

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

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

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

магістра

(ступінь вищої освіти)

на тему Удосконалення організації та підвищення безпеки руху
автомобільного транспорту в районі перехрестя проспекту Моторобудівників
з вулицею Чарівною міста Запоріжжя

Виконав: студент(ка) 2 курсу, групи Т-318м

Спеціальності 275 «Транспортні технології»

(на автомобільному транспорті)

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Транспортні технології

(на автомобільному транспорті)

Зубко О.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник

Райда І.М.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

Артюх О.М.

(прізвище та ініціали)

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

«07» жовтня 2019 року

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

Зубко Дмитра Володимировича
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Удосконалення організації та підвищення безпеки руху автомобільного транспорту в районі перехрестя проспекту Моторобудівників з вулицею Чарівною міста Запоріжжя

керівник проєкту (роботи) Райда Ігор Михайлович, старший викладач
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «14» листопада 2019 року №389

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

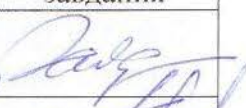
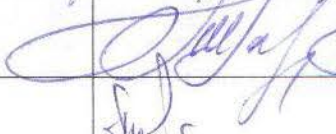
3. Вихідні дані до проєкту (роботи) існуюча вулично-дорожня мережа; існуюча схема організації дорожнього руху; статистика ДТП.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 2.1 Розширення проїжджої частини вулиці Чарівна; 2.2 Реконструкція переїзду через трамвайні колії; 2.3 Заходи запобігання хаотичному руху пішоходів; 2.4 Розробка режимів роботи світлофорного об'єкту; 2.5 Організація дорожнього руху на перехресті проспекту Моторобудівників з вулицею Чарівною.

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

1. Перехрестя пр. Моторобудівників - вул. Чарівна; 2. Приведені інтенсивності транспортних потоків; 4. Склад транспортного потоку на перехресті; 5. Швидкісні характеристики транспортних потоків; 6. Існуюча схема пофазового роз'їзду; 7. Існуюча циклограма роботи світлофорного об'єкту; 8. Існуюча схема організації дорожнього руху; 9. Статистика та аналіз ДТП; 10. Проектна схема пофазового роз'їзду; 11. Циклограми роботи світлофорів в три фази; 12. Циклограми роботи світлофорів в дві фази; 13. Проектна схема організації дорожнього руху; 14. Економічні показники проєкту.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

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

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Студент(ка)


 (підпис)

Керівник проекту (роботи)


 (підпис)

Д.В. Зубко

(прізвище та ініціали)

І.М. Райда

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 72 с., 19 табл., 13 рис., 10 використаних джерел.

Об'єкт дослідження: вулично-дорожня мережа Шевченківського району міста Запоріжжя.

Мета роботи: розробити заходи щодо підвищення безпеки руху та зменшення транспортних затримок на перехресті проспекту Моторобудівників з вулицею Чарівною.

Методи дослідження: аналітичний.

В магістерській роботі вивчені дорожні умови, основні характеристики транспортних та пішохідних потоків та проаналізовано аварійність на вулично-дорожній мережі, що розглядається, зібрано та проаналізовано статистичний матеріал про ДТП.

Обґрунтовано та розраховано реконструкцію перехрестя проспекту Моторобудівників з вулицею Чарівною. Розроблені заходи, щодо забезпечення безпеки руху на цьому перехресті. Розраховані шість режимів роботи світлофорного об'єкту.

Пропоновані рішення підтверджені економічними розрахунками.

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

ЗМІСТ

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 району перехрестя.....	11
1.3 Характеристики транспортних і пішохідних потоків.....	13
1.3.1 Інтенсивність та склад транспортних потоків.....	13
1.3.2 Аналіз швидкісних режимів руху.....	16
1.3.3 Характеристика пішохідних потоків.....	19
1.4 Визначення пропускних спроможностей перехрестя.....	20
1.5 Аналіз організації дорожнього руху на перехресті.....	24
1.6 Статистика та аналіз дорожньо-транспортних пригод.....	24
1.7 Існуючі недоліки та постановка задач на магістерську роботу.....	26
2. ОСНОВНА ЧАСТИНА.....	28
2.1 Розширення проїжджої частини вулиці Чарівна.....	28
2.1.1 Розрахунок ширини смуг проїжджої частини.....	28
2.1.2 Розрахунок ширини проїжджої частини.....	30
2.1.3 Визначення параметрів розширення.....	31
2.2 Реконструкція переїзду через трамвайні колії.....	32
2.3 Заходи запобігання хаотичному руху пішоходів.....	33
2.4 Розробка режимів роботи світлофорного об'єкту.....	34
2.4.1 Аналіз схем пофазового розїзду.....	34
2.4.2 Розрахунок елементів світлофорного циклу.....	38
2.5 Організація дорожнього руху на перехресті проспекту Моторобудівників з вулицею Чарівною	46

2.5.1 Організація руху за допомогою дорожніх знаків.....	46
2.5.2 Організація руху за допомогою дорожньої розмітки.....	47
3. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	49
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	59
4.1 Аналіз потенційних небезпек.....	59
4.2 Заходи по забезпеченню безпеки.....	61
4.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці.....	61
4.4 Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях.....	70
4.4.1 Заходи з пожежної безпеки	70
4.4.2 Заходи з цивільного захисту.....	70
Висновки.....	74
Перелік посилань.....	75

ВСТУП

Проблема покращення організації дорожнього руху в сучасних містах стоїть дуже гостро. Розвиток інфраструктури великих міст, постійне зростання кількості автомобільного транспорту на вулицях та дорогах ставить це питання в ряд з самими важливими питаннями, від яких залежить нормальне функціонування міста, та, врешті решт, здоров'я та життя людей у ньому.

Зростання автомобільного парку та об'ємів перевезень веде до зростання інтенсивності руху, що в умовах міст з забудовою, що історично склалася, приводить до виникнення транспортної проблеми. Особливо гостро вона виявляється у вузлових пунктах вулично-дорожньої сітки. Тут збільшуються транспортні затримки, виникають черги і затори, що викликає зниження швидкості сполучення, невиправдані перевитрати палива та підвищене зношування вузлів і агрегатів транспортних засобів. Змінний режим руху, часті зупинки та скупчення автомобілів на перехрестях є причинами підвищеного забруднення повітряного басейну міста продуктами неповного згоряння палива. Одночасно зростає і кількість дорожньо-транспортних пригод, у яких гинуть та одержують поранення мільйони людей, ушкоджуються і виходять з ладу техніка і вантажі. Місто Запоріжжя не є виключенням.

Предметом даного дипломного проектування стало перехрестя вулиць Чарівної та 8 Березня, яке знаходиться у Шевченківському районі нашого міста. Підвищення безпеки руху та зниження транспортних витрат на цій ділянці є основними питаннями, що розглядаються в даному дипломному проекті.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Загальна характеристика транспортного вузла міста Запоріжжя

Запоріжжя знаходиться в південній степовій частині Східної України. Місто розташовується по обох берегах річки Дніпро. Площа міста складає 33099 га. Місцевість - рівнинна, ґрунт - чорнозем звичайний, малогумусний. Поверхня Дніпра займає понад 12 % міської території.

Середня висота над рівнем моря складає 50 м. Найвища точка знаходиться на Бабурці - в Хортицькому районі і складає 105 метрів над рівнем моря

На острові Хортиця завдяки сухості степового клімату і великої кількості прісної води рослинний світ винятковий і унікальний, тому острову присвоєний статус національного заповідника.

Клімат - атлантико-континентальний, з вираженими в літній період посушливими суховійними явищами, що виявляються в окремі роки з особливою інтенсивністю. Літо тепле, звичайно починається в перших числах травня і продовжується до початку жовтня, охоплюючи період біля п'яти місяців. Зима помірковано м'яка, часто спостерігається відсутність стійкого сніжного покриву. У середньому, висота сніжного покриву складає 14 см., найбільша - 35 см.

Середня річна температура - 9,0 °С, середня температура в липні - 22,8 °С, а в січні - 4,9 °С.

Середня глибина промерзання ґрунту - 0,8 метрів, максимальна - близько 1,0 метра.

За умовами забезпеченості вологою територія міста відноситься до посушливої зони. Середньорічна кількість опадів складає 443 мм, а випар з

поверхні сухіше - 480 мм, з водної поверхні - 850 мм. При цьому влітку часто спостерігаються зливи, що сильно розмивають поверхню ґрунту.

Відносна вологість повітря о 13 годині складає 60%, найменша - 40% - спостерігається в липні - серпні.

Переважний напрямок вітру в теплий період є північний і північно-східне, у холодний період - північно-східне і східне. Середня швидкість вітру складає 3,8 м/сек, підсилюючи до 4,2 м/сек на окраїнах міста. Максимальна швидкість вітру, до 28 м/сек, спостерігається один раз у 15-20 років.

Щорічно, у середньому, місто покривається туманом 45 днів у році. Найбільше число туманів - 60 у рік.

За станом на 1 січня 2016 року чисельність населення в Запоріжжі складала 784,7 тис. чоловік.

Економічний потенціал міста Запоріжжя - це понад 280-ти промислових підприємств, серед яких основну долю складають підприємства машинобудування, металургії і обробки металу, хімічної і нафтохімічної промисловості, харчової промисловості.

Сучасна транспортна інфраструктура м. Запоріжжя містить у собі систему зовнішнього транспорту - залізницю, автобусний транспорт, автодорожня мережа, авіатранспорт і водний (річний) транспорт, магістральну вулично-дорожню мережу і мережу масового пасажирського транспорту. Запорізький залізничний вузол утворюється перетинанням двох магістральних ліній: Харків - Запоріжжя - Сімферополь і Кривий Ріг - Запоріжжя - Донбас.

Зовнішні автобусні перевезення пасажирів здійснюються трьома автостанціями й одним автовокзалом.

Мережа зовнішніх автошляхів містить у собі дорогу державного значення, що забезпечують зв'язки з Дніпропетровськом, Харковом, Полтавою, центральними і південними областями України та з Азовським узбережжям.

Вантажні і пасажирські перевезення водним транспортом обслуговуються двома річковими портами.

Повітряне сполучення забезпечується Запорізьким аеропортом, розташованим у північно-східній частині міста.

Існуюча магістральна вулично-дорожня мережа міста представлена магістралями міського і районного значення. Транспортні зв'язки між лівим і правим берегами здійснюється через греблю Дніпрогесу і мости, що проходять через острів Хортиця.

Об'єкт магістерської роботи знаходиться в Шевченківському районі міста Запоріжжя. Площа Шевченківського району дорівнює 98 км². Населення району складає 154,9 тис. чоловік. Район включає в себе 432 вулиці загальною довжиною 309,3 км., з яких: асфальтобетонне покриття мають 1062560 м², з твердим покриттям – 8887712 м². Покриття зеленої зони району складає 562802 м². Протяжність повітряних електромереж складає 172092 м², а підземних електромереж – 219451 м².

Магістральними вулицями та дорогами даного району є :

- пр. Моторобудівників;
- вул. Магістральна;
- вул. Куйбишева;
- вул. Чарівна;
- вул. Уральська;
- вул. Стефанова;
- вул. Кругова;
- вул. Димитрова;
- вул. Вороніна;
- вул. Авраменка;
- вул. Карпенка Карого;
- вул. Бочарова;
- вул. Брюллова.

Життєдіяльність міста, робота підприємств і транспортообразуючих об'єктів вагомо впливає на нерівномірність надходження транспорту на вулично-дорожню мережу, що обумовлює сильне коливання транспортного потоку, тому важливо буде указати основні пункти тяжіння.

До основних пунктів тяжіння Шевченківського району відносяться :

- ЗКП НВК «Іскра»;
- ЗМКБ «Прогрес»;
- ПАТ «Мотор Січ»;
- супермаркети;
- дитячий розважальний комплекс та ін.

