до 19:00. Схема перехрестя із позначенням під'їздів, що досліджувалися, показана на рис. 1.1.

Результати замірів інтенсивностей руху транспорту показано у вигляді цифрограми, зображеної на рис. 1.2.

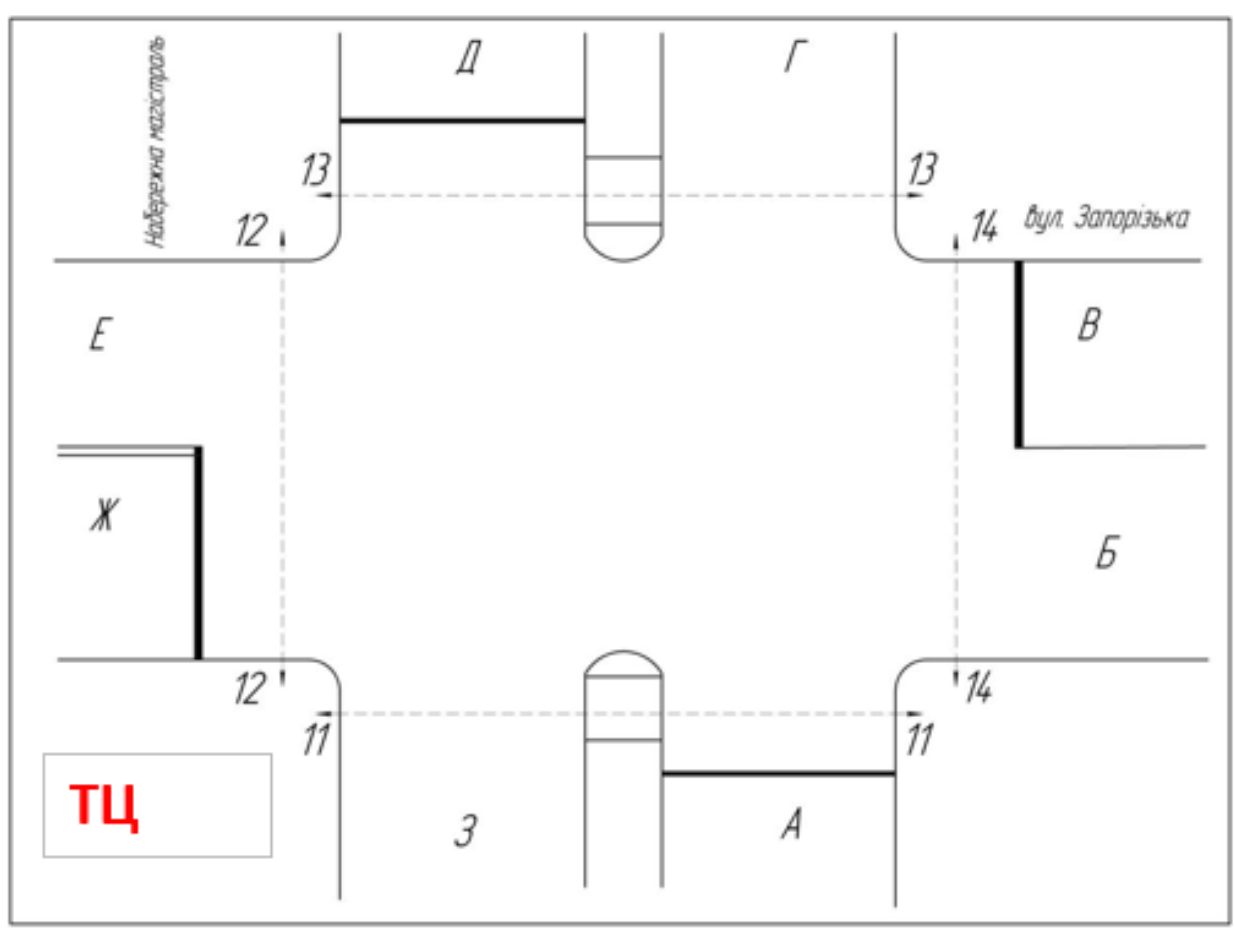


Рисунок 1.1 – Схема перехрестя

Головна дорога – Набережна магістраль.

Інтенсивність руху велосипедистів під час вимірювання на усіх під'їздах не перевищувала 50 од./год.

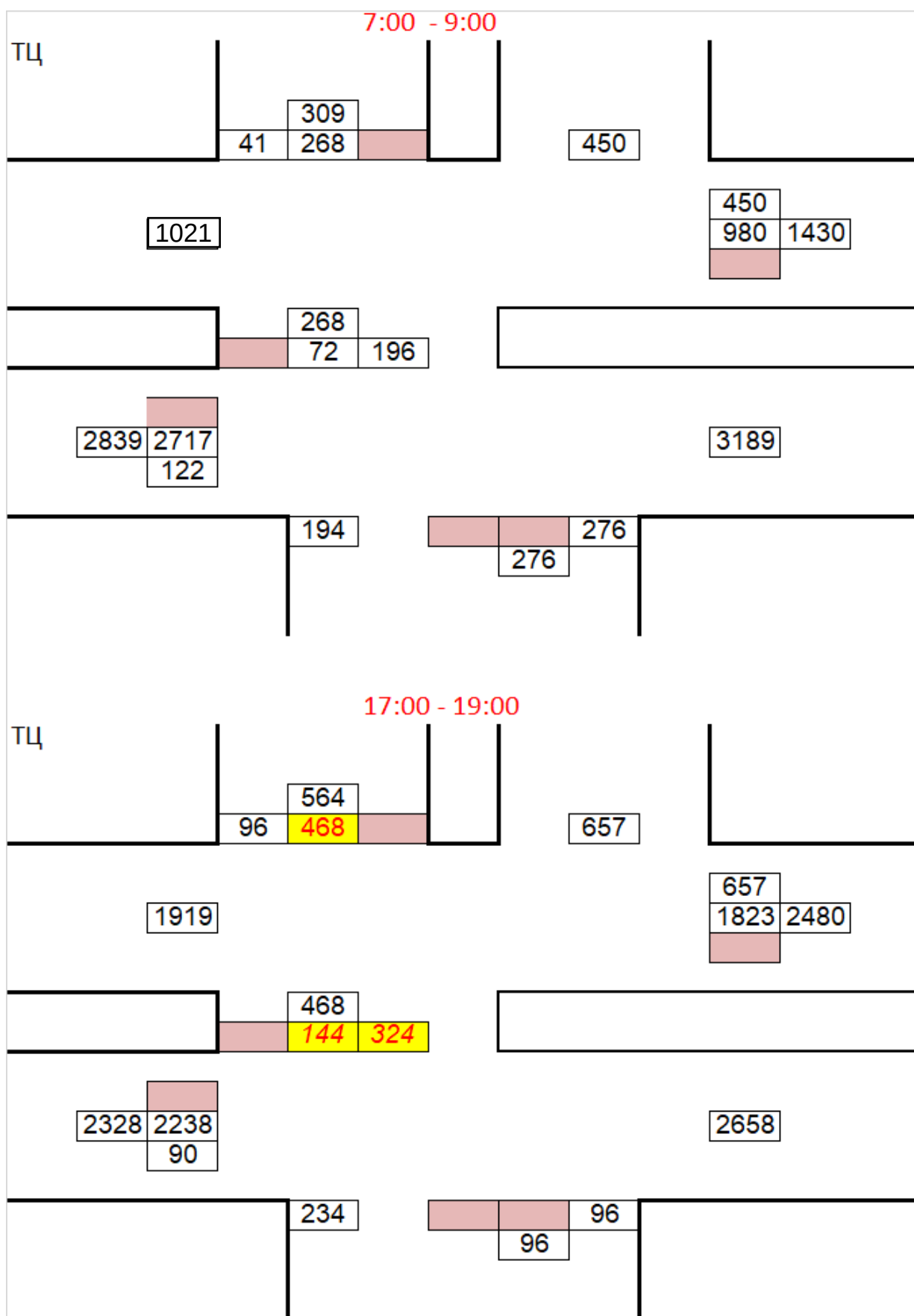


Рисунок 1.2 – Цифрограммы интенсивностей, од./год.

При визначенні розташування та режимів роботи світлофорів для регулювання руху велосипедистів необхідно забезпечити можливість продовження руху в наміченому напрямі при наближенні до стоп-лінії на відстань, меншу за гальмівний шлях на вогкому покритті, що визначений ДБН В 2.3-5:2018 [1].

Також при визначенні режимів регулювання, з огляду на високу інтенсивність руху Набережною магістраллю та перспективу введення на ділянці проєктування координованого світлофорного регулювання слід забезпечити мінімізацію втрат часу в очікуванні дозволяючого сигналу усіма учасниками дорожнього руху, включаючи пішоходів та велосипедистів. Для реалізації цих задач розрахунків режиму ведеться за методом окремих напрямків.

Аналіз існуючої проєктної документації по даній ділянці дороги дає можливість підготувати попередню характеристику дороги (ширина, кількість смуг руху, радіуси закруглення та. ін.).

1.2 Аналіз даних по ДТП

У зв'язку зі зростанням в Україні та світі велосипедної мобільності, необхідно розробляти дорожню інфраструктуру із заохоченням даного виду мобільності, тим самим зменшувати кількість приватного моторизованого транспорту на ВДМ міста. Що в свою чергу матиме гарний екологічний та економічний ефект. Однак, зі зростанням кількості велосипедистів, зростає і кількість ДТП з їх участю. Особливо, на перехрестях, де велосипедисти є найвразливішими [2].

Дорожньо-транспортна пригода – подія, що сталася під час руху транспортного засобу, внаслідок якої загинули або поранені люди чи завдані матеріальні збитки.

Дорожньо-транспортні пригоди за видами поділяються на: падіння пасажирів, наїзд на перешкоду, перекидання, наїзд на велосипедиста, наїзд на тварин, наїзд на транспортний засіб, що стоїть, наїзд на гужовий транспорт, наїзд на пішохода, зіткнення.

Порядок обліку та аналізу дорожньо-транспортних пригод визначається відповідними Правилами та інструкціями Міністерства внутрішніх справ та державного органу, що уповноважений проводити політику на автомобільному транспорті[3].

Відповідно до Закону України «Про дорожній рух», дорожньо-експлуатаційні служби проводять облік всіх дорожньо-транспортних пригод, зареєстрованих на обслуговуваній ділянці, в тому числі і тих, що характеризуються лише матеріальними збитками. Щомісячний лінійний аналіз ДТП та дослідження їх причин проводиться з метою встановлення обставин, що спричиняють дорожньо-транспортні пригоди та їх найшвидшого усунення.

Отримані результати у вигляді встановлених найбільш поширених причин дорожньо-транспортних пригод застосовуються для попередження аналогічних ДТП в майбутньому, а також для техніко-економічного обґрунтування відповідних заходів організації і регулювання дорожнього руху, спрямованих на зниження кількості і важкості дорожніх пригод та при техніко економічному обґрунтуванні вжиття спеціальних заходів організації дорожнього руху.

Специфікою дорожньо-транспортних пригод за участю велосипедистів є особливі наслідки фізичного контакту транспортних засобів, що належать до різних швидкісних та габаритних груп. Крім того, якщо йдеться про зіткнення, то існує небезпека падіння велосипедиста та проїзду частину та потрапляння його під колеса інших автомобілів.

Існують три основні методи аналізу ДТП: кількісний, якісний і топографічний.

