

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 УДОСКОНАЛЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ РУХУ АВТОМОБІЛЬНОГО
ТРАНСПОРТУ НА ПЕРЕ-ХРЕСТІ ПРОСПЕКТУ МОТОРОБУДІВНИКІВ ТА
ВУЛИЦІ ГЕРОЇВ 55-Ї БРИГАДИ МІСТА ЗАПОРІЖЖЯ

Виконав: студент II курсу, групи T-311м

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

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

 Анатолій ДАВИДЕНКО
(прізвище та ініціали)

 Керівник Вячеслав ТРУШЕВСЬКИЙ
(прізвище та ініціали)

 Рецензент Олександр АРТЮХ
(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
 «10» _____ 2022 року

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

Давиденка Анатолія Вікторовича

 (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Удосконалення організації руху автомобільного транспорту на перехресті проспекту Моторобудівників та вулиці Героїв 55-ї бригади міста Запоріжжя

керівник проєкту (роботи) Трушевський Вячеслав Едуардович,

 канд.техн.наук, доцент

затверджені наказом закладу вищої освіти від «31» жовтня 2022 р. №352

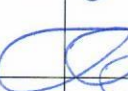
2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 01.12.2022 р.

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

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналітична частина. 2. Основна частина. 2.1 Розширення проїзної частини вулиці Героїв 55-ї бригади. 2.2 Реконструкція переїзду трамвайної колії на перехресті. 2.3 Заходи щодо запобігання безладному руху пішоходів. 2.4 Розробка режимів експлуатації світлофорних об'єктів. 2.5 Організація дорожнього руху на перехресті проспекту Моторобудівників та вулиці Героїв 55-ї бригади. 3. Економічна частина. 4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

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

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

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

7. Дата видачі завдання «10» жовтня 2022 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Аналітична частина	24.10-07.11.2022	
2	Основна частина	07.11-27.11.2022	
3	Економічна частина	28.12-05.12.2022	
4	Охорона праці	05.12-10.12.2022	
5	Оформлення МР	10.12.-13.12.2022	
6	Перевірка МР на плагіат	12.12.-18.12.2022	
7	Отримання зовнішніх рецензій	12.12.-16.12.2022	
8	Захист магістерських робіт	19.12.-23.12.2022	

Студент(ка)


(підпис)

Анатолій ДАВИДЕНКО
(прізвище та ініціали)

Керівник проєкту (роботи)


(підпис)

Вячеслав ТРУШЕВСЬКИЙ
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 81 с., 20 табл., 25 рис., 11 джерел, 4 додатки.

АВТОМОБІЛЬНА ДОРОГА, БЕЗПЕКА РУХУ, ДОРОЖНІ ЗНАКИ, ДОРОЖНІЙ РУХ, ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНА ПРИГОДА, ДОРОЖНЯ РОЗМІТКА, ЗАТРИМКИ РУХУ, ІНТЕНСИВНІСТЬ РУХУ, ОСНОВНІ ТАКТИ, ПЕРЕХРЕСТЯ, ПІШОХІДНИЙ ПЕРЕХІД, СВІТЛОФОР, ТРАНСПОРТНИЙ ПОТІК, ЦИКЛ РЕГУЛЮВАННЯ

Об'єкт дослідження: мережа автомобільних доріг міста Запоріжжя в Шевченківському районі.

Мета роботи: підвищення безпеки руху автомобільного транспорту на перехресті проспекту Моторобудівників та вулиці Героїв 55-ї бригади.

Метод дослідження: аналітичний.

Під час виконання магістерської роботи досліджено дорожні умови, спостережено та проаналізовано характеристики транспортних потоків та потоків пішоходів та зібрано статистичний матеріал про дорожньо-транспортні пригоди, а також виконаний аналіз аварійності на ділянці вулично-дорожній мережі, яка є об'єктом дослідження.

Запропоновано виконання реконструкції перехрестя проспекту Моторобудівників та вулиці Героїв 55-ї бригади. Розглянуті можливі заходи для підвищення безпеки руху на ділянці. Виконані розрахунки трьох режимів роботи світлофорного об'єкту на перехресті.

Виконано економічне обґрунтування для обраних та розглянутих заходів підвищення безпеки руху.

ЗМІСТ

	с.
Завдання на магістерську роботу.....	2
Реферат.....	4
Вступ.....	7
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА.....	8
1.1 Загальна характеристика транспортного вузла міста Запоріжжя.....	8
1.2 Загальна характеристика ділянки дослідження.....	11
1.3 Характеристики транспортного та пішохідного потоків.....	13
1.3.1 Інтенсивність і склад транспортного потоку.....	13
1.3.2 Аналіз швидкості руху транспортних потоків.....	16
1.3.3 Характеристика пішохідного потоку.....	20
1.4 Визначення пропускної здатності перехрестя.....	20
1.5 Статистика та аналіз дорожньо-транспортних пригод.....	24
1.6 Існуюча схема організації дорожнього руху на перехресті.....	27
1.7 Визначення наявних недоліків та формування завдань на магістерську роботу.....	29
2 ОСНОВНА ЧАСТИНА.....	31
2.1 Розширення проїзної частини вулиці Героїв 55-ї бригади	31
2.1.1 Розрахунок необхідної ширини проїзної частини	31
2.1.2 Розрахунок ширини проїжджої частини дороги.....	34
2.1.3 Визначення параметрів розширення проїжджої частини дороги.....	35
2.2 Реконструкція переїзду трамвайної колії на перехресті	35
2.3 Заходи щодо запобігання безладному руху пішоходів	37
2.4 Розробка режимів експлуатації світлофорних об'єктів	38
2.4.1 Аналіз схем поділу фаз	38
2.4.2 Розрахунок елементів світлофорного циклу.....	40

2.5 Організація дорожнього руху на перехресті проспекту Моторобудівників та вулиці Героїв 55-ї бригади	47
2.5.1 Організація дорожнього руху з використанням дорожніх знаків	47
2.5.2 Організація дорожнього руху з використанням дорожньої розмітки	48
3. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	50
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	60
Висновки.....	64
Перелік джерел посилення.....	65
ДОДАТОК А.....	67
ДОДАТОК Б.....	69
ДОДАТОК В.....	71
ДОДАТОК Г.....	78

ВСТУП

Для населених пунктів велике значення мають існуючі проблеми вдосконалення системи організації транспортного руху вулицями й дорогами. Розвиток інфраструктури великих міст, зростання інтенсивності та щільності транспортних потоків робить цю проблему однією з найважливіших, бо від цього фактично залежить загальне ефективне функціонування цього населеного пункту, і, врешті-решт, здоров'я та життя людей у ньому.

Зростання автомобільного парку та обсягів руху призводить до постійного підвищення інтенсивності руху, а це, в свою чергу, стає причиною виникнення транспортної проблеми в умовах міст з історичним розвитком. Перш за все це стосується так званих вузлових точок на дорожній мережі населених пунктів. Саме тут виникають затори, утворюються черги, що спричиняє зниження швидкості руху транспортних потоків, з'являються необґрунтовані витрати палива та зношення деталей і агрегатів автомобіля. Зміна режиму руху, постійні багаторазові зупинки транспортних засобів в потоці, підвищення щільності цих потоків стають тою причиною, яка викликає зростання забруднення навколишнього середовища в населеному пункті шкідливими викидами автомобільних двигунів. Водночас зростає кількість дорожньо-транспортних пригод, у яких гинуть і травмуються дуже багато людей, пошкоджується та виходить з ладу обладнання та дорожні споруди. Не є винятком і місто Запоріжжя.

Об'єктом магістерської роботи було обране перехрестя проспекту Моторобудівників та вулиці Героїв 55-ї бригади, що знаходиться в Шевченківському районі нашого міста. Підвищення безпеки дорожнього руху на ньому є основним питанням, яке розглядається в даній роботі.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Загальна характеристика транспортного вузла міста Запоріжжя

Запоріжжя є обласним центром Запорізької області. Місто розташоване в південній степовій частині Східної України на обох берегах Дніпра. Місто є потужним індустріальним центром на півдні країни. На початок 2018 року кількість населення міста Запоріжжя сягала 745 000 мешканців [1].

Площа території міста Запоріжжя становить 331 км². Водна поверхня складає 13 % цієї території. Промисловість міста розташована на кількох розділених майданчиках і складає 24 % від загальної території. 18 % території використовується сільським господарством, а решта – 45 % - це різноповерхова житлова забудова [1].

Місто Запоріжжя за своїм адміністративним поділом має сім районів, в тому числі й Шевченківський, в якому саме й розташований об'єкт дослідження магістерської роботи.

Промисловість міста Запоріжжя дуже різноманітна і представлена підприємствами машинобудівної, металургійної, енергетичної та інших галузей. Майже 300 підприємств функціонують в місті [1].

Для забезпечення комфортного мешкання жителів та нормального функціонування такої значної і потужної промисловості потрібен відповідний транспортний розвиток.

Вулично-дорожня мережа Запоріжжя є розвиненою та різноманітною. На території міста розташовано понад 1300 проспектів, площ та вулиць. Головною транспортною артерією міста є проспект Соборний, який простягнувся повздовж Дніпра майже на 11 км і перетинає чотири міські райони [1].

Запоріжжя має розвинену транспорту інфраструктура, до складу якої входять чотири основні види транспорту: автомобільний, залізничний, водний та повітряний. Також до особливостей дорожнього розвитку міста слід

віднести наявність кількох мостових переходів через Дніпро, що надає транспортній інфраструктурі стратегічного значення.

Через місто прямують кілька значних автомобільних доріг, а саме: дорога європейського значення E105; міжнародна траса M14; автомобільні шляхи національного значення H08, H15, H23. Автомобільні пасажирські перевезення приміського та міжміського сполучень забезпечуються центральним автовокзалом та трьома автостанціями [1].

Залізничний розвиток на території Запоріжжя належить до Придніпровської залізниці. В місті функціонують два пасажирські залізничні вокзали. На міській території розташовано кілька різних за призначенням та потужністю залізничних станцій, які забезпечують вантажний рух, поєднуючи промислові підприємства міста із системою зовнішніх залізничних шляхів.

Водний транспорт виконує пасажирські та вантажні перевезення, використовуючи ріку Дніпро. В місті функціонують річковий порт та річковий вокзал.

Міжнародний запорізький аеропорт забезпечує авіаційні сполучення, як пасажирські так і вантажні.

Шевченківський район є найбільшим районом міста Запоріжжя як за площею (98 км²), так і за кількістю населення (155 000 осіб). Вулично-дорожня мережа району складається з 528 вулиць та провулків [1].

На території району здебільшого розташована житлова забудова, але є й декілька потужних промислових підприємств, основними з яких є ПАТ «Мотор Січ», ПрАТ «Запорізький абразивний комбінат», КП «Іскра».

Площа зеленої зони Шевченківського району становить 562802 м² [1].

Головні автомобільні вулиці та дороги Шевченківського району:

- проспект Мотобудівників;
- вулиця Чарівна;
- вулиця Ігоря Сікорського;
- вулиця Магістральна;

- вулиця Героїв 55-ї бригади;
- вулиця Стефанова;
- вулиця Іванова;
- вулиця Кругова;
- вулиця Олексія Поради;
- вулиця Авраменка;
- вулиця Карпенка-Карого;
- вулиця Бочарова;
- вулиця Брюллова.

Життєдіяльність міста, робота підприємств та об'єктів, що складають транспортний рух, суттєво впливають на нерівномірність руху транспорту по вулично-дорожній мережі, що створює сильні коливання транспортного потоку. Тому важливо надати ключові точки тяжіння транспортних та пішохідних потоків.

До головних точок тяжіння транспортних та пішохідних потоків Шевченківського району відносяться:

- КП «Іскра»;
- ЗМКБ «Прогрес»;
- ПАТ «Мотор Січ»;
- супермаркети;
- ринок;
- торгівельні центри.

Густота вулично-дорожньої мережі Шевченківського району, яка показує розвиток мережі магістральних вулиць району та визначає площу забудови району у відношенні до загальної протяжності магістральних вулиць, становить 3,16 км/км². Це більше оптимального значення щільності забудови, яке становить 2,2-2,4 км/км². Останнє підтверджує той факт, що Шевченківський район має добре розвинену магістральну вуличну мережу.

1.2 Загальна характеристика ділянки дослідження

Об'єктом дослідження магістерської роботи є ділянка вулично-дорожньої мережі Шевченківського району – перехрестя проспекту Моторобудівників та вулиці Героїв 55-ї бригади.

На рисунку 1.1 та на слайді 2 наведений вигляд об'єкту дослідження із супутника.



Рисунок 1.1 – Перехрестя проспекту Моторобудівників та вулиці Героїв 55-ї бригади

На рисунку 1.2 та на слайді 3 наведене розташування цього перехрестя у прив'язці до вулично-дорожньої мережі району.

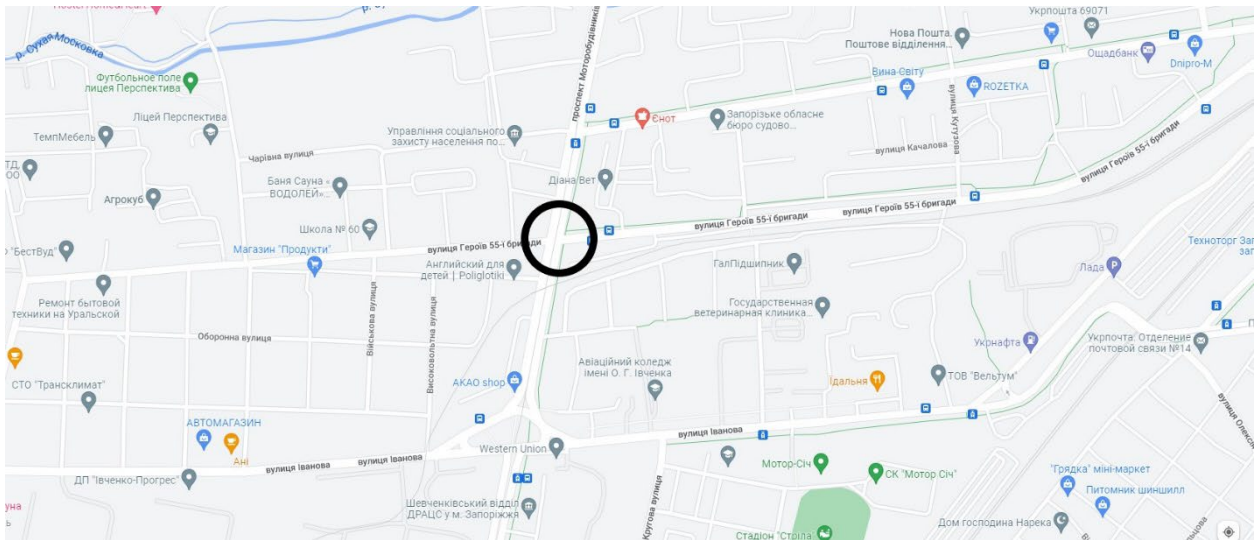


Рисунок 1.2 – Розташування перехрестя на вулично-дорожній мережі району

І проспект Моторобудівників і вулиця Героїв 55-ї бригади - це вулиці міського значення. Це пов'язано з їх використанням для часткового маршруту руху транспорту з донецького напрямку на інший берег Дніпра. Транспортне навантаження цих вулиць нерівномірне по її протяжності.

Частина вулиці Героїв 55-ї бригади з боку військової частини має значно менші геометричні розміри проїжджої частини по ширині і відповідно не використовується основними транспортними потоками. Розширення неможливе з причини щільної забудови.

Що стосується типів трафіку на перехресті, то обмежень за цим показником немає. Через перехрестя проходить приватний, державний, вантажний, а також міський пасажирський транспорт, зокрема автобуси, маршрутки та трамваї.

Дорожнє покриття в задовільному стані. Тротуари уздовж вулиць частково відсутні.

Особливістю розглянутої ділянки вулично-дорожньої мережі є те, що через неї проходить значна частина всього автомобільного транспорту, який рухається з Шевченківського району до центру міста та інших районів і у зворотному напрямку. Це пов'язано з невеликою кількістю зручних маршрутів, які з'єднують 1, 2 та 3 Шевченківські райони з рештою міста.

Відтак рух транспорту в районі досить інтенсивний та значний практично протягом усього дня.

1.3 Характеристики транспортного та пішохідного потоків

1.3.1 Інтенсивність і склад транспортного потоку

На досліджуваній території було проведено спостереження транспортних потоків. Під час цього спостереження були визначені піковий та міжпіковий період руху транспорту. Дослідження показали наявність двох пікових періодів руху на перехресті (7:30 - 8:30 ранку, 16:30 - 17:30 вечора). Для цих періодів були проведені дослідження інтенсивності руху транспортних потоків. Також інтенсивність транспортних потоків була розрахована для міжпікового періоду з 13:00 до 14:00. Дослідження виконувались у будній день тижня.