За даними транспортного відділу районної адміністрації чисельність автомобільного парку Шевченківського району становила в 2018 році - 26724 автомобілів, а в 2019 році чисельність парку зросла на 567 одиниць транспортних засобів і складала 27291 автомобіль.

Щільність вулично-дорожньої мережі Шевченківського району, яка характеризує розвиненість магістральної вуличної мережі району і визначається як відношення загальної довжини магістральних вулиць до забудованої території району, складає 3,16 км/км², що перевищує оптимальне значення (2,2-2,4 км/км²). Це означає, що Шевченківський район має досить розвинену магістральну вуличну мережу.

1.2 Загальна характеристика району перехрестя

Об'єктом дослідження у даній магістерській роботі є ділянка вулично-дорожньої мережі Шевченківського району, а саме перехрестя проспекту Моторобудівників з вулицею Чарівною.

Ділянка вулично-дорожньої мережі, що розглядається, наведена на слайді № 2 графічної частини магістерської роботи.

Зазначені вулиці відносяться до вулиць міського значення. Це пов'язано з використанням їх для часткового пропуску транзитного транспортного потоку, що рухається з Донецького напрямку на інший берег ріки Дніпро. Завантаження вулиць рухом по довжині нерівномірно.

Частка вулиці Чарівна біля міського ботанічного саду має значно менші геометричні розміри проїжджої частини по ширині і відповідно не використовується основними транспортними потоками. Розширення неможливе з причини щільної забудови.

Щодо видів руху на ділянці, то обмежень за видами транспорту немає. Перехрестям рухається приватний, службовий, вантажний транспорт, а також міський пасажирський транспорт, зокрема трамваї, автобуси та мікроавтобуси.

Дорожнє покриття знаходиться в задовільному стані. Тротуари повздовж вулиць - частково відсутні.

Особливістю ділянки вулично-дорожньої мережі, що розглядається, є те, що значна частка (близько 50 %) усього транспорту Шевченківського району проходить по ній до центру міста та інших районів. Це пов'язано з відсутністю інших зручних шляхів, які б поєднували Шевченківські райони 1, 2 та 3 з іншою територією міста. Тому рух на ділянці є досить напруженим і значним практично на протязі всієї доби.

1.3 Характеристики транспортних і пішохідних потоків

1.3.1 Інтенсивність та склад транспортних потоків

На досліджуваній ділянці було проведене дослідження, в ході якого була підрахована інтенсивність в часи пік (з 7:30 до 8:30 та з 16:30 до 17:30) та в між піковий період (з 13:00 до 14:00). Одержані дані інтенсивності були оброблені і приведені до умовного легкового автомобіля по формулі [1]:

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

де N_i - інтенсивність групи автомобілів;

K_i - відповідний групі автомобілів коефіцієнт приведення.

На рисунках 1.1-1.3 наведені приведені інтенсивності транспортних потоків в ранкові, між пікові та вечірні години.

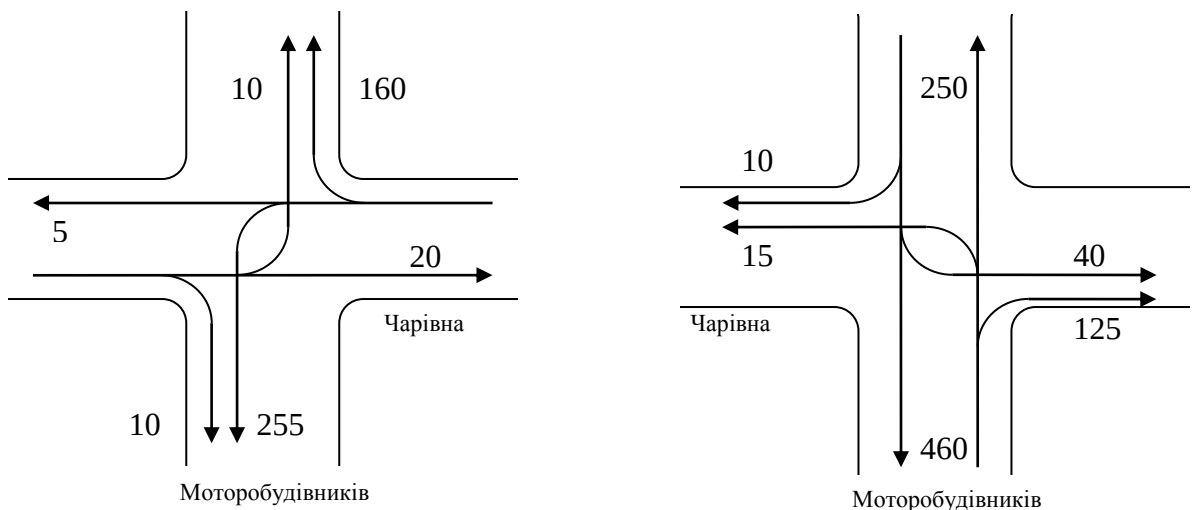


Рисунок 1.1 – Інтенсивності руху на перехресті
пр. Мотробудівників – вул. Чарівна в ранкові години

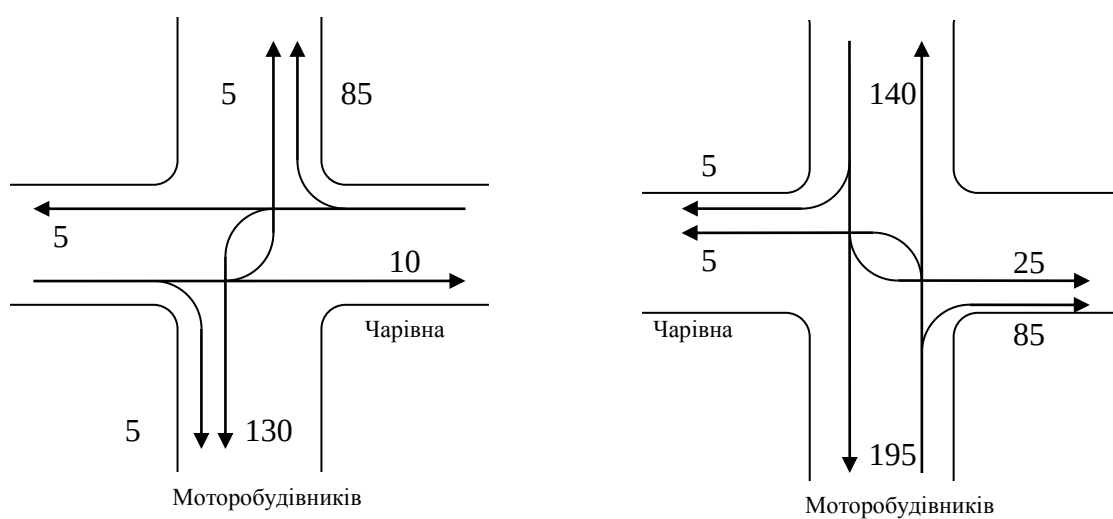


Рисунок 1.2 – Інтенсивності руху на перехресті
пр. Мотробудівників – вул. Чарівна в між пікові години

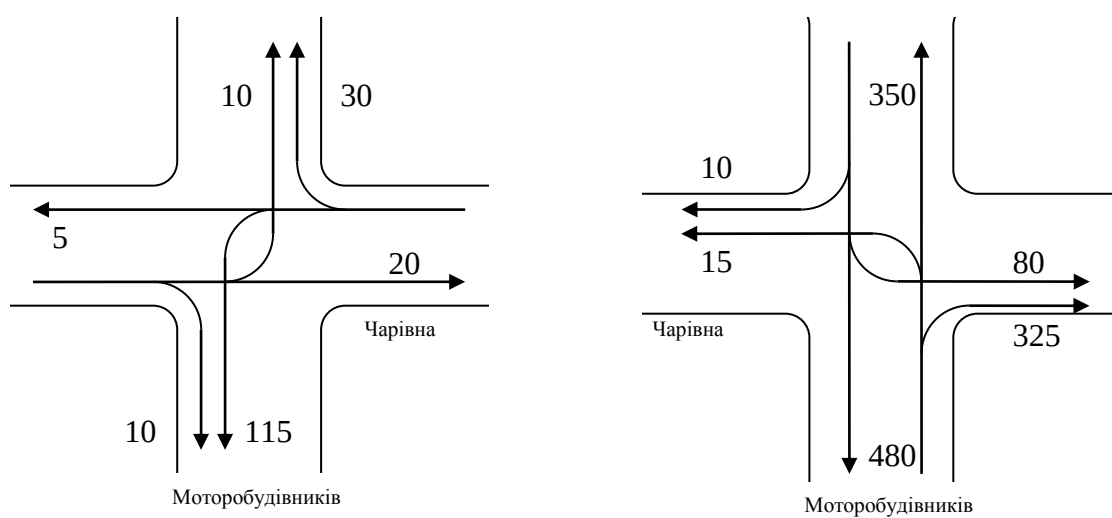


Рисунок 1.3 – Інтенсивності руху на перехресті
пр. Мотробудівників – вул. Чарівна в вечірні години

Як бачимо з рисунків 1.1-1.3 в ранкові години “пік” більше транспорту рухається з Шевченківського району до центру міста, у вечірні часи – навпаки у зворотному напрямку.

Приведені інтенсивності транспортних потоків на цьому перехресті наведені на слайді № 3 графічної частини магістерської роботи.

Були зібрані дані щодо складу транспортного потоку. На рисунку 1.4 наведені дані щодо складу транспортних потоків на перехресті проспекту Моторобудівників з вулицею Чарівною. Як бачимо з цього рисунку у транспортному потоці переважають легкові автомобілі. Їх частка становить 70 % від загальної кількості автомобілів.

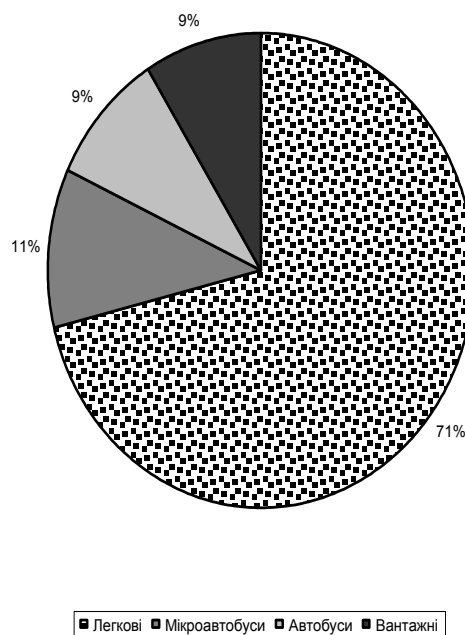


Рисунок 1.4 – Склад транспортного потоку

Слід відмітити, що таке співвідношення складу транспортного потоку характерне лише для годин “пік”. У між пікові години частка легкових автомобілів знижується до 45-50 % від загальної кількості. Це відбувається за рахунок зниження загальної інтенсивності руху та практично незмінної кількості засобів міських пасажирських перевезень у потоці.

Склад транспортного потоку на зазначеному перехресті наведений на слайді № 4 графічної частини магістерської роботи.

