

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Національний університет «Запорізька політехніка»

Транспортний  
(повне найменування факультету)

«Транспортні технології»  
(повне найменування кафедри)

**Пояснювальна записка**

до дипломного проекту (роботи)

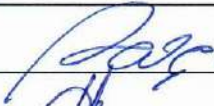
магістра  
(ступінь вищої освіти)

на тему УДОСКОНАЛЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ РУХУ АВТОМОБІЛЬНОГО  
ТРАНСПОРТУ НА ПЕРЕХРЕСТІ просп. ЮВІЛЕЙНИЙ – вул. ГЕРОЇВ 93-ї  
БРИГАДИ м. ЗАПОРІЖЖЯ

Виконав: студент II курсу, групи T-312м

Спеціальності 275 «Транспортні технології  
(за видами)»  
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)  
275.03 «Транспортні технології  
(на автомобільному транспорті)»

|                                                                                      |                                                                                                                                       |
|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <u>Артем ЮДАКОВ</u><br>(прізвище та ініціали)                                                                                         |
| <u>Керівник</u>                                                                      |  <u>Ігор РАЙДА</u><br>(прізвище та ініціали)      |
| <u>Рецензент</u>                                                                     |  <u>Олександр АРТЮХ</u><br>(прізвище та ініціали) |

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Національний університет «Запорізька політехніка»

Факультет \_\_\_\_\_ Транспортний \_\_\_\_\_  
Кафедра \_\_\_\_\_ «Транспортні технології» \_\_\_\_\_  
Ступінь вищої освіти \_\_\_\_\_ магістр \_\_\_\_\_  
Спеціальність \_\_\_\_\_ 275 «Транспортні технології (за видами)» \_\_\_\_\_  
(код і найменування)  
Освітня програма (спеціалізація) 275.03 «Транспортні технології (на \_\_\_\_\_  
автомобільному транспорті)» \_\_\_\_\_  
(назва освітньої програми (спеціалізації))

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

«Транспортні технології»

Сергій ТУРПАК

«01» листопада 2023 року

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

ЮДАКОВА Артема Євгеновича

(ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Удосконалення організації руху автомобільного транспорту на перехресті просп. Ювілейний – вул. Героїв 93-ї бригади м. Запоріжжя

керівник проекту (роботи) РАЙДА Ігор Михайлович

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від «21» листопада 2023 року №450

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 15 грудня 2023 р.

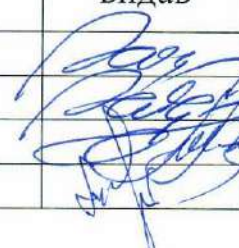
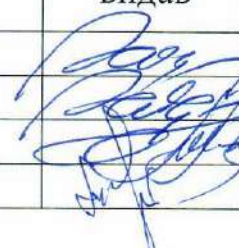
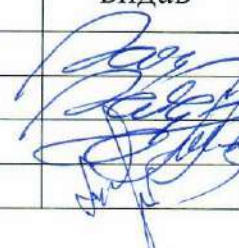
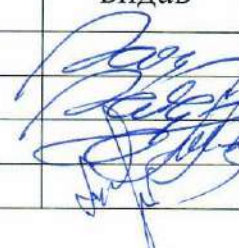
3. Вихідні дані до проекту (роботи) існуюча вулично-дорожня мережа, існуючі характеристики транспортних та пішохідних потоків, існуюча схема організації дорожнього руху

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналітична частина, 2. Розрахункова частина, 2.1 Розрахунок нових програм регулювання руху транспорту, 2.2 Організація запобігання порушенням правил дорожнього руху пішоходами, 2.3 Організація руху автомобільного транспорту в нових умовах 3 Економічна частина, 4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, кількість слайдів, плакатів)

Презентація магістерської роботи

## 6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата                                                                        |                                                                                     |
|--------|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|        |                                           | завдання видав                                                                      | прийняв виконане завдання                                                           |
| 1      | РАЙДА І.М., старш. викл.                  |  |  |
| 2      | РАЙДА І.М., старш. викл.                  |  |  |
| 3      | ХАРЧЕНКО Т.В., старш. викл.               |  |  |
| 4      | ЛАЗУТКІН М.І., доцент                     |  |  |

7. Дата видачі завдання «01» листопада 2023 року.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

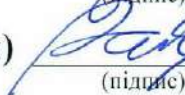
| № з/п | Назва етапів дипломного проєкту (роботи)                                                         | Строк виконання етапів проєкту (роботи) | Примітка |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|----------|
| 1     | Аналітична частина                                                                               | 30.10.2023-06.11.2023                   |          |
| 2     | Основна частина                                                                                  | 07.11.2023-20.11.2023                   |          |
| 3     | Економічна частина                                                                               | 21.11.2023-27.11.2023                   |          |
| 4     | Охорона праці                                                                                    | 28.11.2023-01.12.2023                   |          |
| 5     | Оформлення МР, перевірка МР на плагіат, отримання зовнішніх рецензій, захист магістерських робіт | 01.12.2023-25.01.2024                   |          |

Студент(ка)

  
(підпис)

Артем ЮДАКОВ  
(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Керівник проєкту (роботи)

  
(підпис)

Ігор РАЙДА  
(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

## РЕФЕРАТ

ПЗ: 79 стор., 28 табл., 29 рис., 9 використаних джерел.

ДОРОЖНІ ЗНАКИ, ДОРОЖНІЙ РУХ, ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНА ПРИГОДА, ДОРОЖНЯ РОЗМІТКА, ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ, ЗАТРИМКИ РУХУ, ІНТЕНСИВНІСТЬ РУХУ, ПЕРЕХРЕСТЯ, ПІШОХІД, ПІШОХІДНА ОГОРОЖА, ПІШОХІДНИЙ ПЕРЕХІД, СВІТЛОФОР, СКЛАД ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКУ, ТРАНСПОРТНИЙ ПОТІК, ЦИКЛ РЕГУЛЮВАННЯ

Об'єкт дослідження: перехрестя вулиці Героїв 93-ї бригади з проспектом Ювілейним міста Запоріжжя.

Мета роботи: розробити заходи щодо підвищення безпеки руху та зменшення транспортних затримок автомобільного транспорту на перехресті.

Методи дослідження: аналітичний.

В магістерській роботі досліджено дорожні умови та основні характеристики транспортних і пішохідних потоків; проаналізовано аварійність на перехресті вулиці Героїв 93-ї бригади з проспектом Ювілейним; розрахована складність цього перехрестя; проаналізовані відповідності пропускних спроможностей існуючим об'ємам руху на перехресті.

Запропоновані три режими регулювання руху на перехресті в залежності від змін інтенсивності транспортних потоків на протязі доби. Розглянуто заборонні заходи порушення правил дорожнього руху пішоходами. Перероблено загальну схему організації руху автомобільного транспорту на перехресті.

Виконані економічні розрахунки.