Зібрану інформацію щодо інтенсивності руху використано для приведення до параметрів середнього легкового автомобіля за визначенням [2]:

$$N_{np} = \sum N_i \cdot K_i \quad (1.1)$$

де N_i – інтенсивність i -тої групи автомобілів в потоці;

K_i – коефіцієнт приведення для i -тої групи автомобілів в потоці.

На рисунках 1.3-1.5 та на слайдах 4-6 показана приведена інтенсивність транспортного потоку в періоди доби, які описані вище.

Як бачимо з рисунків 1.3-1.5, у ранкові пікові години більше транспорту рухається з Шевченківського району до центру міста, а у вечірні пікові години навпаки – з центру міста до основної забудови району.

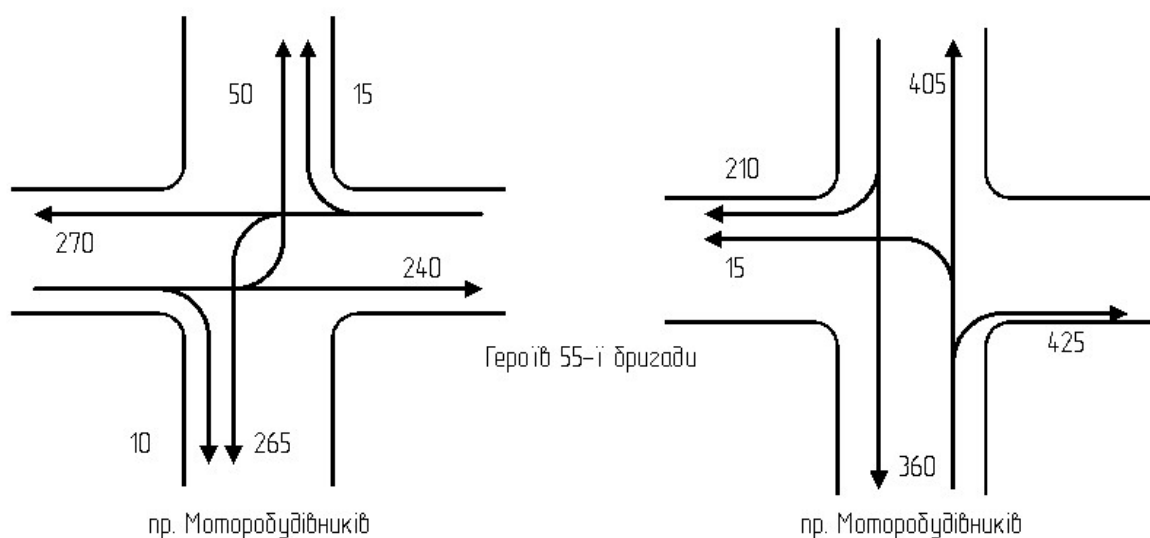


Рисунок 1.3 - Інтенсивність руху на перехресті проспект Моторобудівників – вулиця Героїв 55-ї бригади вранці

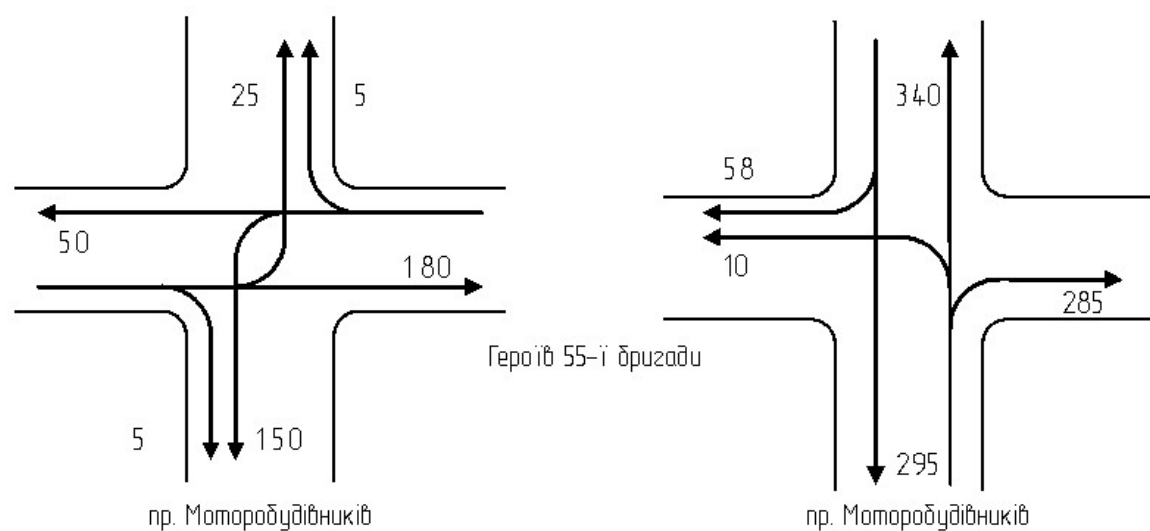


Рисунок 1.4 - Інтенсивність руху на перехресті проспект Моторобудівників – вулиця Героїв 55-ї бригади в міжпікові години

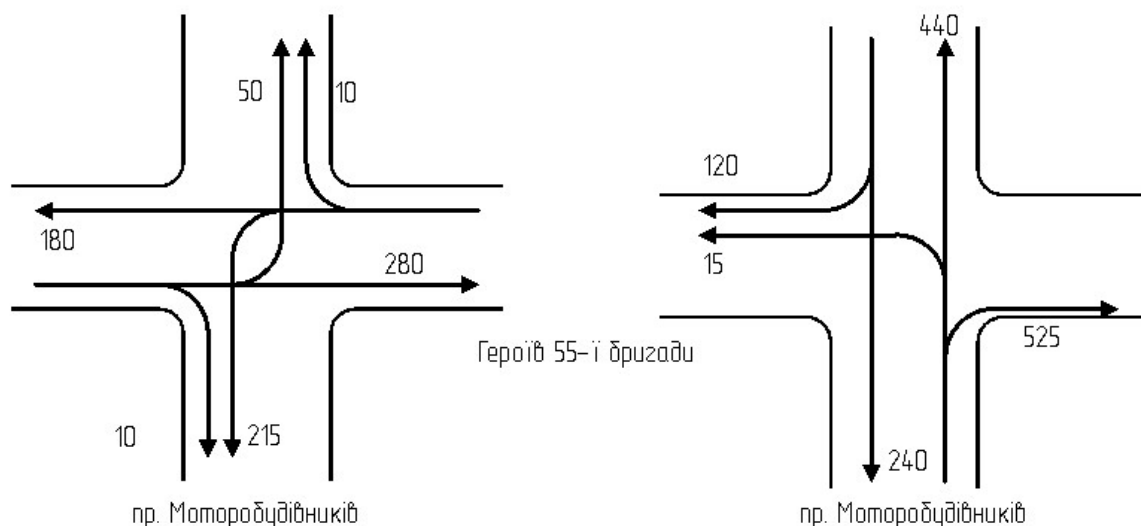


Рисунок 1.5 - Інтенсивність руху на перехресті проспект Моторобудівників – вулиця Героїв 55-ї бригади ввечері

Зібрано дані про склад транспортних потоків. На рисунку 1.6 та на слайді 7 наведені дані щодо складу транспортного потоку на перехресті проспект Моторобудівників – вулиця Героїв 55-ї бригади. Як бачимо з цього рисунку, в транспортному потоці переважають легкові автомобілі. Їх частка становить 70% від загальної кількості автомобілів.

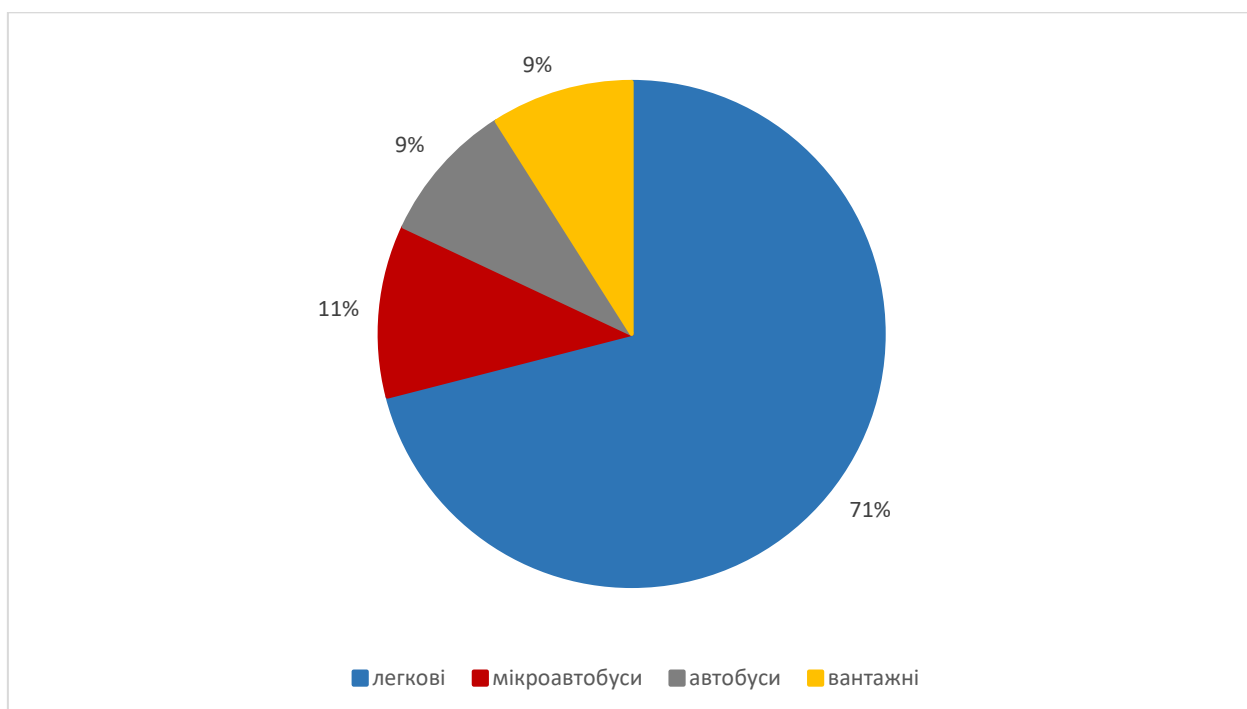


Рисунок 1.6 – Структура складу транспортного потоку

Слід зазначити, що таке співвідношення складу транспортного потоку характерне лише для пікових годин. У міжпікові години частка легкових автомобілів падає до 45-50 % від загальної кількості. Це пов'язано зі зниженням загальної інтенсивності руху та практично незмінною кількістю міського пасажирського транспорту в потоці.

1.3.2 Аналіз швидкості руху транспортних потоків

Швидкість руху визначається за допомогою спеціального прибору. Це портативний вимірювач швидкості «ІСКРА-1, технічні характеристики якого наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики вимірювача швидкості «ІСКРА-1» [3]

№	Показник	Значення
1	Частота в робочому режимі, ГГц	24,15 (К-діапазон)
2	Робоча дальність спостереження, м	500
3	Діапазон вимірювань, км/год	від 30 до 220
4	Погрішність вимірювань, км/год	± 2
5	Час виконання вимірювання, с	1
6	Дискретність шкали вимірювання, км/год	1
7	Межа перевищення швидкості для виділення найшвидшої цілі в потоці, км/год	4
8	Тривалість безперервних вимірювань, год	16
9	Потужність в робочому режимі, Вт	8
10	Маса (без акумулятора), кг	0,9
11	Межі температурних відхилень, °C	-50 / +55

Обробка результатів вимірювань швидкості по вулиці Героїв 55-ї бригади на ділянці перед перехрестям з проспектом Моторобудівників наведені у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 - Розподіл швидкості руху

Інтервали швидкостей руху	Середина інтервалу V_i	Кількість значень m_i	Частість $f_i = \frac{m_i}{\sum m_i}$	Накопичена частість $F(V)$
10-15	12,5	44	0,051643	0,051643
15-20	17,5	76	0,089202	0,140845
20-25	22,5	101	0,118545	0,25939
25-30	27,5	150	0,176056	0,435446
30-35	32,5	174	0,204225	0,639671
35-40	37,5	132	0,15493	0,794601
40-45	42,5	101	0,118545	0,913146
45-50	47,5	55	0,064554	0,9777
50-55	52,5	19	0,0223	1

Значення середньої швидкості руху транспортного потоку в цьому напрямку складає 31,4 км/год за даними таблиці 1.2.

Результати вимірювань швидкості по проспекту Моторобудівників на ділянці між перехрестям з вулицею Героїв 55-ї бригади та перехрестям з вулицею Чарівною наведені у таблиці 1.3. Значення середньої швидкості руху за даними таблиці 1.3 склала 37,1 км/год.

Обробка даних про режими руху на перехресті проспекту Моторобудівників та вулиці Героїв 55-ї бригади наведена на рисунках 1.7 та 1.8 і на слайдах 8 та 9.

При аналізі статистичних даних миттєвої швидкості виділяють 15, 50, 85 і 95% довірчі швидкості. Ця швидкість отримана шляхом аналізу кумулятивних кривих.

Під безпечною швидкістю 15 % розуміється швидкість, з якою рухається найповільніша частина транспортного потоку, що є причиною ДТП через виконання обгонів.

Таблиця 1.3 - Розподіл швидкості руху

Інтервали швидкостей руху	Середина інтервалу V_i	Кількість значень m_i	Частість $f_i = \frac{m_i}{\sum m_i}$	Накопичена частість $F(V)$
10-15	12,5	32	0,040921	0,040921
15-20	17,5	45	0,057545	0,098465
20-25	22,5	65	0,08312	0,181586
25-30	27,5	71	0,090793	0,272379
30-35	32,5	93	0,118926	0,391304
35-40	37,5	110	0,140665	0,531969
40-45	42,5	125	0,159847	0,691816
45-50	47,5	134	0,171355	0,863171
50-55	52,5	107	0,136829	1

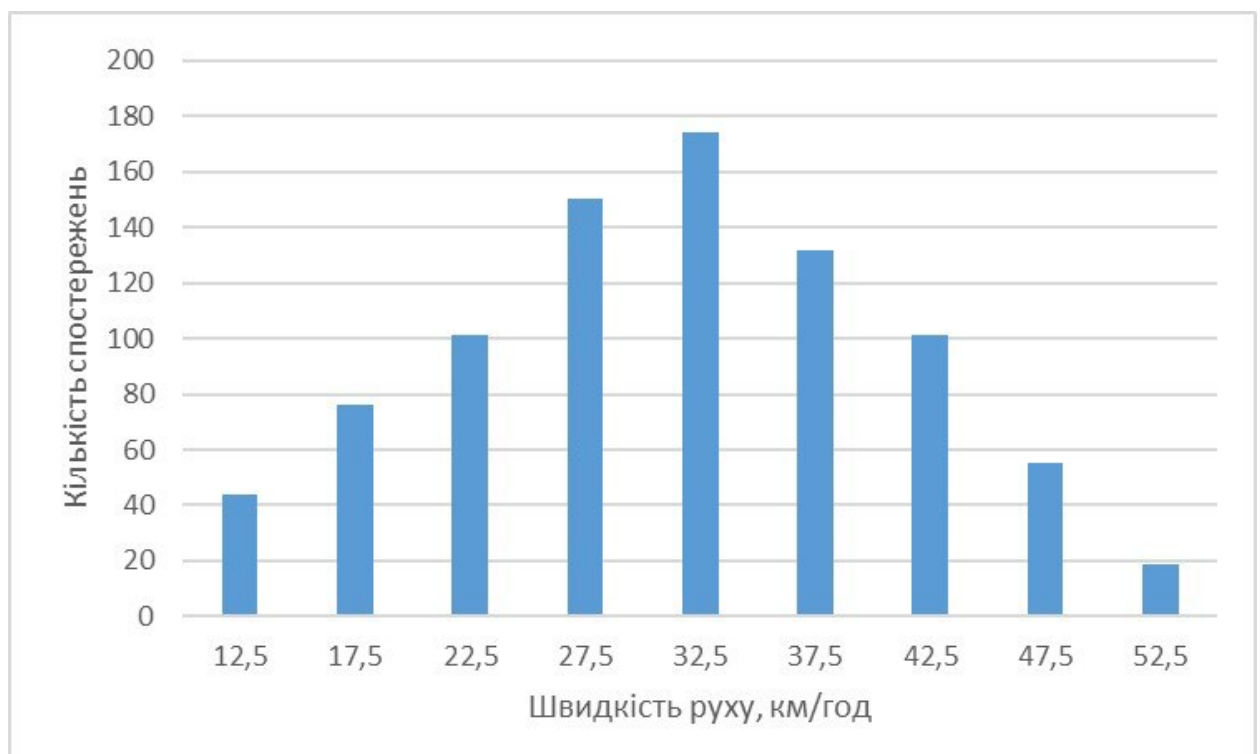


Рисунок 1.7 – Розподіл швидкостей руху на підході до перехрестя по вулиці Героїв 55-ї бригади