1.3.2 Аналіз швидкісних режимів руху

Встановлення величини швидкості руху на проводимо за допомогою вимірювача швидкості типу «ІСКРА-1». Це універсальний імпульсний вимірювач швидкості, який реалізує всі можливі роботи: у стаціонарному положенні й у русі (у тому числі по зустрічним і побіжним цілям), селекцію цілей по напрямку, сполучається з відеофіксатором «Кадр-1» і персональним комп'ютером. Тактико-технічні характеристики дорожнього радара «ІСКРА-1»:

- робоча частота – $24,15 \pm 0,1$ ГГц (К-діапазон); дальність виявлення – не менше 500 – 800 м; діапазон вимірюваних швидкостей – 30 – 220 км/год;
- межі абсолютної погрішності виміру швидкості – ± 2 км/год;
- час виміру швидкості – не більше 1 с;
- дискретність установки граничного значення швидкості – 1 км/год; виділення найшвидшої цілі при перевищенні швидкості руху на 4 км/год;
- кількість комірок пам'яті – 2; час збереження значення швидкості в кожній з комірок пам'яті не менше 10 хвилин;
- припустима тривалість безупинної роботи не менше 16 годин;
- час установки робочого режиму після включення живлення не більше 3 с;
- щільність потоку вимірювання в зворотному напрямку на відстані 0,5 м не більш 10 мкВт/см²;
- середня споживна потужність – не більше 8 Вт;

- маса – не більше 0,9 кг (без акумулятора);
- припустимі граничні температури від -50°C до +55 °C;
- габаритні розміри – не більше 265x180x65 мм.

Результати вимірювань швидкості по вул. Чарівна на ділянці перед перехрестям з пр. Моторобудівників наведені у таблиці 1.1. Вони містять загальну інформацію, тобто це сумарні значення швидкостей руху, які вимірювались протягом години.

Таблиця 1.1 – Розподіл швидкостей руху за годину.

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 за даними таблиці 1.1:

$$\bar{V} = \frac{26785}{852} = 31,4 \text{ км/год.}$$

Результати вимірювань швидкості по пр. Моторобудівників на ділянці між перехрестям з вул. Героїв 55 бригади та перехрестям з вул. Чарівна наведені у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Розподіл швидкостей руху за годину

Інтервали швидкостей руху	Середина інтервалу V_i	Кількість значень m_i	Частість $f_i = \frac{m_i}{\sum m_i}$	Накопичена частість $F(V)$
1	2	3	4	5
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

Значення середньої швидкості руху за даними таблиці 1.2:

$$\bar{V} = \frac{29045}{782} = 37,1 \text{ км/год.}$$

Обробка даних швидкісних режимів руху на ділянці, що розглядається наведена на слайді № 5 графічної частини магістерської роботи.

При аналізі статистичних даних миттєвих швидкостей руху розрізняють швидкості 15, 50, 85 і 95 % забезпеченості. Ці швидкості отримують при аналізі кумулятивних кривих [3].

Швидкості 15 % забезпеченості показують з якими швидкостями рухається найбільш повільна частка транспортного потоку, яка є причиною дорожніх пригод, що пов'язані з обгонами.

Швидкості 50 % забезпеченості відповідають середній швидкості руху всіх автомобілів потоку, що розглядається.

Швидкості 85 % забезпеченості показують з якими швидкостями рухається найбільш швидка частка потоку автомобілів. Величина цієї швидкості використовується при організації руху.

Значення швидкостей 95 % забезпеченості показують швидкості найбільш швидких автомобілів, які рухаються з ризиком потрапити в ДТП.

Проаналізувавши отримані значення можна стверджувати, що в цілому порушень правил дотримання швидкісного режиму руху на ділянці проектування не відбувається. Однак слід зазначити, що середні показники швидкості руху автомобілів доволі низькі. Особливо це зниження спостерігається в пікові години, коли на підходах до перехрестя виникають значні автомобільні черги.

1.3.3 Характеристика пішохідних потоків

На ділянці вулично-дорожньої мережі, що розглядається, рух пішоходів здійснюється по тротуарах, якими обладнані практично усі ділянки з боків перехрестя.

За характером руху це пересування перш за все до та від зупинок маршрутного пасажирського транспорту. Крім цього, це рух до об'єктів тяжіння – насамперед, магазинів, що розташовані у безпосередній близькості від перехрестя.

Під час спостережень та вивчення характеру пішохідних потоків були виявлені наступні недоліки:

- 1) відсутність відповідно до вимог обладнаного пішохідного переходу через вулицю Чарівна в районі перехрестя;
- 2) хаотичний рух через проїжджу частину пішоходів по вулиці Чарівна.

Перелічені недоліки слід врахувати при поліпшенні умов руху на ділянці, що розглядається.

Найбільш інтенсивним пішохідний рух є вздовж по вулиці Чарівній. Він досягає 800 пішоходів за годину). Наведені інтенсивності стосуються тільки найбільш пікових годин доби - з 17 до 19 години.

1.4 Визначення пропускних спроможностей перехрестя

Величина пропускної спроможності за ідеальних умов з урахуванням вітчизняних і закордонних даних може бути прийнята в наступних розмірах (для легкових автомобілів) [3]:

- на двохсмугових дорогах - 2200 авт/год;
- на трьохсмугових дорогах - 4000 авт/год;
- на чотирьохсмугових дорогах - 1800 авт/год (однією смугою).

Величина максимальної пропускної спроможності за ідеальних умов може досягати 75% від теоретичної.

Можлива пропускна спроможність - це пропускна спроможність в конкретних дорожніх умовах і рівнях завантаження. Її величина визначається шляхом спостережень і відповідає залежно від умов руху 16-75% від теоретичної.

Завантаження району проектування оцінюватимемо, аналізуючи інтенсивність руху в часи пік і пропускну спроможність перехрестя.

Лінії “Стоп”, які визначають крайнє положення транспорту при червоному сигналі світлофора, є межею перехрестя. Визначаючи пропускну спроможність всіх вулиць, які утворюють перехрестя, на розрізі ліній “Стоп”, можливо визначити пропускну спроможність всього вузла, що регулюється.

При визначенні пропускної спроможності у розрізі лінії “Стоп” приймають два допущення [2]:

- 1) усі автомобілі, які проходять крізь перехрестя, що розглядається, затримуються перед світлофором;
- 2) усі автомобілі після ввімкнення зеленого сигналу проходять перехрестя з однаковою швидкістю і рівними інтервалами часу.

Перше допущення обґрунтовано для реальних умов руху великої інтенсивності при повному використанні пропускної спроможності дороги. Друге допущення також має рацію, тому що після накопичення автомобілів перед перехрестям початкова фаза руху характеризується загальною для всіх транспортних засобів швидкістю і приблизно однаковим інтервалом, незалежно від динамічних якостей окремих транспортних одиниць.

Таким чином, пропускна спроможність однієї смуги у розрізі лінії “Стоп” перехрестя, що регулюється [3]:

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

де t_3 – довжина зеленої фази світлофора, с;

$T_{\text{ц}}$ – довжина циклу регулювання, с;

t_a – відрізок часу між ввімкненням зеленого сигналу світлофора та перетином лінії “Стоп” першим автомобілем, с;

t_n – середній інтервал проходження автомобілів крізь лінію “Стоп”, с.

Величина t_a залежить від ступеню уважності та досвіду водія і практично знаходиться у межах 1-3 с. Інтервал проходження автомобілів крізь лінію “Стоп” за спостереженнями складає для легкових автомобілів 2-3

с, для вантажних – 3-5 с. В умовах змішаного транспортного потоку рекомендується прийняти $t_n = 3$ с [3].

Під час спостереження характеристик дорожнього руху на перехресті були виділено 12 основних напрямків руху транспортних потоків на перехресті (див. рис. 1.5). Згідно цих напрямів й виконаємо розрахунок пропускних спроможностей перехрестя.

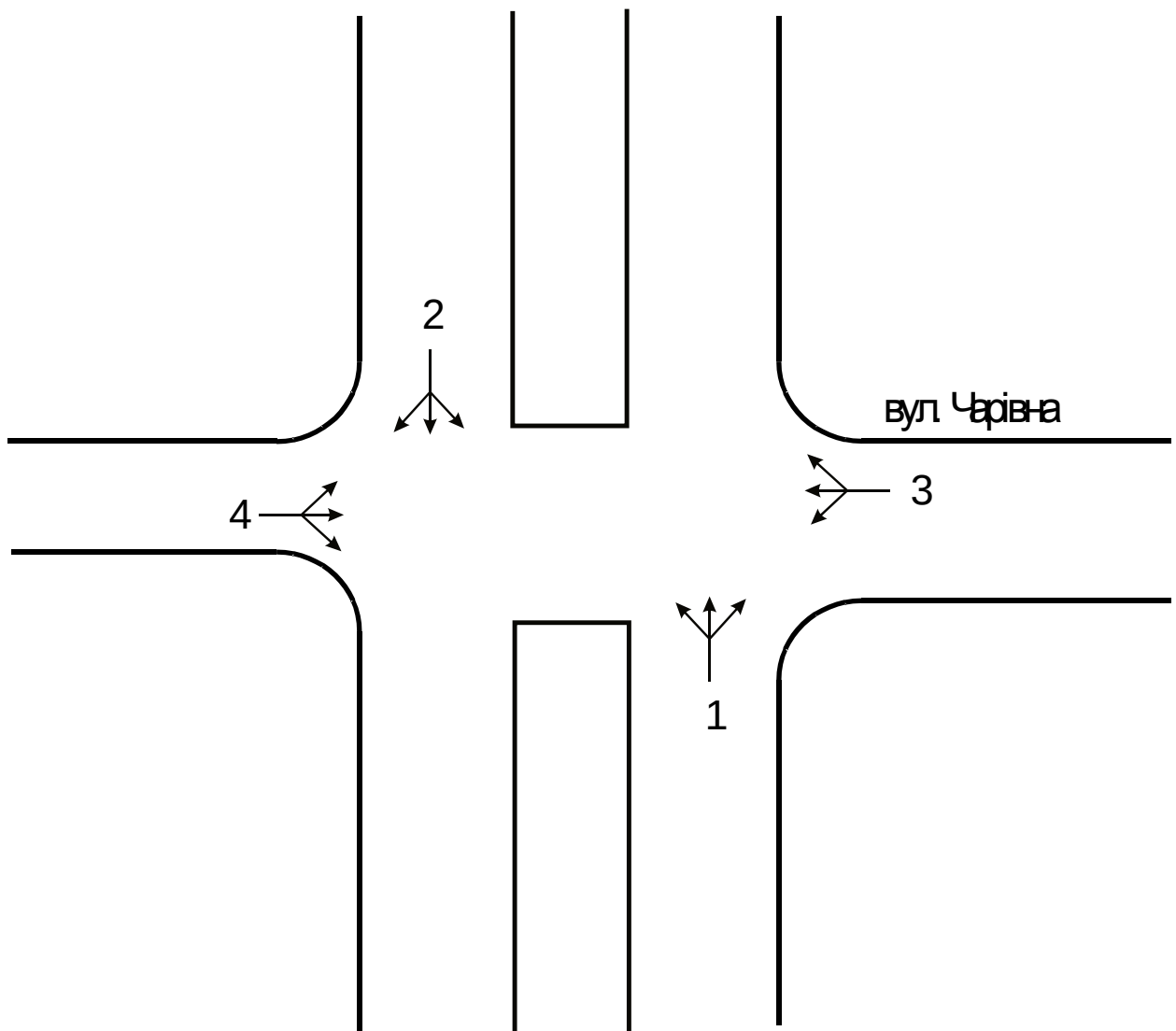


Рисунок 1.5 – Напрями руху на перехресті
вул. Чарівна – пр. Моторобудівників

Напрям 1 та 2. Смуги I-II:

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

Напрям 3 та 4. Смуга I:

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

Для порівняння отриманих пропускних спроможностей з існуючими інтенсивностями руху дані зведено в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Порівняння пропускних спроможностей з інтенсивностями руху на перехресті

Напрям	Смуга	Пропускна спроможність, авт/год	Приведена інтенсивність руху, од/год		Висновок
			ранок	вечір	
1	I	491	175	325	достатньо
	II	491	215	365	достатньо
2	I	491	310	390	достатньо
	II	491	200	180	достатньо
3	I	345	420	150	недостатньо
4	I	345	40	40	достатньо

Аналіз таблиці 1.3 показує, що пропускної спроможності перехрестя недостатньо для пропуску існуючих транспортних потоків за одним напрямком руху – по вулиці Чарівній з боку Шевченківських житлових масивів 1, 2 та 3.