## ЗМІСТ

|                                                                                                       | с. |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Завдання на магістерську роботу.....                                                                  | 2  |
| Реферат.....                                                                                          | 4  |
| Вступ.....                                                                                            | 7  |
| 1 Аналітична частина.....                                                                             | 8  |
| 1.1 Загальний опис об'єкту дослідження.....                                                           | 8  |
| 1.1.1 Об'єкт дослідження у прив'язці до вулично-дорожньої мережі міста.....                           | 8  |
| 1.1.2 Особливості дорожнього руху на об'єкті дослідження.....                                         | 10 |
| 1.2 Дослідження та аналіз основних характеристик транспортних потоків.....                            | 12 |
| 1.2.1 Дослідження та аналіз інтенсивності руху автомобілів.....                                       | 12 |
| 1.2.2 Дослідження та аналіз складу автомобільних потоків.....                                         | 18 |
| 1.2.3 Дослідження та аналіз швидкостей руху автомобільних потоків.....                                | 20 |
| 1.3 Визначення пропускних спроможностей об'єкту дослідження.....                                      | 26 |
| 1.4 Загальний аналіз об'ємів та організації пішохідного руху.....                                     | 28 |
| 1.5 Аналіз системи управління дорожнім рухом на об'єкті дослідження.....                              | 29 |
| 1.6 Аналіз рівня небезпеки об'єкту дослідження.....                                                   | 31 |
| 1.6.1 Аналіз потенційної складності об'єкту дослідження.....                                          | 31 |
| 1.6.2 Аналіз ДТП на об'єкті дослідження.....                                                          | 34 |
| 1.7 Загальний аналіз недоліків організації руху автомобільного транспорту на об'єкті дослідження..... | 37 |
| 2 Розрахункова частина.....                                                                           | 39 |
| 2.1 Розрахунок нових програм регулювання руху транспорту.....                                         | 39 |

|                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.1.1 Загальний принцип реалізації багатопрограмного регулювання.....         | 39 |
| 2.1.2 Розрахунок режимів роботи світлофорного об'єкту.....                    | 40 |
| 2.2 Організація запобігання порушенням правил дорожнього руху пішоходами..... | 47 |
| 2.3 Організація руху автомобільного транспорту в нових умовах.....            | 48 |
| 2.3.1 Використання дорожніх знаків.....                                       | 48 |
| 2.3.2 Використання дорожньої розмітки.....                                    | 49 |
| 2.3.3 Розробка нової схеми організації дорожнього руху.....                   | 50 |
| 3 Економічна частина.....                                                     | 52 |
| 4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....                      | 63 |
| Висновки.....                                                                 | 65 |
| Перелік джерел посилення.....                                                 | 66 |
| Додаток А.....                                                                | 68 |
| Додаток Б.....                                                                | 70 |
| Додаток В.....                                                                | 77 |

## ВСТУП

В сучасних містах існує гостра проблема управління дорожнім рухом, яка є вкрай актуальною. Розширення інфраструктури у великих містах, постійне збільшення автотранспорту на дорогах підносить це питання на один із ключових рівнів. саме від якості управління дорожнім рухом залежить ефективність функціонування міста взагалі й, врешті-решт, здоров'я та безпека його мешканців.

Ріст автопарку та обсягів перевезень призводить до збільшення інтенсивності дорожнього руху, особливо у містах із складною історичною забудовою. Це спричиняє транспортні проблеми, особливо помітні в вузлових точках дорожньої мережі. Тут спостерігаються транспортні затори, черги і затримки, що призводить до зниження швидкості руху, додаткових витрат пального та підвищеного зносу автотранспортних засобів.

Нестабільний режим руху, постійні зупинки автомобілів на перехрестях призводять до підвищеного забруднення повітря внаслідок шкідливих викидів від неповного згоряння пального. Зростає і кількість дорожньо-транспортних пригод, які стають причиною смертей та поранень мільйонів людей, а також ушкодження техніки та інфраструктури міста.

Місто Запоріжжя не є винятком у цьому контексті.

Предметом магістерської роботи стало перехрестя вулиці Героїв 93-ї бригади із проспектом Ювілейним, яке знаходиться в Хортицькому районі нашого міста. Це перехрестя є одним з центральних перехресть району. Підвищення безпеки руху автомобільного транспорту та зниження його затримок на цій ділянці є основними питаннями, що розглядаються в магістерській роботі.

## 1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

### 1.1 Загальний опис об'єкту дослідження

#### 1.1.1 Об'єкт дослідження у прив'язці до вулично-дорожньої мережі міста

Об'єктом дослідження в магістерській роботі стала організація руху автомобільного транспорту на перехресті вулиці Героїв 93-ї бригади із проспектом Ювілейним міста Запоріжжя.

Запоріжжя – це обласний центр Запорізької області, який є одним із найважливіших адміністративних, промислових і культурних центрів південної частини України. На початок 2018 року за кількістю населення місто Запоріжжя було шостим в Україні із показником понад 745 тис. мешканців [1].

Загальна площа міста Запоріжжя складає 331 км<sup>2</sup>. Місто входить в п'ятірку найбільших міст країни [1].

Місто Запоріжжя має розвинену мережу автомобільних вулиць та доріг. Це близько 1300 проспектів, вулиць, провулків та площ. Головною вулицею міста є проспект Соборний, який простягається майже на 11 км і пронизує чотири райони міста [1].

За своїм адміністративним поділом місто Запоріжжя складається з семи районів. Об'єкт дослідження, тобто перехрестя вулиці Героїв 93-ї бригади із проспектом Ювілейним знаходиться в Хортицькому адміністративному районі. На рисунку 1.1 наведені межі Хортицького адміністративного району на мапі міста Запоріжжя.

Хортицький район був заснований лише у 1995 році і є наймолодшим районом міста, так звана Бабурка. Він є одним з найменших адміністративних районів Запоріжжя з загальною площею 18,8 км<sup>2</sup>, розташований на правому березі ріки Дніпро та віддалений від основної забудови Запоріжжя. Хортицький район переважно складається із житлової багатоповерхової забудови й є найекологічнішим районом Запоріжжя [1]. На рисунку 1.2 показане розташування об'єкту дослідження.

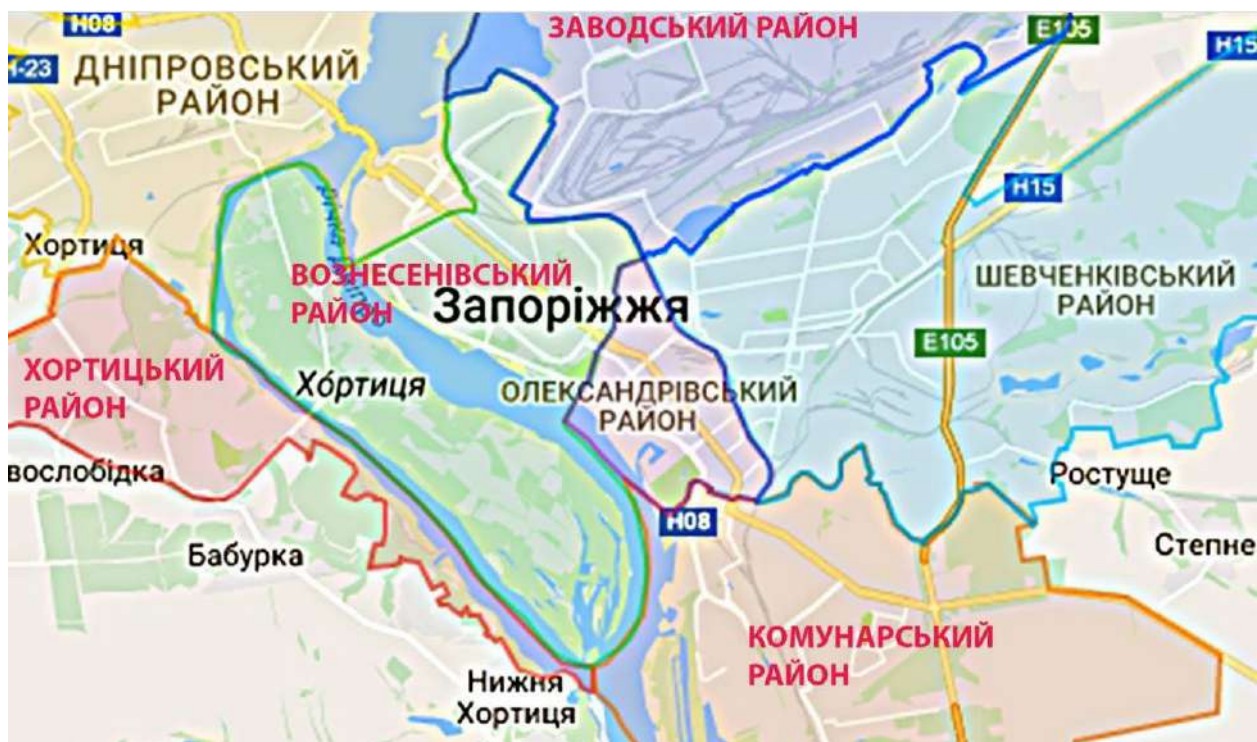


Рисунок 1.1 – Розташування Хортицького адміністративного району на мапі міста Запоріжжя