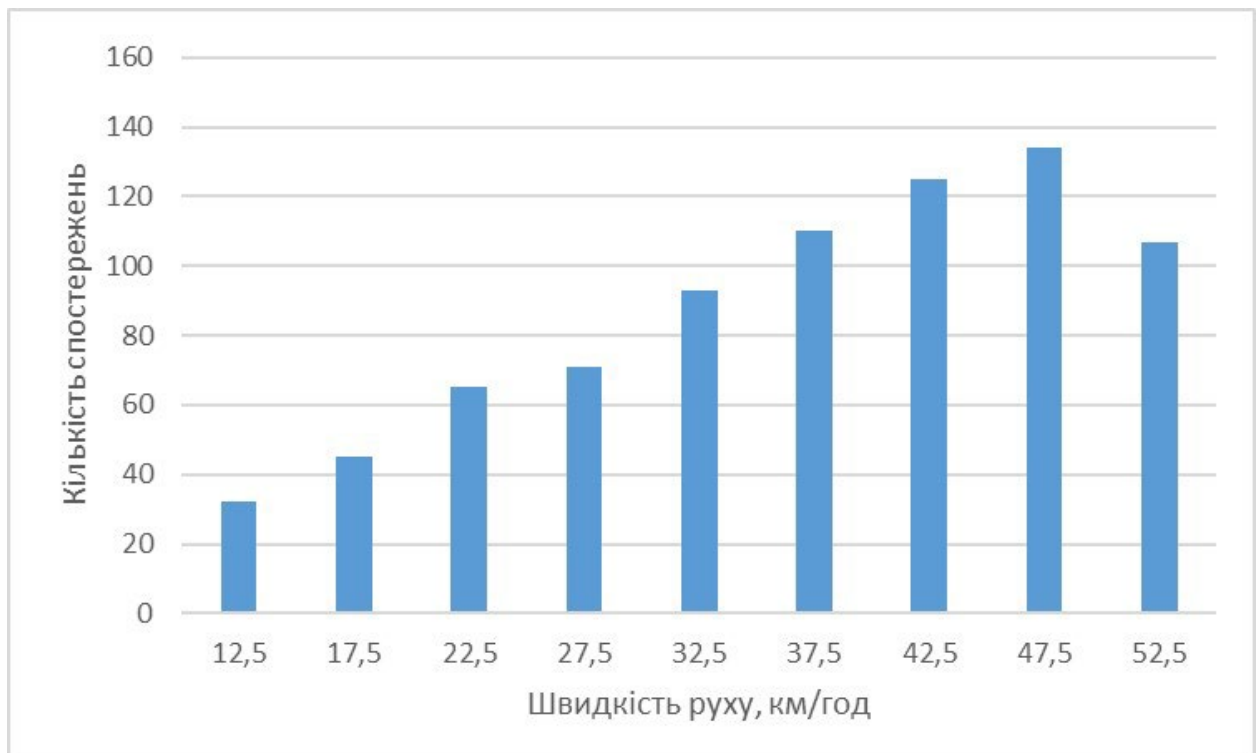


Рисунок 1.8 – Розподіл швидкостей руху на підході до перехрестя по проспекту Моторобудівників

Безпечна швидкість 50 % – це фактично середня швидкість автомобілів на ділянці, що розглядається.

Безпечна швидкість 85 % забезпечення означає швидкість, з якою рухається найшвидша частина автомобілів в транспортному потоці. Це значення важливе для виконання розрахунків параметрів регулювання при організації руху.

95 % забезпечення довірчих значень швидкості – це фактично швидкості тих автомобілів, що рухаються швидше інших і з ризиком потрапити в аварію.

Проаналізувавши отримані значення, можна стверджувати, що в цілому порушення правил дотримання системи швидкісного руху в районі перехрестя проспекту Моторобудівників з вулицею Героїв 55-ї бригади відсутнє. Однак слід зазначити, що середня швидкість автомобілів досить низька. Це скорочення особливо помітно в пікові години доби, коли до перехрестя утворюються значні автомобільні черги.

1.3.3 Характеристика пішохідного потоку

На розглянутому відрізку вулично-дорожньої мережі рух пішоходів здійснюється по тротуарах, які обладнані практично з усіх боків перехрестя.

За характером руху це переміщення в основному до і від регулярних зупинок пасажирського транспорту.

Під час спостереження та вивчення характеру пішохідного потоку виявлено наступні недоліки:

- а) відсутність відповідно до вимог обладнаного пішохідного переходу через вулицю Героїв 55-ї бригади в районі перехрестя;
- б) хаотичний рух через проїжджу частину пішоходів по вулиці Героїв 55-ї бригади.

Перелічені недоліки слід враховувати при покращенні умов безпеки дорожнього руху на ділянці, що розглядається.

Найбільш інтенсивний пішохідний рух по проспекту Моторобудівників досягає 450 пішоходів на годину. Цей показник спостерігається не на протязі доби, а в певні години, а саме з 16:30 до 18:30.

1.4 Визначення пропускної здатності перехрестя

Враховуючи вітчизняні та зарубіжні дані, величину пропускної здатності в ідеальних умовах можна прийняти такою (для легкових автомобілів) [4]:

- на двосмугових дорогах - 2200 од/год;
- на трьохсмугових дорогах - 4000 од/год;
- на чотирисмугових дорогах - 1800 од/год на одну смугу.

За ідеальних умов пропускна здатність може досягати свого максимального значення, яке буде приблизно дорівнювати 75 % зазначених вище.

Реальна пропускна здатність дороги визначається при певних дорожніх умовах і при певних рівнях завантаження дороги. Його значення визначається спостереженнями і відповідає 16-75 % від теоретичного значення в залежності від умов руху [4].

Будемо оцінювати завантаження перехрестя, аналізуючи інтенсивність руху та пропускну спроможність в пікові години, коли спостерігаються найбільші за інтенсивністю транспортні потоки

Межею перехрестя є лінії «Стоп», які визначають крайнє положення транспортного засобу при зупинці на червоний сигнал світлофору. На перетині «Стоп» ліній можна визначити пропускну здатність всього регульованого вузла шляхом визначення пропускної здатності всіх вулиць, що утворюють перехрестя.

При визначенні пропускної здатності на ділянці лінії «Стоп» робляться два припущення [4]:

- а) всі автомобілі, які проїжджають через дане перехрестя, зменшують швидкість перед світлофором;
- б) після ввімкнення зеленого сигналу всі автомобілі проїжджають через перехрестя з однаковою швидкістю та через однакові проміжки часу.

Перше припущення справедливе для реальних умов високої інтенсивності руху з повним використанням пропускної здатності дороги. Друге припущення також вірне, оскільки після скупчення автомобілів перед перехрестям початкова фаза руху характеризується спільною швидкістю та приблизно однаковим інтервалом для всіх транспортних засобів, незалежно від динамічних характеристик окремих транспортних одиниць.

Таким чином, пропускна здатність смуги на ділянці «Стоп» лінії регульованого перехрестя, од/год [4]:

$$N_n = \frac{3600(t_3 - t_a)}{t_n T_u}, \quad (1.2)$$

де t_3 – довжина зеленої фази світлофору, с;
 T_u – тривалість циклу регулювання, с;
 t_a – проміжок часу між увімкненням зеленого сигналу світлофора і перетином першим автомобілем лінії «Стоп», с;
 t_n – середній інтервал проходження автомобілів через «Стоп» лінію, с.

Величина t_a залежить від ступеня уваги та досвіду водія і знаходиться практично в межах 1-3 секунд [4].

За спостереженнями, інтервал пропуску легкових автомобілів через «Стоп» лінію становить 2-3 секунди для легкових, 3-5 секунд для вантажних. В умовах змішаного транспортного потоку рекомендується приймати $t_n = 3$ с [4].

Під час обстеження характеристик руху транспорту на перехресті виявлено 11 основних напрямків руху транспорту на перехресті, які наведені на рисунку 1.9. Відповідно до них будемо розраховувати пропускну здатність перехрестя.

Напрямок 1 та 2. Смуги I-II:

$$N_n = \frac{3600(28-1)}{3 \cdot 66} = 491 \text{ авт/год.}$$

Напрямок 3 та 4. Смуга I:

$$N_n = \frac{3600(20-1)}{3 \cdot 66} = 345 \text{ авт/год.}$$

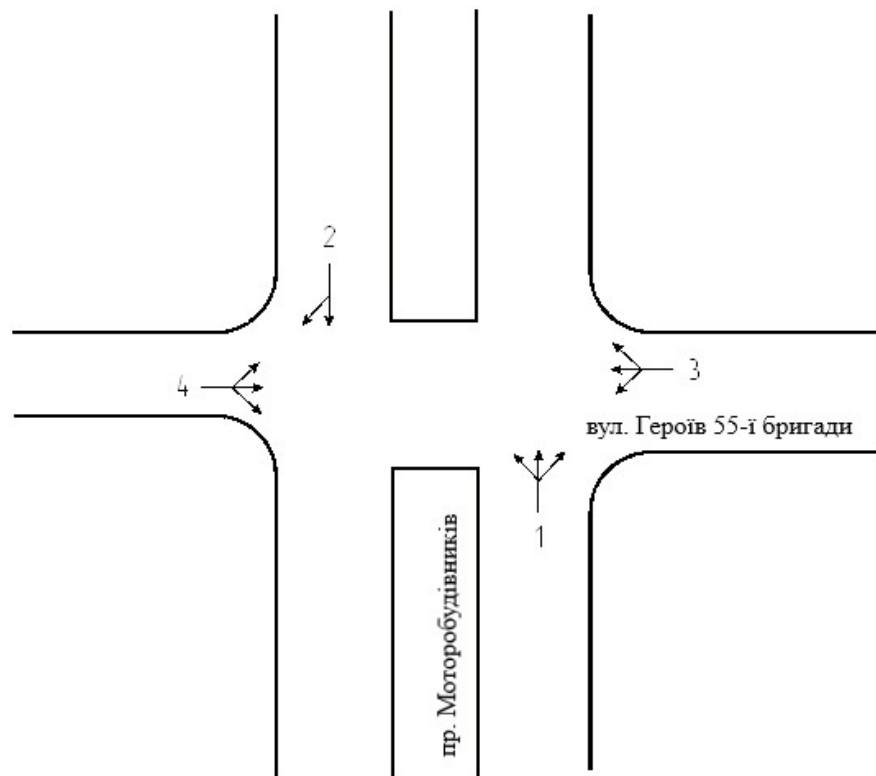


Рисунок 1.9 - Напрямки руху на перехресті проспекту Моторобудівників з вулицею Героїв 55-ї бригади

Для порівняння досягнутої пропускної здатності з поточною інтенсивністю трафіку дані зведені в таблицю 1.3.

Таблиця 1.3 - Порівняння пропускної здатності з інтенсивністю руху на перехресті

Напрямок	Смуга	Пропускна здатність, од./год	Інтенсивність руху, од./год		Висновок
			ранок	вечір	
1	I	491	390	490	достатньо
	II	491	455	525	достатньо
2	I	491	310	170	достатньо
	II	491	260	190	достатньо
3	I	345	550	405	недостатньо
4	I	345	300	330	достатньо

Аналіз таблиці 1.3 показує, що пропускна спроможність перехрестя абсолютно недостатня для пропуску поточного транспортного потоку в одному напрямку – по вулиці Героїв 55-ї бригади з боку Шевченківських мікрорайонів 1, 2 та 3.

1.5 Статистика та аналіз дорожньо-транспортних пригод

У таблиці 1.4 представлено статистику дорожньо-транспортних пригод на перехресті проспекту Моторобудівників та вулиці Героїв 55-ї бригади за 2016-2018 роки. У таблиці 1.5 представлено розподіл дорожньо-транспортних пригод на перехресті проспекту Моторобудівників та вулиці Героїв 55-ї бригади за видами. У таблиці 1.6 представлено розподіл дорожньо-транспортних пригод на перехресті проспекту Моторобудівників та вулиці Героїв 55-ї бригади за причинами їх виникнення.

Таблиця 1.4 - Статистика ДТП

Місце ДТП	Рік і наслідки ДТП		
	2016 рік	2017 рік	2018 рік
пр. Моторобудівників – вул. Героїв 55-ї бригади	7-0-0	5-0-2	5-0-2

Таблиця 1.5 - Розподіл ДТП за видами

Місце ДТП	Наслідки ДТП за видами		
	Зіткнення	Наїзд на пішохода	Інші види
пр. Моторобудівників – вул. Героїв 55-ї бригади	14-0-2	2-0-2	1-0-0

Таблиця 1.6 - Розподіл дорожньо-транспортних пригод за причинами їх виникнення

Місце ДТП	Наслідки ДТП за причинами ДТП			
	Порушення швидкості	Ненадання переваги пішоходам	Порушення правил дорожнього руху	Маневрування
пр. Моторобудівників – вул. Героїв 55-ї бригади	3-0-0	3-0-0	3-0-2	8-0-2

Проаналізувавши дані таблиць 1.4 – 1.6, можна зробити висновок, що основними видами дорожньо-транспортних пригод на перехресті є зіткнення.

На рисунках 1.10-1.12 та слайдах 10-12 містяться статистичні дані та аналіз дорожньо-транспортних пригод на перехресті проспекту Моторобудівників з вулицею Героїв 55-ї бригади.