1.5 Аналіз організації дорожнього руху на перехресті

Перехрестя проспекту Моторобудівників з вулицею Чарівною є регульованим перехрестям. Регулювання рухом відбувається за двофазною схемою, яка приведена на слайді № 6 графічної частини магістерської роботи.

Світлофорний об'єкт на перехресті працює в однопрограмному режимі. Час циклу регулювання складає 66 с. Циклограма роботи світлофорного об'єкту на перехресті наведена на слайді № 7 графічної частини магістерської роботи.

Окрім світлофорів для організації руху на перехресті проспекту Моторобудівників з вулицею Чарівною використовуються дорожні знаки та пішохідна огорожа. Існуюча схема організації руху на перехресті наведена на слайді № 8 графічної частини магістерської роботи.

1.6 Статистика та аналіз дорожньо-транспортних пригод

ДТП (дорожньо-транспортна пригода) - таке порушення нормального процесу руху механічних транспортних засобів, в результаті якого постраждали люди або був завданий матеріальний збиток [6].

У таблиці 1.4 наведена статистика ДТП на перехресті вулиць Чарівна та 8 Березня за 2012-2014 роки. У таблиці 1.5 наведений розподіл ДТП на перехресті вулиць Чарівна та 8 Березня за видами. У таблиці 1.6 наведений розподіл ДТП на перехресті вулиць Чарівна та 8 Березня за причинами скоєння.

Таблиця 1.4 – Статистика ДТП

Місце скоєння ДТП	Наслідки ДТП по раках		
	2012	2013	2014
Перехрестя пр. Моторобудівників – вул. Чарівна	7-0-0	5-0-2	5-0-2

Таблиця 1.5 – Розподіл ДТП за видами

Місце скоєння ДТП	Наслідки ДТП за видами		
	Зіткнення	Наїзд на пішохода	Інші види
Перехрестя пр. Моторобудівників – вул. Чарівна	14-0-2	2-0-2	1-0-0

Таблиця 1.6 – Розподіл ДТП за причинами скоєння

Місце скоєння ДТП	Наслідки ДТП за причинами скоєння			
	Швидкість	Ненадання переваги пішоходам	Порушення ПДР пішоходами	Маневрування
Перехрестя пр. Моторобудівників – вул. Чарівна	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 ДТП на ділянці, що розглядається є зіткнення.

На слайді № 9 графічної частини магістерської роботи наведені статистичні дані та аналіз ДТП на вулично-дорожній мережі, що розглядається.

1.7 Існуючі недоліки та постановка задач на магістерську роботу

Розглянувши схему організації дорожнього руху на перехресті проспекту Моторобудівників з вулицею Чарівною та оцінивши існуючий рівень безпеки транспортного та пішохідного руху, можливо виділити наступні недоліки:

- 1) недостатню пропускну спроможність перехрестя при русі по вул. Чарівній з боку Шевченківських житлових масивів;
- 2) наявність хаотичного руху пішоходів через проїжджу частину вулиці Чарівна в безпосередній близькості від об'єкту дослідження;
- 3) низькі швидкості руху транспортних потоків через проспект Моторобудівників з причини незадовільного стану переїзду через трамвайні колії;
- 4) транспортний рух перехрестям носить явний характер зміни інтенсивностей в різні часи доби, але існуючий режим регулювання цього не враховує;
- 5) ряд порушень в організації дорожнього руху, а саме відсутність певних дорожніх знаків, що повинні бути, та відсутність дорожньої розмітки.

Для усунення зазначених недоліків та підвищення безпеки руху транспортних та пішохідних потоків на ділянці передбачається наступне:

- 1) для підвищення пропускну спроможності перехрестя пропонується розширення проїжджої частини вулиці Чарівної на підході до перехрестя з боку Шевченківської житлової забудови до 3 смуг руху з організацією їх спеціалізації за напрямком;
- 2) для збільшення швидкості руху через проспект Моторобудівників пропонується реконструкція переїзду через трамвайні колії;

- 3) для усунення хаотичного руху пішоходів пропонується встановлення спеціальної пішохідної огорожі;
- 4) для покращення якості регулювання рухом на перехресті та зменшення транспортних затримок пропонується розробка трьох окремих режимів світлофорного регулювання для різних періодів доби;
- 5) для організації руху в нових умовах пропонується удосконалення існуючої схеми розташування технічних засобів організації дорожнього руху.

2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Розширення проїжджої частини вулиці Чарівна

Розглянемо технічну можливість розширення вул. Чарівна від перехрестя з пр. Моторобудівників на 50 м вздовж вулиці.

Для підвищення пропускної здатності перехрестя передбачається розширення проїжджої частини до 3 смуг зі спеціалізацією їх за напрямками подальшого руху транспортних потоків.

2.1.1 Розрахунок ширини смуг проїжджої частини

Ширина смуги руху повинна забезпечувати вільний роз'їзд зустрічних автомобілів, а також повинна дозволяти виконувати обгін в безпечних умовах транспортних засобів, рухомих в одному напрямі.

Ширина смуги руху визначається по формулі [4]:

$$П = A + D + y, \quad (2.1)$$

де A - розрахункова ширина кузова автомобіля.

Виконаємо розрахунок для першої смуги руху.

Відстань від зовнішньої грані сліду колеса до борту або краю проїжджої частини (див. рисунок 2.1) знаходимо з урахуванням швидкості руху по формулі [4]:

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

де Y - достатній зазор до кромки проїжджої частини від зовнішньої грані сліду колеса;

v_p – розрахункова швидкість, приймається $40 \text{ км/год} = 11,1 \text{ м/с}$.

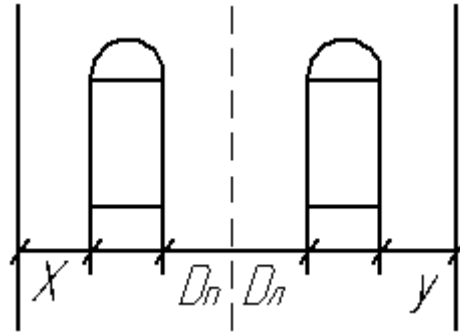


Рисунок 2.1 – Параметри для розрахунків

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

$$D_n = \frac{2D}{2}, \quad (2.3)$$

де D - зазор безпеки між автомобілями при багатосмуговій дорозі.

$$D_n = 1,05 / 2 = 0,525 \text{ м.}$$

Ширину першої смуги руху визначається по формулі [4]:

$$\Pi_1 = A_{\text{груз}} + D_n + Y, \quad (2.4)$$

$$\Pi_1 = 2,5 + 0,525 + 1,02 = 4,045 \text{ м.}$$

Приймаємо ширину першої смуги проїжджої частини рівною 4,5 м згідно [3].

Для другої смуги руху [4]:

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

де X - зазор до межі смуги руху.

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

Ширину другої смуги руху визначається по формулі [4]:

$$\Pi_2 = A_{\text{легк}} + X + D_{\text{л}} \quad (2.6)$$

$$\Pi_2 = 1,8 + 0,525 + 0,855 = 3,18 \text{ м.}$$

Приймаємо ширину другої смуги проїжджої частини рівної 3,5 м згідно [3].

2.1.2 Розрахунок ширини проїжджої частини

Ширина міської вулиці визначається по формулі [4]:

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

де m - прийнята ширина смуги руху, м;

n - кількість смуг руху;

k - ширина запобіжної смуги між проїжджою частиною і бортовим каменем (для вулиць з регульованим рухом 0,5 м);

p - кількість запобіжних смуг.

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

Розрахункові дані перевищують технічно можливі параметри розширення. Тому пропонується першу смугу зробити шириною 3,75 м – мінімально можлива ширина при русі вантажного транспорту. В умовах щільної забудови при реконструкції доріг дозволяється знехтувати запобіжними смугами [3].

Тоді:

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

Тобто, потрібно розширення існуючої проїжджої частини на довжину 50 м та ширину 3 м. Саме стільки зараз не вистачає.

2.1.3 Визначення параметрів розширення

Згідно розрахунковим даним і нормативів ДБН В.2.3-5-2001, а також виходячи з технічної можливості для ділянки проектування доцільним є вжити наступних заходів:

- 1) ширину проїзної частини збільшити до 11 метрів (3 смуги руху; дві по 3,75 та одна 3,5 м.; дві смуги у напрямку руху на перехрестя з боку Шевченківської житлової забудови);
- 2) радіуси примикань на перехресті - не менше 10 м.[6].

2.2 Реконструкція переїзду через трамвайні колії

Від загального стану переїзду трамвайних колій на будь-якому перехресті пов'язані дві основні характеристики, за якими оцінюють якість організації дорожнього руху. Це рівень безпеки та пропускна здатність перехрестя.

Незадовільний стан переїзду може призвести до не передбачуваної зупинки автомобіля на ньому. Це викликає перешкоди для руху всього транспортного потоку, маневрування та різку зміну швидкості. Всі ці фактори є чинниками виникнення ДТП. Тому рівень безпеки за таких умов падає.

Перешкоди, крім зазначеного, утворюють значні затримки руху, які призводять до зниження середньої швидкості транспортного потоку. Відповідно зниженню швидкості знижується і фактична пропускна спроможність перехрестя. Виникають затори.

Тому для уникнення зазначених проблем необхідно утримувати переїзди у відповідному гарному стані. Основна проблема такого утримання – це руйнування дорожнього покриття у безпосередній близькості до трамвайних колій. Це діється через значні вібрації під час руху трамваїв. Якщо уникнути вібраційних напружень, підтримувати переїзд у задовільному стані можливо значно простіше та дешевше.

Для вирішення цієї проблеми є два шляхи. Перший пов'язаний з використанням нового рухомого складу трамваїв, що обладнані гумовими колесами. У рамках магістерської роботи проблему заміни трамваїв на нові не вирішити.

Другий варіант полягає у використанні такого покриття дороги, яке б не руйнувалося під час впливу вібрації.

Проаналізувавши сучасні науково-технічні розробки з цього приводу, у магістерській роботі пропонується використання переїздів з гумовими панелями(див. рисунок 2.2).



Рисунок 2.2 – Система переїзду з
гумовими панелями

Дорожні системи для переїздів з гумовими панелями – це ідеальний ланцюг, який поєднує дорогу з рейками. У Європі подібні системи використовуються вже понад 30 років і дуже добре себе зарекомендували.

Гумові панелі встановлюються на шпали, з'єднуються у шпунт і закріплюються проміж та за рейками. Система швидко монтується та демонтується.

Подібні системи значно знижують затримки руху на переїздах, мінімізують затрати на утримання переїздів. Поверхня панелей забезпечує гарне зчеплення, знижує рівень шуму від автомобільного руху.

2.3 Заходи запобігання хаотичному руху пішоходів

Для усунення хаотичного руху пішоходів через проїжджу частину вулиці Чарівна пропонується встановлення пішохідної огорожі.

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

Пропонується використання пішохідної огорожі перильного типу. Загальний вигляд огорожі, що пропонується, представлений на рисунку 2.3.



Рисунок 2.3 – Пішохідна огорожа

2.4 Розробка режимів роботи світлофорного об'єкту

2.4.1 Аналіз схем пофазового розїзду

Управління дорожнім рухом на перехресті проспекту Моторобудівників з вулицею Чарівною, носить примусовий характер, тобто виконується за допомогою світлофорного об'єкту.

Світлофори відносяться до технічних засобів організації дорожнього руху першої групи, до якої входять такі засоби, які безпосередньо впливають на транспортні та пішохідні потоки з метою формування їх необхідних параметрів. Світлофори забезпечують розподіл транспортних та пішохідних потоків, що рухаються конфліктними напрямками, у часі [5].

Порядок вмикання сигналів світлофора, їх вид і значення відповідають міжнародній Конвенції про дорожні знаки та сигнали.