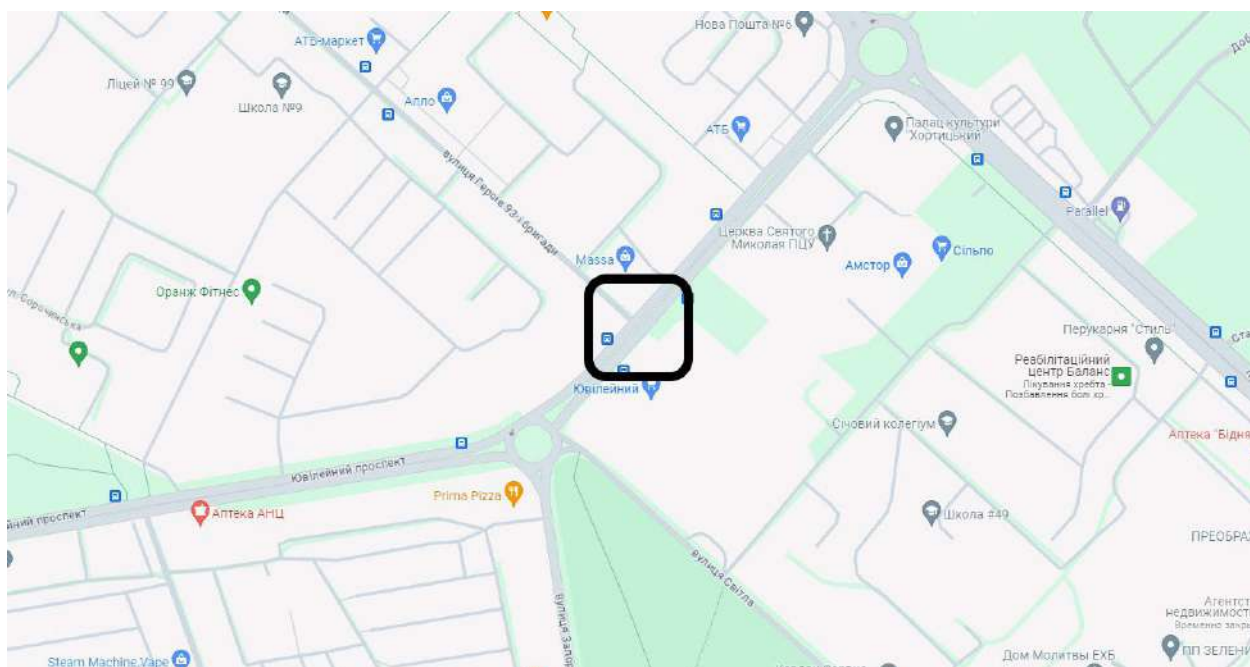


Рисунок 1.2 – Розташування перехрестя вулиці Героїв 93-ї бригади із проспектом Ювілейним

### 1.1.2 Особливості дорожнього руху на об'єкті дослідження

Перехрестя вулиці Героїв 93-ї бригади із проспектом Ювілейним вважається одним з найнапруженіших у Хортицькому районі міста Запоріжжя. Обидві вулиці, що його створюють, мають статус вулиць районного значення. проспект Ювілейний фактично є однією з центральних вулиць Хортицького району і забезпечує внутрішній транспортний зв'язок. Вулиця Героїв 93-ї бригади також підтримує внутрішній транспортний зв'язок окремої частини Хортицького району. Поруч з перехрестях розташована багатоповерхова житлова забудова, ринок Хортицького району, багато торгівельних точок різного масштабу, тощо.

Ніяких обмежень за видами руху на перехресті немає. Перехрестям користується приватний та службовий автомобільний транспорт, вантажний транспорт, а також активно рухається міський автомобільний пасажирський транспорт, представлений автобусами різної місткості.

Дорожнє покриття на ділянці на момент спостереження деінде потребує ремонту. Це ж стосується узбіч та тротуарів в межах перехрестя.

Перехрестя вулиці Героїв 93-ї бригади із проспектом Ювілейним має Т-подібну конфігурацію із напрямком головної дороги проспектом Ювілейним. Вулиця Героїв 93-ї бригади після перехрестя має тупикове продовження на автомобільну позавуличну стоянку.

Проспект Ювілейний має чотири смуги руху по дві в кожен бік із розділовою смугою, яка не призначена для руху. Вулиця Героїв 93-ї бригади має дві смуги руху. Перехрестя має примусове світлофорне регулювання.

Вид на перехрестя з кожного підходу наведений на рисунках 1.3-1.5.

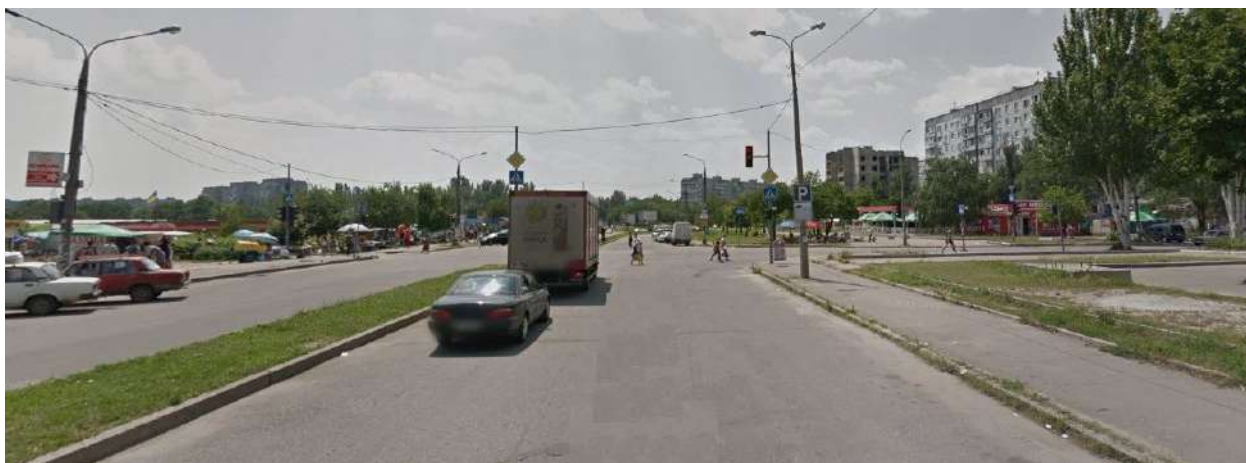


Рисунок 1.3 – Загальний вигляд перехрестя на підході проспектом Ювілейним з боку проспекту Преображенського