Кількісний аналіз ДТП оцінює рівень аварійності по місцю і годині їх скоєння. Відрізняють абсолютні показники (загальне число ДТП, число загиблих та поранених, матеріальні збитки від ДТП) та відносні показники (кількість ДТП, яка припадає: на 100 тис. мешканців; на 1 тис. транспортних засобів; на 1 тис. водіїв; на 1 км. довжини дороги; на 1 млн. км. пробігу та ін.) [4]. Якісний аналіз ДТП застосовується для встановлення причин їх виникнення. Картографічний аналіз ДТП використовується для виявлення місць концентрації ДТП у просторі (перехрещення, ділянки дороги, магістралі, райони та ін.). Аналіз ДТП в районі перехрестя Набережної магістралі з вул. Запорізькою проводився на основі зібраних статистичних даних про ДТП за останні 3 роки. Статистичні дані про ДТП наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Статистика ДТП за 2018 – 2020 роки в районі перехрестя Набережної магістралі з вул. Запорізькою

Дата	День тижня	Година доби	Місце скоєння	Вид ДТП	Постраждалі		Код порушення*
					Загинуло	Травмовано	
1	2	3	4	5	6	7	8
03.01.2018	Понеділок	17	Набережна	Зіткнення	0	0	6
19.01.2018	Середа	17	Набережна	Зіткнення	0	0	17
25.09.2018	Неділя	12	Набережна	Зіткнення	0	0	6
03.10.2018	Понеділок	18	Набережна	Зіткнення	0	0	17
10.07.2018	Неділя	6	Запорізька	Наїзд на ТЗ, що стоїть	0	0	6
19.05.2018	Четвер	11	Запорізька	Наїзд на ТЗ, що стоїть	0	0	11
01.07.2018	П'ятниця	17	Набережна	Зіткнення	0	0	17
21.01.2018	П'ятниця	13	Набережна	Зіткнення	0	0	6

Продовження табл. 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8
16.01.2018	Неділя	9	Набережна	Зіткнення	0	0	6
22.05.2018	Неділя	9	Набережна	Зіткнення	0	2	4
10.01.2018	Понеділок	18	Набережна	Наїзд на ТЗ, що стоїть	0	0	
17.05.2018	Вівторок	9	Набережна - Запорізька	Зіткнення	0	0	17
11.10.2018	Вівторок	15	Набережна	Зіткнення	0	0	19
27.10.2018	Четвер	16	Запорізька	Зіткнення	0	0	19
28.10.2018	П'ятниця	23	Набережна - Запорізька	Зіткнення	0	0	19
08.04.2018	П'ятниця	10	Набережна - Запорізька	Зіткнення	0	1	17
12.02.2018	Субота	10	Набережна	Наїзд на перешкоду	0	0	6
29.05.2018	Неділя	13	Набережна	Зіткнення	0	0	6
27.03.2018	Неділя	11	Запорізька	Зіткнення	0	0	6
23.10.2018	Неділя	11	Набережна	Наїзд на перешкоду	0	0	3
12.08.2018	П'ятниця	21	Набережна	Зіткнення	0	0	6
12.08.2018	П'ятниця	13	Набережна - Запорізька	Зіткнення	0	1	17
16.07.2018	Субота	20	Запорізька	Зіткнення	0	0	6
02.08.2018	Вівторок	12	Запорізька	Зіткнення	0	0	10
29.11.2018	Вівторок	9	Запорізька	Наїзд на ТЗ, що стоїть	0	0	6
02.12.2018	П'ятниця	17	Запорізька	Зіткнення	0	0	6
20.11.2018	Неділя	14	Набережна	Наїзд на ТЗ, що стоїть	0	0	6
15.07.2018	П'ятниця	17	Набережна	Зіткнення	0	0	19
22.03.2018	Вівторок	9	Набережна	Зіткнення	0	0	19
28.11.2018	Понеділок	14	Набережна	Зіткнення	0	0	19
20.07.2018	Середа	17	Запорізька	Зіткнення	0	0	6

Продовження табл. 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8
17.12.2018	Субота	14	Запорізька	Наїзд на ТЗ, що стоїть	0	0	6
30.11.2018	Середа	9	Набережна	Зіткнення	0	0	6
27.12.2018	Вівторок	15	Набережна - Запорізька	Зіткнення	0	0	17
25.12.2018	Неділя	12	Запорізька	Зіткнення	0	0	6
12.09.2018	Понеділок	9	Запорізька	Наїзд на перешкоду	0	0	6
26.11.2018	Субота	15	Набережна	Зіткнення	0	1	
14.12.2018	Середа	18	Запорізька	Наїзд на ТЗ, що стоїть	0	0	
30.07.2018	Субота	16	Набережна	Зіткнення	0	0	6
11.09.2018	Неділя	11	Набережна	Зіткнення	0	0	6
14.11.2018	Понеділок	8	Набережна	Зіткнення	0	0	17
29.12.2018	Четвер	18	Запорізька	Зіткнення	0	0	6
25.12.2018	Неділя	13	Запорізька	Зіткнення	0	0	6
25.12.2018	Неділя	18	Запорізька	Наїзд на ТЗ, що стоїть	0	0	6
01.12.2018	Четвер	18	Набережна - Запорізька	Зіткнення	0	0	6
30.12.2018	П'ятниця	18	Набережна	Зіткнення	0	0	6
01.09.2018	Четвер	22	Набережна	Зіткнення	0	0	6
20.08.2018	Субота	12	Запорізька	Наїзд на ТЗ, що стоїть	0	0	
05.09.2019	Середа	21	Набережна	Наїзд на перешкоду	0	0	3,6
13.09.2019	Четвер	11	Набережна	Наїзд на ТЗ, що стоїть	0	0	6
30.03.2019	П'ятниця	17	Запорізька	Зіткнення	0	0	6
05.05.2019	Субота	13	Запорізька	Зіткнення	0	0	19
12.11.2019	Понеділок	17	Набережна	Зіткнення	0	0	6

Продовження табл. 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8
07.03.2019	Середа	12	Набережна-Запорізька	Зіткнення	0	0	17
30.11.2019	П'ятниця	16	Набережна	Зіткнення	0	0	6
11.10.2019	Четвер	15	Запорізька	Зіткнення	0	0	6
18.06.2019	Понеділок	13	Парковка	Зіткнення	0	0	6
25.06.2019	Понеділок	10	Набережна	Зіткнення	0	0	6
20.07.2019	П'ятниця	20	Набережна	Зіткнення	0	0	19
06.12.2019	Четвер	15	Набережна	Зіткнення	0	0	6
08.07.2019	Неділя	17	Набережна	Зіткнення	0	0	6
09.08.2019	Четвер	18	Набережна	Зіткнення	0	0	19
08.08.2019	Середа	15	Запорізька	Наїзд на ТЗ, що стоїть	0	0	6
03.07.2019	Вівторок	13	Запорізька	Наїзд на перешкоду	0	0	6
07.04.2019	Субота	15	Парковка	Зіткнення	0	0	6
25.10.2019	Четвер	19	Набережна	Наїзд на ТЗ, що стоїть	0	0	6
04.12.2019	Вівторок	19	Запорізька	Наїзд на пішохода	0	0	6
08.02.2019	Середа	11	Парковка	Зіткнення	0	0	6
10.11.2019	Субота	19	Набережна	Зіткнення	0	0	6
10.03.2019	Субота	16	Запорізька	Зіткнення	0	0	6
30.05.2019	Середа	21	Набережна	Наїзд на ТЗ, що стоїть	0	0	6
10.11.2019	Субота	14	Набережна	Наїзд на ТЗ, що стоїть	0	0	6
25.01.2019	Середа	13	Набережна	Зіткнення	0	0	6
30.11.2019	П'ятниця	18	Набережна	Зіткнення	0	0	19
21.09.2019	П'ятниця	17	Набережна	Зіткнення	0	0	19
16.04.2019	Понеділок	12	Набережна	Зіткнення	0	0	17
26.08.2019	Неділя	13	Набережна	Зіткнення	0	0	6
21.07.2019	Субота	10	Набережна	зіткнення	0	0	6
22.11.2019	Четвер	16	Набережна	зіткнення	0	0	17

Продовження табл. 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8
22.12.2019	Субота	10	Набережна	зіткнення	0	0	6
22.12.2019	Субота	9	Набережна	зіткнення	0	1	6
10.11.2019	Субота	12	Набережна	зіткнення	0	0	19
28.12.2019	П'ятниця	18	Набережна	зіткнення	0	0	17
22.04.2019	Неділя	16	Набережна	зіткнення	0	0	19
08.11.2019	Четвер	10	Набережна	зіткнення	0	0	17
05.01.2020	Субота	12	Парковка	зіткнення	0	0	6
19.04.2020	П'ятниця	17	Парковка	наїзд на пішохода	0	1	6
14.08.2020	Середа	15	Набережна	зіткнення	0	0	6
21.05.2020	Вівторок	17	Парковка	наїзд на перешкоду	0	0	6
21.08.2020	Середа	12	Набережна-Запорізька	зіткнення	0	0	17
21.08.2020	Середа	16	Набережна	зіткнення	0	0	3
06.09.2020	П'ятниця	9	Запорізька	зіткнення	0	0	6
12.09.2020	Четвер	8	Набережна	зіткнення	0	0	6
15.09.2020	Неділя	14	Парковка	зіткнення	0	0	6
19.09.2020	Четвер	17	Набережна	зіткнення	0	0	20
24.09.2020	Вівторок	7	Набережна	зіткнення	0	0	3,6
28.09.2020	Субота	16	Набережна	зіткнення	0	0	17
28.06.2020	П'ятниця	13	Запорізька	наїзд на ТЗ, що стоїть	0	0	6
02.07.2020	Вівторок	17	Парковка	зіткнення	0	0	6
03.07.2020	Середа	16	Набережна-Запорізька	зіткнення	0	0	4,2
03.07.2020	Середа	16	Набережна-Запорізька	зіткнення	0	0	6
11.07.2020	Четвер	19	Набережна	зіткнення	0	0	6
17.07.2020	Середа	18	Парковка	зіткнення	0	0	6
08.10.2020	Вівторок	6	Набережна-Запорізька	зіткнення	0	0	17
18.10.2020	П'ятниця	18	Парковка	зіткнення	0	0	6
24.10.2020	Четвер	11	Набережна-Запорізька	зіткнення	0	0	17

Кінець табл. 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8
28.01.2020	Понеділок	21	Запорізька	зіткнення	0	0	6
28.01.2020	Понеділок	16	Набережна-Запорізька	зіткнення	0	0	17
20.06.2020	Четвер	10	Парковка	зіткнення	0	0	6
02.11.2020	Субота	20	Парковка	зіткнення	0	0	6
07.11.2020	Четвер	10	Набережна	зіткнення	0	0	19
12.11.2020	Вівторок	10	Парковка	зіткнення	0	0	6
03.11.2020	Неділя	13	Запорізька	зіткнення	0	0	6
17.11.2020	Неділя	19	Набережна-Запорізька	зіткнення	0	0	6
15.11.2020	П'ятниця	16	Запорізька	зіткнення	0	0	6
29.12.2020	Неділя	18	Запорізька	зіткнення	0	0	19
16.02.2020	Субота	11	Набережна-Запорізька	зіткнення	0	0	6
23.02.2020	Субота	13	Запорізька	наїзд на ТЗ, що стоїть	0	0	6
01.03.2020	П'ятниця	9	Набережна-Запорізька	зіткнення	0	0	19
08.03.2020	П'ятниця	11	Набережна-Запорізька	зіткнення	0	1	6
08.03.2020	П'ятниця	22	Парковка	наїзд на ТЗ, що стоїть	0	0	
09.03.2020	Субота	17	Набережна-Запорізька	зіткнення	2	0	6
21.03.2020	Четвер	13	Набережна-Запорізька	зіткнення	0	0	6
26.03.2020	Вівторок	18	Набережна	зіткнення	0	0	6
28.03.2020	Четвер	10	Набережна-Запорізька	зіткнення	0	0	19
28.03.2020	Четвер	14	Парковка	зіткнення	0	0	6
29.03.2020	П'ятниця	11	Парковка	зіткнення	0	0	6
09.04.2020	Вівторок	11	Набережна-Запорізька	зіткнення	0	1	17
15.04.2020	Понеділок	10	Набережна-Запорізька	наїзд на пішохода	0	0	7

*Під кожним числом коду порушення в таблиці 1.1 мається на увазі відповідна числу зашифрована причина, що призвела до ДТП. Коди порушень мають наступні значення:

- 1) пересування автомобілем у стані алкогольного сп'яніння;
- 2) порушення швидкісного режиму;
- 3) пересування на швидкості, що перевищує безпечну;
- 4) проїзд на заборонний сигнал світлофора чи регулювальника;
- 5) невиконання вимог до перевезення пасажирів;
- 6) виконання маневрів з порушенням ПДР;
- 7) порушення ПДР під час проїзду пішохідних переходів;
- 8) проїзд зупинок громадського транспорту з допущенням порушень ПДР;
- 9) порушення ПДР при застосуванні приладів зовнішнього освітлення транспортного засобу;
- 10) порушення пріоритетності проїзду;
- 11) стоянка і зупинка автомобіля в неналежному місці;
- 12) проїзд залізничних переїздів з порушенням ПДР;
- 13) невиконання вимог до перевезення вантажів;
- 14) недотримання ПДР під час буксирування ТЗ;
- 15) обгін в неналежному місці;
- 16) пересування зустрічною смугою руху;
- 17) рух через перехрестя з порушенням ПДР;
- 18) недотримання правил експлуатації ТЗ;
- 19) рух без дотримання безпечної дистанції;
- 20) порушення режиму праці і відпочинку водія;
- 21) проїзд великовагових і великогабаритних ТЗ в неналежному місці;
- 22) перетин пішоходами проїзної частини у невстановленому місці;
- 23) перехід на заборонний сигнал світлофора або регулювальника;
- 24) вихід на дорогу, не переконавшись у безпечності маневру;
- 25) пішоходи у стані алкогольного сп'яніння;

- 26) недотримання техніки безпеки з боку пасажирів;
- 27) неналежне утримання вулиць та доріг;
- 28) невиконання ПДР погоничами тварин.