Транспортні світлофори використовуються трьохсекційні. В складі світлофорних об'єктів на перехрестях є як основні світлофори, так і світлофори дублюючі.

Усі світлофори на перехресті відносяться до типу І.

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

Зараз перехрестя проспекту Моторобудівників з вулицею Чарівною регулюється за двофазною схемою.

Фаза регулювання – це сукупність основного і наступного за ним проміжного такту. Такт регулювання – це період дії визначеної комбінації світлофорних сигналів. В період основного такту дозволений (чи заборонений) рух визначеної групи транспортних і пішохідних потоків. Під час проміжного такту виїзд на перехрестя заборонено, за виключенням транспортних засобів, водії яких не змогли своєчасно зупинитися перед лінією «Стоп» [5].

Зазначені на рисунку 1.5, напрямки руху на перехресті поєднуються у фази світлофорного регулювання. На рисунках 2.4, 2.5 наведені існуючі фази світлофорного регулювання на перехресті проспекту Моторобудівників з вулицею Чарівною.

Цикл регулювання – сукупність фаз, яка періодично повторюється. На перехресті проспекту Моторобудівників з вулицею Чарівною величина світлофорного циклу складає 66 секунд. Кожна складова світлофорного циклу розраховується. Робота світлофорного об'єкту представляється у вигляді циклограми.

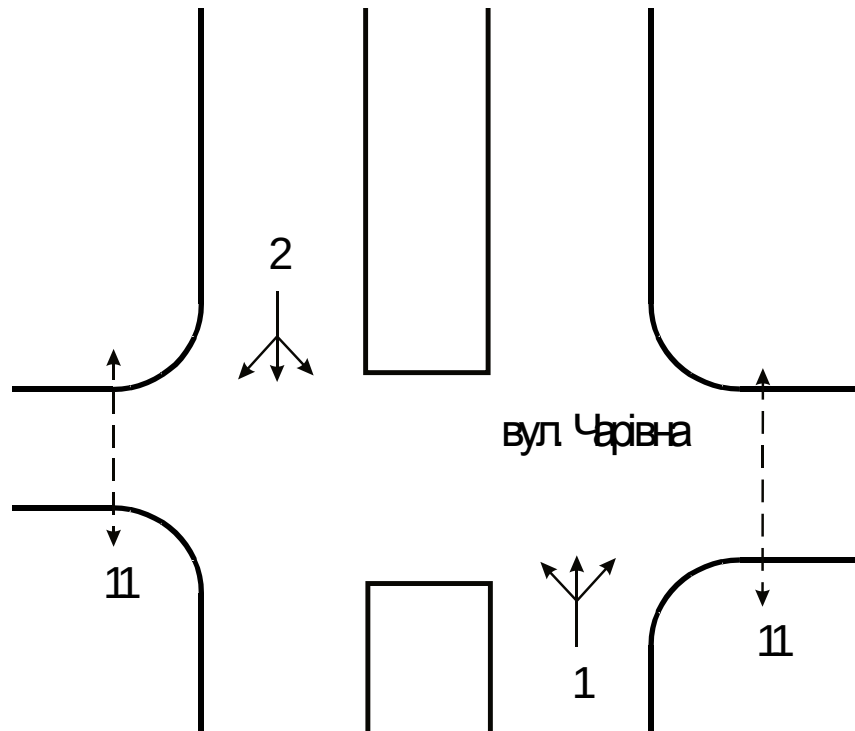


Рисунок 2.4 – Фаза I

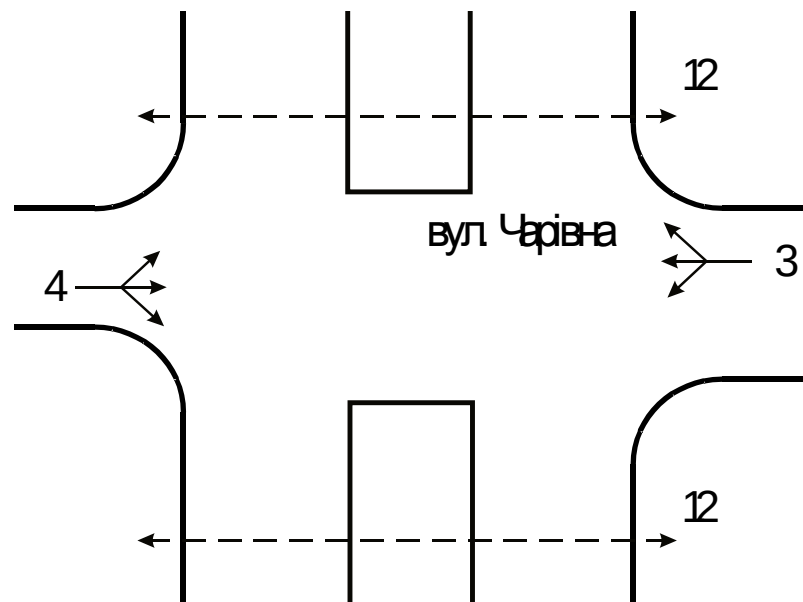


Рисунок 2.5 – Фаза II

Аналіз режимів регулювання рухом та аналіз існуючих інтенсивностей доводять невідповідність цих характеристик одна одній. Так в лівоповоротному напрямку, для якого виконувалося розширення проїжджої частини на підході (див. п. 2.1), в ранкові пікові години рухається близько 255 одиниць транспорту. При розрахунках кількості фаз в [5] рекомендовано не об'єднувати в одну фазу прямі та лівоповоротні потоки, що їх перетинають, з інтенсивністю більше 120 одиниць за годину. Отже, на перехресті виходячи з цієї вимоги повинно бути три фази.

Однак, потрібно врахувати дуже низьку інтенсивність руху по вулиці Чарівна з боку міського ботанічного саду. Тому, щоб вирішити обидва ці питання, пропонується організувати так звану визивну фазу, роботою якої буде керувати спеціальний детектор транспорту.

Отже, перша фаза в проектному варіанті повністю відповідає існуючій, яка наведена на рисунку 2.4 та не змінюється. Фази II та III, що пропонуються, представлені на рисунках 2.6, 2.7.

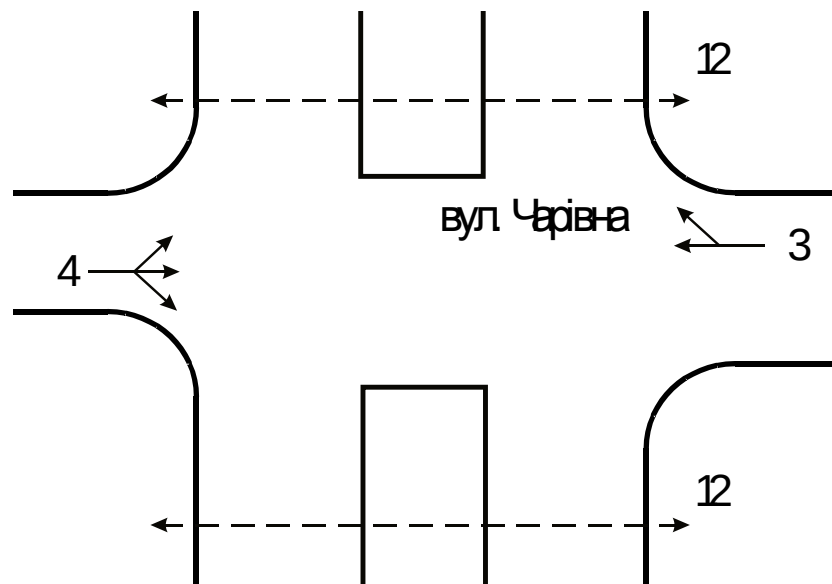


Рисунок 2.6 – Проектна фаза II (визивна)

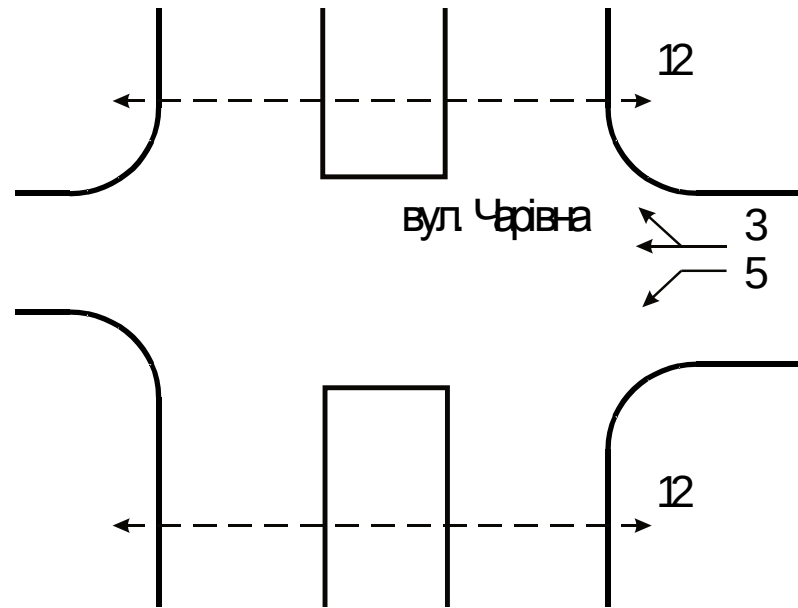


Рисунок 2.7 – Проектна фаза III

Робота світлофорного об'єкту за цих умов буде виконуватись наступним чином. Перша фаза не змінюється і присутня в усіх циклах регулювання. Перед початком роботи другої фази виконується запит до детектора транспорту про наявність автомобілів з напрямку 4. Якщо такі автомобілі є, фаза II виконується. Якщо автомобілів з напрямку 4 немає, то фаза II пропускається і починається виконання фази III.

Така організація роботи світлофорного об'єкту дасть змогу зменшити час циклу регулювання та значно скоротити фактичні затримки руху.

Проектна схема пофазового роз'їзду представлена на слайді № 10 графічної частини магістерської роботи.

2.4.2 Розрахунок елементів світлофорного циклу

Для скорочення транспортних затримок на перехресті потрібно врахувати добові зміни інтенсивностей руху в режимах роботи світлофорного об'єкту. Пропонується використовувати три режими роботи – ранковий піковий, вечірній піковий та між піковий.

Для розрахунку цих режимів потрібно скласти конфліктну матрицю.

Конфліктна матриця транспортних напрямів B – це квадратна матриця, елемент якої B_{ij} дорівнює відстані від стоп-лінії транспортного напрямку i до дальньої конфліктної точки цього напрямку з траєкторіями, що входять до напрямку j .

Значення елементів конфліктної матриці залежать від:

- геометричних параметрів перехрестя;
- розподілення траєкторій за напрямками.

Розрахунок конфліктної матриці виконується за формулою [5]:

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

де $B_{\text{стоп-світ}}$ - відстань від стоп-лінії до світлофора, $B_{\text{стоп-світ}} = 3$ м;

$B_{\text{світ-пч}}$ - відстань від світлофора до краю проїзної частини перетинаючого напрямку, $B_{\text{світ-пч}} = 1$ м;

$B_{\text{траєктор}}$ - довжина траєкторії руху в межах перехрестя, м.

Усі розрахунки зведені в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 – Матриця конфліктних напрямів, м

Напрямки	1	2	3	4	5
1	X	0	26,3	16	4.62
2	0	X	7,46	12,5	16
3	25	25	X	0	0
4	26,3	7,46	0	X	7,46
5	-4,75	-26,3	0	-26,3	X

Перехідний інтервал – це проміжок у світлофорному циклі, протягом якого хоч в одній сигнальній групі здійснюється перехід з зеленого на червоний сигнал та з червоного на зелений сигнал. Початок перехідного інтервалу означається блиманням сигналу, що дозволяє рух хоча б в одній сигнальній групі, а його закінчення – ввімкненням сигналу, що дозволяє рух, після чого до кінця наступного основного такту жодних змін у сигналізації не відбувається.