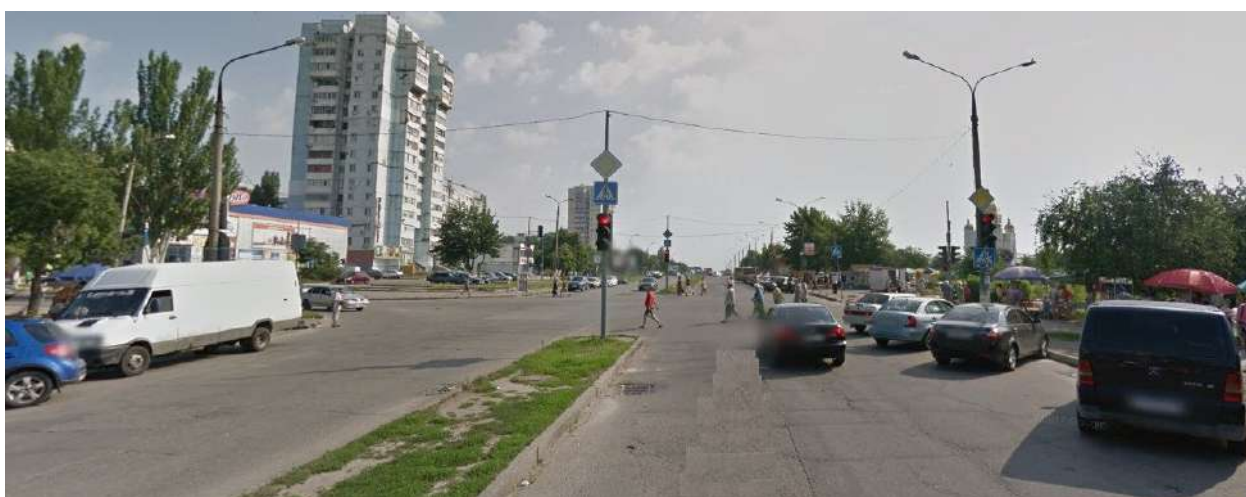


Рисунок 1.4 – Загальний вигляд перехрестя на підході проспектом Ювілейним з боку вулиці Запорізького Козацтва

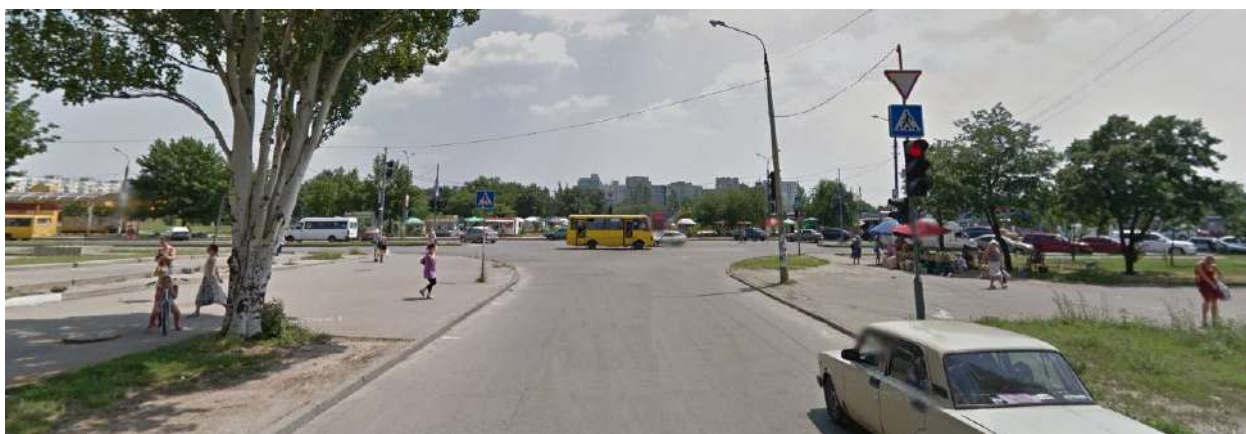


Рисунок 1.5 – Загальний вигляд перехрестя на підході вулицею Героїв 93-ї бригади

## 1.2 Дослідження та аналіз основних характеристик транспортних потоків

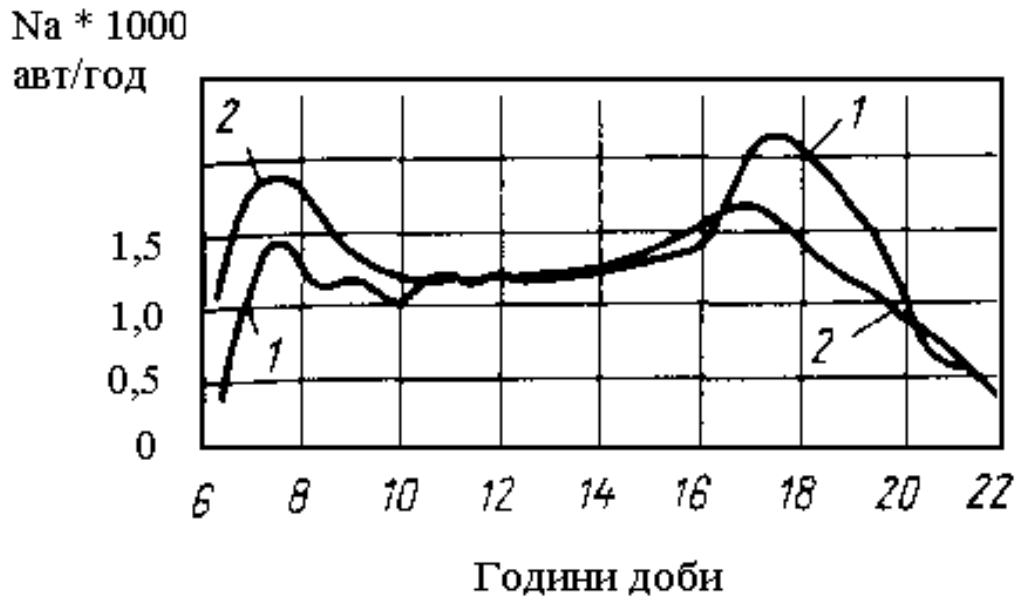
### 1.2.1 Дослідження та аналіз інтенсивності руху автомобілів

Інтенсивність транспортного потоку є однією з основних його характеристик, яка дає уявлення про наявні обсяги руху на ділянці вулично-дорожньої мережі, про їх зміни у часі. Саме ця характеристика стає основою для прийняття рішень про можливість використання тих чи інших систем управління дорожнім рухом чи їх режимів.

Інтенсивність транспортного потоку визначається як кількість транспортних засобів, що проїжджають переріз дороги протягом визначеного проміжку часу. Розрахунковий період часу для визначення інтенсивності руху може бути рік, місяць, доба, година, а також коротші проміжки часу, такі як хвилини чи секунди, в залежності від мети спостережень та наявних засобів вимірювання [2].

Нерівномірність транспортних потоків у часі, а саме розподіл протягом року, місяця, доби та години, відіграє ключову роль у вирішенні проблем організації руху. Стандартну криву розподілу інтенсивності руху протягом доби на міських магістралях можна спостерігати на рисунку 1.6. Схожий характер розподілу інтенсивності спостерігається на автомобільних дорогах. Графіки на рисунку 1.7 дозволяють виділити так звані «години пік», коли стає найбільш актуальними завдання організації та регулювання руху [2].