З характерних механізмів дорожньо-транспортних пригод за участю велосипедистів виділяють наїзд на велосипедиста, що рухається проїзною частиною в темну пору доби. Також часто трапляються ДТП, спричинені раптовою зміною велосипедистом смуги та напрямку руху у щільному потоці автомобілів у зв'язку із появою певного фактору, що збурює увагу велосипедиста і призводить до попутного чи зустрічного контакту із ТЗ. Згідно звіту Міжнародної групи даних та аналізу безпеки дорожнього руху (IRTAD) за 2020 рік [5], кількість смертей серед велосипедистів зменшилась на 5,4% - середній показник за 2010 – 2018 роки. Однак, існує вагома різниця між країнами у даному рейтингу. Так, у 42% країн (13 країн з 31, про які наявна інформація) смертність велосипедистів у 2018 році була більшою, у порівнянні з 2010 роком. Найбільше зменшення показника зафіксовано у Литві (-61%), Новій Зеландії (-50%) та Словенії (-50%). Водночас найбільше зростання сталося в Ірландії (на 80%, проте з дуже низького початкового значення: з 5 до 9 загиблих), в Нідерландах (+41%), Норвегії (+40%) та США (+38%) (рис. 1.3).

Тому, для забезпечення безпеки, велосипедна інфраструктура повинна реалізовуватись з урахуванням певних вимог [2]:

- геометричні характеристики мають забезпечувати комфорт та безпеку користувачів (наприклад, мінімізація поздовжнього ухилу, де це можливо);
- мінімізація точок конфлікту з іншими учасниками дорожнього руху;
- забезпечення безперервності велодоріжок;
- знаки та розмітка повинні бути правильними та чіткими задля забезпечення регулярних та безпечних умов руху (рис. 1.4);
- шляхи мають бути функціональними та безпечними - з належним станом дорожнього покриття.

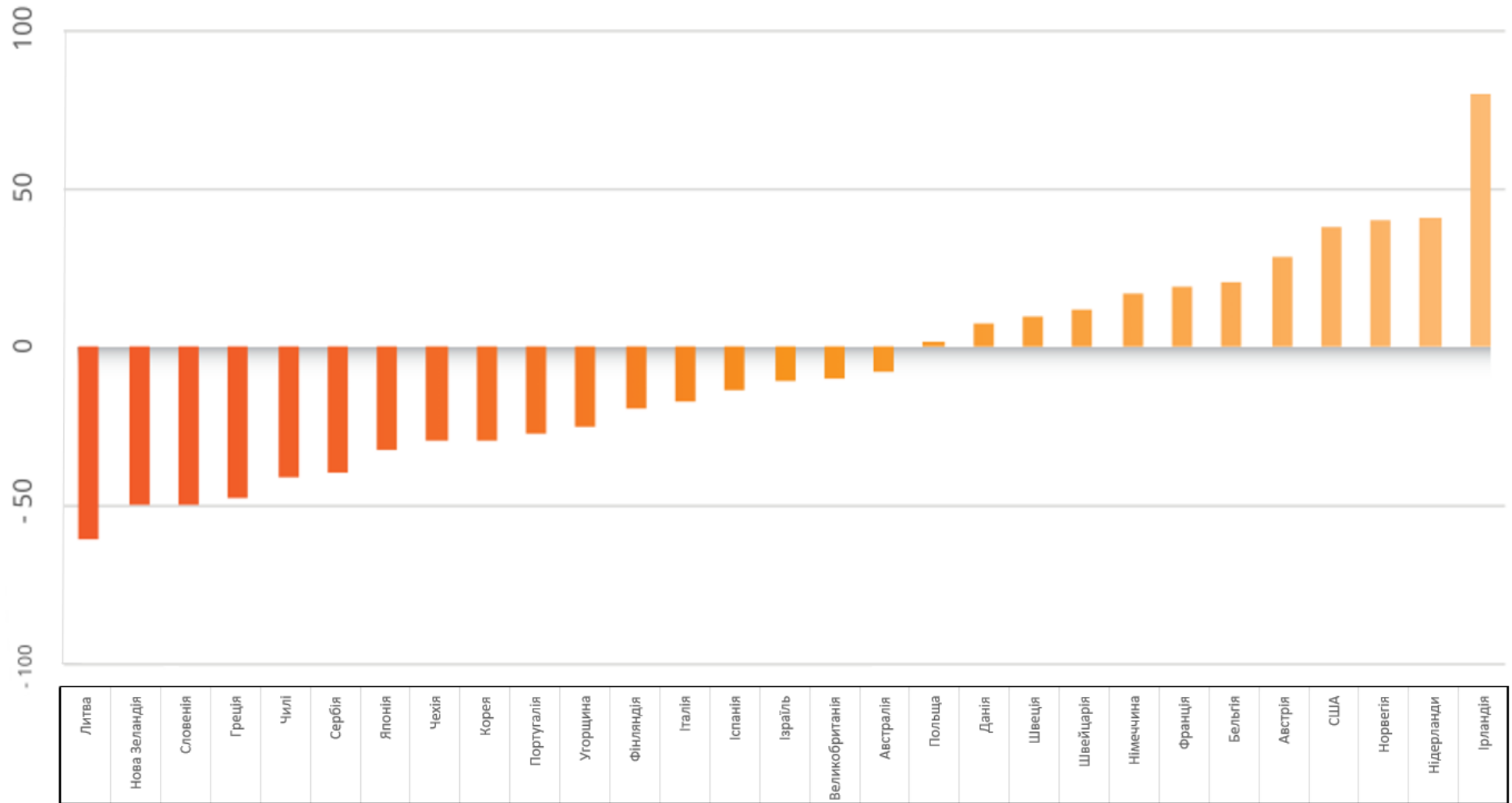


Рисунок 1.3 - Зміна у відсотках кількості загиблих велосипедистів по країнам світу за 2010-2018 рр.

		
Доріжка для велосипедистів	Суміжні пішохідна та велосипедна доріжки	Доріжка для пішоходів і велосипедистів
		
Кінець доріжки для велосипедистів	Кінець суміжних пішохідної та велосипедної доріжок	Кінець доріжки для пішоходів і велосипедистів

Рисунок 1.4 – Наказові знаки для позначення дозвільної зони руху велосипедистів

Згідно статистики Національної поліції за 01.01.2017 - 31.12.2018 Набережна автомагістраль стала однією з найпроблемніших вулиць по кількості ДТП за участю велосипедистів – за 2 роки, 4 випадки [6].

Таким чином ми приходимо до висновку, що для вирішення проблем, пов'язаних зі зростанням кількості велосипедистів на ВДМ міста, потрібно правильно підходити до планування велосипедної інфраструктури. Недостатньо просто побудувати нові велодоріжки. Вся веломережа міста має бути безперервною з відповідними знаками для позначення чітких її меж. Потрібно навчати правильної поведінки як пішоходів, так і велосипедистів, проводити роз'яснювальні кампанії про велосипедний рух.

1.3 Причини пересування пішоходів на велодоріжках

За останні роки в Україні набула популярності стратегія проєктування інфраструктури міста за принципами сталої міської мобільності. Відповідно до цих принципів при проєктуванні транспортної системи міста варто все більше приділяти уваги пересуванню пішки та на велосипедах. А саме, міська інфраструктура повинна забезпечувати комфортне пересування жителів даними способами. Нажаль, відокремлена велосипедна інфраструктура в Україні, досі залишається чимось новим та не сприймається належно. Здебільшого це відбувається через недостатню освіченість пішоходів.

У 2018 році у м. Київ було проведено дослідження причин порушення пішоходами правил пересування – вихід з тротуару на велодоріжку [7]. Під час дослідження було проведено опитування, де пішоходам було запропоновано обрати одну з причин правопорушення, або вказати власну. Діаграма з результатами опитування представлена на рис. 1.5.

Серед власних варіантів причин (на діаграмі «інше») пішоходи називали такі причини:

- не звик;
- погано спроектована велодоріжка;
- нестача інформування (технічні засоби ОДР);
- відсутність штрафів;
- щоб не заважати іншим пішоходам, бо пересуваюся повільно;
- зручніше.

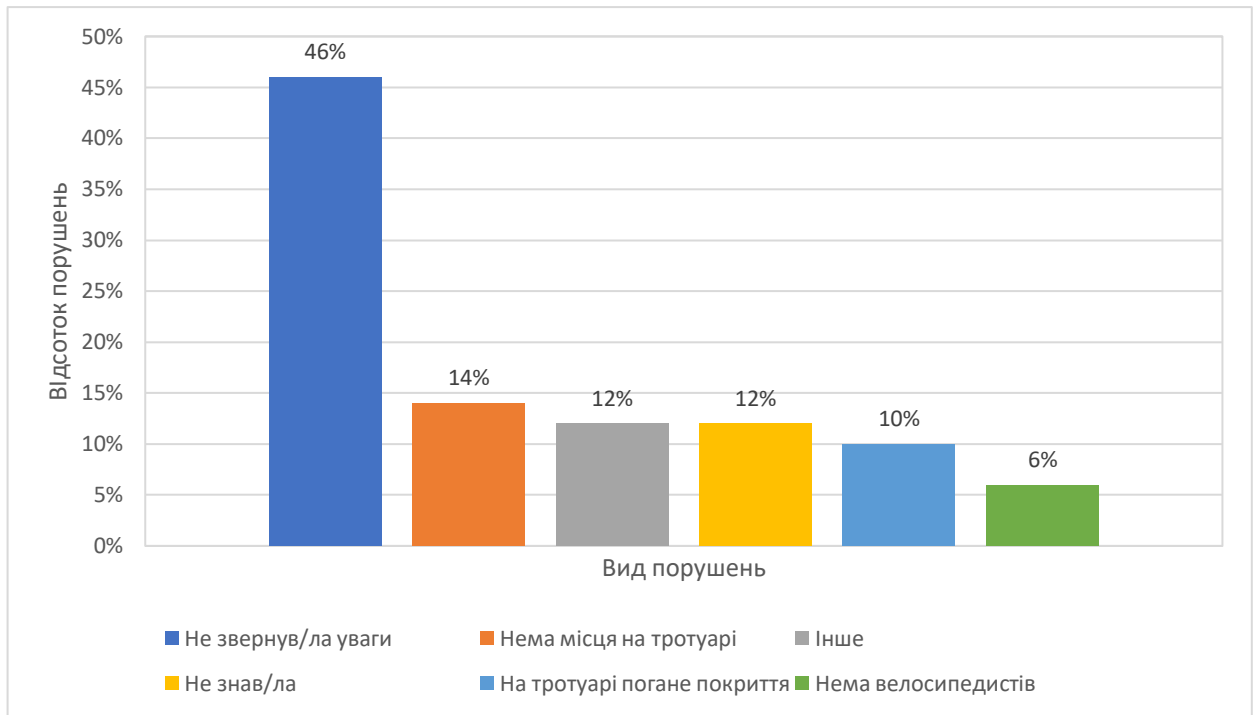


Рисунок 1.5 - Діаграма розподілу причин порушень

Як видно на діаграмі основною причиною порушень є необачність пішоходів – 46%. Це може відбуватись через малу кількість велосипедистів, а також через неосвіченість пішоходів на тему велоруху. Тому містам потрібно проводити певні кампанії на тему велосипедного руху та інформувати про те, що велодоріжка це повноцінна проїзна частина для велосипедистів.