Перехідний інтервал призначено для проїзду перехрестя транспортними засоби, що перетнули стоп-лінію на момент ввімкнення сигналу, що забороняє рух та для безпечного завершення пішоходами проїзної частини після ввімкнення сигналу, що забороняє рух або повернення на тротуар (острівця).

При розрахунках тривалостей перехідних інтервалів застосовують метод вихідних стоп-ліній та метод дальніх конфліктних точок. Метод дальніх конфліктних точок дає менші значення інтервалів, що сприяє збільшенню пропускнуої спроможності перехрестя (регульованого переходу). Метод вихідних стоп-ліній сприяє забезпеченню безпеки руху.

Розрахунок перехідних інтервалів виконується за формулою [5]:

$$t_{\partial_i} = t_p + \frac{V_k}{2a^k} + \frac{B_i + l_a}{V_k}, \quad (2.9)$$

де t_p - час реакції водія, $t_p = 1$ с;

V_k - швидкість координації, $V_k = 16,67$ м/с;

a^k - прискорення уповільнення, $a^k = 3,0$ м/с²;

B_i - відповідна ширина перехрестя між стоп-лініями, м;

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

Такт – це проміжок часу в світлофорному циклі, впродовж якого не змінюються сигнали на жодному світлофорі.

Такти поділяють на основні і додаткові.

Основні такти є елементами світлофорного циклу, а суміжні додаткові такти, об'єднуючись, дають перехідний інтервал.

Розрахунок фазових коефіцієнтів виконується за формулою [5]:

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

де N_j^i – інтенсивність руху відповідного напрямку, од/год;

M_j – потік насичення відповідного напрямку, од/год.

Розрахунок суми фазових коефіцієнтів виконується за формулою [5]:

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

Розрахунок циклу регулювання виконується за формулою [5]:

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

де L_k - утрачений у циклі час, який розраховується за формулою [5]:

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

Розрахунок тривалості основних тактів виконується за формулою [5]:

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

де $\bar{y}^m$ - фазовий коефіцієнт фази, за якої відбувається рух вздовж магістралі.

Коефіцієнти корекції розраховується за наступними формулами [5]:

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

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

де B – ширина проїзної частини, що перетинають пішоходи, м;

V_{niiu} - швидкість руху пішоходів, м/с (згідно з ДСТУ 4092-2002 швидкість руху пішоходів приймаємо 5 км/год або 1,3 м/с).

Для спрощення весь наведений вище розрахунок елементів циклу світлофорного регулювання виконуємо за допомогою комп'ютерної програми, що розроблена на кафедрі транспортних технологій НУ «Запорізька політехніка».

На першому етапі розрахунку необхідно ввести розрахункові швидкість та довжину автомобіля, зазначення “стрілок” світлофора, матрицю відстаней між стоп-лініями до дальніх конфліктних точок.

Для розрахунків приймаємо швидкість потоку автомобілів – 50 км/год. Середня довжина автомобіля у потоці залежить від складу потоку. Приймаємо – 5 м. У таблиці 2.1 наведені відстані від стоп-ліній до дальніх конфліктних точок для кожного напрямку.

Далі вводимо дані для кожної фази:

- напрямки руху;

- ширина смуги справа наліво по руху;
- інтенсивність руху прямо, направо, наліво (див. рис. 1.1-1.3);
- радіуси повороту (для виділених смуг).

Результати розрахунків на комп'ютері наведені у таблицях 2.2 – 2.4 для циклу регулювання з трьома фазами, тобто коли присутній транспорт, що рухається з напрямку 4. В таблицях 2.5 – 2.7 наведені розрахунки для циклу з двома фазами, тобто коли з напрямку 4 руху немає.

Таблиця 2.2 – Результат розрахунку циклу світлофорного регулювання на перехресті пр. Моторобудівників – вул. Чарівна в ранкові години

Тривалості елементів циклу, с		
перехідний інтервал між фазами:	1 та 2	8
	2 та 3	7
	3 та 1	8
Цикл регулювання – 95 с		
основний такт:	1	38
	2	7
	3	27

Таблиця 2.3 – Результат розрахунку циклу світлофорного регулювання на перехресті пр. Моторобудівників – вул. Чарівна в між пікові години

Тривалості елементів циклу, с		
перехідний інтервал між фазами:	1 та 2	8
	2 та 3	7
	3 та 1	8
Цикл регулювання – 82 с		
основний такт:	1	30
	2	7
	3	22

Таблиця 2.4 – Результат розрахунку циклу світлофорного регулювання на перехресті пр. Моторобудівників – вул. Чарівна у вечірні години

Тривалості елементів циклу, с		
перехідний інтервал між фазами:	1 та 2	8
	2 та 3	7
	3 та 1	8
Цикл регулювання – 75 с		
основний такт:	1	34
	2	7
	3	11

Циклограми роботи світлофорного об'єкту наведені на слайді № 11 графічної частини магістерської роботи.

Таблиця 2.5 – Результат розрахунку циклу світлофорного регулювання на перехресті пр. Моторобудівників – вул. Чарівна в ранкові години

Тривалості елементів циклу, с		
перехідний інтервал між фазами:	1 та 3	8
	3 та 1	8
Цикл регулювання – 46 с		
основний такт:	1	17
	3	13

Таблиця 2.6 – Результат розрахунку циклу світлофорного регулювання на перехресті пр. Моторобудівників – вул. Чарівна в між пікові години

Тривалості елементів циклу, с		
перехідний інтервал між фазами:	1 та 3	8
	3 та 1	8
Цикл регулювання – 45 с		
основний такт:	1	16
	3	13

Таблиця 2.7 – Результат розрахунку циклу світлофорного регулювання на перехресті пр. Моторобудівників – вул. Чарівна у вечірні години

Тривалості елементів циклу, с		
перехідний інтервал між фазами:	1 та 3	8
	3 та 1	8
Цикл регулювання – 46 с		
основний такт:	1	16
	3	13

Циклограми роботи світлофорних об'єктів наведені на слайді № 12 графічної частини магістерської роботи.

2.5 Організація дорожнього руху на перехресті проспекту Моторобудівників з вулицею Чарівною

2.5.1 Організація руху за допомогою дорожніх знаків

Дорожні знаки використовують на автомобільних дорогах для організації руху та забезпечення безпеки руху. Знаки встановлюють певний порядок або інформують водіїв та пішоходів про умови руху на дорозі.

Знаки можуть бути керованими та некерованими. Останні мають постійну інформацію, яка не змінюється. Керовані знаки можуть змінювати управляючу інформацію.

За своїм призначенням згідно [7] дорожні знаки поділяються на групи: попереджувальні, пріоритету, заборонні, наказові, інформаційно-вказівні,

сервісу та таблички до дорожніх знаків (знаки додаткової інформації). Знаки кожної форми відрізняються нумерацією, назвою розмірами, формою символами та вимогами до розміщення на дорозі.

Обстеження розташування дорожніх знаків на перехресті виявило ряд суттєвих недоліків в їх використанні та встановленні. Крім того, для нової схеми руху необхідно встановити додаткові дорожні знаки.

В таблиці 2.5 наведена відомість дорожніх знаків, що додатково встановлюються на перехресті для організації руху в нових умовах та приведення схеми у відповідність до державних стандартів.

Таблиця 2.5 – Відомість дорожніх знаків, що встановлюються

№ знаку	Знаки, які необхідно придбати	
	кількість	група
5.35	4	Інформаційно-вказівні знаки
5.18	2	
Всього	6	

Проектна схема організації руху наведена на слайді № 13 графічної частини магістерської роботи.

2.5.2 Організація руху за допомогою дорожньої розмітки

Дорожня розмітка – це лінії, написи та інші позначення на проїжджій частині та елементах дорожніх споруд, які встановлюють порядок руху або інформують водіїв та пішоходів про умови руху.

Розмітка поділяється на горизонтальну та вертикальну.

До горизонтальної розмітки відносять усі види розмітки, що наносяться на дорожнє покриття. До вертикальної розмітки відносять лінії на елементах

дорожніх споруд та різних предметів біля дороги, які представляють певну небезпеку для руху [8].

Дорожня розмітка є одним з найпростіших та дієвих засобів управління рухом. Її використання підвищує пропускну здатність дороги та поліпшує видимість проїжджої частини.

Використання та нанесення дорожньої розмітки в Україні виконується згідно з [8].

Під час дослідження перехрестя розмітка була повністю відсутня. Тому необхідно розробити схему її нанесення для використання розмітки в якості технічного засобу організації дорожнього руху.

В таблиці 2.6 приведений повний перелік розмітки, яка повинна бути нанесена на перехресті у відповідності до нової схеми руху.

Таблиця 2.6 – Дорожня розмітка, що використовується на перехресті

Тип розмітки	Одиниці виміру	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
Всього		36,3

Схема організації дорожнього руху на перехресті з наявною дорожньою розміткою наведена на слайді № 13 графічної частини магістерської роботи.

3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Економічна ефективність пропонованих рішень буде досягатися за рахунок зменшення витрат від ДТП та зменшення затримок руху.

Обсяг капіталовкладень для введення в дію технічних засобів має таку структуру:

$$K = K_p + K_{cv} + K_{dt} + K_k + K_{zn}, \quad (3.1)$$

де K_p – капітальні вкладення на реконструкцію проїжджої частини, грн.;

K_{cv} – капітальні вкладення на придбання та встановлення додаткових світлофорних секцій, грн.;

K_{dt} – капітальні вкладення на придбання та підключення детектору транспорту, грн.;

K_k – капітальні вкладення на заміну контролера, грн.;

K_{zn} – капітальні вкладення на дорожні знаки, грн.

Згідно розрахунків в п. 2.1 загальна площа розширення проїжджої частини становить 150 м². Згідно даних «Елуад» 1 м² дороги коштує 1870 грн. Отже, загальна вартість реконструкції проїжджої частини складе:

$$K_p = 150 \cdot 1870 = 280500 \text{ грн.}$$

Для реалізації проектних рішень необхідно встановлення двох додаткових секцій світлофора. За даними «Символ» вартість однієї секції складає 3992 грн., встановлення секції – 616 грн. Отже, капітальні вкладення на світлофори складуть:

$$K_{\text{св}} = 3992 \cdot 2 + 616 \cdot 2 = 9216 \text{ грн.}$$

Капітальні вкладення на детектор транспорту складаються з його вартості та вартості його підключення до системи. За даним «Символ» для поставленої задачі достатньо найпростішого детектору транспорту вартістю 18800 грн. Його підключення до системи коштуватиме 3500 грн.

$$K_{\text{дт}} = 18800 + 3500 = 22300 \text{ грн.}$$

Капіталовкладення на заміну контролера світлофорного об'єкту за даними “Символ” з частковою заміною та монтажними роботами складе $K_{\text{к}} = 36804$ грн.

Капітальні витрати на дорожні знаки будуть складатися з витрат на їх придбання $C_{\text{зн}}$ та витрат на їх монтаж $C_{\text{вст.зн}}$, тобто:

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

Кількість знаків кожної групи та їх вартість, які передбачені у новій схемі організації дорожнього руху наведені у зведеній таблиці 3.1.

Витрати на монтаж дорожніх знаків розраховуються за формулою:

$$C_{\text{вст.зн}} = C_{1 \text{ зн}} \cdot K_{\text{зн}} , \quad (3.3)$$

де $C_{1 \text{ зн}}$ – витрати на встановлення одного дорожнього знаку (699 грн. з урахуванням матеріалів для встановлення);

$K_{\text{зн}}$ – кількість передбачених до встановлення знаків у проектній схемі організації дорожнього руху.