Термін «година пік» є умовним і використовується тут тільки через те, що година є основною одиницею виміру часу. Тривалість періоду максимальної інтенсивності руху може перевищувати або бути коротшою за одну годину. Тому більш точним є термін «піковий період», що вказує на час, протягом якого інтенсивність, виміряна короткочасними інтервалами, перевищує середню інтенсивність протягом періоду найжвавішого руху [2].



1 - рух транспорту від центру населеного пункту;

2 - рух транспорту до центру населеного пункту

Рисунок 1.6 – Зміни інтенсивностей руху транспорту на протязі доби [2]

Для дослідження інтенсивності руху транспорту на перехресті вулиці Героїв 93-ї бригади із проспектом Ювілейним в якості таких пікових періодів були обрані проміжки часу 7:00 – 8:00 та 17:00 – 18:00. Також для отримання більш детальної картини було обрано для спостереження годину доби між означеними проміжками, а саме 13:00 – 14:00. Саме в ці часові періоди було досліджено інтенсивності транспортних потоків на перехресті.

Дослідження виконувалися за 6 напрямками руху, які наведені на рисунку 1.7.

Зібрані дані фактичних інтенсивностей руху транспортних потоків на перехресті вулиці Героїв 93-ї бригади із проспектом Ювілейним у відповідні проміжки часу представлені у таблицях 1.1-1.3.

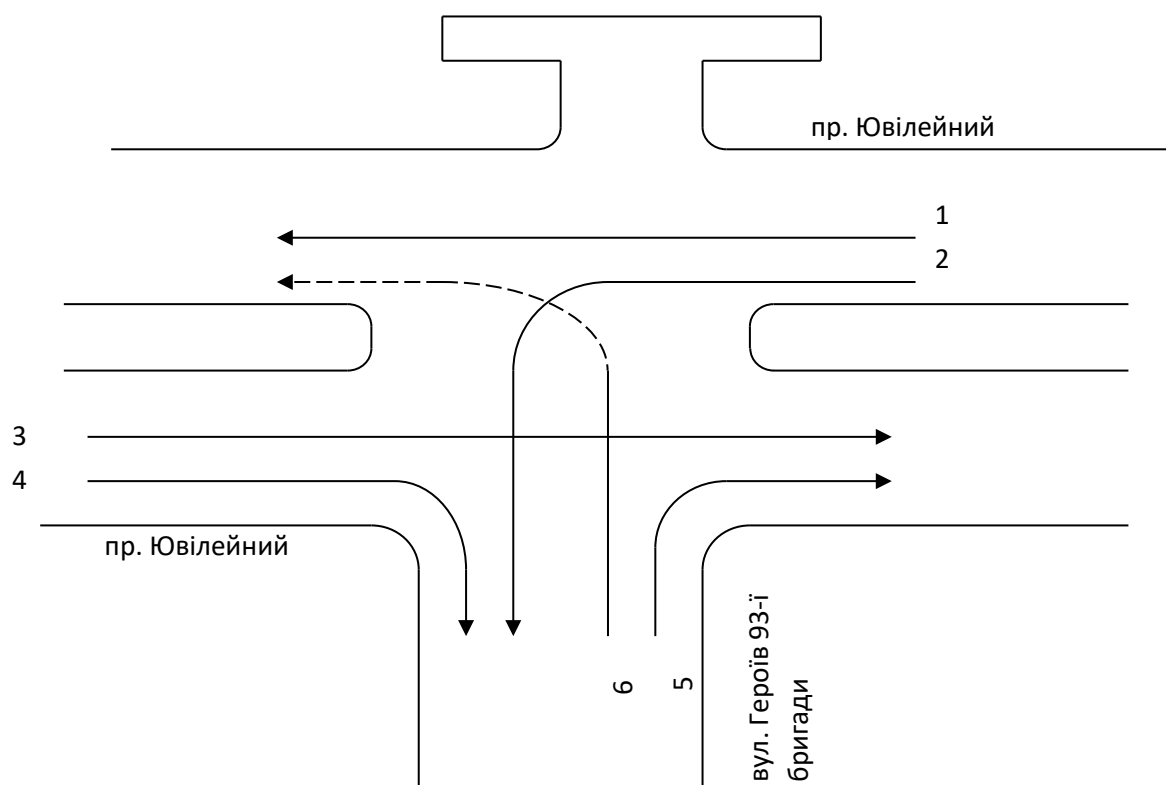


Рисунок 1.7 – Напрямки фіксації руху транспортних потоків

Таблиця 1.1 – Інтенсивності транспортних потоків 7:00 – 8:00

| Напрям | Мотоцикли | Легкові | Вантажні з вантажо-<br>під'ємністю |       |       |       | Мікроавто-<br>буси | Автобуси | Автопоїзди | Разом |
|--------|-----------|---------|------------------------------------|-------|-------|-------|--------------------|----------|------------|-------|
|        |           |         | < 2 т                              | 2-5 т | 5-8 т | > 8 т |                    |          |            |       |
| 1      | 0         | 188     | 9                                  | 5     | 1     | 2     | 19                 | 11       | 1          | 236   |
| 2      | 1         | 80      | 7                                  | 2     | 2     | 0     | 1                  | 0        | 0          | 93    |
| 3      | 1         | 63      | 9                                  | 3     | 3     | 2     | 12                 | 3        | 0          | 96    |
| 4      | 1         | 68      | 10                                 | 3     | 4     | 3     | 11                 | 4        | 3          | 107   |
| 5      | 0         | 60      | 3                                  | 1     | 0     | 0     | 1                  | 0        | 0          | 65    |
| 6      | 0         | 356     | 19                                 | 3     | 3     | 1     | 16                 | 5        | 0          | 403   |
| Разом  | 3         | 815     | 57                                 | 17    | 13    | 8     | 60                 | 23       | 4          |       |

Таблиця 1.2 – Інтенсивності транспортних потоків 13:00 – 14:00

| Напря́м | Мотоцикли | Легкові | Вантажні з вантажо-<br>під'ємністю |       |       |       | Мікроавто-<br>буси | Автобуси | Автопоїзди | Разом |
|---------|-----------|---------|------------------------------------|-------|-------|-------|--------------------|----------|------------|-------|
|         |           |         | < 2 т                              | 2-5 т | 5-8 т | > 8 т |                    |          |            |       |
| 1       | 0         | 92      | 8                                  | 2     | 0     | 1     | 16                 | 6        | 0          | 125   |
| 2       | 2         | 63      | 4                                  | 2     | 1     | 0     | 0                  | 0        | 0          | 72    |
| 3       | 1         | 134     | 6                                  | 3     | 2     | 1     | 10                 | 4        | 0          | 161   |
| 4       | 0         | 135     | 7                                  | 4     | 2     | 0     | 10                 | 5        | 1          | 164   |
| 5       | 0         | 45      | 2                                  | 1     | 1     | 0     | 1                  | 0        | 0          | 50    |
| 6       | 1         | 188     | 9                                  | 4     | 1     | 2     | 12                 | 4        | 0          | 221   |
| Разом   | 4         | 657     | 36                                 | 16    | 7     | 4     | 49                 | 19       | 1          |       |