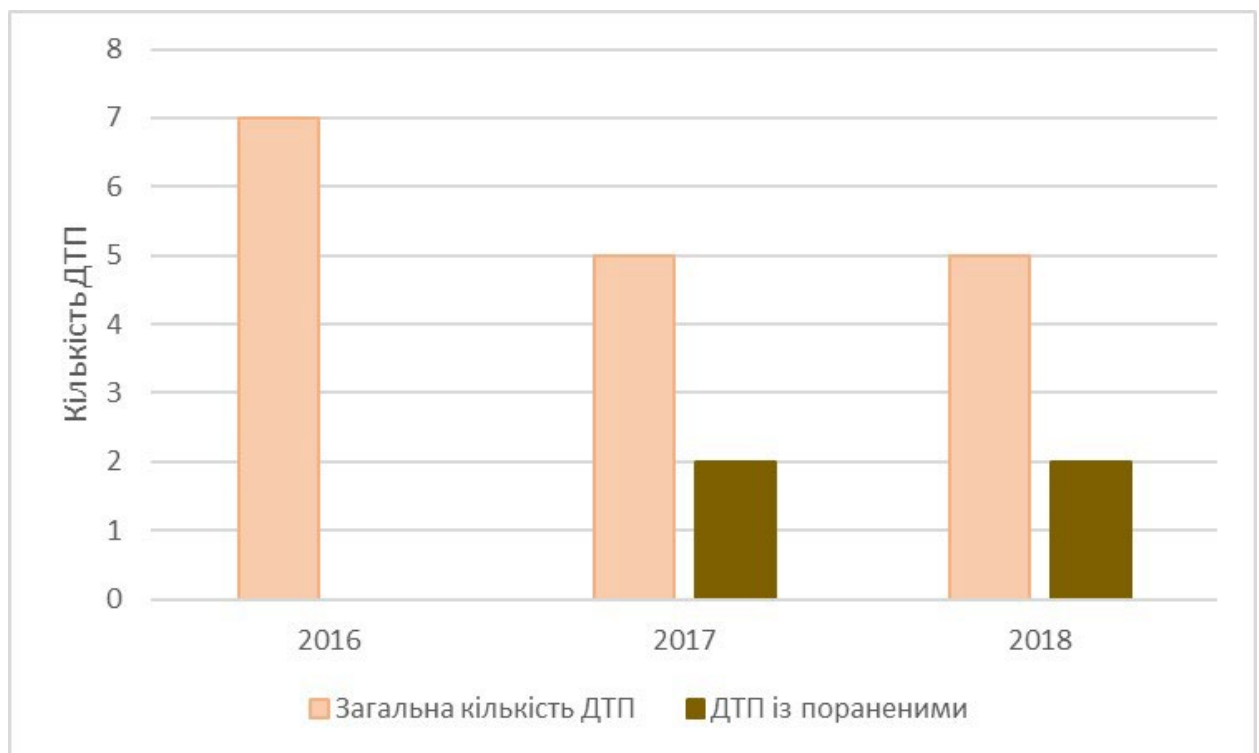


Рисунок 1.10 – Загальна статистика ДТП на перехресті за три роки

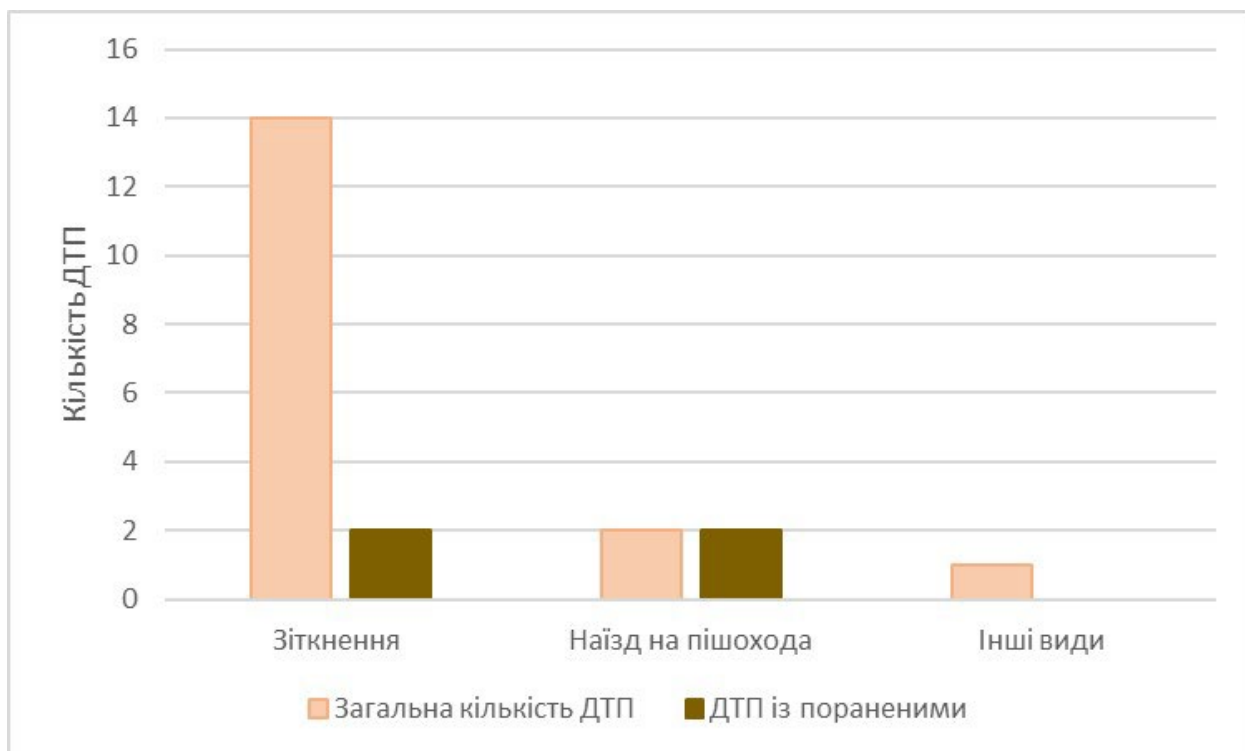


Рисунок 1.11 – Загальний аналіз ДТП на перехресті за їх видами

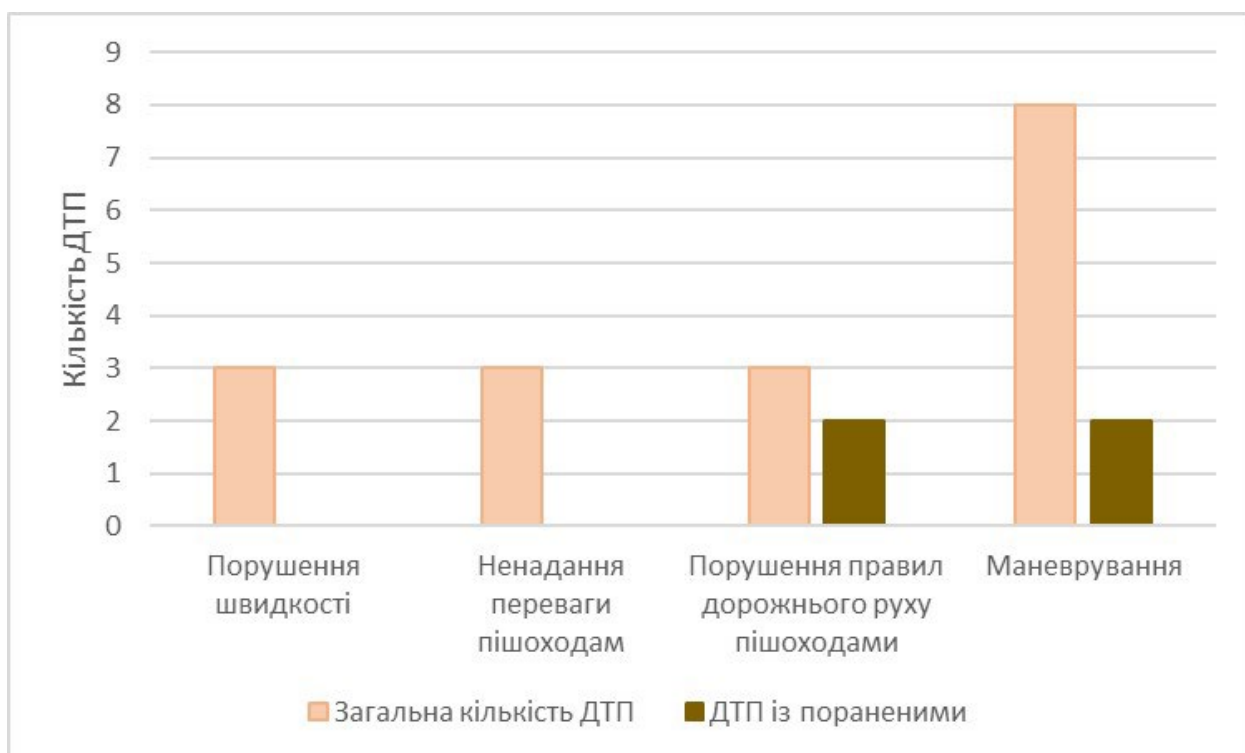


Рисунок 1.12 – Загальний аналіз ДТП на перехресті за їх причинами виникнення

1.6 Існуюча схема організації дорожнього руху на перехресті

Перехрестя проспекту Моторобудівників з вулицею Героїв 55-ї бригади є регульованим, тобто організація дорожнього руху здійснюється за допомогою світлофорних об'єктів.

Світлофори, які встановлені на перехресті, належать до технічних засобів організації дорожнього руху першої групи, до складу яких входять засоби безпосереднього впливу на транспортний і пішохідний потік для створення їх істотних параметрів. Світлофор забезпечує розподіл транспортного та пішохідного потоків у часі.

Послідовність роботи світлофорів, їх вид і значення відповідають Міжнародній Конвенції «Про дорожні знаки і сигнали».

На перехресті використовуються трисекційні світлофори. Наявні на перехресті як основні, так і резервні світлофори.

Усі світлофори на перехрестях належать до І типу.

Використання світлофорного регулювання усуває найбільш небезпечні конфліктні точки, що сприяє підвищенню безпеки руху.

Наразі перехрестя проспекту Моторобудівників з вулицею Героїв 55-ї бригади врегульовано за двофазовою схемою.

Фаза регулювання являє собою поєднання основного і проміжного тактів. Фаза регулювання – це період дії певної комбінації сигналів світлофора. У період основного такту дозволяється (або забороняється) рух певної сукупності транспортних і пішохідних потоків. Під час виконання проміжного такту виїзд на перехрестя забороняється, за винятком транспортних засобів, водії яких не змогли вчасно зупинитися перед лінією «Стоп».

Напрямки руху на перехресті, які наведені на рисунку 1.9, об'єднані в фази світлофорного регулювання. На рисунках 1.13 та 1.14 показано поточні

фази світлофорного регулювання перехрестя проспекту Моторобудівників з вулицею Героїв 55-ї бригади.

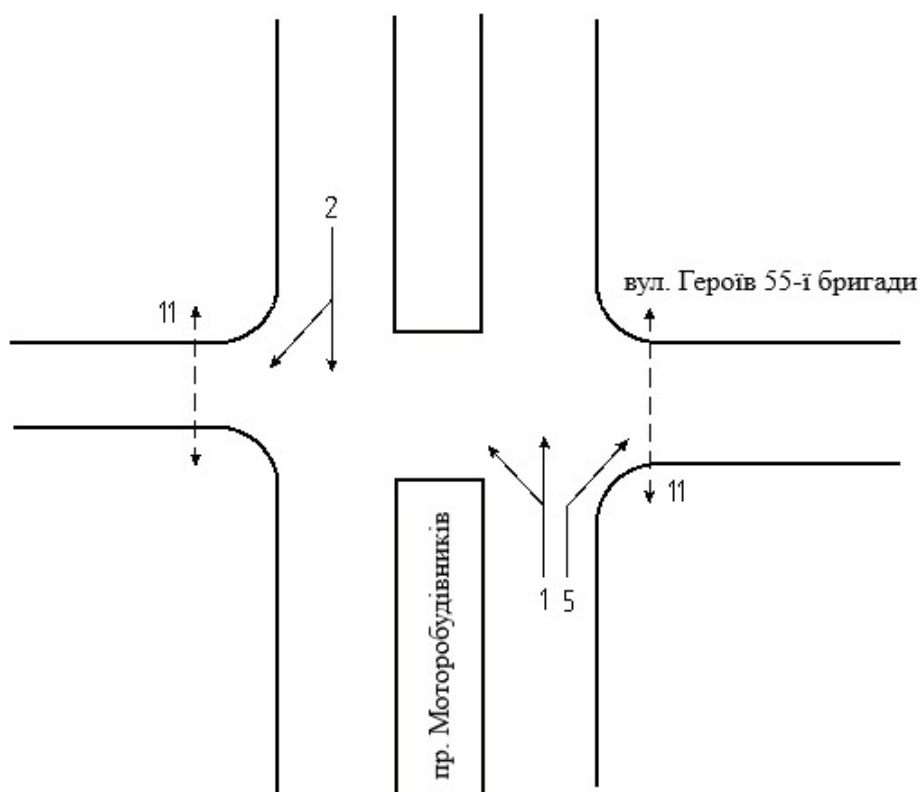


Рисунок 1.13 – Фаза I

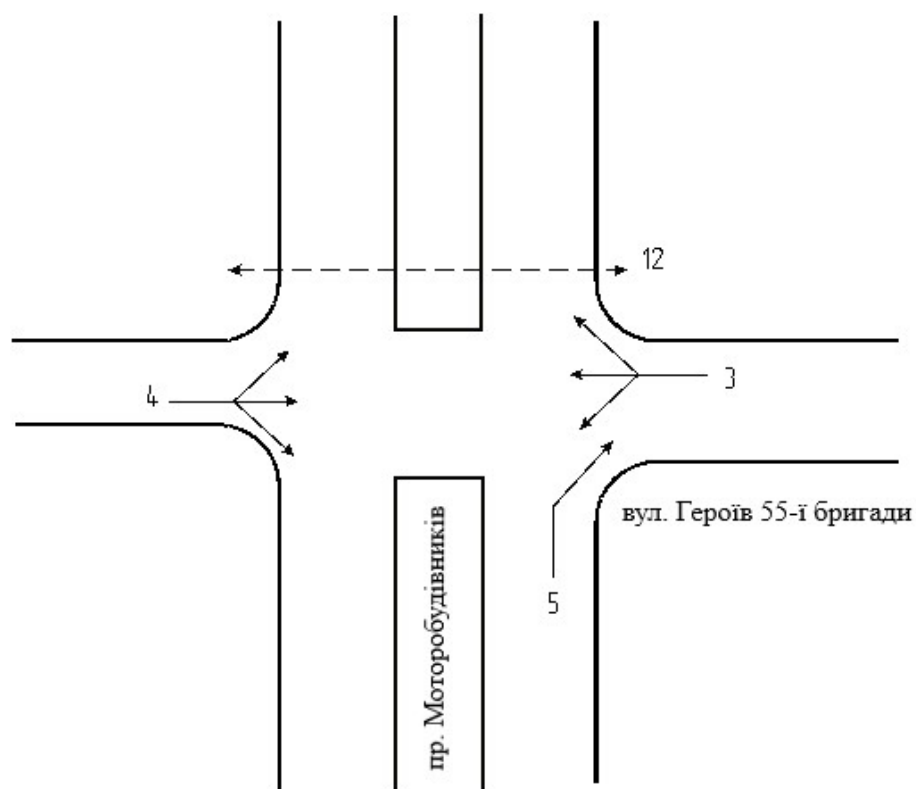


Рисунок 1.14 – Фаза II

- г) рух на перехресті має очевидний характер зміни інтенсивності в різний час доби, але чинна система регулювання рухом цього не враховує;
- д) багато порушень в організації дорожнього руху, а саме відсутність деяких дорожніх знаків, які повинні стояти, та відсутність дорожньої розмітки.

З метою поліпшення ситуації та підвищення безпеки дорожнього та пішохідного руху на ділянці передбачається:

- а) з метою збільшення пропускної здатності перехрестя пропонується розширити проїжджу частину вулиці Героїв 55-ї бригади до перехрестя з боку розташування основної житлової забудови Шевченківського району до 3-х смуг руху з характерною для них організацією за напрямком;
- б) для збільшення швидкості руху через проспект Моторобудівників пропонується реконструкція переїзду через трамвайні колії;
- в) для усунення пішохідного хаотичного руху пропонується спеціальна пішохідна огорожа;
- г) для підвищення якості регулювання руху на перехресті та зменшення заторів пропонується розробити три різні режими керування світлофорами для різного часу доби;
- д) для організації дорожнього руху в нових умовах пропонується удосконалити діючу схему організації дорожнього руху.

2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Розширення проїзної частини вулиці Героїв 55-ї бригади

Розглянемо технічну можливість розширення вул. Героїв 55-ї бригади перед перехрестям з проспектом Моторобудівників з боку основної житлової забудови Шевченківського району. Довжина розширення 50 м.

Для збільшення пропускної спроможності перехрестя планується розширення проїжджої частини до 3-х смуг з їх спеціалізацією за напрямком руху транспортних потоків.

2.1.1 Розрахунок необхідної ширини проїзної частини

Ширина смуги руху повинна забезпечувати вільний проїзд зустрічних автомобілів, а також дозволяти транспортним засобам, що рухаються в попутному напрямку, здійснювати безпечний обгін. На рисунку 2.1 зроблена схема для розрахунку.

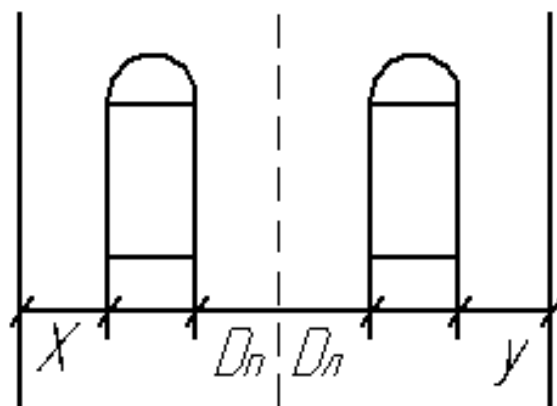


Рисунок 2.1 – Схема виконання розрахунку [5]

Ширина смуги руху визначається за формулою [5]:

$$П = A + D + y \quad , \quad (2.1)$$

де A – ширина автомобіля.

Розрахунок зробимо для першої смуги руху.

Відстань від зовнішнього краю колії до узбіччя або краю проїжджої частини, згідно рисунку 2.1, знаходиться за формулою [5]:

$$y = 0,35 + 0,2\sqrt{v_p} \quad , \quad (2.2)$$

де y – достатня відстань від зовнішнього краю колії до краю проїжджої частини;

v_p – розрахункова швидкість, м/с.