Також вагомою причиною є відсутність вільного місця на тротуарі – 14%. З цієї причини, при проєктуванні велошляхів, слід аналізувати інтенсивність руху не тільки велосипедистів, а й пішоходів.

Проаналізувавши дані доходимо висновку, що для забезпечення безпечного та комфортного руху велосипедистів та пішоходів потрібно проводити роз'яснювальні кампанії та дуже уважно підходити до проєктування велодоріжок, враховуючи також інтенсивності руху пішоходів. А також особливу увагу приділяти технічним засобам організації дорожнього руху, щоб у пішоходів на інтуїтивному рівні не було бажання виходити на велодоріжку.

1.4 Роль велосипеда в житті міста

Збільшення ролі велосипеда у житті міста сприяє його розвитку. Правильно спроектована та втілена велосипедна інфраструктура несе в собі численні переваги як для мешканців міста, так і для бізнесу всередині нього.

Використання велосипеда як основного виду транспорту зробить міста чистішими та здоровішими. Велосипед не викидає забруднень в атмосферу, рівень шуму від нього нульовий. Щоденне використання велосипеда передбачає в собі виконання фізичних вправ. При цьому знижується ризик серцево-судинних захворювань та порушень опорно-рухового апарату. Все це позитивно впливає на добробут міста.

Розвиток велосипедної інфраструктури робить міста зручними, безпечними для проживання та привабливими для туристів. Мешканці країн Європи частіше приходять до висновку, що зменшення кількості та швидкості автомобілів у їх місті сприяє росту якості життя в ньому. В тих місцях, де для безпечного пересування містом, знижують швидкість автомобілів до 30 км/год, де виділяють окремі проїзні частини для велосипедів кількість особистого транспорту зменшується, тим самим зменшується кількість та величина заторів та час втрачений в них. Згідно досліджень принцип «безпека в кількості» дійсно працює: у містах де більша частка населення обирає пішу ходу та велосипеди, вірогідність ДТП знижується [6].

При використанні велосипеда зростає і економічний розвиток міста. У торговельних площ в центральній частині міста та в зоні пішої доступності з'являється здатність до конкуренції. Адже, велосипедисти будуть віддавати перевагу саме їм, тоді як автомобілісти – великим ТЦ, розташованим за містом. Коштів у бюджет на велоінфраструктуру потрібно закладати менше. І вони в, більшості своїй, будуть покриті за рахунок заощаджень на автомобільній інфраструктурі. З урахуванням покращення стану здоров'я мешканців та економії на обслуговуванні особистого транспорту, окупність

велоінфраструктури складає максимум 2,5 роки. Одне паркувальне місце для велосипеда коштує на 95% менше, ніж для одного автомобіля [6]. На рис. 1.6 зображено велопарковку у вигляді автомобіля, яка поміщає в себе одночасно 12 велосипедів. Це наглядно демонструє на скільки менше місця потребують велосипеди, для їх розміщення.

При покращенні велосипедної інфраструктури, покращується і туристична привабливість міста. Велосипед для туристів є зручним і приємним засобом для огляду міста. Хоча він і повільніший за автобус, в той же час, його швидкість достатньо комфортна для того, щоб все розгледіти

Згідно дослідженню, проведеному в Італії в 2011 році, середня швидкість руху у містах становить 15 км/год та 20 км/год для міського транспорту і приватного транспорту, відповідно. Така невисока швидкість



Рисунок 1.6 – Велопарковка у вигляді автомобіля

переміщення робить велосипедну мобільність досить конкурентоспроможною на недалеких міських поїздках – 5-10 км [8].

У підсумку можна виділити такі переваги від користування велосипедом як основним видом транспорту [2]:

- безперервне та регулярне користування велотранспортом збільшує величину щоденного фізичного навантаження;
- зменшення частки бюджету на утримання автомобіля;
- зменшення часу втраченого у заторах;
- нульове атмосферне та акустичне забруднення.

Саме тому потрібно розвивати і підтримувати поширення велосипедної мобільності.

2 ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА

2.1. Проектні рішення

Керуючись отриманими даними, технічним завданням, технічними умовами та розробленою схемою організації дорожнього руху, передбачено такі проектні рішення:

- влаштування регульованих велопереїздів через обидві проїзні частини Набережної магістралі на під'їзді від Фортечної вулиці;
- перенесення світлофорних вузлів у зв'язку із збільшенням відстаней від стоп-ліній до перетинів проїзних частин перехрестя у зв'язку із прокладанням велопереїздів;
- перенесення пішохідних світлофорів таким чином, аби вони знаходилися на межі пішохідних переходів;
- облаштування велопереїздів транспортними світлофорами;
- визначення нового режиму регулювання на світлофорному об'єкті з урахуванням траєкторій руху, швидкостей руху, велопереїздів та інтенсивностей руху транспорту;
- для забезпечення залишення транспортом розриву у розділовій смузі Набережної магістралі передбачається складний переходопобідний перехідний інтервал;
- спосіб управління світлофорним об'єктом обрано «за окремими напрямками».

2.2 Розрахунок режиму роботи світлофорного об'єкту

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

Визначення часу, необхідного для проїзду автомобіля, що завершує рух від критичної точки до конфліктної точки [9]:

$$t_3 = t_p + \frac{V_3}{2a^k} + \frac{B_3 + l_a}{V_3}, \quad (2.1)$$

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

V_3 – швидкість руху транспортного засобу, що завершує рух, м/с;

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

B_3 – відстань від стоп-лінії до дальньої конфліктної точки, м;

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

Визначення часу, необхідного для проїзду автомобіля, що розпочинає рух від стоп-лінії до конфліктної точки [9]:

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

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

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

При визначенні часу за останньою формулою розглядаються найбільш несприятливі умови, коли транспортний засіб під'їхав до стоп-лінії з

розрахунковою швидкістю в момент ввімкнення дозволяючого сигналу (черга по даній смузі в цей момент була повністю відсутня) [9]:

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

При застосуванні цієї формули для переведення матриці можливих траєкторій $ММТ$ у матрицю мінімальних часових проміжків $ММП$ отримаємо [9]:

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

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

Для велосипедних напрямів регулювання мінімальні часові проміжки визначаються за формулою [9]:

$$t = t_p + \frac{S_z}{V_3} + \frac{B_3 + l_a}{V_3} - \frac{B_{pn}}{V_{pn}}, \quad (2.5)$$

де S_z - гальмівний шлях з розрахункової швидкості на вогкому покритті згідно ДБН В 2.3-5:2018, м.

Розрахункова швидкість під'їзду приймається 20 км./год, тому $S_z = 15$ м.

Для пішохідних напрямів регулювання мінімальні часові проміжки визначаються за формулою [9]:

$$t = \frac{B}{V_n} - \frac{B_{pn}}{V_{pn}}, \quad (2.6)$$

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

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

Далі на рис. 2.1 наведено схему для визначення елементів матриць MMT .

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

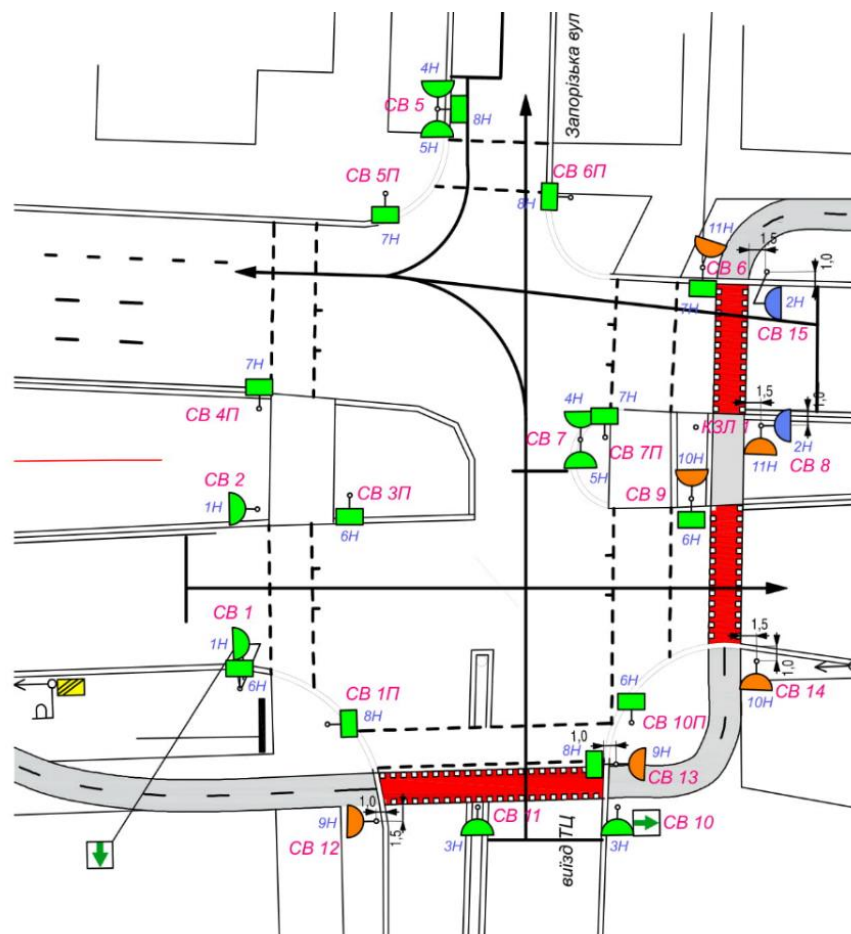


Рисунок 2.1 – Траєкторна схема для визначення відстаней до конфліктних точок

У таблицях 2.1 – 2.2 наведено матриці відстаней до дальній та до ближніх конфліктних точок.

Для орієнтування у номерах напрямів регулювання слід скористатися схемою, наведеною на рис. 2.2.

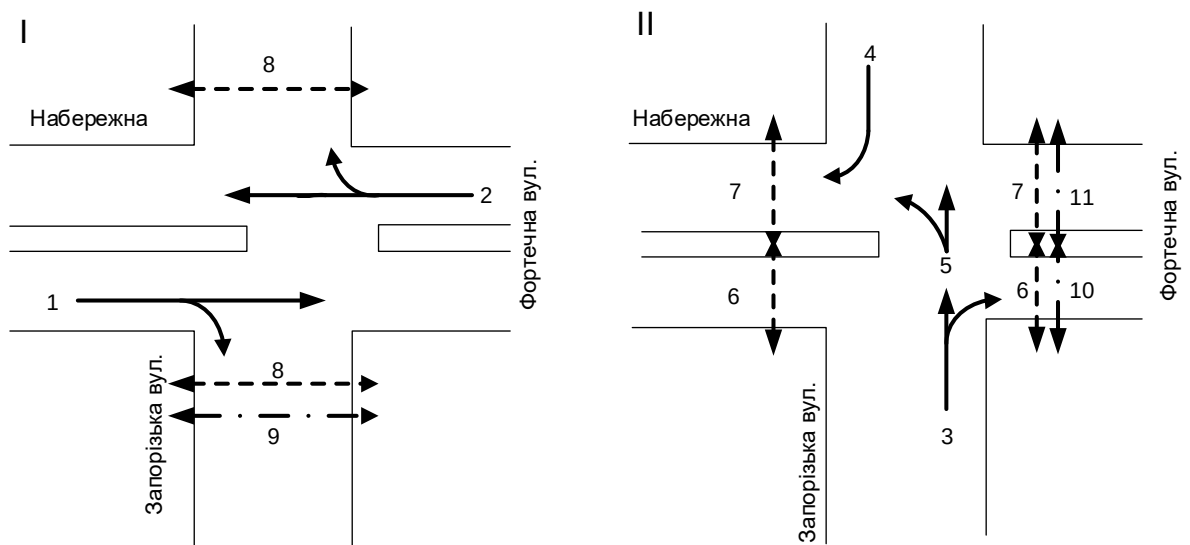


Рисунок 2.2 – Схема напрямів регулювання

Таблиця 2.1* – Матриця відстаней до дальніх конфліктних точок

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	0	0	49	0	0	49	0	0	0	54	0
2	0	0	0	41	41	0	41	0	0	0	20
3	57	0	0	0	0	0	0	11	7	0	0
4	0	23	0	0	0	0	0	12	0	0	0
5	0	27	0	0	0	0	0	27	0	0	0
6	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	11	9	9	0	0	0	0	0	0
9	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0
10	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0

*Елемент [3,1] визначено з урахуванням застосування

переходопобідного інтервалу, у якому напрям 3 є вхідним, а напрям 5 – вихідним.