Таблиця 1.3 – Інтенсивності транспортних потоків 17:00 – 18:00

| Напря́м | Мотоцикли | Легкові | Вантажні з вантажо-<br>під'ємністю |       |       |       | Мікроавто-<br>буси | Автобуси | Автопоїзди | Разом |
|---------|-----------|---------|------------------------------------|-------|-------|-------|--------------------|----------|------------|-------|
|         |           |         | < 2 т                              | 2-5 т | 5-8 т | > 8 т |                    |          |            |       |
| 1       | 0         | 110     | 5                                  | 2     | 2     | 0     | 17                 | 5        | 0          | 141   |
| 2       | 0         | 85      | 3                                  | 0     | 1     | 0     | 0                  | 0        | 0          | 89    |
| 3       | 0         | 246     | 6                                  | 2     | 2     | 2     | 16                 | 6        | 1          | 281   |
| 4       | 0         | 263     | 14                                 | 5     | 3     | 3     | 14                 | 7        | 1          | 310   |
| 5       | 0         | 52      | 2                                  | 1     | 1     | 0     | 0                  | 0        | 0          | 56    |
| 6       | 1         | 182     | 10                                 | 4     | 4     | 2     | 15                 | 3        | 0          | 221   |
| Разом   | 1         | 938     | 40                                 | 14    | 13    | 7     | 62                 | 21       | 2          |       |

Одночасно оперувати даними інтенсивності різних типів автомобілів доволі складно. Тому для спрощення використовується так звана приведена інтенсивність в умовних одиницях (типових легкових автомобілях). Цю приведену інтенсивність розраховують за формулою [2]:

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

де  $N_i$  – фактична інтенсивність автомобілів певного типу, авт/год;  
 $K_i$  – коефіцієнт приведення відповідний певного типу автомобілів.

Коефіцієнти приведення автомобілів певного типу наведені в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Коефіцієнти приведення інтенсивності певних типів автомобілів [3]

| Мотоцикли | Легкові | Вантажні з вантажо-<br>під'ємністю |       |       |       | Мікроавто-<br>буси | Автобуси | Автопоїзди |
|-----------|---------|------------------------------------|-------|-------|-------|--------------------|----------|------------|
|           |         | < 2 т                              | 2-5 т | 5-8 т | > 8 т |                    |          |            |
| 0,5       | 1       | 1,5                                | 2     | 2,5   | 3     | 1,5                | 3        | 4          |

Результати розрахунків представлені у графічному вигляді на рисунках 1.8-1.10.