Згідно дослідженням швидкості руху (див. п. 1.3.2) середня швидкість автомобілів в транспортному потоці на підході до перехрестя з боку основної житлової забудови Шевченківського району складає 31,4 км/год. Очікуємо після розширення проїжджої частини та приведення до ладу стану переїзду трамвайних колій підвищення швидкості. Тому для подальших розрахунків приймаємо очікувану швидкість руху автомобілів на підході до перехрестя – 40 км/год (11,1 м/с).

$$y = 0,35 + 0,2\sqrt{11,1} = 1,02 \text{ м.}$$

$$D_{\Pi} = \frac{y}{2}, \quad (2.3)$$

де D_n – безпечний проміжок між автомобілями на багатосмуговій дорозі.

$$D_n = 1,05 / 2 = 0,525 \text{ м.}$$

Ширина першої смуги руху визначається за формулою:

$$П_1 = A_{\text{вант}} + D_n + y, \quad (2.4)$$

де $A_{\text{вант}}$ – найбільша очікувана ширина вантажного автомобіля, м.

$$П_1 = 2,5 + 0,525 + 1,02 = 4,045 \text{ м.}$$

Вважаємо, що ширина першої смуги проїзної частини повинна дорівнювати 4,5 м у відповідності до вимог [5].

Для другої смуги руху [5]:

$$X = 0,3 + 0,05 v_p, \quad (2.5)$$

де X – відстань до межі смуги руху, м.

$$X = 0,3 + 0,05 \cdot 11,1 = 0,855 \text{ м.}$$

Ширина другої смуги руху визначається за формулою [5]:

$$П_2 = A_{\text{легк}} + X + D_n, \quad (2.6)$$

де $A_{\text{легк}}$ – найбільша очікувана ширина легкового автомобіля, м.

$$П_2 = 1,8 + 0,525 + 0,855 = 3,18 \text{ м.}$$

Вважаємо, що ширина другої смуги проїзної частини дорівнює 3,5 м у відповідності до вимог [5].

2.1.2 Розрахунок ширини проїжджої частини дороги

Ширина міської вулиці визначається за формулою [5]:

$$B = m \cdot n + k \cdot p, \quad (2.7)$$

де m – визначена ширина смуги руху, м;

n – кількість смуг руху;

k – ширина смуги безпеки між проїжджою частиною та бордюром (для вулиць з регульованим рухом $k = 0,5$ м [5]);

p – кількість смуг безпеки.

$$B = 4,5 \cdot 2 + 3,5 + 2 \cdot 0,5 = 13,5 \text{ м.}$$

Розраховані дані перевищують технічно можливі параметри розширення. Тому першу смугу пропонується зробити ширшою 3,75 м. Зазначена ширина є мінімально можливою для вантажного руху. Також у місцях щільної забудови під час реконструкції доріг можуть бути не реалізовані смуги безпеки [5].

Враховуючи останні зауваження, отримаємо загальну ширину проїжджої частини дороги:

$$B = 3,75 \cdot 2 + 3,5 = 11 \text{ м.}$$

Тобто необхідно подовжити існуючу проїжджу частину на 50 метрів у довжину та на 3 метри в ширину.

2.1.3 Визначення параметрів розширення проїжджої частини дороги

Відповідно до розрахункових даних і вимог [6], а також виходячи з технічної можливості території перехрестя доцільно здійснити такі заходи:

- а) ширину проїзної частини збільшити до 11 метрів до трьох смуг руху (дві по 3,75 м та одна 3,5 м.);
- б) організувати рух двома смугами руху у напрямку з боку основної житлової забудови Шевченківського району на підході до перехрестя;
- в) радіуси примикань на перехресті прийняти не менше 10 м [6].

2.2 Реконструкція переїзду трамвайної колії на перехресті

Існує дві основні характеристики, пов'язані із загальним станом трамвайних колій на будь-якому перехресті, за якими оцінюють якість організації руху. Це рівень безпеки та пропускну здатності перехрестя.

Незадовільний стан переїзду може призвести до раптової зупинки автомобіля на ньому. Це призводить до перебоїв у русі, маневрування та різких змін швидкості. Всі ці фактори є факторами виникнення дорожньо-транспортних пригод. Отже, рівень безпеки в таких ситуаціях знижується.

Перешкоди під час руху, крім вище сказаного, створюють значні затори, що знижує середню швидкість транспортного потоку. Зі зменшенням швидкості фактична пропускна здатність перехрестя також зменшується.

Тому, щоб уникнути зазначених проблем, необхідно утримувати переїзди у хорошому стані. Основна проблема такого утримання – руйнування дорожнього покриття в районі трамвайних колій. Це пов'язано зі значною вібрацією під час руху трамвая. Якщо уникнути вібраційного

навантаження, утримувати механізм у задовільному положенні може бути набагато легше та дешевше.

Є два шляхи вирішення цієї проблеми. Перший пов'язаний з використанням нового рухомого складу трамваїв, оснащених гумовими колесами. В рамках цієї роботи не може бути вирішена проблема заміни трамваїв на нові.

Ще один варіант – використовувати дорожнє покриття, яке не руйнується під впливом вібрації.

Проаналізувавши сучасні науково-технічні розробки з цього приводу, пропонується використання на перехресті переїзду, обладнаного з гумовими панелями. Приклад реалізації цього заходу наведений на рисунку 2.2 та на слайді 14.



Рисунок 2.2 - Система переїзду трамвайних колій з гумовими панелями

Дорожня система для переїздів з гумовими панелями є ідеальним ланцюгом, який з'єднує дорогу з рейками. В Європі подібні системи використовуються вже більше 30 років і дуже добре зарекомендували себе.

Шпали оснащені гумовими панелями, прикріпленими до шпунтової палі та закріпленими між рейками. Система швидко монтується і демонтується.

Такі системи суттєво зменшують затримки транспорту на переїздах і знижують витрати на утримання переїздів. Поверхня панелей забезпечує хороше зчеплення колес автомобілів із поверхнею та зниження рівня шуму від транспорту.

2.3 Заходи щодо запобігання безладному руху пішоходів

Щоб покінчити з пішохідним хаосом через вулицю Героїв 55-ї бригади пропонується встановити пішохідну огорожу.

Пішохідні огорожі призначені для запобігання неконтрольованого виходу пішоходів на проїжджу частину в найбільш небезпечних місцях.

Рекомендується використовувати пішохідну огорожу парапетного типу. Таку огорожу встановлюють згідно [7]. Загальний вигляд пропонованої огорожі представлений на рисунку 2.3 та на слайді 15.



Рисунок 2.3 - Пішохідна огорожа парапетного типу

2.4 Розробка режимів експлуатації світлофорних об'єктів

2.4.1 Аналіз схем поділу фаз

Організація дорожнього руху на перехресті проспекту Моторобудівників та вулиці Героїв 55-ї бригади є примусовою, тобто здійснюється за допомогою світлофорних об'єктів. Перехрестя врегульовано за двофазною схемою.

На рисунках 1.13, 1.14 показано діючі фази світлофорного регулювання перехрестя проспекту Моторобудівників та вулиці Героїв 55-ї бригади.

Аналіз режимів регулювання руху та аналіз інтенсивностей транспортних потоків доводить несумісність цих характеристик одна з одною. Так, у напрямку лівого повороту, для якого було розширено проїжджу частину на під'їзді (див. п. 2.1), у ранкові години пік курсує приблизно 265 транспортних засобів. При розрахунку кількості фаз у [8] не рекомендується поєднувати прямолінійні та лівоповоротні потоки фази, що перетинаються, величиною більше 120 одиниць на годину. Отже, виходячи з цієї вимоги, на перехресті має бути три фази.

Враховуючи цей факт пропонується наступне. Перша пропонована фаза повністю відповідає поточній і наведена на рисунку 2.4. Пропоновані фази II і III представлені на рисунках 2.5 та 2.6. На слайді 16 наведений пропонований трьохфазний режим регулювання на перехресті.

Така організація роботи світлофорного об'єкту дозволить зменшити небезпеку лівобічного руху транспорту від вулиці Героїв 55-ї бригади з боку основної житлової забудови Шевченківського району на проспект Моторобудівників.

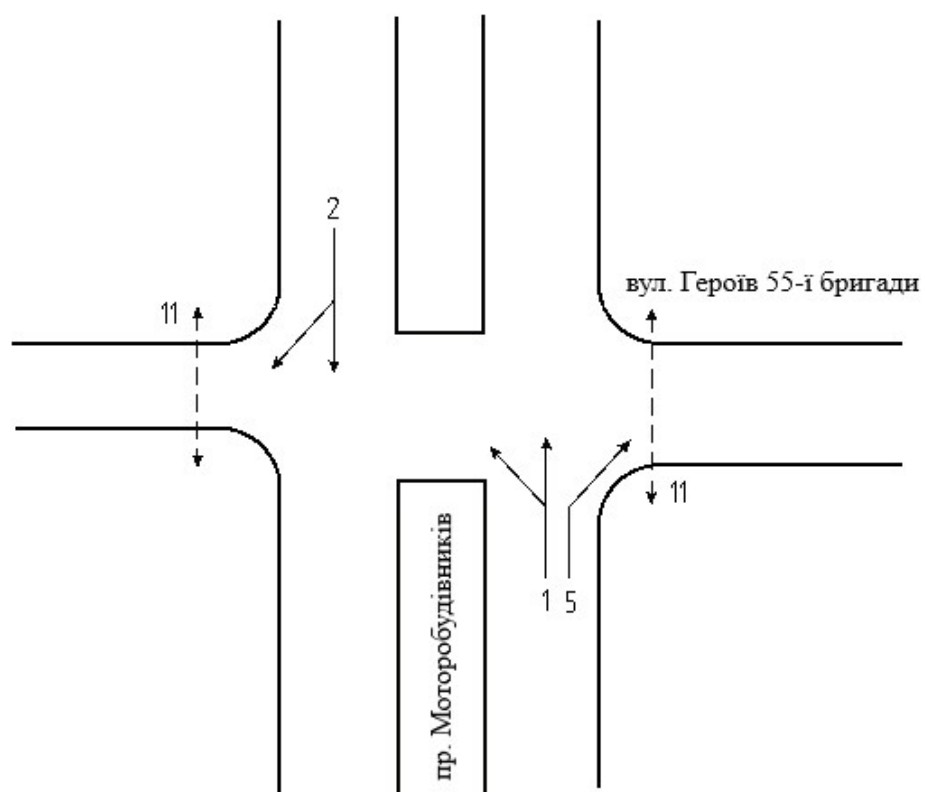


Рисунок 2.4 – Фаза I

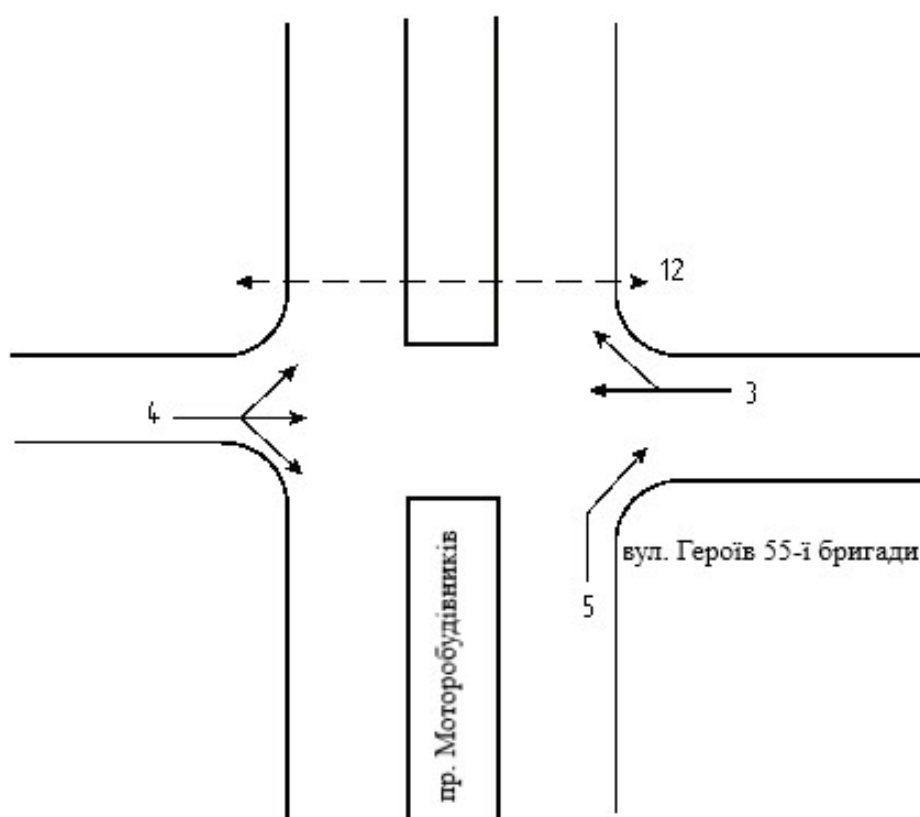


Рисунок 2.5 – Фаза II

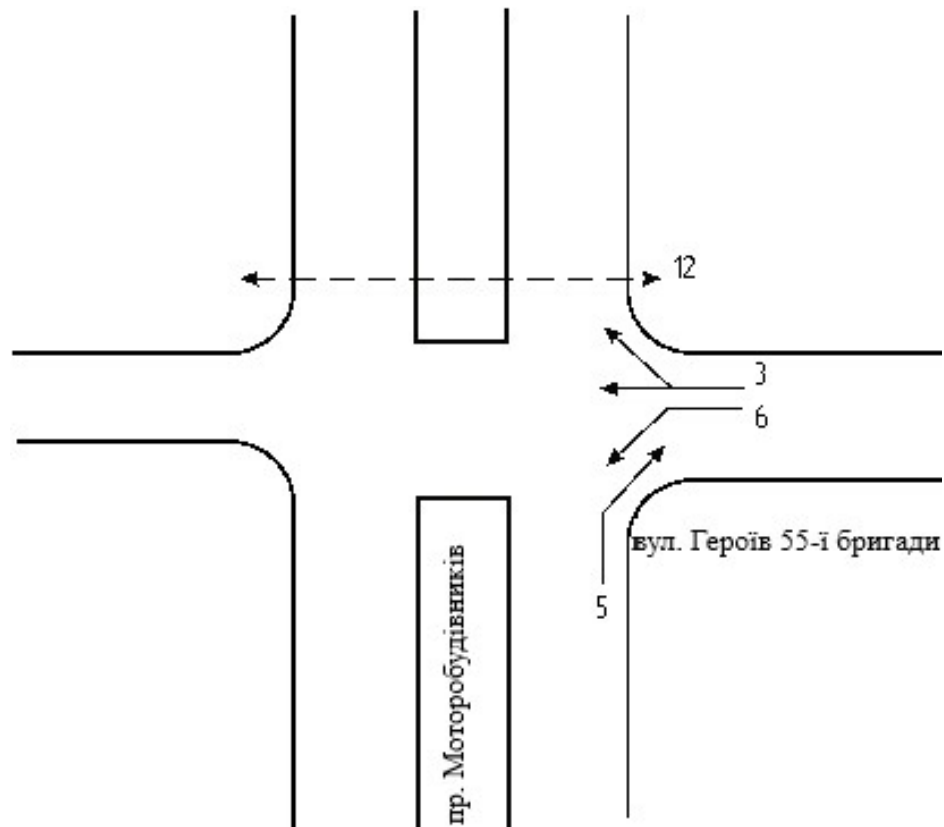


Рисунок 2.6 – Фаза III

2.4.2 Розрахунок елементів світлофорного циклу

Для зменшення затримок руху на перехрестях необхідно враховувати добову зміну інтенсивності руху в режимах роботи світлофорних об'єктів. Пропонується використовувати три режими роботи – ранковий пік, вечірній пік і міжпиковий.

Для розрахунку цих режимів потрібно скласти матрицю конфліктів.

Матриця конфліктів транспортних напрямків є квадратною матрицею, елемент B_{ij} якої дорівнює відстані від Стоп-лінії транспортного напрямку i до найдалшої точки конфлікту цього напрямку, з траєкторіями, що входять до напрямку j [8].

Значення елементів матриці конфліктів залежать від наступних факторів:

- а) геометричні параметри перетину;

б) розподіл траєкторій за напрямками.

Матриця конфліктів розраховується за формулою [8]:

$$B_{ij} = B_{\text{стоп-світ}} + B_{\text{світ-пч}} + B_{\text{траєктор}}, \quad (2.8)$$

де $B_{\text{стоп-світ}}$ – відстань від Стоп-лінії до світлофора ($B_{\text{стоп-світ}} = 3$ м [8]);

$B_{\text{світ-пч}}$ – відстань від світлофора до краю дороги в напрямку перехрестя ($B_{\text{світ-пч}} = 1$ м [8]);

$B_{\text{траєктор}}$ – довжина шляху руху на перехресті, м.