Таблиця 2.2 – Матриця відстаней до ближніх конфліктних точок

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	0	0	17	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	16	5	0	0	0	0	0	0
3	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	7	3	26	0	0	0	0	0	0
9	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
10	53	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0

У таблиці 2.3 наведено матрицю розрахункових максимальних швидкостей руху за траєкторіями до дальніх конфліктних точок.

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

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	0	0	50	0	0	50	0	0	0	50	0
2	0	0	0	50	50	0	50	0	0	0	50
3	40	0	0	0	0	0	0	40	40	0	0
4	0	30	0	0	0	0	0	30	0	0	0
5	0	30	0	0	0	0	0	40	0	0	0
6	1,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	1,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	1,3	1,3	1,3	0	0	0	0	0	0
9	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0
10	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0

У таблиці 2.4 наведено матрицю розрахункових швидкостей руху за траєкторіями до ближніх конфліктних точок.

Таблиця 2.7 - Значення елементів *ММП* для мінімальних швидкостей

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	макс.
1	0	0	9	0	0	10	0	0	0	11	0	11
2	0	0	0	8	9	0	10	0	0	0	8	10
3	10	0	0	0	0	0	0	7	6	0	0	10
4	0	6	0	0	0	0	0	7	0	0	0	7
5	0	7	0	0	0	0	0	9	0	0	0	9
6	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
7	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13
8	0	0	8	7	7	0	0	0	0	0	0	8
9	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	9
10	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
11	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9

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

Таблиця 2.8 – Можливі тривалості перехідних інтервалів.

	норм. 1	норм.2	макс.
1	10	11	11
2	9	10	10
3	10	7	10
4	7	7	7
5	8	9	9
6	8	8	8
7	8	8	8
8	8	8	8
9	9	9	9
10	6	6	6
11	9	9	9

Використовуючи набір напрямів у кожній фазі регулювання (рис. 2.2), визначаємо шляхом вибору максимального значення розрахункові тривалості

перехідних інтервалів фаз. Параметри перехідних інтервалів вказані на 7-му аркуші графічної частини.

Втрачений у циклі час на перехресті визначається за формулою [9]:

$$L = \sum_{i=1}^m (t_{III}^i - 3 - 1), \quad (2.7)$$

де m - кількість фаз регулювання на перехресті.

$$L = (10 - 4) + (11 - 4) = 13 \text{ с.}$$

Для потоку, що рухається в прямому напрямі при ширині проїзної частини від 5,4 до 16 м, величина потоку насичення M_n визначається за емпіричною формулою [9]:

$$M_n = 525H, \quad (2.8)$$

де H - ширина проїзної частини, м.

Якщо рух каналізований і ширина смуги $H < 5,4$ м, користуються таблицею 2.9.

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

Таблиця 2.9 – Визначення потоку насичення

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

З урахуванням вимірної за масштабною схемою ширини проїзних частин встановлено величини потоків насичення за напрямками регулювання та номером смуги. Інтенсивності руху розподіляються по смугах рівномірно. Величина потоку насичення підлягає корекції залежно від напрямів руху транспортних засобів за конкретною смугою [9]:

$$M_n^k = \frac{M_H}{\alpha + 1.25\beta + 1.75\gamma}, \quad (2.9)$$

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

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

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

У табл. 2.10 наведено скориговані значення потоків насичення смугами руху.

Таблиця 2.10 – Величини потоків насичення, од./год.

Напрями регулювання					
Смуга 1	Смуга 2	Смуга 3	Смуга 1	Смуга 2	Смуга 3
1			2		
1761	1981	1981	1908	1981	1981
3			4		
1540	1925	1540	1981	-	-
5			-		
1925	1540		-	-	-

Потім для кожного з поєднаних у фази напрямів розраховується значення фазових коефіцієнтів по формулі [9]:

$$y_i = \frac{N_i}{M_{n_i}}, \quad (2.10)$$

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

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

$$\begin{aligned} y_1^1 &= 0,519; y_2^1 = 0,457; \\ y_3^2 &= 0,21; y_4^2 = 0,05; y_5^2 = 0,21. \end{aligned}$$

Для напрямів, якими регулюються велопереїзди, розрахунки на основі потоків насичення не проводяться через занижку інтенсивність руху велосипедів.

Визначаємо суму фазових коефіцієнтів за формулою [9]:

$$y = \sum_{j=1}^m y_{j_{\max}}. \quad (2.11)$$

Для першої програми:

$$y = 0,73.$$

Тривалість світлофорного циклу для перехрестя визначаємо за формулою [9]:

$$T_y = \frac{0,9L_k}{1-Y}. \quad (2.12)$$

$$T_y = \frac{0,9 \cdot 13}{1 - 0,73} = 68,57 \text{ с.}$$

Тривалість основного такту обчислюють за формулою [9]:

$$\bar{t}_3^M = \frac{\bar{y}^i}{\bar{Y}} (\bar{T} - \bar{L}) - 1 - 3. \quad (2.13)$$

Для першої програми:

$$\bar{t}_3^1 = \frac{0,519}{0,73} (68,57 - 13) - 1 - 3 = 35,5 \text{ с;}$$

$$\bar{t}_3^1 = \frac{0,21}{0,73} (68,57 - 13) - 1 - 3 = 13,03 \text{ с.}$$

При побудові циклограми (3-ій аркуш графічної частини) методом доповнення головної послідовності тривалості основних тактів можуть коригуватися.

Визначається мінімальна тривалість основних тактів фаз регулювання [9]:

$$t_{\min}^{OT} = b / V_n + 5 - ММПН[i, j, i, j], \quad (2.14)$$

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

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

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

Значення ширини проїзної частини, що її переходять пішоходи, береться з табл. 2.1, а значення проміжків – з табл. 2.6.

Для першої фази регулювання:

$$t_{\min}^{OT} = 11 / 1,3 + 5 - 8 = 5 \text{ с.}$$

Для другої фази регулювання:

$$t_{\min}^{OT} = 17 / 1,3 + 5 - 8 = 11 \text{ с.}$$

Основні такти регулювання не потребують корекції.

Розрахувавши режим регулювання на перехресті, потрібно запрограмувати дорожній контролер, згідно таблиць програмування (6-ий аркуш графічної частини). Після чого потрібно підключити його до світлофорів за допомогою кабелю. Кількість кабелю та його тип вказано на 5-му аркуші графічної частини, а витрати на його придбання визначаються у 3-му розділі магістерської роботи.

2.3 Розрахунок додаткової електричної потужності

Додавання за трьома напрямками регулювання велопереїздів шести транспортних світлофорів типу 3 призведе до збільшення пікової електричної потужності об'єкта. Крім світлофорів, додаються також табло відліку часу (4-ий аркуш графічної частини).

Потужність однієї секції не перевищує 8 Вт. При одночасному ввімкненні червоних із жовтим сигналів максимальна потужність світлофорів та табло складатиме:

$$P_{\max} = (2 + 1) \cdot 6 \cdot 8 = 144 \text{ Вт.}$$

Середня додаткова потужність із розрахунку одночасного ввімкнення одного сигналу та табло складатиме:

$$P_{\text{avg}} = (1 + 1) \cdot 6 \cdot 8 = 96 \text{ Вт.}$$

2.4 Монтажно-демонтажні роботи

Необхідно демонтувати (2-ий аркуш графічної частини):

- транспортний світлофор основний за напрямом 2 СВ 6 разом із консоллю;
- транспортний світлофор дублюючий напрямку 2 КЗЛ 1 разом зі стійкою, залишивши основу стійки та її частину, у якій знаходиться клемник;
- пішохідний світлофор за напрямом 8 СВ 10.

Для закриття частини стійки КЗЛ 1, що лишилася після демонтажу, виготовляється металева кришка, яка приварюється зверху циліндра. Що залишився.

Необхідно змонтувати:

- транспортні світлофори для велосипедних напрямів (нові) – 6 шт;
- табло зворотного відліку часу світлофорів велосипедних напрямів (нові) – 6 шт.;
- транспортний світлофор СВ 14 на консолі (новий);
- транспортний світлофор СВ 8 на високій стійці (новий);
- пішохідний світлофор напрямку 8 на СВ 13 (знятий в ході демонтажу).

3 СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Розрахунок капітальних витрат

В магістерській роботі аналізується створення велопереїздів на перехресті Набережної магістралі та Запорізької вулиці.

До капітальних витрат належать: придбання 398 м кабелю, 169 м тросу, підвішування кабелю на трос, придбання 8 транспортних світлофорів, 2 стійок транспортних світлофорів та 1 консольної опори.

З урахуванням вартості кабелю 32,4 грн за 1 м, витрати на придбання кабелю становитимуть:

$$K_1 = 32,4 \cdot 398 = 12895 \text{ грн.}$$

З урахуванням вартості тросу 48,48 грн за 1 м, витрати на придбання тросу становитимуть:

$$K_2 = 48,48 \cdot 169 = 8193 \text{ грн.}$$

З урахуванням вартості робіт з підвішування кабелів до тросу 182,4 грн за 1 м, витрати на підвішування кабелів становитимуть:

$$K_3 = 182,4 \cdot 169 = 30826 \text{ грн.}$$

З урахуванням вартості транспортного світлофора 15904 грн, витрати на придбання світлофорів становитимуть:

$$K_4 = 15904 \cdot 8 = 127232 \text{ грн.}$$

З урахуванням вартості світлофорної стійки 11400 грн, витрати на придбання стійок становитимуть:

$$K_5 = 11400 \cdot 2 = 22800 \text{ грн.}$$

Витрати на придбання консольної опори становитимуть $K_6 = 14350$ грн
Загальні капітальні витрати становлять:

$$K = 12895 + 8193 + 30826 + 127232 + 22800 + 14350 = 216296 \text{ грн.}$$

3.2 Розрахунок експлуатаційних витрат

Поточні витрати складаються з витрат на оплату електричної енергії, що її споживають світлофори.

За проєктом встановлення додаткових світлофорних сигнальних пристроїв передбачається у кількості 8 штук.

Витрати на електрику для нових восьми світлофорів становитимуть (електрична потужність одного 15 Вт, вартість кіловат-години електрики 4,4 грн):

$$C = 4,4 \cdot 0,015 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 8 = 4625 \text{ грн/рік.}$$

Амортизаційні витрати на технічні засоби (з урахуванням вартості робіт) для першого року експлуатації становлять розраховуємо за формулою[11]:

$$A = K \cdot k_A, \quad (3.1)$$

де k_A - коефіцієнт амортизації, $k_A = 0,24$.

$$A = 216296 \cdot 0,24 = 51911 \text{ грн.}$$

3.3 Економія від зменшення числа та важкості ДТП

Економія від зменшення числа ДТП встановлюється порівнянням збитків від ДТП на ділянці вулично-дорожньої мережі до та після впровадження заходів [11]:

$$E_{\text{ДТП}} = C_{\text{ДТПдо}} - C_{\text{ДТПпісля}}, \quad (3.2)$$

де $C_{\text{ДТПдо}}, C_{\text{ДТПпісля}}$ - збитки від ДТП на ділянці вулично-дорожньої мережі до та після впровадження заходів.