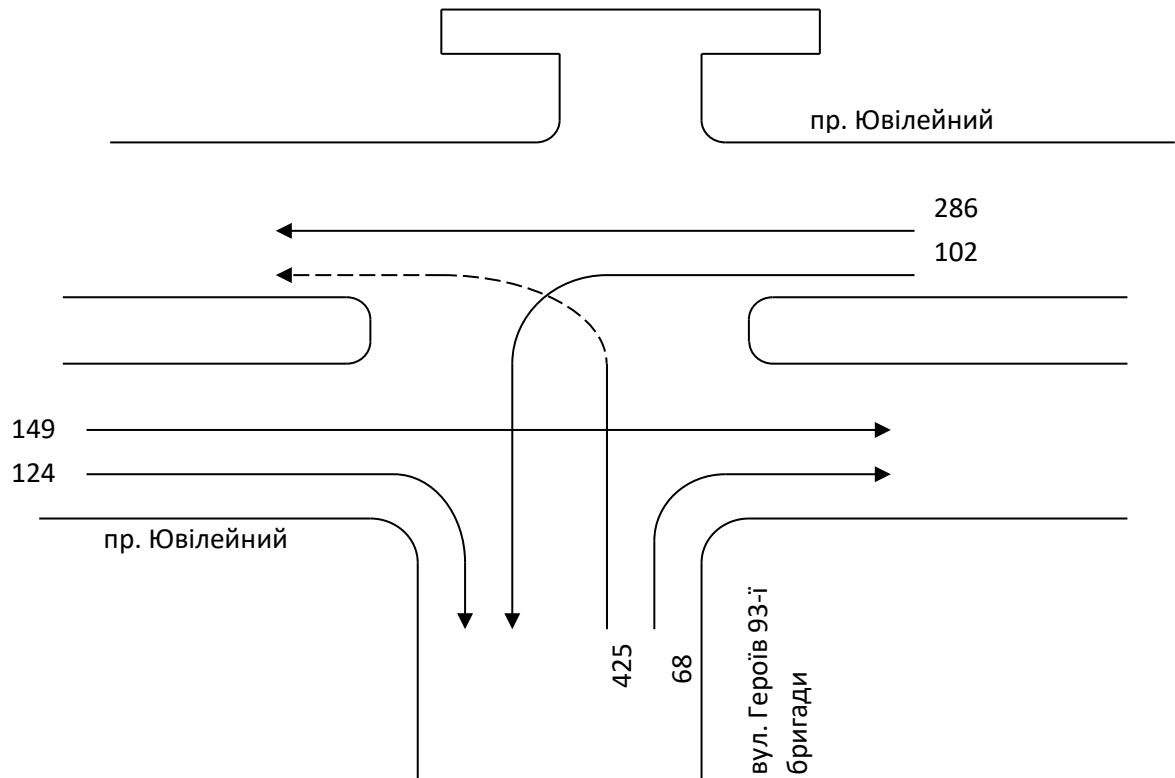


Рисунок 1.8 – Приведені інтенсивності руху транспорту 7:00 – 8:00

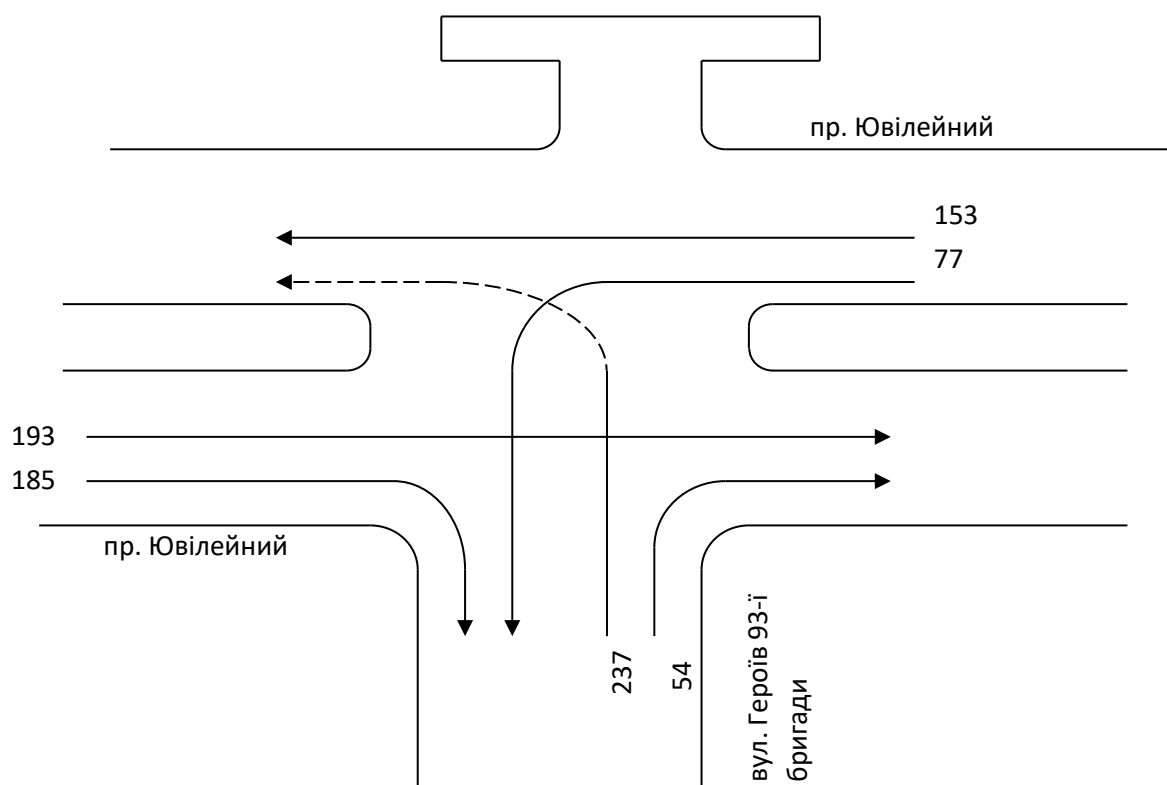


Рисунок 1.9 – Приведені інтенсивності руху транспорту 14:00 – 15:00

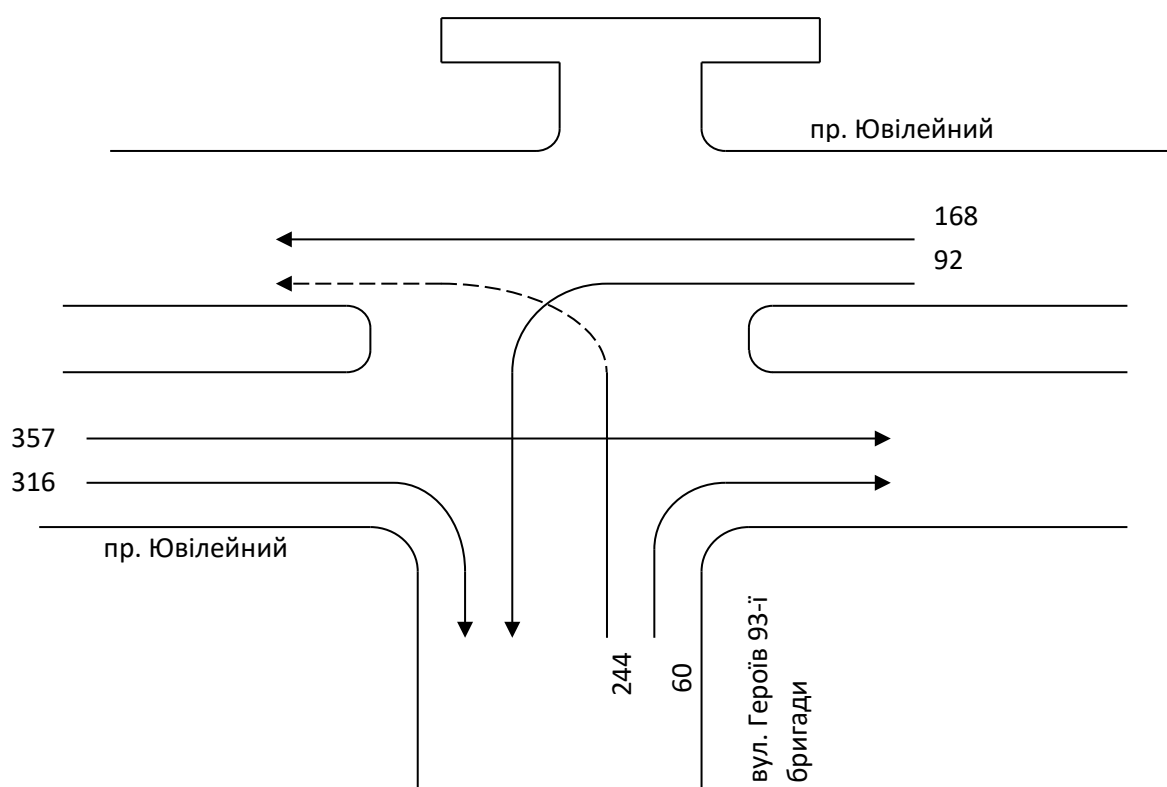


Рисунок 1.10 – Приведені інтенсивності руху транспорту 17:00 – 18:00

Отримані дані з інтенсивності руху підтверджують, що дане перехрестя є доволі насиченим транспортним рухом. Спостерігається коливання інтенсивності на протязі доби. Так вранці більше транспорту прямує в напрямку основної забудови міста Запоріжжя на іншому березі Дніпра, а ввечері – у зворотному напрямку.

### 1.2.2 Дослідження та аналіз складу автомобільних потоків

Склад транспортного потоку визначається співвідношенням різних типів транспортних засобів у ньому. Цей показник має значний вплив на всі параметри дорожнього руху. Так він суттєво впливає на завантаження доріг, проявляючись, насамперед, у стисненості руху. Це пояснюється значною різницею в габаритних розмірах різних типів автомобілів. Проте важливо відзначити, що різниця у габаритних розмірах - це лише одна з причин, яка виокремлює необхідність спеціального врахування складу потоку під час аналізу інтенсивності руху [2].

При русі у транспортному потоці важлива не лише різниця у статичних габаритах, але й у динамічних, яка залежить переважно від часу реакції водія і гальмівних характеристик транспортних засобів [2]. Саме динамічний габарит враховується через коефіцієнти приведення інтенсивності руху, які описувалися в попередньому пункті магістерської роботи.

Склад автомобільних транспортних потоків оцінювався за даними таблиць 1.1-1.3. На рисунках 1.11-1.13 наведений розрахований склад транспортних потоків на перехресті у відповідні проміжки часу.