Таблиця 3.1 – Кількість та вартість дорожніх знаків*

№ знака	Знаки, які необхідно придбати		
	кількість	ціна за одиницю	вартість
5.18	2	622	1244
5.35	4	622	2488
Всього	6	-	3732

* - вартість дорожніх знаків вказана згідно з Signal.biz.ua.

$$C_{\text{вст.зн}} = 699 \cdot 6 = 4194 \text{ грн.}$$

$$K_{\text{зн}} = 3732 + 4194 = 7926 \text{ грн.}$$

Таким чином, капітальні вкладення для реалізації пропонованих рішень:

$$K = 280500 + 9216 + 22300 + 36804 + 7926 = 356746 \text{ грн.}$$

Для обґрунтування економічної доцільності впровадження пропонованих рішень організації дорожнього руху необхідно визначити витрати на експлуатацію технічних засобів. В загальному випадку витрати на їх експлуатацію визначаються за формулою [9]:

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

де C_p – витрати на поточний та профілактичний ремонт, обслуговування обладнання та споруд системи, грн.;

C_a – витрати на амортизаційні відрахування, грн.;

C_e – витрати на електроенергію, грн.

Витрати на поточний та профілактичний ремонт, обслуговування обладнання та споруд системи розраховуються як [9]:

$$C_p = K_6 \cdot n_p / 100 , \quad (3.5)$$

де K_6 – балансова вартість технічних засобів, грн.;

n_p – норма відрахувань на поточний ремонт та утримання обладнання, % ($n_p = 5\%$).

Балансова вартість технічних засобів включає в себе вартості дорожніх знаків, детектору транспорту та світлофорних елементів.

$$C_p = 76246 \cdot 5 / 100 = 3813 \text{ грн.}$$

Витрати на амортизацію розраховуємо за формулою [9]:

$$C_a = K_6 \cdot n_a / 100 , \quad (3.6)$$

де n_a – норма амортизаційних відрахувань на повне відновлення та ремонт обладнання, % ($n_a = 24\%$).

$$C_a = 76246 \cdot 24 / 100 = 18300 \text{ грн.}$$

Витрати на електроенергію розраховуємо з сумарної електричної потужності споживачів електроенергії системи, до якої входять світлофори. Якщо припустити, що система працює 24 години на добу і при цьому в кожному світлофорі на перехресті одночасно горить хоча б одна лампа (потужністю 0,1 кВт), згідно зі структурною схемою. Тоді

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

де K_e – коефіцієнт використання потужності ($K_e = 0,9$);
 S_e – вартість 1 кВт електроенергії, грн. ($S_e = 2,244$ грн);
 P_e – сумарна потужність енергоспоживачів системи, кВт-год.

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

де n_i – кількість світлофорів;
 $P_{св}$ – потужність світлофора, кВт (приймаємо 0,1 кВт);
 $P_{дкі}$ – власна потужність дорожнього контролера, кВт (приймаємо приблизно 0,17 кВт).

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

$$C_e = 365 \cdot 24 \cdot 0,9 \cdot 2,244 \cdot 1,97 = 34853 \text{ грн.}$$

Отже, витрати на експлуатацію і обслуговування технічних засобів:

$$C_{експл} = 3813 + 18300 + 34853 = 56966 \text{ грн.}$$

Крім того, у поточні витрати також необхідно включити витрати на щорічне нанесення розмітки. Вартість нанесення розмітки приведена у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Витрати на розмітку

Тип розмітки	Одиниці виміру	Кількість	Ціна за одиницю, грн	Вартість, грн
1.1	м ²	6,5	94	611
1.3	м ²	2,5		235
1.5	м ²	5,5		517
1.6	м ²	0,8		75,2
1.14.2	м ²	10,5		987
1.18	м ²	10,5		987
Всього		36,3		3413

Поточні витрати пропонування рішень організації дорожнього руху складають:

$$C_{\text{поточ}} = 56966 + 3413 = 60379 \text{ грн.}$$

Визначаємо вартість втрат від ДТП на існуючій схемі руху, враховуючи статистичні дані за останній рік. Маючи інформацію про кількість дорожньо-транспортних пригод з загибеллю людей K_z , з пораненням людей K_n та матеріальними збитками K_m , розраховуємо збитки від ДТП на ділянці вулично-дорожньої мережі [9]:

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

де C_z , C_n , C_m – народногосподарські збитки від ДТП відповідно з загибеллю, пораненням людей та матеріальними збитками, грн.

При виконанні розрахунків приймаємо $C_3 = 200000$ грн; $C_n = 15000$ грн;
 $C_m = 100000$ грн.

Кількість ДТП за розрахунковий період $K_3 = 0$, $K_n = 2$, $K_m = 5$.

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

Збитки від ДТП після впровадження проекту визначаються шляхом коректуванням збитків від ДТП при існуючій схемі організації дорожнього руху на коефіцієнти ефективності та зменшення втрат (таблиця 3.3).

Таблиця 3.3 – Коефіцієнти зниження втрат від ДТП

Заходи проекту	Значення
встановлення дорожніх знаків	0,15
нанесення горизонтальної розмітки перехрестя	0,23
реконструкція дороги	0,36
встановлення світлофорного об'єкту	0,38

Сумарний коефіцієнт зниження витрат від ДТП розраховується за формулою [9]:

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

$$\Delta k = 1 - (1 - 0,15) \cdot (1 - 0,23) \cdot (1 - 0,36) \cdot (1 - 0,38) = 0,74$$

Тоді зменшення витрат від ДТП розраховуємо за формулою [9]:

$$\Delta C_{\text{ДТП}} = \Delta k \cdot C_{\text{ДТП}}^{\text{і}} \quad (3.11)$$

$$\Delta C_{ДТП} = 0,74 \cdot 800000 = 592000 \text{ грн.}$$

Умовна річна економія E досягається за рахунок зниження транспортних затримок на перехрестях та перегоні [9]:

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

де $C_{тр}^p, C_{тр}^{np}$ – вартість затримки транспортних засобів на напрямках в базовому та проектному варіантах відповідно, грн.

Розрахунок річних витрат, що пов'язані з затримкою транспортних засобів на перехрестях виконується за формулою [9]:

$$C_{тр} = S \cdot Z, \quad (3.13)$$

де S - середня вартість однієї машино-години (для легкового автомобіля – 300 грн.; для мікроавтобуса – 400 грн.; для автобуса – 750 грн.; для вантажівки – 600 грн.), грн.;

Z - затримка автомобілів за рік, год.

В таблиці 3.4 наведені дані значень затримок транспортних потоків та пасажирів на перехрестях, що розглядалися. Кількість цих затримок розрахована за допомогою комп'ютерної програми СФР.

Таблиця 3.4 – Затримки транспортних потоків та пасажирів

Затримки, год		Вартість затримок, грн	
база	проект	база	проект
18468	10995	6777756	4035165

Таким чином, річна економія складе:

$$E = 0,2(6777756 - 4035162) + 592000 - 60379 = 1080140 \text{ грн.}$$

Для визначення ефективності проекту розраховуємо чистий дисконтований прибуток за формулою [9]:

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

де E_t – економія від впровадження проекту за рік t , грн.;

K_t – капіталовкладення у проект, грн. (тільки для першого року);

C_t – витрати на проект за рік, грн.;

i – ставка дисконту, % (для даного проекту $i = 24$ %);

t – тривалість проекту, ($t = 3$ роки).

Для розрахунку чистого дисконтованого прибутку складаємо таблицю 3.5. Враховуючи що інтенсивність руху щороку зростає, зменшуємо економію кожен рік на 5%.

Таблиця 3.5 – Чистий дисконтований прибуток

Рік	Економія від впровадження проекту	Капітало-вкладення у проект	Коефіцієнт дисконтування	Чистий дисконтований прибуток
0	1080140	356746	1	723394
1	1026132	-	0,8065	827575
2	974826	-	0,6504	634027
3	926084	-	0,5245	485731
				2670727

Таким чином, капіталовкладення окупаються вже на першому році. Введення пропонованих рішень не тільки забезпечує підвищення безпеки руху, але і є економічно виправдане та доцільне.

Величини витрат та економія від впровадження проекту, строк окупності та інші показники економічної ефективності представлені у таблиці 3.6. Також всі техніко-економічні показники представлені на слайді № 14 графічної частини.

Таблиця 3.6 – Техніко-економічні показники

Показники	Величина	
	до впровадження	після впровадження
1. Капітальні вкладення, грн.	-	256746
2. Витрати від ДТП, грн.	800000	208000
3. Економія від зменшення ДТП, грн.	-	592000
4. Поточні експлуатаційні витрати, грн.	-	60379
5. Витрати від затримок руху, грн.	6777756	4035165
6. Економія від впровадження проекту, грн.	-	1080140
7. Чистий дисконтований прибуток, грн.	-	2670727
8. Строк окупності капіталовкладень, рік	-	1

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В розділі диплому Удосконалення організації та підвищення безпеки руху автомобільного транспорту а районі перехрестя Моторобулівників та вул. Чарівної м. Запоріжжя розглянуто аналіз потенційних небезпек, які можуть підстерігати дослідника під час проведення досліджень. Розроблені заходи по їх усуненню.

4.1 Аналіз потенційних небезпек

Статистичні данні можливо збирати за допомогою системи One-line. Тому дослідник може працювати за ПК. Розглянемо небезпеки при роботі на ПК:

- підвищений рівень електромагнітних випромінювань, джерелами яких є блоки живлення (50 Гц), системи кадрової розгортки (5 -2 кГц), блок модуляції променя ЕПТ (5-10 МГц). Електромагнітні поля біля комп'ютера (особливо низькочастотні) негативно впливають на нервову систему, викликаючи головний біль, запаморочення, депресію, безсоння;
- 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;
- 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;

- незадовільнене освітлення штучного та природного освітлення може призвести до зниження працездатності користувача ПК. Може з'явитися короткозорість, швидка втомленість, що приводить до травмування;
- 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;
- порушення мікроклімату в кімнаті, де розташований ПК. Від працюючої оргтехніки, інших назріваних 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 та до летальних наслідків;
- негативний вплив шкідливих факторів середовища такі як не задовільнена освітленість, не відповідність нормам мікроклімату, підвищений шум та інше в дослідницькій лабораторії облаштованій ПК;

4.2 Заходи по забезпеченню безпеки

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.

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

4.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці

Рівні позитивних і негативних іонів в повітрі приміщень з комп'ютерною технікою повинні відповідати санітарно-гігієнічним нормам ГН 2152-80 «Санітарно-гігієнічні норми допустимих рівнів іонізації повітря виробничих та громадських приміщень», які наведені в таблиці.

Таблиця 4.1 - Рівні іонізації повітря приміщень з комп'ютерною технікою

Рівні іонізації повітря	Кількість іонів в 1 см ³ повітря	
	n^+	n^-
Мінімально необхідні	400	600
Оптимальні	1500-3000	3000-5000
Максимально допустимі	50000	50000

Для підтримки оптимального рівня легких позитивних і негативних аероіонів в повітрі приміщень, обладнаних комп'ютерною технікою, рекомендується використовувати біполярні коронні аероіонізатори.

Вимоги до мікроклімату приміщень обладнаних ПК з ВДТ

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

Таблиця 4.2 - 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	легкая –1а	22-24	40-60	0,1
	легкая –1б	21-23	40-60	0.1
Тепла	легкая –1а	23-25	40-60	0.1
	легкая –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.

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

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.

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 «Результати оцінювання за бальною шкалою».