З урахуванням коефіцієнту зниження аварійності k [11]:

$$E_{\text{ДТП}} = C_{\text{ДТПдо}} - k \cdot C_{\text{ДТПдо}}. \quad (3.3)$$

Коефіцієнт зниження аварійності розраховується на основі частинних коефіцієнтів за формулою [11]:

$$k = \prod (1 - k_i), \quad (3.4)$$

де k_i - частинні коефіцієнти зниження аварійності (таблиця 3.1)

Таблиця 3.1 - Значення k

Захід	k_i	$1-k_i$
Встановлення світлофорів	0,35	0,65
Добуток коефіцієнтів		0,65

$$k = 0,65.$$

За даними аналізу аварійності, протягом трьох років на перехресті сталося 129 ДТП, в яких ніхто не загинув та 7 осіб отримали травми середнього ступеня тяжкості.

Таким чином, середньорічна кількість ДТП становить 43 шт., а середньорічна кількість постраждалих 2,33.

Розрахунок ефекту по ДТП наведено в табл. 3.2 та 3.3.

Таблиця 3.2 - Збитки від ДТП

Наслідки ДТП	Збиток від одного ДТП, грн
Матеріальні збитки	100000
Середні поранення	150000
Важкі поранення	175000
Смертельний випадок	200000

Таблиця 3.3 - Розрахунок збитків від ДТП

Наслідки ДТП	Збиток від одного ДТП, грн	Кількість ДТП за рік	Збиток за рік за базою, грн/рік	k	Збиток за рік за проєктом, грн/рік
Матеріальні збитки	100000	43	4300000	0,65	2795000
Середні поранення	150000	2,33	349500	0,65	227175
Важкі поранення	175000		0	0,65	0
Смертельний випадок	200000		0	0,65	0
Загалом		45,33	4649500	0,65	3022175

$$E_{\text{ДТП}} = 464950 - 3022175 = 1627325 \text{ грн/рік.}$$

3.4 Розрахунок терміну окупності проєкта

Сумарна економія від впровадження заходів ОДР розраховується за формулою [11]:

$$E = E_{\text{ДТП}} - C - A. \quad (3.5)$$

$$E = 1627325 - 4625 - 51911 = 1570789 \text{ грн/рік.}$$

Термін окупності проєкту [11]:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K}{E} \cdot 365. \quad (3.6)$$

$$T_{\text{ок}} = \frac{216296}{1570789} \cdot 365 = 50 \text{ діб.}$$

Техніко-економічні показники проєкту показані в табл. 3.4 та на 8-му аркуші графічної частини.

Таблиця 3.4 -Техніко-економічні показники проєкту

Показник	Базове значення	Проектне значення
1	2	3
Капітальні вкладення, грн.	-	216296
Річні експлуатаційні витрати, грн	-	4625
Амортизаційні витрати, грн./рік	-	51911

Кінець табл. 3.4

1	2	3
Збитки від ДТП, грн./рік	4649500	3022175
Економія від зменшення кількості та важкості ДТП, грн./рік	-	1627325
Загальна економія, грн./рік	-	1570789
Термін окупності проекту, діб	-	50

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

У даному розділі магістерського проєкту на тему «Дослідження ефективності жорсткого режиму світлофорного регулювання на перехресті із велопереїздом Набережної вулиці та Запорізької вулиці у м. Запоріжжі» ми проведемо аналіз потенційних небезпек при проведенні робіт по встановленню світлофорного обладнання; розробимо заходи по їх усуненню, відповідно до нормативно-правових актів з охорони праці; запропонуємо рішення щодо поліпшення санітарно-гігієнічних параметрів у лабораторії, яка обладнана ПК; розробимо протипожежні заходи на час встановлення світлофорного обладнання.

4.1 Аналіз потенційних небезпек

Під час буріння лунок для встановлення основ світлофорних стійок за допомогою трактора МТЗ-82, можливі зіткнення проїжджаючих автомобілів з трактором. Ризик існує через проведення будівельних робіт у безпосередній близькості до краю проїзної частини і може призвести до травмування або летальних випадків серед робітників.

Існує ризик наїзду на робітників під час встановлення світлофорних стійок біля краю проїзної частини, може призвести до травмування або летальних випадків серед робітників.

Під час монтажу тросу та кабелів, для підключення світлофорів, на висоті за допомогою автовишки, існує ризик падіння робітників з корзини автовишки. Причиною цього може бути відсутність монтажного поясу, можливі травмування або летальні випадки серед працівників.

Існує потенційна небезпека ураження робітників електричним струмом під час експлуатації та контакту з корпусом дорожнього контролера, світлофорних стійок та при роботі в корзині автовишки. Причиною такої небезпеки може бути відсутність заземлення та потрапляння корзини автовишки в охоронну зону ліній електропередач. В результаті можливі опіки працівників, їх травмування, летальні випадки.

При встановленні світлофорів на стійку існує вірогідність падіння працівника з драбини через її технічну несправність або відсутність працівника, який наглядає за місцем виконання робіт та підтримує драбину. Може спричинити травмування працівників, можливі летальні випадки.

Через несправність транспортних засобів, які обслуговують місце будівництва світлофорного об'єкту, можливе коротке замикання в їх електропроводці. Може спричинити пожежу.

Через порушення герметичності спеціального газового обладнання на автомобілі ГАЗ-27527 «Соболь», який обслуговує місце проведення робіт, існує небезпека займання газобалонного обладнання автомобіля. Може спричинити поширення пожежі.

При проведенні робіт з встановлення обладнання на проєктованому перехресті в темну пору доби, можливі ДТП через відсутність підсвічення меж зони проведення робіт. Може призвести до травмування та летальних випадків серед працівників.

Проведення робіт з установки обладнання на перехресті Набережної магістралі та Запорізької вул. у холодну пору року, може спричинити переохолодження і подальші травми працівників через низьку температуру повітря.

4.2 Заходи по забезпеченню безпеки

Для забезпечення охорони праці електротехнічного персоналу у проєкті передбачено ряд попереджувальних заходів.

Для запобігання ДТП при бурінні лунок для встановлення світлофорних стійок та під час їх встановлення передбачено використання технічних засобів організації (дорожні знаки, інформаційні табло, дорожня розмітка, сигнальні стовпчики, транспортні та пішохідні огороження різних типів, світлофорне обладнання тощо) за схемами (рис. 4.1, 4.2), розробленими відповідно до ДСТУ 8749:2017 «Огороження та організація дорожнього руху в місцях проведення дорожніх робіт» [12].

Для уникнення падіння робітників з корзини автовишки при монтажі кабелів і тросу відповідно до «Правил охорони праці під час виконання робіт на висоті» (НПАОП 0.00-1.15-07) [13], передбачено такі заходи:

- забезпечити міцність і стійкість огорожень;
- забезпечити робітників необхідними засобами захисту і використовувати їх за призначенням (монтажний пояс, захисною каскою);
- застосовувати технічно справні машини, механізми та пристрої;
- враховувати погодні умови та стан здоров'я працівників, які виконують висотні роботи.

Згідно з НПАОП 40.1-1.01-97 «Про затвердження Правил безпечної експлуатації електроустановок» [14], забороняється допуск працівників до 18 років до робіт, зазначених в ДНАОП 0.03-8.07-94 "Перелік важких робіт і робіт із шкідливими і небезпечними умовами праці, на яких забороняється застосування праці неповнолітніх" [15].

Для захисту від ураження електричним струмом працівників відповідно до НПАОП 0.00-7.17-18 «Мінімальні вимоги безпеки і охорони здоров'я при використанні працівниками засобів індивідуального захисту на робочому

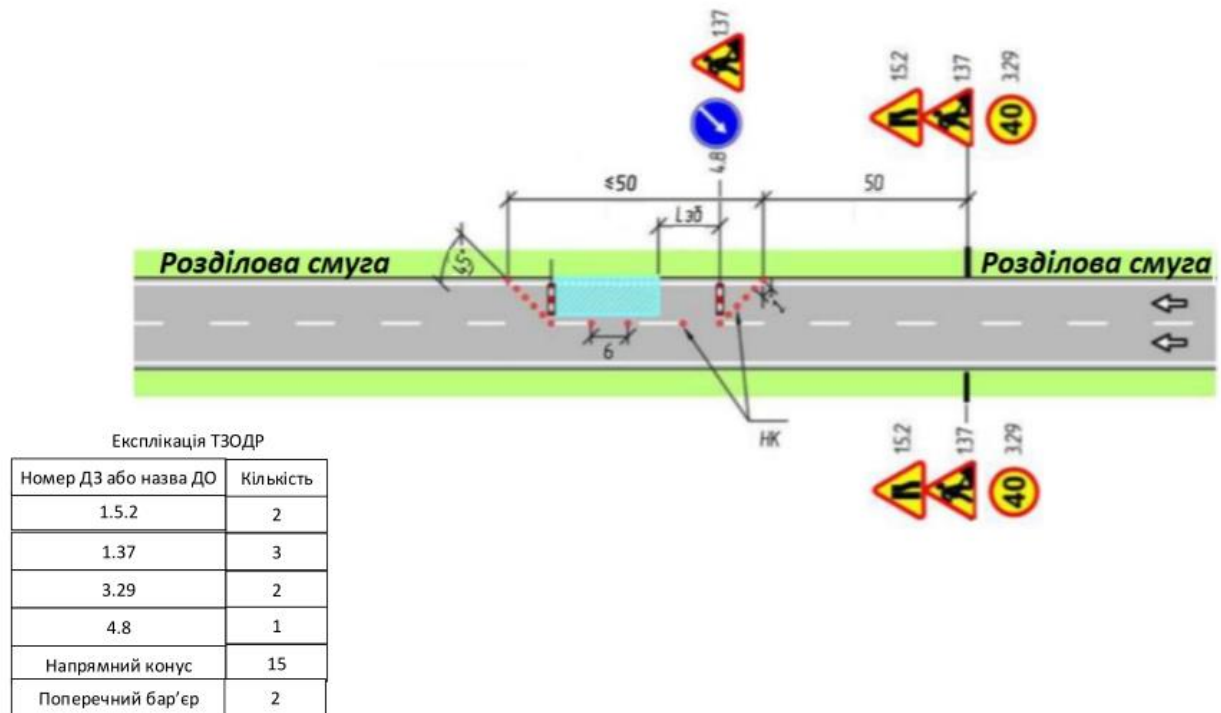


Рисунок 4.2 – Тимчасова схема ОДР під час стаціонарних короткотермінових дорожніх робіт в умовах обмеження видимості зони початку робіт

4.3 Заходи з виробничої санітарії та гігієни праці

Відповідно до ДСТУ 8749:2017 «Огородження та організація дорожнього руху в місцях проведення дорожніх робіт» для уникнення аварійних ситуацій у темну пору доби на об'єкті проєктування передбачається один комплект автономного живлення для ліхтарів/маячків, які позначають межі зони проведення робіт. Це необхідно на випадок збоїв у роботі основної системи живлення.

Згідно з «Санітарними нормами мікроклімату виробничих приміщень» ДСН 3.3.6.042-99 [18] для запобігання переохолодження робітників у холодний період року розроблені наступні заходи:

- виділяються спеціальні місця для обігріву, встановлюють системи для локального обігріву (верхніх та нижніх кінцівок);
- передбачається можливість перерв для обігріву;
- забезпечення робітників ЗІЗ (рукавиці, теплі взуття та одяг) відповідно до ГОСТ 12.4.084-80, ГОСТ 12.4.088-80.

Оцінку рівня умов, важкості та напруженості праці за бальною шкалою розглянемо на прикладі оцінки факторів виробничого середовища для дослідника лабораторії обладнаної ПК (Додаток А).

4.4 Заходи з пожежної безпеки

Комплекс протипожежних заходів для безпечного проведення робіт визначених проектом розроблений згідно вимог НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні» [19].

При будівництві об'єкту проєктування будуть використовуватись колісні транспортні засоби: вантажні автомобілі та трактори спеціального призначення з повною масою не більше 12 т. Колісні транспортні засоби оснащуються вогнегасниками відповідно до Норм оснащення вогнегасниками колісних транспортних засобів, затверджених постановою Кабінету Міністрів України від 08 жовтня 1997 року № 1128 (зі змінами). А саме:

- вантажні автомобілі спеціального призначення з повною масою до 3,5 т комплектуються одним порошковим вогнегасником (закачного типу ВП-3(з) або з газом-витискувачем у балоні ВП-3) із зарядом вогнегасної речовини не менше 3 кг;
- вантажні автомобілі спеціального призначення з повною масою від 3,5 т, але не більше 12 т комплектуються одним порошковим

вогнегасником (закачного типу ВП-5(з) або з газом-витискувачем у балоні ВП-5) із зарядом вогнегасної речовини не менше 5 кг.