В таблиці 2.1 наведені результати розрахунків матриці конфліктів

Таблиця 2.1 - Матриця конфліктів транспортних напрямків, м

Напрямки	1	2	3	4	5	6
1	x	0	26,3	16	4,62	22,3
2	0	x	7,46	12,5	16	26,3
3	25	25	x	0	0	0
4	26,3	7,46	0	x	7,46	12,6
5	-4,75	-26,3	0	-26,3	x	0
6	-18,2	-27,8	0	-18,2	0	x

Перехідний інтервал – це інтервал у циклі світлофора, протягом якого принаймні одна група сигналів змінює колір із зеленого на червоний і з червоного на зелений. Початок інтервалу переходу вказується блиманням сигналу дозволу руху принаймні в одній групі сигналів, а його закінчення вказується активацією сигналу дозволу руху. Далі до закінчення наступного основного такту ніяких змін сигналів не відбувається.

Перехідний інтервал призначений для проїзду транспортних засобів, які перетнули Стоп-лінію на момент увімкнення заборонного сигналу, та безпечного завершення переходу пішоходами проїжджої частини.

При розрахунку перехідних інтервалів використовується метод початкових Стоп-ліній і метод віддалених конфліктних точок. Метод віддалених конфліктних точок дає менші значення інтервалів, що сприяє збільшенню пропускної здатності регульованого Спосіб початкової стоп-лінії допомагає забезпечити безпеку руху.

Перехідні інтервали розраховуються за формулою [8]:

$$t_{\partial_i} = t_p + \frac{V_k}{2a^k} + \frac{B_i + l_a}{V_k}, \quad (2,9)$$

де t_p – час реакції водія на зміну сигналів світлофора, с;

V_k – швидкість координації, м/с;

a^k – уповільнення м/с²;

B_i – ширина перехресті між Стоп-лініями прямого напрямку, м;

l_a – довжина автомобіля, м.

Такт – це проміжок часу в циклі світлофора, протягом якого жоден сигнал світлофора не змінюється. Такти поділяються на основні та додаткові. Основні такти є елементами циклу світлофора, а суміжні додаткові такти, об'єднані, створюють перехідний інтервал.

Фазовий коефіцієнт розраховується за формулою [8]:

$$y_j^i = \frac{N_j^i}{M_j}, \quad (2.10)$$

де N_j^i – інтенсивність руху транспортного потоку певного напрямку, од./год.;
 M_j – потік насичення певного напрямку, од./год.

Сума фазових коефіцієнтів розраховується за формулою [8]:

$$Y = \sum y_{\max}^i . \quad (2.11)$$

Цикл регулювання розраховується за формулою [8]:

$$T_k = \frac{1,5 \cdot L_k + 5}{1 - Y}, \quad (2.12)$$

де L_k – втрачений час у циклі, що розраховується за формулою [8]:

$$L_k = \sum_{j=1}^m (t_{\partial j} - 1) . \quad (2.13)$$

Тривалість основних тактів розраховується за формулою [8]:

$$\bar{t}_3^m = \frac{\bar{y}^m}{\bar{Y}} (\bar{T} - \bar{L}) - 1, \quad (2.14)$$

де $\bar{y}^m$ – фазовий коефіцієнт у фазі, протягом якої відбувається рух.

Коригуючий коефіцієнт розраховується за такою формулою [8]:

$$k_1 = \frac{\frac{B}{V_n} + 5 - t_q^i}{t_3^i}, \quad (2.15)$$

$$k_2 = \frac{7}{t_3^i}, \quad (2.16)$$

де B – ширина проїжджої частини, яку мають подолати пішоходи, м;
 V_n – швидкість ходьби, м/с.

Для виконання відповідних розрахунків пропонується використання спеціалізованого програмного продукту, що розроблений на кафедрі «Транспортні технології» Національного університету «Запорізька політехніка». Для його використання потрібно підготувати вихідні дані.

На першому етапі необхідно ввести матрицю відстаней між конфліктними точками, приблизну швидкість і довжину автомобіля, показання «стрілки» світлофора, відстань між стоп-лініями.

Для розрахунку беремо швидкість потоку автомобілів, як і в попередніх пунктах, 50 км/год. Середню довжину автомобіля приймаємо рівною 5 м. Далі потрібно надати інформацію щодо кожної фази регулювання:

- а) наявні напрямки руху;
- б) значення ширини смуг руху, починаючи від правої крайньої;
- в) наявні інтенсивності руху прямо, праворуч, ліворуч;
- г) радіуси повороту в разі наявності виділених смуг руху.

В таблицях 2.2 - 2.4 надані результати розрахунків з використанням програмного продукту для трифазного циклу регулювання, який пропонується.

Отримані циклограми роботи світлофорного об'єкту наведено на рисунках 2.7-2.9 та на слайді 17.

Таблиця 2.2 - Результат розрахунку циклу управління світлофором на перехресті проспекту Моторобудівників та вулиці Героїв 55-ї бригади вранці

Тривалість, с		
Інтервал переходу між фазами	1 і 2	8
	2 і 3	7
	3 і 1	8
Тривалість циклу регулювання - 95 секунд		
Основний такт	1	38
	2	7
	3	27

Таблиця 2.3 - Результат розрахунку циклу управління світлофором на перехресті проспекту Моторобудівників та вулиці Героїв 55-ї бригади в міжпікові години

Тривалість, с		
Інтервал переходу між фазами	1 і 2	8
	2 і 3	7
	3 і 1	8
Тривалість циклу регулювання - 82 секунди		
Основний такт	1	30
	2	7
	3	22

Таблиця 2.4 - Результат розрахунку циклу управління світлофором на перехресті проспекту Моторобудівників та вулиці Героїв 55-ї бригади у вечірній час

Тривалість, с		
Інтервал переходу між фазами	1 і 2	8
	2 і 3	7
	3 і 1	8
Тривалість циклу регулювання - 75 секунд		
Основний такт	1	34
	2	7
	3	11

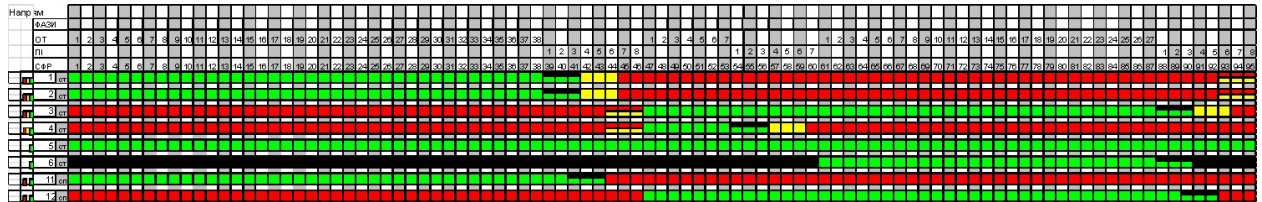


Рисунок 2.7 – Пропонована циклограма роботи світлофорного об'єкту на перехресті проспекту Моторобудівників та вулиці Героїв 55-ї бригади вранці

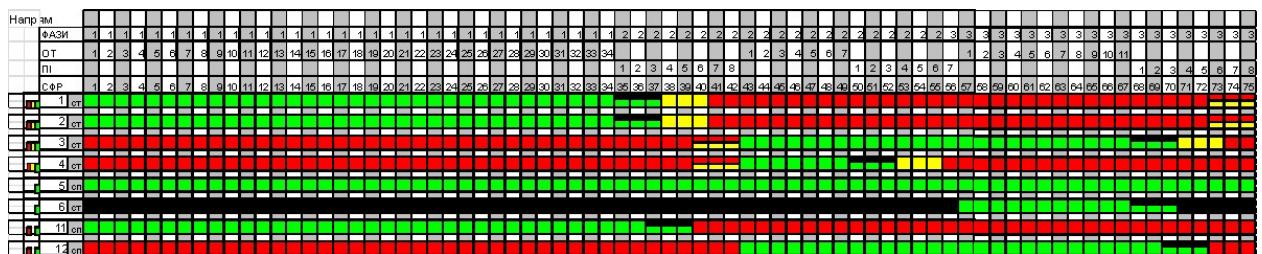


Рисунок 2.8 – Пропонована циклограма роботи світлофорного об'єкту на перехресті проспекту Моторобудівників та вулиці Героїв 55-ї бригади в міжпікові години

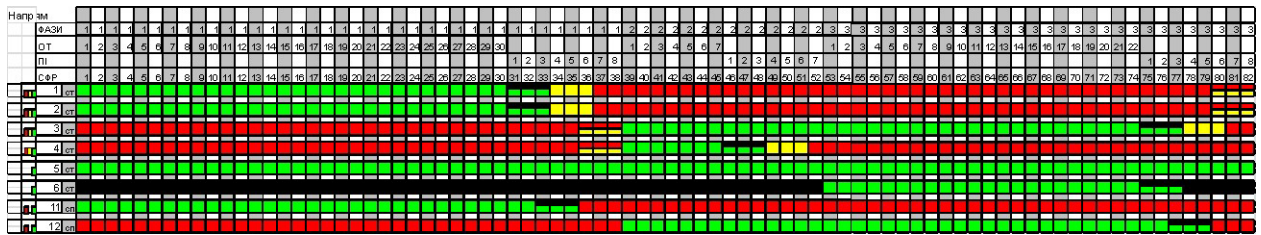


Рисунок 2.9 – Пропонована циклограма роботи світлофорного об'єкту на перехресті проспекту Моторобудівників та вулиці Героїв 55-ї бригади ввечері

2.5 Організація дорожнього руху на перехресті проспекту Моторобудівників та вулиці Героїв 55-ї бригади

2.5.1 Організація дорожнього руху з використанням дорожніх знаків

Для організації руху на автомобільних дорогах і забезпечення безпеки руху використовуються сигнали світлофора. Знаки встановлюють певний порядок або інформують водіїв і пішоходів про умови руху на дорозі.

Знаки можуть бути керованими і некерованими. Останні мають постійну інформацію, яка не змінюється. Керовані знаки можуть змінювати інформацію, що на них розташована.

За своїм призначенням згідно [9] дорожні знаки поділяються на групи: знаки попереджувальні, пріоритету, заборонні, наказові, інформаційно-вказівні, сервісу та таблички до дорожніх знаків (знаки додаткової інформації). Кожна форма знаку відрізняється нумерацією, назвою, розміром, формою, розміткою та вимогами до розміщення на дорозі.

Обстеження стану дорожніх знаків на перехрестях виявило декілька суттєвих недоліків у їх використанні та встановленні. Крім того, для нової схеми руху мають встановити додаткові дорожні знаки.

У таблиці 2.5 наведено дорожні знаки, які додатково встановлено на перехресті для організації дорожнього руху в нових умовах та приведення схеми у відповідність до державних стандартів.

Таблиця 2.5 - Дорожні знаки, які будуть встановлені

Знак №	Знаки, які варто придбати	
	Кількість	Група
5.35	8	Інформаційно-вказівні
5.18	4	
Разом	12	

2.5.2 Організація дорожнього руху з використанням дорожньої розмітки

Дорожня розмітка - це лінії, написи та інші позначки на дорозі та елементах дорожньої конструкції, які встановлюють порядок дорожнього руху або інформують водіїв і пішоходів про умови руху.

Відповідно до [10] розмітка ділиться на горизонтальну і вертикальну.

До горизонтальної розмітки належать усі види розмітки, що наноситься на дорожнє покриття. До вертикальної розмітки належать лінії на елементах дорожніх конструкцій і різноманітних об'єктах поблизу дороги, які становлять особливу небезпеку для руху.

Дорожня розмітка є одним із найпростіших і ефективних засобів організації дорожнього руху. Її використання збільшує пропускну здатність дороги та покращує оглядовість дороги.

Під час огляду перехрестя розмітка була повністю відсутня. Тому для використання розмітки як технічного засобу організації дорожнього руху необхідно розробити схему її використання.

У таблиці 2.6 наведено повний перелік розмітки, яку необхідно нанести на перехресті відповідно до нової схеми руху.

Таблиця 2.6 - Дорожня розмітка, що використовуються на перехресті

Тип розмітки	Одиниці вимірювання	Кількість
1.1	м ²	6,5
1.3		2,5
1.5		5,5
1.6		0,8
1.14.2		10,5
1.18		10,5
Разом		36,3

Схема організації дорожнього руху на перетині наведена на рисунку 2.10 та на слайді 18.

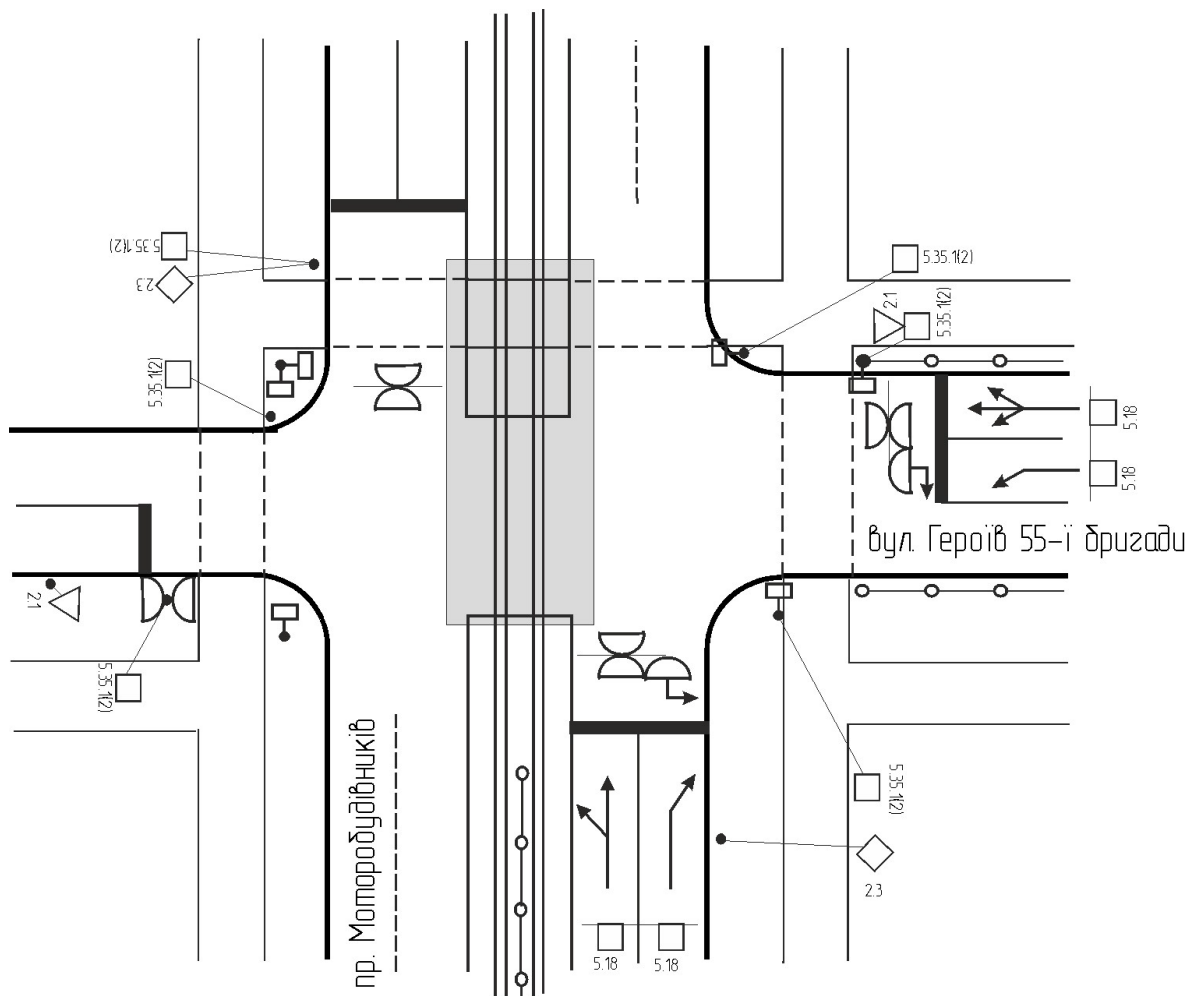


Рисунок 2.10 – Нова схема організації дорожнього руху на перехресті

3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Запропоновані в роботі заходи дозволять підвищити загальну безпеку руху, тому очікується досягнення певної економічної ефективності завдяки зменшенню витрат від дорожньо-транспортних пригод та зменшення заторів.

Обсяг капітальних інвестицій на впровадження технічних засобів має таку структуру:

$$K = K_p + K_{ог} + K_{св} + K_{зн}, \quad (3.1)$$

де K_p – капітальні інвестиції на реконструкцію дороги, грн.;

$K_{ог}$ – капітальні інвестиції на встановлення пішохідної огорожі, грн.;

$K_{св}$ – капітальні інвестиції на придбання та встановлення додаткових світлофорних секцій, грн.;

$K_{зн}$ – капітальні інвестиції на дорожні знаки, грн.