Відповідно до додатків методичних вказівок [10], за витратами енергії, визначаємо категорію робіт для інженера-дослідника центральній заводській 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 [10], відповідно до категорії робіт 1б, розряду зорових робіт Б-1 та виявлених показників умов та напруженості праці, визначаємо ГДК (ГДР) виявлених факторів і показників та вносимо їх значення до стовпчика 4, таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 - Результати оцінювання за бальною шкалою

Фактор (показник)	Виміряні показники $P_{\text{вим}}$	Час дії год.(хв.)	ГДК, ГДР, показники, $P_{\text{доп}}$	$X_{\text{визн}}$, бали	Клас умов праці	X_i , бали
1	2	3	4	5	6	7
Мікроклімат за ТНС-індексом, t , °C	28,3	8	22,9-25,8	4	3.4	4
Освітленість приміщення E , лк	250	8	300	—	3.1	1
Розряд і підрозряд зорових робіт, $З_{op}$	Б-1	—	—	—	—	—
Рівень шуму L , дБА	102	5	60	—	3.3	1,88
Загальні енергозатрати організму, Вт	240	8	290	0,83		
Стереотипні робочі рухи (кількість за зміну), при локальному навантаженні (за участю м'язів кистей та пальців рук)	55000	8	40000	1,38	3.3	3
Тривалість зосередження уваги (в % від часу зміни)	83	8	75	1,11		
Тривалість робочого дня, год.	8	8	8	0,15		

Для окремих факторів і показників за методикою визначеною «Гігієнічною класифікацією праці», визначаємо розрахункові коефіцієнти $X_{визн}$ та вносять їх значення до стовпчика 5, таблиці 4.3 «Результати оцінювання за бальною шкалою»:

- для гігієнічної оцінки мікроклімату використовуємо ТНС-індекс, додаток Б [10]. Розрахунковий коефіцієнт $X_{визн}$ при оцінка мікроклімату визначаємо в балах, за формулою 7.1:

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

- 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:

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

$$X_{визн} = \frac{P_{вум} \cdot T \cdot K_{знач}}{8 \cdot P_{доп}} = \frac{240 \cdot 8 \cdot 1,0}{8 \cdot 290} = 0,83;$$

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

$$X_{визн} = \frac{P_{вум} \cdot T \cdot K_{знач}}{8 \cdot P_{доп}} = \frac{55000 \cdot 8 \cdot 1,0}{8 \cdot 40000} = 1,38;$$

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

$$X_{визн} = \frac{P_{вум} \cdot T \cdot K_{знач}}{8 \cdot P_{доп}} = \frac{84 \cdot 8 \cdot 1,0}{8 \cdot 75} = 1,11;$$

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

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

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

- для мікроклімату, відповідно до значення розрахункового коефіцієнта $X_{визн} = 4$, з таблиці 7.2 [10] – 3 клас, 4 ступінь (3.4);

- при оцінці освітленості робочої зони приміщення, клас та ступінь шкідливості умов праці визначаємо у відповідності до $P_{вим} = 250$ лк, за додатками Г та табл. Г.1 [10] – 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 $P_{вим} = 102$ дБА, за додатками Д та табл. Д.1 [10] – 3 клас, 3 ступінь (3.3);

- клас і ступінь важкості та напруженості праці визначаємо як суму розрахованих балів усіх показників $X_{визн}$ за формулою 7.3 [10]:

$$X_{сум} = \sum_{i=1}^n X_i = 0,83 + 1,38 + 1,11 + 0,15 = 3,46$$

З таблиці 7.3 [10] за значенням суми розрахованих балів показників $X_{сум} = 3,46$ – 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.

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 «Результати оцінювання за бальною шкалою»:

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

- 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, 3 ступеню умов праці та діє протягом 8 годин, тому значення X_i визначаємо за формулою 7.4 [10]:

$$X_i = X_{cm} \cdot \frac{T}{8} = 1 \cdot \frac{3 \cdot 5}{8} = 1,88$$

- 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 [10]:

$$X_{\text{факт}} = \sum_{i=1}^n X_i = 4 + 1 + 1,88 + 3 = 9,88$$

Розмір доплати за умовами праці визначаємо в залежності від їх фактичного стану – $X_{\text{факт}} = 9,88$, 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 [10]. Розмір доплати до тарифної ставки (окладу) – 20 %.

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

1. Умови, важкості та напруженості праці на робочому місці інженера-дослідника центральній заводської 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;

2. 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-1, нормована загальна освітленість якого, на робочих столах – $E = 300 \text{ лк}$;

- рівень шуму в робочий зоні дослідника – 60 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.

3. 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 кондиціонування приміщення;

- 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 зниження рівня шуму в робочий 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.

4. 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 [25], у розмірі 20%

4.4 Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях

4.4.1 Заходи з пожежної безпеки

Оскільки приміщення дослідницької лабораторії що обладнане ПК має площу 32 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.

4.4.2 Заходи з цивільного захисту

Організація дослідження стійкості роботи промислового об'єкта.

Дослідження стійкості роботи промислового об'єкта (ПО) - це всебічне вивчення умов, які можуть скластися на об'єкті в надзвичайних умовах, а також оцінка їхнього впливу на подальшу виробничу діяльність підприємства.

Мета дослідження - виявити вразливі місця в роботі об'єкта й виробити найбільш ефективні заходи, пропозиції та рекомендації щодо підвищення його стійкості.

Ці рекомендації включають до плану заходів з підвищення стійкості роботи об'єкта. План реалізують у мирний час за відсутності надзвичайних ситуацій, як правило, під час реконструкції об'єкта і в період загрози нападу противника.

Дослідження стійкості об'єкта проводиться в мирній час силами інженерно-технічного складу без відриву від виробництва. Керівником дослідження є начальник цивільного захисту (ЦЗ) об'єкта, тобто керівник виробництва. Тривалість досліджень - 2-3 місяці.

Весь процес планування і проведення досліджень поділяють на три етапи.

Перший етап - підготовчий: розробка керівних документів (наказ начальника ЦЗ об'єкта, календарний план, план проведення досліджень, визначення складу учасників дослідження та їх підготовка).

Другий етап - оцінка стійкості роботи об'єкта за надзвичайних ситуацій.

Третій етап - розробка заходів, що підвищують стійкість роботи об'єкта.

На першому етапі розробляються керівні документи, визначається склад учасників дослідження і організовується їх підготовка.

Основними документами для організації дослідження стійкості роботи об'єкту є: наказ керівника підприємства; календарний план основних заходів щодо підготовки до проведення дослідження; план проведення дослідження.

Наказ керівника підприємства (дослідження) розробляється на підставі вказівок вищестоящего начальника з урахуванням особливостей і конкретних умов, пов'язаних з виробничою цілісністю об'єкту. У наказі вказуються: мета і завдання майбутнього дослідження, час проведення робіт, склад учасників:

дослідження і завдання дослідницьких груп, терміни представлення звітної документації.

Календарний план підготовки до проведення дослідження визначає основні заходи і терміни їх проведення, відповідальних виконавців, сили і засоби, що приваблюються для виконання поставлених завдань.

План проведення дослідження стійкості роботи об'єкту є основним документом, що визначає зміст роботи керівника дослідження і дослідницьких груп головних фахівців. У плані вказуються: тема, мета і тривалість дослідження, склад дослідницьких груп і зміст їх роботи, порядок дослідження.

Для проведення досліджень на об'єкті створюють такі групи дослідження:

- група керівника дослідження на чолі з головним інженером підприємства;
- група начальника відділу капітального будівництва (ВКБ);
- група головного енергетика;
- група головного механіка;
- група головного технолога;
- група відділу матеріального постачання;
- група штабу ЦЗ об'єкта.

На другому етапі роботи кожна група спеціалістів оцінює стійкість елементів виробничого інженерно-технічного комплексу об'єкта и провадить необхідні розрахунки по кожному з вражаючих факторів, які можуть діяти внаслідок появи надзвичайних ситуацій мирного й воєнного часів.

У ході досліджень визначають умови захисту робітників і службовців, оцінюють уразливість інженерно-технічного комплексу, характер можливих руйнувань від вторинних факторів, вивчають стійкість системи постачання і кооперативних зв'язків з підприємствами - постачальниками, виявляють уразливі місця в системі керування та можливості об'єкта щодо відновлення

зруйнованого виробництва.

На третьому етапі групи спеціалістів за результатами досліджень готують доповіді з висновками і пропозиціями підвищення стійкості елементів, які підлягали дослідженню. Група керівника дослідження складає загальну доповідь і розробляє план заходів з підвищення стійкості роботи об'єкта в цілому. Заходи планують на мирний час і на період загрози нападу противника.

Стійкість роботи ПО визначають на основні моделювання вразливості об'єкта до дії кожного вражаючого фактора окремо.

Характер руйнування, пожеж, уражень робітників і службовців залежить від максимально можливих значень параметрів вражаючих факторів, які проявляються у надзвичайних ситуаціях, і спроможності перелічених компонентів протистояти дії цих факторів. У цілому об'єкт може бути виведений з ладу, перестати функціонувати навіть тоді, коли більша частина елементів ще дієздатна, але важливі, проте менш стійкі його частини вийшли з ладу. Дослідження стійкості в першу чергу спрямовані на виявлення таких найменш стійких елементів з тим, щоб на основі проведених досліджень спланувати і провести заходи, які підвищують стійкість усього об'єкта в цілому.

Досить велику частку в таких дослідженнях відіграють дослідження стійкості елементів та всього об'єкта до дії вражаючих факторів надлишкового тиску повітряної хвилі

.

ВИСНОВКИ

Завдання на магістерську роботу передбачало розробку заходів з підвищення безпеки руху та зменшення транспортних затримок на перехресті проспекту Моторобудівників з вулицею Чарівною. У цьому напрямку було здійснено наступні заходи:

- реконструкцію підходу до перехрестя по вулиці Чарівна (розширення проїжджої частини до 3 смуг руху) з боку Шевченківської житлової забудови;
- реконструкцію переїзду через трамвайні колії;
- встановлення пішохідної огорожі;
- розробку шістьох режимів руху світлофорного об'єкту в залежності від наявних інтенсивностей транспортних потоків;
- встановлення дорожніх знаків та нанесення дорожньої розмітки.

Впровадження пропонованих рішень дозволить збільшити пропускну спроможність перехрестя, спростити схему організації дорожнього руху, зменшити аварійність, підвищити швидкість руху та ефективніше використовувати всі смуги руху. Зменшення транспортних затримок, поліпшення умов та підвищення безпеки руху дасть певний економічний ефект.

Організація руху за новою схемою призведе до зменшення транспортних затримок та витрат від них більш ніж на 250 тис. грн.

А якщо врахувати і те, що рух стане безпечнішим, то можна вважати, що пропоновані рішення не тільки можливо, але і необхідно ввести. Вони є економічно ефективними. Чистий дисконтований прибуток за три роки складає 2670727 грн.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Клинковштейн Г.И. Организация дорожного движения [Текст]: Учеб. для вузов / Г.И. Клинковштейн, М.Б. Афанасьев – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1992. - 207 с.
2. Гаврилов Е.В. Системологія на транспорті [Текст]: 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. Бабков В.Ф. Дорожные условия и безопасность движения [Текст]: Учебное пособие для ВУЗов / В.Ф. Бабков - 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1982. - 288 с.
4. Фишельсон М.С. Транспортная планировка городов [Текст]/ М.С. Фишельсон – М.: Высшая школа, 1985. - 239 с.
5. Кременец Ю.А. Технические средства организации дорожного движения [Текст] / Ю.А. Кременец – М: Транспорт, 1990. –255 с.
6. Самойлов Д.С. Организация и безопасность городского движения [Текст] / Д.С. Самойлов, В.А. Юдин, П.В. Рушевский - М.: Высшая школа, 1981. - 256 с.
7. ДСТУ 4100-2015 „Знаки дорожні. Загальні технічні умови. Правила застосування” [Текст].
8. ДСТУ 2587-2010 „Розмітка дорожня. Технічні вимоги. Методи контролю. Правила застосування” [Текст].
9. Аксенов В.А. Экономическая эффективность рациональной организации дорожного движения [Текст] / В.А. Аксенов, Е.П. Попова, О.А. Дивочкин – М.: Транспорт, 1987. – 128 с.
10. 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 / Укл.: Лазуткін М. І., Журавель М. О. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2018. – 44 с.