Згідно НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні» для запобігання виникнення пожежі заборонено зберігати паливо в скляній тарі та тарі з полімерних матеріалів, яка не призначена для цих цілей. Для зберігання палива дозволено використовувати металеві каністри, каністри з полімерних матеріалів, які призначені для зберігання нафтопродуктів і на яких нанесене відповідне маркування.

4.5 Заходи з цивільного захисту

Задачею єдиної системи цивільного захисту держави є втілення держполітики у сфері цивільного захисту. Склад системи, її режими функціонування та основні завдання наведено у Додатку Б.

Висновки до розділу Охорона праці і безпека у надзвичайних ситуаціях

У даному розділі магістерського проєкту на тему «Дослідження ефективності жорсткого режиму світлофорного регулювання на перехресті із велопереїздом Набережної вулиці та Запорізької вулиці у м. Запоріжжі» ми проаналізували потенційні небезпеки при проведенні робіт по встановленню світлофорного обладнання, розробили заходи по їх усуненню спираючись на нормативно-правові акти.

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

напруженості праці на робочому місці дослідника лабораторії обладнаної ПК належать до 3 класу, з ступеню (особливо важкі та особливо шкідливі умови праці) і тому їх потрібно привести до нормативних значень, які відповідають оптимальним параметрам для категорії Іб. У Додатку А надаємо чіткі пропозиції для поліпшення ситуації.

У разі, якщо з об'єктивних причин, запропоновані заходи неможливо виконати, варто забезпечити доплати до тарифної ставки (окладу) за особливо шкідливі та особливо важкі умови праці у розмірі 16%.

ВИСНОВКИ

Метою магістерської роботи було дослідити ефективність жорсткого режиму світлофорного регулювання на перехресті із велопереїздом Набережної вулиці та Запорізької вулиці у м. Запоріжжі.

Під час виконання магістерської роботи було виконано аналіз даних по ДТП на ділянці проєктування. Визначено роль велосипеда в житті міста. У дослідницькій частині проєкту було розраховано оптимальний режим регулювання на перехресті. В результаті отримали двофазну схему регулювання з тривалістю циклу – 70 с (3 аркуш графічної частини).

В економічній частині роботи ми провели розрахунок капітальних та експлуатаційних витрат і визначили економічний ефект від введення нового режиму світлофорного регулювання. Економія складає 1570789 грн.

В четвертому розділі ми визначили потенційні небезпеки при будівництві світлофорного об'єкта та розробили заходи по забезпеченню безпеки при виконанні цих робіт.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. ДБН В.2.3-5:2018 Вулиці та дороги населених пунктів [Електронний ресурс] // Державні будівельні норми України. – 2018. – Режим доступу: [http://kbu.org.ua/assets/app/documents/75\(1\).1.%20%D0%94%D0%91%D0%9D%20%D0%92.2.3-5-2018%20%D0%92%D0%A3%D0%9B%D0%98%D0%A6%D0%86%20%D0%A2%D0%90%20%D0%94%D0%9E%D0%A0%D0%9E%D0%93%D0%98.pdf](http://kbu.org.ua/assets/app/documents/75(1).1.%20%D0%94%D0%91%D0%9D%20%D0%92.2.3-5-2018%20%D0%92%D0%A3%D0%9B%D0%98%D0%A6%D0%86%20%D0%A2%D0%90%20%D0%94%D0%9E%D0%A0%D0%9E%D0%93%D0%98.pdf).
2. Geometrical and Functional Criteria as a Methodological Approach to Implement a New Cycle Path in an Existing Urban Road Network: A Case Study in Rome / Paola Di Mascio, Gaetano Fusco, Giorgio Grappasonni [та ін.]. // Sustainability. – 2018. – С. 1–19.
3. Григор'єв В. І. Дослідження обставин, факторів та причин, які впливають на виникнення дорожньо-транспортних пригод з вини водіїв транспортних засобів. Заходи профілактики та шляхи уникнення дорожньо-транспортних пригод / В. І. Григор'єв // Безпека дорожнього руху України. – 2005. – №1–2. – С. 43–50.
4. Статистика ДТП в Україні [Електронний ресурс] // Департамент патрульної поліції. – 2020. – Режим доступу: <http://patrol.police.gov.ua/statystyka/>.
5. ROAD SAFETY ANNUAL REPORT 2020 [Електронний ресурс] // International Transport Forum. – 2020. – Режим доступу: https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/irtad-road-safety-annual-report-2020_0.pdf.
6. Концепція розвитку велоінфраструктури міста Запоріжжя [Електронний ресурс]. – 2019. – Режим доступу: https://zp.gov.ua/upload/content/o_1dor68b4q13601avt1vhd1r7t1vrc36.pdf.
7. Сотнікова А. Аналіз причин пересування пішоходами велоспоромом [Електронний ресурс] / Анна Сотнікова // Національний університет «Львівська політехніка». – 2019. – Режим доступу:

http://ena.lp.edu.ua/bitstream/ntb/45825/2/2019_Sotnikova_A-Analysis_of_reasons_of_88-89.pdf

8. Giuseppe Cantisani. Safety Problems in Urban Cycling Mobility: A Quantitative Risk Analysis at Urban Intersections [Електронний ресурс] / Giuseppe Cantisani, Laura Moretti, Yessica De Andrade Barbosa // Safety. – 2019. – Режим доступу: <https://www.mdpi.com/2313-576X/5/1/6>.

9. Управління дорожнім рухом на регульованих перехрестях у містах [Електронний ресурс] : монографія / Є. Ю. Форнальчик, І. А. Могила, В. Е. Трушевський, В. В. Гілевич ; за заг. ред. Є. Ю. Форнальчика . — Львів : Вид-во Львів. політехніки, 2018 . — 236 с. — Режим доступу: <http://elib.chdту.edu.ua/e-books/4224>

10. ДСТУ 4092–2002 «Світлофори дорожні. Загальні технічні вимоги, правила застосовування та вимоги безпеки». – Введ. 2002–06–03. – К.: Держстандарт України, 2002. – 27 с.

11. Аксенов В. А. Экономическая эффективность рациональной организации дорожного движения. / Аксенов В. А., Попова Е. П., Дивочкин О. А.. – Москва: Транспорт, 1987. – 128 с.

12. ДСТУ 8749:2017 «Огородження та організація дорожнього руху в місцях проведення дорожніх робіт». - Державне підприємство «Державний дорожній науково-дослідний інститут імені М. П. Шульгіна» (ДП «ДерждорНДІ»). Уведено вперше. — Київ: УкрНДНЦ, 2019. — 37 с.

13. Про затвердження Правил охорони праці під час виконання робіт на висоті (НПАОП 0.00-1.15-07) [Електронний ресурс] // Держгірпромнагляд. – 2007. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0573-07#Text>.

14. Про затвердження Правил безпечної експлуатації електроустановок (НПАОП 40.1-1.01-97) [Електронний ресурс] // Державний комітет України по нагляду за охороною праці. – 2000. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0011-98#Text>.

15. Перелік важких робіт і робіт із шкідливими і небезпечними умовами праці, на яких забороняється застосування праці неповнолітніх (ДНАОП 0.03-

8.07-94) [Електронний ресурс] // МОЗ України. – 1994. – Режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0176-94#Text>.

16. Мінімальні вимоги безпеки і охорони здоров'я при використанні працівниками засобів індивідуального захисту на робочому місці (НПАОП 0.00-7.17-18) [Електронний ресурс] // Міністерство соціальної політики України. – 2018. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1494-18#Text>.

17. Правила безпечної роботи з інструментом та пристроями (НПАОП 0.00-1.30-01) [Електронний ресурс] // Міністерство енергетики та вугільної промисловості України. – 2013. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0327-14#Text>.

18. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень ДСН 3.3.6.042-99 [Електронний ресурс] // МОЗ України. – 1999. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va042282-99#Text>.

19. Про затвердження Правил пожежної безпеки в Україні (НАПБ А.01.001-2014) [Електронний ресурс] // МВС України. – 2014. – Режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0252-15#Text>.

20. Методичні вказівки до лабораторного заняття «Дослідження шкідливих та небезпечних факторів виробничого середовища, важкості і напруженості праці» з дисципліни «Цивільний захист і охорона праці в галузі» для студентів усіх спеціальностей та усіх форми навчання. Укл.: М. І. Лазуткін, М. О. Журавель - Запоріжжя: ЗНТУ. Каф. ОП і НС, 2018 р. – 44 с.

ДОДАТОК А

Оцінка рівня умов, важкості та напруженості праці за бальною шкалою

Таблиця А1 - Вихідні дані

Фактор (показник)	Фактичне значення	Час дії, год.
Умови праці:		
Мікроклімат за ТНС-індексом, t , °C	27	8
Освітленість приміщення E , лк	320	8
Розряд і підрозряд зорових робіт, Z_{op}	A-2	-
Рівень шуму L , дБА	85	5
Важкість праці:		
Загальні енергозатрати організму, Bm	300	7
Стереотипні робочі рухи (кількість за зміну), при локальному навантаженні (за участю м'язів кистей та пальців рук)	38000	6
Напруженість праці:		
Тривалість зосередження уваги (*в % від часу зміни)	76	7
Тривалість робочого дня, год.	8	8

Рішення

У відповідності до завдання, вносимо наявні фактори умов праці та виробничого середовища що впливають на працівника в процесі трудової діяльності їх фактичне значення та час дії, до стовпчиків 1, 2, 3, таблиці А2 «Результати оцінювання за бальною шкалою».

Таблиця А2 - Результати оцінювання за бальною шкалою

Фактор (показник)	Виміряні показники $P_{вим}$	Час дії, $год.(хв.)$	ГДК, ГДР показники, $P_{доп}$	$X_{визн}$, бали	Клас умов праці	X_i , бали
1	2	3	4	5	6	7
Мікроклімат за ТНС-індексом, $t, ^\circ C$	27	8	22,9-25,8	3	3,3	
Освітленість приміщення $E, лк$	320	8	400	-	3,1	
Розряд і підрозряд зорових робіт, $З_{ор}$	A-2	-	-	-	-	-
Рівень шуму $L, дБА$	85	5	50	-	3,1	
Загальні енергозатрати організму, Bt	300	7	290	0,91	3,2	2
Стереотипні робочі рухи (кількість за зміну), при локальному навантаженні (за участю м'язів кистей та пальців рук)	38000	6	40000	0,71		
Тривалість зосередження уваги (*в % від часу зміни)	76	7	75	0,89		
Тривалість робочого дня, $год.$	8	8	8	0,15		

Таблиця А3 - Визначення ступеня шкідливості мікроклімату за зміну

Критерії визначення ступеня шкідливості	Клас та ступінь шкідливості
до 0,1	2 клас (2)
від 0,1 до 1	3 клас, 1 ступінь (3.1)

Кінець табл. А3

Критерії визначення ступеня шкідливості	Клас та ступінь шкідливості
від 1,01 до 2	3 клас, 2 ступінь (3.2)
від 2,1 до 3	3 клас, 3 ступінь (3.3)
від 3,01 до 4	3 клас, 4 ступінь (3.4)

Таблиця А4 - Визначення класу і ступеня важкості та напруженості

Критерії визначення класу та ступеня	Клас та ступінь шкідливості
до 1	2 клас (2)
від 1 до 2 включно	3 клас, 1 ступінь (3.1)
від 2 до 3 включно	3 клас, 2 ступінь (3.2)
більше 3	3 клас, 3 ступінь (3.3)

Таблиця А5 - Розмір доплати в залежності від фактичного стану умов праці

На роботах	$X_{факт}$, бали	Розмір доплат в % до тарифної ставки (окладу)
З важкими та шкідливими умовами праці	до 2	4
	2,2-4	8
	4,1-6	12
З особливо важкими та особливо шкідливими умовами праці	6,1-8	16
	8,1-10	20
	понад 10	24

Відповідно до Додатка А [20], за витратами енергії, визначаємо категорію робіт для дослідника лабораторії обладнаної ПК. Умови праці, за

витратами енергії, не повинні перевищувати 175 Вт (121-150 ккал/год.) що відповідає легким фізичним роботам – категорії Іб.