Відповідно до розрахунків у пункті 2.1 загальна площа розширення дороги становить 150 м². За даними «Елуад», ціна 1 м² дороги становить 2600 грн. Отже, загальна вартість реконструкції дороги становитиме:

$$K_p = 150 \cdot 2600 = 390000 \text{ грн.}$$

Вартість будівництва 1 метра пішохідної огорожі згідно «Елуад» складає 2500 грн з монтажем.

Загальна довжина пішохідної огорожі, що встановлюється на перехресті (див. схему організації дорожнього руху) становить близько 100 метрів.

$$K_{ог} = 2500 \cdot 100 = 250000 \text{ грн.}$$

Для реалізації нової схеми організації руху необхідно встановити додаткову світлофорну секцію. За даними «Символ» одна така секція коштує 4060 грн, монтаж секції – 816 грн. Отже, капітальні інвестиції в реконструкцію світлофорного об'єкту складуть:

$$K_{св} = 4060 + 816 = 4876 \text{ грн.}$$

Капітальні інвестиції на дорожні знаки включають витрати на їх придбання та встановлення дорожніх знаків, а саме:

$$K_{зн} = C_{зн} + C_{вст.зн} . \quad (3.2)$$

Витрати на встановлення дорожніх знаків можливо визначити так:

$$C_{вст.зн} = C_{Iзн} \cdot n_{зн}, \quad (3.3)$$

де $C_{Iзн}$ – вартість встановлення одного дорожнього знаку (361 грн., включно з монтажними матеріалами);

$n_{зн}$ – кількість знаків, які потрібно встановити за новою схемою організації дорожнього руху.

Кількість і вартість дорожніх знаків, передбачених новою схемою організації дорожнього руху, наведена у зведеній таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Кількості та вартості дорожніх знаків

Знак №	Знаки, які варто придбати		
	Кількість одиниць	Ціна за одиницю	Вартість одиниці
5.18	4	951	3804
5.35	8	951	7608
Разом	12	-	11412

$$C_{вст.зн} = 361 \cdot 12 = 4332 \text{ грн.}$$

$$K_{зн} = 11412 + 4332 = 15744 \text{ грн.}$$

Загальні капітальні інвестиції для реалізації заходів з удосконалення організації руху:

$$K = 390000 + 250000 + 4876 + 15744 = 660620 \text{ грн.}$$

Для перевірки доцільності впровадження заходів за новою схемою організації руху потрібно розрахувати експлуатаційні витрати технічних засобів. Як правило, вартість їх експлуатації визначається за формулою [11]:

$$C_{експл} = C_p + C_a + C_e, \quad (3.4)$$

де C_p – витрати ремонт, утримання системного обладнання і експлуатацію технічних споруд, грн.;
 C_a – витрати на амортизацію технічних засобів, грн.;
 C_e – вартість електроенергії, грн.

Витрати на ремонт і технічне обслуговування обладнання можливо визначити так [11]:

$$C_p = \frac{K_{\delta} \cdot n_p}{100}, \quad (3.5)$$

де K_{δ} – інвестиції в технічні засоби, грн.;
 n_p – норма відрахувань на ремонт і технічне обслуговування обладнання, % ($n_p = 5\%$ [11]).

У нашому випадку інвестиції в технічні засоби складаються із інвестицій для придбання дорожніх знаків, інвестицій для придбання пішохідної огорожі та інвестицій для встановлення світлофорів.

$$C_p = \frac{270620 \cdot 5}{100} = 13531 \text{ грн.}$$

Амортизаційні витрати визначаються так [11]:

$$C_a = \frac{K_{\delta} \cdot n_a}{100}, \quad (3.6)$$

де n_a – норма відрахувань для виконання ремонту і відновлення обладнання, % ($n_a = 24$ % [11]).

$$C_a = \frac{270620 \cdot 24}{100} = 64949 \text{ грн.}$$

Витрати електроенергії розраховуються із сумарної електроенергетичної потужності споживачів електроенергії системи, до яких входять світлофори. Якщо припустити, що система працює 24 години на добу і в кожному світлофорі на перехресті, відповідно до структурної схеми, горить одночасно хоча б одна лампа потужністю 0,1 кВт, то можливо виконати розрахунок за формулою [11]:

$$C_e = 365 \cdot 24 \cdot K_e \cdot S_e \cdot P_e, \quad (3.7)$$

де K_e – коефіцієнт використання потужності ($K_e = 0,9$ [11]);
 S_e – вартість 1 кіловата електроенергії, грн. ($S_e = 4,4$ грн.);
 P_e – сумарна потужність споживачів енергії системи, кВт·год.

$$P_e = \sum_{i=1}^6 (P_{\text{св}} \cdot n_i + P_{\text{оки}}), \quad (3.8)$$

де n_i – кількість світлофорів;

$P_{св}$ – потужність світлофора, кВт;

$P_{\partial ki}$ – власна потужність контролера, кВт.

$$P_e = 0,1 \cdot 18 + 0,17 = 1,97 \text{ кВт/год.}$$

$$C_e = 365 \cdot 24 \cdot 0,9 \cdot 4,4 \cdot 1,97 = 68339 \text{ грн.}$$

Витрати на експлуатацію та обслуговування технічного обладнання:

$$C_{експл} = 13531 + 64949 + 68339 = 146819 \text{ грн.}$$

Щорічні витрати на розмітку проїжджої частини також повинні бути включені до поточних витрат. Вартість розмітки наведена в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Вартість розмітки

Тип	Одиниця вимірювання	Кількість одиниць	Ціна одиниці, грн	Вартість, грн
1.1	м ²	6,5	238,23	1548,50
1.3	м ²	2,5		595,58
1.5	м ²	5,5		1310,27
1.6	м ²	0,8		190,58
1.14.2	м ²	10,5		2501,42
1.18	м ²	10,5		2501,42
Разом		36,3		8648

Поточні витрати на нову схему управління трафіком складають:

$$C_{поточ} = 146819 + 8648 = 155467 \text{ грн.}$$

Визначаємо вартість збитків від ДТП за поточною схемою руху з урахуванням статистичних даних. За інформацією про кількість ДТП із різними видами тяжкості виконуємо розрахунки збитків від ДТП на перехресті [11]:

$$C_{\text{ДТП}}^{\text{існ}} = K_z \cdot C_z + K_n \cdot C_n + K_m \cdot C_m, \quad (3.9)$$

де K_z, K_n, K_m – кількість ДТП із загиблими, травмованими та матеріальними збитками відповідно;

C_z, C_n, C_m – фактичні збитки відповідно при загибелі людини, при її травмуванні й тільки при наявності ушкоджень мана, грн.

Значення цих збитків наступні: $C_n = 150000$ грн.; $C_m = 100000$ грн.

Кількість ДТП за останній рік: $K_z = 0, K_n = 2, K_m = 5$.

$$C_{\text{ДТП}}^{\text{існ}} = 150000 \cdot 2 + 5 \cdot 100000 = 800000 \text{ грн.}$$

Фактичні збитки у дорожньо-транспортних пригодах після впровадження нової схеми руху отримуються через корегування збитків при діючій схемі організації руху за допомогою відповідних коефіцієнтів ефективності певних організаційних заходів. Коефіцієнти зменшення в залежності від задіяних заходів наведені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 - Коефіцієнти зменшення збитків [11]

Заходи, що передбачено виконати	Коефіцієнт
Встановлення дорожніх знаків	0,15
Горизонтальна розмітка перехрестя	0,23
Реконструкція дороги	0,36
Монтаж світлофорного об'єкта	0,38
Монтаж пішохідної огорожі	0,23

Загальний коефіцієнт зменшення витрат від дорожньо-транспортних пригод можливо визначити так [11]:

$$\Delta k = 1 - (1 - k_1) (1 - k_2) (1 - k_3) \dots (1 - k_n). \quad (3.10)$$

$$\Delta k = 1 - (1 - 0,15) \cdot (1 - 0,23) \cdot (1 - 0,36) \cdot (1 - 0,38) \cdot (1 - 0,23) = 0,8$$

Після цього визначаємо зниження витрат від дорожньо-транспортних пригод так [11]:

$$\Delta C_{ДТП} = \Delta k \cdot C_{ДТП}^i. \quad (3.11)$$

$$\Delta C_{ДТП} = 0,8 \cdot 800000 = 640000 \text{ грн.}$$

Умовна річна економія E також отримана за рахунок зменшення затримок руху на перехрестях [11]:

$$E = 0,2(C_{mp}^p - C_{mp}^{np}) + C_{дтп} - C_{ном}, \quad (3.12)$$

де C_{mp}^p, C_{mp}^{np} – вартість затримок транспортних засобів відповідно в діючій та пропонованій схемах організації руху, грн.

Річні витрати, пов'язані із затримками транспортних засобів на перехрестях, розраховуються за формулою [11]:

$$C_{mp} = S \cdot Z, \quad (3.13)$$

де S – середня вартість машино-години, грн;
 Z – затримки автомобіля на рік, год.

Вартість години затримки для автомобілів різних типів наступна:

- для легкового автомобіля - 182,59 грн.;
- для мікроавтобуса - 354,97 грн.;
- для автобуса – 532,46 грн.;
- для вантажного автомобіля – 263,87 грн.

У таблиці 3.4 наведені дані про транспортний потік і значення затримок пасажирів на розглянутих перехрестях. Ці затримки були отримані з використанням спеціального програмного продукту, який був розроблений на кафедрі «Транспортні технології» Національного університету «Запорізька політехніка».

Таблиця 3.4 - Результати розрахунків затримок транспорту та пасажирів

Затримка, год		Вартість затримок, грн	
діюча схема руху	нова схема руху	діюча схема руху	нова схема руху
18468	17994	1924368	1874977

Таким чином, річна економія становитиме:

$$E = 0,2(1924368 - 1874977) + 640000 - 155467 = 494411 \text{ грн.}$$

З метою розрахунку ефективності інвестицій потрібно визначити величину чистого дисконтованого прибутку [11]:

$$NPV = \sum_{i=1}^t \frac{E_t - K_t - C_t}{(1+i)^t}, \quad (3.13)$$

де E_t – економія від реалізації інвестицій за рік t , грн.;

K_t - капітальні інвестиції, які необхідні для впровадження нової схеми руху на перехресті грн.;

C_t – річна вартість експлуатації об'єкту, грн.;

i – ставка дисконту, %;

t – очікуваний строк окупності інвестицій.

Для розрахунку чистого дисконтованого прибутку складемо таблицю 3.5. Враховуючи, що інтенсивність трафіку зростає з кожним роком, потрібно зменшувати щорічну економію. Розмір щорічного зменшення – 5 %.

Таблиця 3.5 – Розрахунок чистого дисконтованого прибутку

Рік	Економія від впровадження нової ОДР, грн	Інвестиції, грн	Дисконтний коефіцієнт	Чистий дисконтований прибуток
0	494411	660620	1	-166209
1	469690	-	0,8065	378805
2	446206	-	0,6504	290212
3	423895	-	0,5245	222333
Разом				725141

Таким чином, інвестиції окупаються вже на другий рік. Започаткування нової схеми руху на перехресті проспекту Моторобудівників з вулицею Героїв 55-ї бригади є економічно вигідним та забезпечує підвищення безпеки руху.

Загальні витрати, економія від реалізації нової схеми руху, термін окупності інвестицій та інші показники економічної ефективності роботи представлені в таблиці 3.6 та на слайді 19.

Таблиця 3.6- Техніко-економічні показники

Показник	Значення	
	Діюча схема руху	Нова схема руху
1. Капітальні інвестиції, грн.	-	660620
2. Витрати від ДТП, грн.	800000	160000
3. Економія витрат на ДТП, грн.	-	640000
4. Поточні операційні витрати, грн.	-	155467
5. Витрати від затримок транспорту й пасажирів, грн.	1924368	1874977
6. Економія від реалізації нової схеми руху, грн.	-	494411
7. Чистий дисконтований прибуток, грн.	-	725141
8. Термін окупності інвестицій, років	-	2

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Питання, розглянуті в розділі з охорони праці магістерської роботи «Удосконалення організації руху автомобільного транспорту на перехресті пр. Моторобудівників та вул. Героїв 55-ї Бригади м. Запоріжжя» стосуються аналізу потенційних небезпек, що можуть вплинути на дослідника. Для усунення цих небезпек запропоновані певні заходи

Виконання роботи в умовах військового стану значно обмежує можливості щодо збору матеріалу й роботи безпосередньо на об'єкті дослідження. Більшість часу дослідник проводить за комп'ютером. Тому розглянемо небезпеки саме при цьому процесі.

Аналіз потенційних небезпек

До потенційних небезпек можуть входити:

- можливість короткого замикання, через несправності чи пошкодження у силових дротах комп'ютеру, що може призвести до ураження електричним струмом;
- монотонність роботи за комп'ютером, що може призводити до втоми, головного болю ;
- електромагнітне випромінювання комп'ютера може мати негативний вплив на нервову систему і визивати головний біль та погіршення самопочуття;
- при виникненні короткого замикання може виникнути пожежа;
- інші небезпеки.

Інші небезпеки розглянуті в додатку А.

В додатку Б розроблені заходи по усуненню загальних небезпек та небезпек виробничої санітарії та гігієни праці

В додатку В розраховано реальні шкідливі та небезпечні фактори напруженості праці, визначені такі показники умов праці як клас і ступінь шкідливості. Були заміряні параметри як шум, освітленість, монотонність праці, температура та інші.

В додатку Г розглянуті заходи безпеки в надзвичайних ситуаціях, а саме заходи з пожежної безпеки та заходи цивільного захисту.

ВИСНОВКИ

Магістерська робота включає розробку заходів щодо підвищення безпеки руху на перехресті проспекту Моторобудівників з вулицею Героїв 55-ї бригади. У цьому напрямку вжито наступних заходів:

- а) реконструкція під'їзду з боку від основної житлової забудови Шевченківського району до перехрестя по вулиці Героїв 55-ї бригади (розширення проїзної частини до 3 смуг руху);
- б) реконструкція переїзду трамвайних колій;
- в) встановлення пішохідної огорожі;
- г) розробка трьох режимів руху світлофорного об'єкта в залежності від наявної інтенсивності транспортного потоку;
- д) встановлення дорожніх знаків та нанесення дорожньої розмітки.

Розглянуті заходи організації дорожнього руху дозволять підвищити пропускну спроможність перехрестя, знизити рівень завантаження зупинок маршрутного транспорту, зменшити аварійність, збільшити швидкість руху та виконувати ефективно використання смуг руху. Покращення умов і підвищення безпеки руху дозволять досягти певного економічного ефекту.