З Додатків А-К [20], визначаємо граничнодопустимі концентрації виявлених факторів і показників, відповідно до вихідних даних після чого вносимо отримані значення до стовпчика 4, таблиці «Результати оцінювання за бальною шкалою».

Для окремих факторів і показників згідно вимог «Гігієнічною класифікацією праці», визначаємо розрахункові коефіцієнти $X_{визн}$ та вносять їх значення до стовпчика 5, таблиці А2 «Результати оцінювання за бальною шкалою».

Для гігієнічної оцінки мікроклімату використовуємо ТНС індекс, Додаток Б [20]. Розрахунковий коефіцієнт $X_{визн}$ при оцінці мікроклімату визначаємо в балах, за формулою 1 [20]:

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

де t_1, t_2, t_3, t_4 – час дії фактора на відповідному ступені 3 класу, год.;

T - тривалість робочої зміни, год.;

1, 2, 3, 4 - ступені 3 класу (шкідливі умови праці).

$$X_{визн} = \frac{3 \cdot 8}{8} = 3.$$

Для показників важкості та напруженості праці розрахункові коефіцієнти визначаються за основними та допоміжними показниками, що є характерними для конкретного робочого місця, за формулою 2 [20]:

$$X_{визн} = \frac{P_{вим} \cdot T \cdot K_{знач}}{8 \cdot P_{дон}}, \quad (2)$$

де $P_{вим}$ – виміряні показники важкості та напруженості праці;
 T – час дії показника важкості та напруженості праці;
 $K_{знач}$ – коефіцієнт значимості показника, для основних показників
 $K_{знач} = 1,0$, для допоміжних $K_{знач} = 0,15$;
 8 – тривалість робочої зміни, год.;
 $P_{доп}$ – допустимі рівні показників важкості та напруженості праці;

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

$$X_{визн} = \frac{300 \cdot 7 \cdot 1}{8 \cdot 290} = 0,91.$$

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

$$X_{визн} = \frac{38000 \cdot 6 \cdot 1}{8 \cdot 40000} = 0,71.$$

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

$$X_{визн} = \frac{76 \cdot 7 \cdot 1}{8 \cdot 75} = 0,89.$$

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

$$X_{визн} = \frac{8 \cdot 8 \cdot 0,15}{8 \cdot 8} = 0,15.$$

Визначаємо клас та ступінь шкідливості умов праці для кожного з виявлених факторів і показників та вносимо їх значення до стовпчика 6, таблиці А2 «Результати оцінювання за бальною шкалою».

Для мікроклімату, відповідно до значення розрахункового коефіцієнта $X_{визн} = 3$, з таблиці А3 – 3 клас, 3 ступінь (3.3).

При оцінці освітленості робочої зони приміщення, клас та ступінь шкідливості умов праці визначаємо у відповідності до $П_{вим} = 320$ лк, за Додатком Г та табл. Г.1 [20] – 3 клас, 1 ступінь (3.1).

Для гігієнічної оцінки рівня шуму, клас та ступінь шкідливості умов праці визначаємо у відповідності до виміряного значення рівня шуму $П_{вим} = 85$ дБА, за Додатком Д та табл. Д.1 [20] – 3 клас, 1 ступінь (3.1).

Клас і ступінь важкості та напруженості праці визначаємо як суму розрахованих балів усіх показників $X_{визн}$ за формулою 3 [20]:

$$X_{сум} = \sum_{\epsilon=1}^n X_{\epsilon}, \quad (3)$$

де $\sum_{\epsilon=1}^n X_{\epsilon}$ - сума розрахованих балів $X_{визн}$ основних та допоміжних показників.

$$X_{сум} = 0,91 + 0,71 + 0,89 + 0,15 = 2,66.$$

З таблиці А4 за значенням суми розрахованих балів показників $X_{сум} = 2,66$ – 3 клас, 2 ступінь (3.2).

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

Оскільки при гігієнічній оцінці виявлена наявність шкідливих та особливо шкідливих, важких та особливо важких умов праці, проводимо

дослідження фактичного стану умов праці, з метою визначення розмірів доплат за ступені шкідливості факторів виробничого середовища та показників важкості та напруженості праці за бальною шкалою, та вносимо їх значення до стовпчика 7, таблиці А2 «Результати оцінювання за бальною шкалою».

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

При оцінці впливу освітленості, виходимо з того що вона відповідає 3 класу, 1 ступеню умов праці та діє протягом 8 годин, тому коректування не потрібно $X_{cm} = X_i = 1$.

Для оцінки впливу шуму, виходимо з того, що його рівень відповідає 3 класу, 1 ступеню умов праці та діє протягом 5 годин, тому значення X_i визначаємо по формулі 4 [20]:

$$X_i = X_{cm} \cdot \frac{T}{8}, \quad (4)$$

де X_{cm} – бальна оцінка за ступень шкідливості фактора, 1, 2, 3 бали;

T – час дії даного фактора протягом робочого дня, год.;

8 – тривалість робочої зміни, год.;

відношення $T/8 = 1$ – якщо час дії фактора складає більш 90% робочої зміни (робочого часу).

$$X_i = 1 \cdot \frac{5}{8} = 0,63.$$

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

Для визначення конкретного розміру доплати, умови праці оцінюємо по сумі значень X_i , по формулі 5 [20]:

$$X_{\text{факт}} = \sum_{i=1}^n X_i, \quad (5)$$

де $\sum_{i=1}^n X_i$ - сума, скоректованих з урахуванням часу дії, балів X_i .

$$X_{\text{факт}} = 3 + 1 + 0,63 + 2 = 6,63.$$

Розмір доплати за умовами праці визначаємо в залежності від їх фактичного стану – $X_{\text{факт}} = 6,63$, на підставі Типового положення «Про оцінку умов праці на робочих місцях і порядок застосування галузевих переліків робіт, на яких можуть установлюватися доплати робітникам за умови праці», з таблиці А5. Розмір доплати до тарифної ставки (окладу) – 16%.

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

- а) умови, важкості та напруженості праці на робочому місці дослідника лабораторії, згідно результатів досліджень, належать до 3 класу, 3 ступеню (особливо важкі та особливо шкідливі умови праці), що не відповідає вимогам Державних санітарних норм та правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу» до даного робочого місця;
- б) відповідно до класифікації умови, важкість та напруженість праці на робочому місці дослідника лабораторії обладнаної ПК належать до категорії Іб, тому необхідно привести ці умови у відповідність до

нормативних значень, які відповідають оптимальним параметрам для категорії Іб, а саме:

- 1) умови мікроклімату, за ТНС-індексом – 20,2-22,8°C;
 - 2) нормована загальна освітленість приміщення обладнаного дисплеями й відеотерміналами, що відповідає розряду зорових робіт А-2 – $E = 400$ лк;
 - 3) рівень шуму – 50 дБА;
 - 4) загальні енергозатрати організму, до 175 Вт;
 - 5) робочі рухи за участю м'язів кистей та пальців рук (кількість за зміну), до 20000;
 - 6) тривалість зосередженості (в % від часу зміни), до 50%;
 - 7) тривалість робочої зміни, 6 або 7 год;
- в) для приведення умов, важкості та напруженості праці до вищезазначених показників необхідно передбачити комплекс заходів, які забезпечать нормалізацію умов праці, наприклад:
- 1) для мікрокліматичних умов - забезпечення приміщення припливно-витяжною механічною вентиляцією та кондиціонером;
 - 2) для забезпечення нормованої освітленості приміщення – підбір правильної потужності освітлювальних ламп, їх кількості та розміщення;
 - 3) для зниження рівня шуму в робочій зоні – заміна матричних принтерів на лазерні;
 - 4) для зменшення загальних енергозатрат організму - скоротити тривалість робочого зміни до 6 - 7 год;
 - 5) для зменшення напруженості праці від робочих рухів за участю м'язів кистей та пальців рук - запланувати перерви в роботі кожні 1-2 год, тривалістю не менше ніж 15 хв.;

- б) для зменшення тривалості зосередженості – передбачити додаткові перерви під час роботи та скоротити тривалість робочої зміни;
- г) якщо, за вагомих причин, виконати вказані заходи немає можливості то потрібно забезпечити доплати до тарифної ставки або окладу за особливо шкідливі та особливо важкі умови праці, у розмірі 16%, згідно табл. А5.

ДОДАТОК Б

Склад системи цивільного захисту держави, її режими функціонування та основні завдання

Єдина система цивільного захисту держави складається з функціональних і територіальних підсистем та їх ланок.

Основні завдання єдиної системи цивільного захисту держави:

- забезпечення готовності міністерств та інших центральних та місцевих органів виконавчої влади, органів місцевого самоврядування, підпорядкованих їм сил і засобів до дій, спрямованих на запобігання і реагування на надзвичайні ситуації;
- забезпечення реалізації заходів щодо запобігання виникненню надзвичайних ситуацій;
- навчання населення щодо поведінки та дій у разі виникнення надзвичайної ситуації;
- виконання державних цільових програм, спрямованих на запобігання надзвичайним ситуаціям, забезпечення сталого функціонування підприємств, установ та організацій, зменшення можливих матеріальних втрат;
- опрацювання інформації про надзвичайні ситуації, видання інформаційних матеріалів з питань захисту населення і територій від наслідків надзвичайних ситуацій;
- прогнозування і оцінка соціально-економічних наслідків надзвичайних ситуацій, визначення на основі прогнозу потреби в силах, засобах, матеріальних та фінансових ресурсах;
- створення, раціональне збереження і використання резерву матеріальних та фінансових ресурсів, необхідних для запобігання і реагування на надзвичайні ситуації;

- оповіщення населення про загрозу та виникнення надзвичайних ситуацій, своєчасне та достовірне інформування про фактичну обстановку і вжиті заходи;
- захист населення у разі виникнення надзвичайних ситуацій;
- проведення рятувальних та інших невідкладних робіт щодо ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, організація життєзабезпечення постраждалого населення;
- пом'якшення можливих наслідків надзвичайних ситуацій у разі їх виникнення;
- здійснення заходів щодо соціального захисту постраждалого населення;
- реалізація визначених законом прав у сфері захисту населення від наслідків надзвичайних ситуацій, в тому числі осіб (чи їх сімей), що брали безпосередню участь у ліквідації цих ситуацій;
- інші завдання, визначені законом.

Єдина система цивільного захисту держави залежно від масштабів і особливостей надзвичайної ситуації, що прогнозується або виникла, може функціонувати в наступних режимах:

- повсякденного функціонування;
- підвищеної готовності;
- надзвичайної ситуації;
- надзвичайного стану.

Режим повсякденного функціонування – встановлюється за умов нормальної виробничо-промислової, радіаційної, хімічної, сейсмічної, гідрогеологічної, гідрометеорологічної, техногенної та пожежної обстановки та за відсутності епідемій, епізоотій, епіфітотій.

Режим підвищеної готовності – встановлюється тимчасово, у разі загрози виникнення надзвичайної ситуації, у повному обсязі або частково для окремих територіальних підсистем (ОТП) єдиної системи цивільного захисту

держави за рішенням відповідно Кабінету Міністрів України, Ради міністрів Автономної Республіки Крим, обласних, Київської чи Севастопольської міських державних адміністрацій.

Режим надзвичайної ситуації – встановлюється тимчасово, у разі виникнення надзвичайної ситуації, у повному обов'язі або частково для ОТП єдиної системи цивільного захисту держави за рішенням відповідно Кабінету Міністрів України, Ради міністрів Автономної Республіки Крим, обласних, Київської чи Севастопольської міських державних адміністрацій.

Режим надзвичайного стану – встановлюється тимчасово, у повному обов'язі або частково, у межах території, на якій введено правовий режим надзвичайного стану для ОТП єдиної системи цивільного захисту держави відповідно до Закону України «Про правовий режим надзвичайного стану».