Рух буде безпечним. Можна припустити, що нову схему організації дорожнього руху не тільки можна, а й потрібно впровадити. Це економічно вигідно. Чистий дисконтований прибуток від її реалізації становить понад 700 тисяч гривень за три роки.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Офіційний сайт Запорізької міської ради. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://zp.gov.ua/uk/page/pasport-mista>
2. Гаврилов Е.В. Системологія на транспорті: підручник у 5 кн. / Е.В. Гаврилов, М.Ф. Дмитриченко, В.К. Доля, О.Т. Лановий, І.Е. Линник, В.П. Поліщук; за заг. ред. М.Ф. Дмитриченка - Книга 4. Організація дорожнього руху – Київ: Знання України, 2007. - 452 с.
3. Інструкція до використання вимірювача швидкості «Іскра-1». Київ, Технополіс, 2002. – 26 с.
4. Організація та регулювання дорожнього руху: підручник / за заг. ред. В.П. Поліщука, О.О. Бакуліч, О.П. Дзюба, В.І. Єресов та ін. – К.: Знання України, 2012. – 467 с.
5. Бабков В.Ф. Дорожные условия и безопасность движения: Учебное пособие для ВУЗов / В.Ф. Бабков - 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1982. - 288 с.
6. ДБН В.2.3-5-2001. Споруди транспорту. Вулиці та дороги населених пунктів. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2017/03/DBN-V.2.3-5-2001.pdf>
7. ДСТУ Б В.2.3-10-2003 Споруди транспорту. Огородження дорожнє парпетного типу. Загальні технічні умови. [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://dnaop.com/html/61012/doc-%D0%94%D0%A1%D0%A2%D0%A3_%D0%91_%D0%92.2.3-10_2003
8. Кременец Ю.А. Технические средства организации дорожного движения / Ю.А. Кременец – М: Транспорт, 1990. – 255 с.
9. ДСТУ 4100:2014 Безпека дорожнього руху. Знаки дорожні. Загальні технічні умови. Правила застосування. [Електронний ресурс] – Режим

доступу:

https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/dstu_4100_2014.pdf

10. ДСТУ 2587:2021 Безпека дорожнього руху. Розмітка дорожня. Загальні технічні умови. [Електронний ресурс] – Режим доступу:

https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/dstu_2587_2021.pdf

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

ДОДАТОК А

Аналіз потенційних небезпек

- при появі підвищеного шуму, джерелами якого є жорсткий диск, вентилятор блока живлення мережі, сканери, пересувні механічні частини принтера. Підвищений шум впливає на центральну та вегетативну нервову систему людини, а також на органи слуху;
- монотонність роботи за ПК приводить до швидшої втоми, це більш ніж 600 однакових дій упродовж 75 % робочого часу за годину. Монотонність роботи, не ергономічність робочого місця призводить до захворювань загально-невротичного характеру у вигляді підвищеної загальної втоми, головного болю, відчуття важкості голови, поганого сну;
- підвищене значення напруги в електричній мережі, і замикання якої може пройти через тіло людини. Пошкодження ізоляції електропроводки може спричинити коротке замикання та уразити людину. Пошкодження може бути від скручування проводів, через зачеплення ногами за проводи та інше;
- підвищений рівень електромагнітних випромінювань, джерелами яких є блоки живлення (50 Гц), системи кадрової розгортки (5 -2 кГц), блок модуляції проміння ЕПТ (5-10 МГц). Електромагнітні поля біля комп'ютера (особливо низькочастотні) негативно впливають на нервову систему, викликаючи головний біль, запаморочення, депресію, безсоння.;
- незадовільне освітлення робочого місця дослідника може призвести до зниження працездатності користувача ПК. З'являється короткозорість, швидка втомленість, що приводить до травмування.;
- порушення мікроклімату на робочому місці, де розташований ПК. Від працюючої оргтехніки, інших нагріваючих приладів температура в

кімнаті підвищується, що призводить до дискомфорту оператора, до швидшої втоми;

- електризований екран монітору притягує частки пилу, який є у повітрі, та заряджає їх, що викликає роздратованість, сип, запалення шкіри. При роботі на лазерному принтері виділяється озон, який сильно роздратовує слизисту оболонку носа, очей, горла і може приводити до онкологічного захворювання;
- при виникненні короткого замикання та попадання іскри до легкозаймистих матеріалів (бумага, спирт для обтирки та інше) може виникнути пожежа. Якщо своєчасно її не загасити, то виникне пожежа, яка може призвести до опіків людини;
- негативний вплив шкідливих факторів середовища такі як не задовільнена освітленість, не відповідність нормам мікроклімату, підвищений шум та інше в дослідницькій лабораторії облаштованої ПК.

ДОДАТОК Б

Заходи по забезпеченню безпеки

Для запобігання ураження електричним струмом, необхідно всі дроти, що підходять до ПК та до адаптерів, згорнути у спеціальні ізолюючі вкриття (пластмасові коробки). Розташувати їх на стіні, або на полу. Це не дасть можливості пошкодження дротів механічно.

Необхідно враховувати, що будь-який персональний комп'ютер, допоміжне обладнання та периферійні пристрої які експлуатуються разом з ним (принтер, сканер, модем) є електроустановками які живляться напругою до 1000 В й на них і на все, що пов'язано з їх експлуатацією в повній мірі поширюються вимоги електробезпеки.

Тому з метою забезпечення безпеки, як користувачів, так і обслуговуючого персоналу комп'ютерів, при їх експлуатації в приміщеннях (лабораторіях) обладнаних комп'ютерами, повинні бути повністю дотримані вимоги електробезпеки ДСТУ 7237:2011 «Системи стандартів безпеки праці. Електробезпека. Загальні вимоги та номенклатура видів захисту».

Рівні електромагнітних випромінювань моніторів, що вважаються безпечними для здоров'я, регламентуються нормами MPR 11 1990:10 Шведського національного комітету по вимірах і випробуванням. Ці значення рівнів вважаються базовими. Українські нормативні документи повністю збігаються в частині рівнів ЕМІ з вимогами MPR 11.

Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці

Джерелом електростатичного поля є позитивний потенціал, який подається на внутрішню поверхню екрана монітора для прискорення електронного проміння.

Напруженість поля для кольорових дисплеїв може досягати 18 кВ. Тому із зовнішньої сторони до екрана притягаються з повітря негативні частинки, які при нормальній вологості мають певну провідність.

Якщо зовнішня поверхня екрана заземлена, його електростатичний потенціал знижується: при сухому повітрі на 50%, при вологому більш ніж на 50%. Для зменшення впливу принтера, треба винести його в інше приміщення.

У виробничих приміщеннях, на робочих місцях з комп'ютерною технікою забезпечуються оптимальні значення параметрів мікроклімату: температури, відносної вологості та швидкості переміщення повітря, для легкої робіт категорій 1б, згідно вимог ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень», наведених у таблиці В.1.

Таблиця В.1 - Норми мікроклімату для приміщень з комп'ютерною технікою

Пора року	Категорія робіт	Температура повітря, °С, не більше	Відносна вологість повітря, %	Швидкість руху повітря, м/с
Холодна	легка –1а	22-24	40-60	0,1
	легка –1б	21-23	40-60	0,1
Тепла	легка –1а	23-25	40-60	0,1
	легка –1б	22-24	40-60	0,2

Для забезпечення оптимальних параметрів мікроклімату в приміщеннях з ПК повинні бути передбачені системи вентиляції, кондиціонування та опалення, згідно ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування».

При виборі системи вентиляції, необхідно врахувати, що в приміщеннях з комп'ютерною технікою повинен бути забезпечений 3-х кратний повітрообмін за годину.

ДОДАТОК В

Загальна гігієнічна оцінка умов праці

Розрахунок дослідження шкідливих та небезпечних факторів виробничого середовища, напруженості праці.

В рамках дослідження шкідливих та небезпечних факторів виробничого середовища, важкості та напруженості праці були проведені відповідні виміри мікроклімату, освітлення, рівня шуму та інші у лабораторії де є ПК. які були внесені до таблиці.

У відповідності до вихідних даних, вносимо наявні фактори умов праці та виробничого середовища що впливають на працівника в процесі трудової діяльності їх фактичне значення та час дії вносимо до стовпчиків 1, 2, 3, таблиці В.1.

Відповідно до додатків методичних вказівок [1], за витратами енергії, визначаємо категорію робіт для дослідника лабораторії обладнаної ПК. Умови праці, за витратами енергії, не перевищують 140 Вт (90-120 ккал/год.) та повинні відповідати легким фізичним роботам – категорії 1б.

З додатків [1], відповідно до категорії робіт 1б, розряду зорових робіт Б-2 та виявлених показників умов та напруженості праці, визначаємо ГДК (ГДР) виявлених факторів і показників та вносимо їх значення до стовпчика 4, таблиці В.1.

Для окремих факторів і показників за методикою визначеною «Гігієнічною класифікацією праці», визначаємо розрахункові коефіцієнти $X_{визн}$ та вносять їх значення до стовпчика 5, таблиці В.1.

Таблиця В.1 - 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
Мікроклімат за ТНС-індексом, $t, ^\circ C$	27,9	7	22,9-25,8	3	3.3	3
Освітленість приміщення $E, лк$	180	7	200	—	1-2	0
Розряд і підрозряд зорових робіт, $З_{ор}$	Б-2	—	—	—	—	—
Рівень шуму $L, дБА$	94	6	50	—	3.2	1,25
Загальні енергозатрати організму, $Вт$	290	7	290	0,88	3.3	3
Стереотипні робочі рухи (кількість за зміну), при локальному навантаженні (за участю м'язів кистей та пальців рук)	49000	7	40000	1,07		
Тривалість зосередження уваги (в % від часу зміни)	86	7	75	1,0		
Тривалість робочого дня, $год.$	7	7	8	0,11		

Для гігієнічної оцінки мікроклімату використовуємо ТНС-індекс, додаток Б [1]. Розрахунковий коефіцієнт $X_{визн}$ при оцінка мікроклімату визначаємо в балах, за формулою 7.1 [1]:

$$X_{визн} = \frac{1 \cdot t_1 + 2 \cdot t_2 + 3 \cdot t_3 + 4 \cdot t_4}{T} = \frac{3 \cdot 7}{7} = 3$$

Для показників важкості та напруженості праці розрахункові коефіцієнти визначаються за основними та допоміжними показниками, що є характерними для конкретного робочого місця, за формулою 7.2 [1]:

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

$$X_{визн} = \frac{P_{вим} \cdot T \cdot K_{знач}}{8 \cdot P_{дон}} = \frac{290 \cdot 7 \cdot 1,0}{8 \cdot 290} = 0,88;$$

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

$$X_{визн} = \frac{P_{вим} \cdot T \cdot K_{знач}}{8 \cdot P_{дон}} = \frac{49000 \cdot 7 \cdot 1,0}{8 \cdot 40000} = 1,07;$$

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

$$X_{визн} = \frac{P_{вим} \cdot T \cdot K_{знач}}{8 \cdot P_{дон}} = \frac{80 \cdot 7 \cdot 1,0}{8 \cdot 75} = 1,0;$$

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

$$X_{визн} = \frac{P_{вим} \cdot T \cdot K_{знач}}{8 \cdot P_{дон}} = \frac{7 \cdot 7 \cdot 0,15}{8 \cdot 8} = 0,11;$$

Визначаємо клас та ступінь шкідливості умов праці для кожного з виявлених факторів і показників та вносимо їх значення до стовпчика 6, таблиці В.1:

- для мікроклімату, відповідно до значення розрахункового коефіцієнта $X_{визн} = 3$, з таблиці 7.2 [1] – 3 клас, 3 ступінь (3.3);
- при оцінці освітленості робочої зони приміщення, клас та ступінь шкідливості умов праці визначаємо у відповідності до $P_{вим} = 180$ лк, за додатками Г та табл. Г.1 [1] – 2 клас ;
- для гігієнічної оцінки рівня шуму, клас та ступінь шкідливості умов праці визначаємо у відповідності до виміряного значення рівня шуму $P_{вим} = 94$ дБА, за додатками Д та табл. Д.1 [1] – 3 клас, 2 ступінь (3.2);
- клас і ступінь важкості та напруженості праці визначаємо як суму розрахованих балів усіх показників $X_{визн}$ за формулою 7.3 [1]:

$$X_{сум} = \sum_{i=1}^n X_i = 0,88 + 1,07 + 1,0 + 0,11 = 3,07$$

З таблиці 7.3 [1] за значенням суми розрахованих балів показників $X_{сум} = 3,07$ – 3 клас, 3 ступінь (3.3).

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.

Тому що 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 «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 – $X_{cm} = X_i = 3$;

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

- для оцінки впливу шуму, виходимо з того, що його рівень відповідає 3 класу, 2 ступеню умов праці та діє протягом 5 годин, тому значення X_i визначаємо за формулою 7.4 [1]:

$$X_i = X_{cm} \cdot \frac{T}{8} = 1 \cdot \frac{2 \cdot 5}{8} = 1,25$$

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

Для визначення конкретного розміру доплати, умови праці оцінюємо по сумі значень X_i , за формулою 7.5 [1]:

$$X_{факт} = \sum_{i=1}^n X_i = 3 + 0 + 1,25 + 3 = 7,25$$

Розмір доплати за умовами праці визначаємо в залежності від їх фактичного стану – $X_{факт} = 7,25$, на підставі Типового положення «Про оцінку умов праці на робочих місцях і порядок застосування галузевих переліків робіт, на яких можуть установлюватися доплати робітникам за умови праці», з таблиці 7.4 [1]. 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.

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;

Відповідно до класифікації умови, важкість та напруженість праці на робочому місці -дослідника належать до категорії 1б, тому необхідно привести ці умови у відповідність до нормативних значень, які відповідають оптимальним параметрам для категорії 1б, а саме:

- мікрокліматичні умови, за інтегральним показником теплового навантаження середовища - ТНС-індексом - 20,2-22,8°C;
- освітленість приміщення для роботи з дисплеями й відеотерміналами відповідає розряду зорових робіт Б-2, нормована загальна освітленість якого, на робочих столах – $E = 200$ лк;
- рівень шуму в робочий зоні дослідника – 50 дБА;
- загальні енергозатрати організму, до 175 Вт;
- стереотипні робочі рухи (кількість за зміну), при локальному навантаженні (за участю м'язів кистей та пальців рук), до 20000;
- тривалість зосередження уваги (в % від часу зміни), до 50%;
- тривалість робочого дня, 6 або 7 год.

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

- для приведення мікрокліматичних умов до відповідності, необхідно забезпечити припливно-витяжну механічну вентиляцію та кондиціювання приміщення;

- для зниження рівня шуму в робочій зоні дослідника необхідно замість матричних принтерів застосувати лазерні; з метою зниження зовнішнього шуму замінити вікна на пластикові з трикамерним склопакетом;

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

- для зменшення напруженості праці від стереотипних рухів за зміну при локальному навантаженні кистей рук та пальців необхідно передбачити перерви, не менш 15 хвилин, кожні 1-2 години;

- для зменшення тривалості зосередження уваги, необхідно скоротити тривалість робочого дня, передбачити додаткові перерви.

Якщо, з об'єктивних причин, вищезазначені заходи неможливо виконати, необхідно забезпечити доплати до тарифної ставки (окладу) за особливо шкідливі та особливо важкі умови праці, відповідно до таблиці 7.4 [1], у розмірі 16%.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ ДОДАТКУ В

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

ДОДАТОК Г

Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях

Заходи з пожежної безпеки

Оскільки приміщення дослідницької лабораторії що обладнане ПК має площу 39 м², тому відповідно до вимог п. 5 розділу VI «Вибір типу та необхідної кількості вогнегасників», «Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників», затверджених наказом МВСУ 15.01.2018 № 25 та зареєстрованих в МЮУ 23.02.2018 р. за № 225/31677 для гасіння електроустановок, що знаходяться під напругою, передбачені вуглекислотні вогнегасники типу ВВК-3,5 у кількості 2 штук (з розрахунку один вогнегасник з величиною заряду вогнегасної речовини 3 кг. і більше, на 20 м² площі приміщення). Додатково, на кожному поверсі будівлі, в якій розміщене приміщення обладнане ПК з ВДТ, передбачене два переносних порошкових вогнегасника – ВП-5. Відстань між вогнегасниками та місцями можливих загорянь не перевищує 10 м.

Заходи з цивільного захисту

Організація навчання працюючого та непрацюючого населення діям у надзвичайних ситуаціях.

Згідно до статті 39 «Кодексу цивільного захисту України». Навчання населення діям у надзвичайних ситуаціях здійснюється:

- а) за місцем роботи - працюючого населення;
- б) за місцем навчання - дітей дошкільного віку, учнів та студентів;
- в) за місцем проживання - непрацюючого населення.

Організація навчання діям у надзвичайних ситуаціях покладається на центральний орган виконавчої влади, який забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері цивільного захисту.

Для працюючого та непрацюючого населення – на органи місцевого самоврядування, які розробляють і затверджують відповідні організаційно-методичні вказівки та програми з підготовки населення до таких дій.

Для дітей дошкільного віку, учнів та студентів - на органи, що забезпечують формування та реалізує державну політику у сфері освіти і науки, який розробляє та затверджує навчальні програми з вивчення заходів безпеки, способів захисту від впливу небезпечних факторів, викликаних надзвичайними ситуаціями, з надання до медичної допомоги за погодженням з центральним органом виконавчої влади, який забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері цивільного захисту.

Стаття 40 регламентує навчання працюючого населення.

Навчання працюючого населення діям у надзвичайних ситуаціях є обов'язковим і здійснюється в робочий час за рахунок коштів роботодавця за програмами підготовки населення діям у надзвичайних ситуаціях, а також під час проведення спеціальних об'єктових навчань і тренувань з питань цивільного захисту.

Особи під час прийняття на роботу та працівники щороку за місцем роботи проходять інструктаж з питань цивільного захисту, пожежної безпеки та дій у надзвичайних ситуаціях.

Особи, яких приймають на роботу, пов'язану з підвищеною пожежною небезпекою, мають попередньо пройти спеціальне навчання (пожежно-технічний мінімум). Працівники, зайняті на роботах з підвищеною пожежною небезпекою, один раз на рік проходять перевірку знань відповідних нормативних актів з пожежної безпеки, а посадові особи до початку виконання своїх обов'язків і періодично (один раз на три роки) проходять навчання та перевірку знань з питань пожежної безпеки.

Допуск до роботи осіб, які не пройшли навчання, інструктаж і перевірку знань з питань цивільного захисту, зокрема з пожежної безпеки, забороняється.