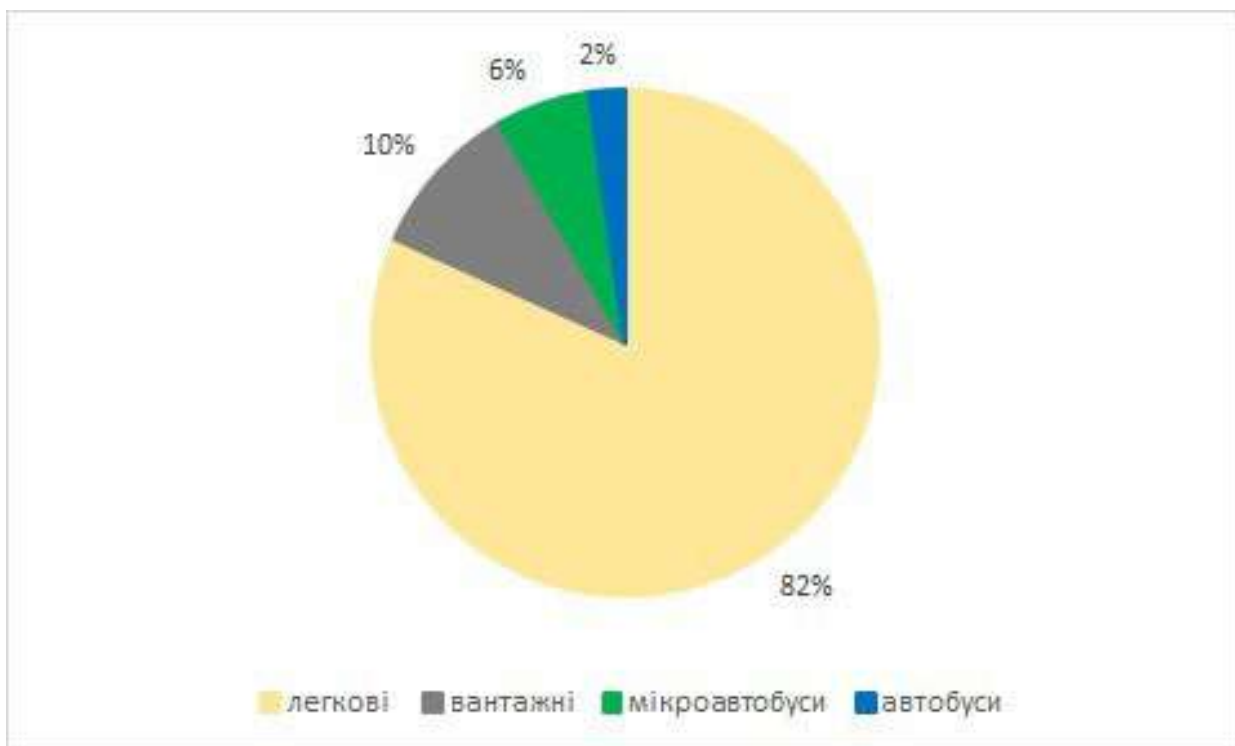


Рисунок 1.11 – Склад потоку транспорту 7:00 – 8:00

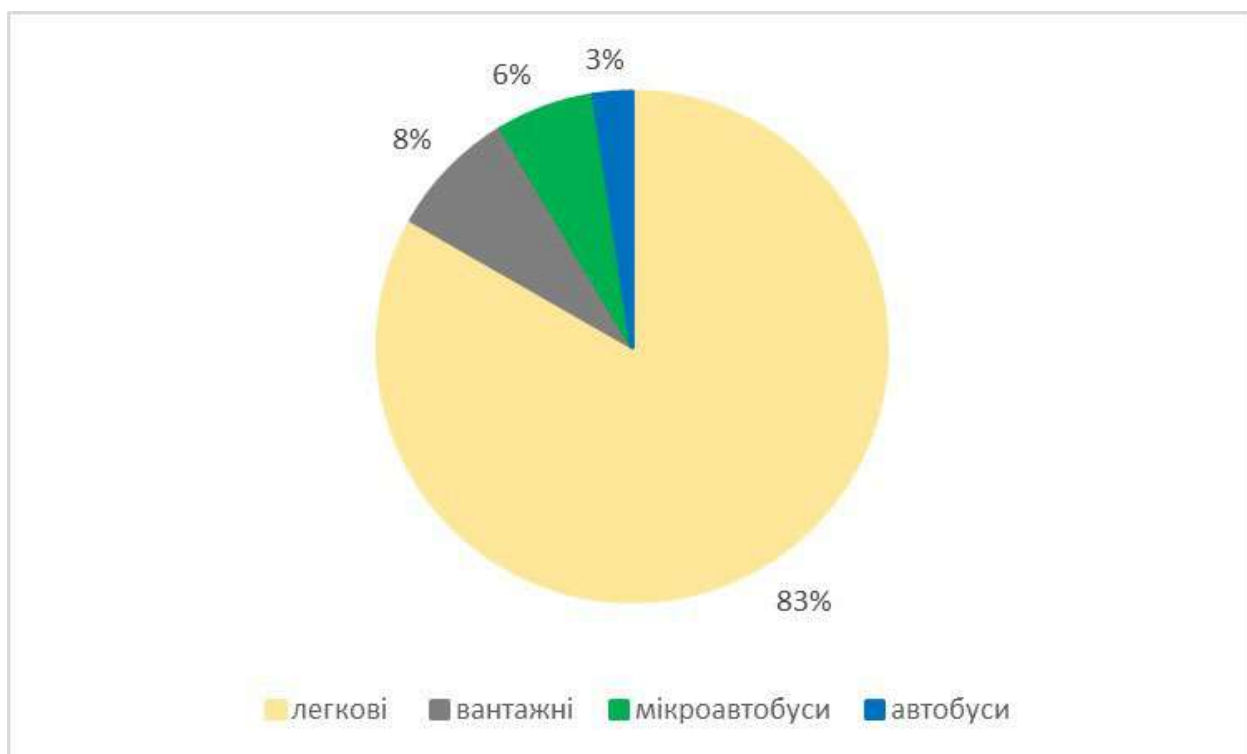


Рисунок 1.12 – Склад потоку транспорту 14:00 – 15:00

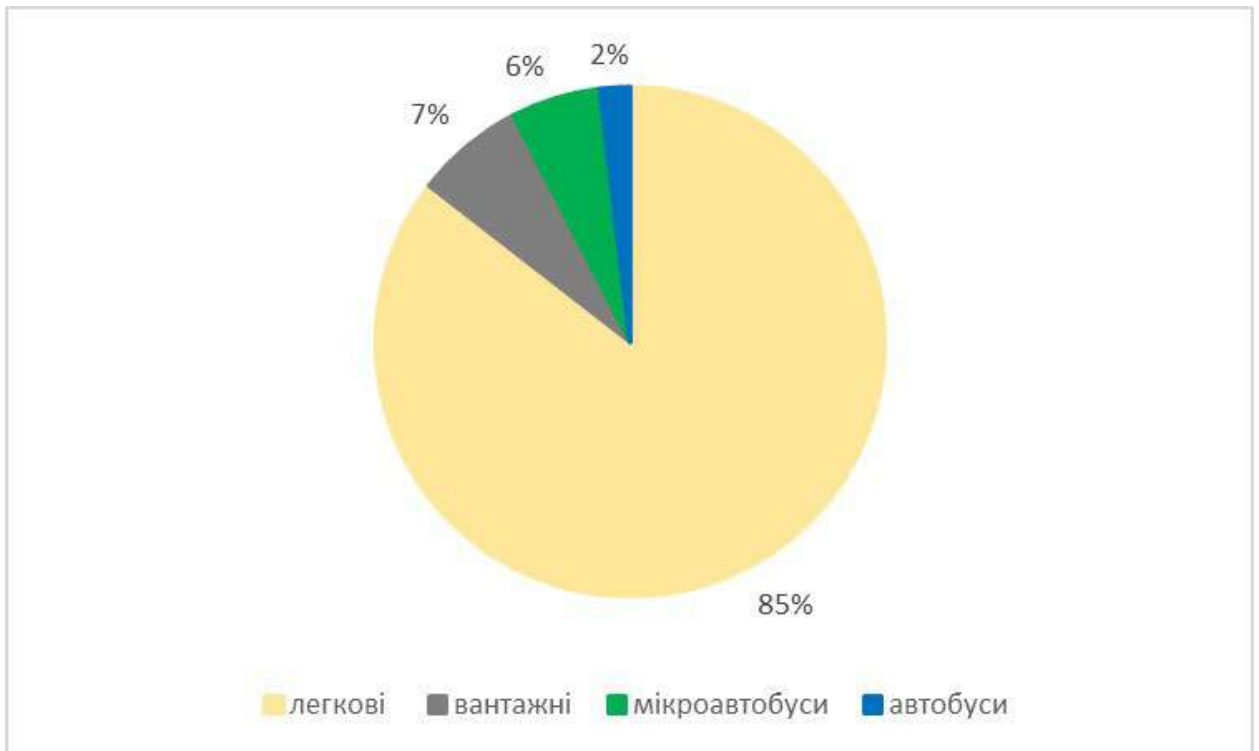


Рисунок 1.13 – Склад потоку транспорту 17:00 – 18:00

Аналіз рисунків 1.11-1.13 показує, що в транспортному потоці переважають легкові автомобілі й склад транспортних потоків залишається практично незмінним на протязі доби.

### 1.2.3 Дослідження та аналіз швидкостей руху автомобільних потоків

Швидкість руху є ключовим показником, оскільки вона є основною цільовою характеристикою дорожнього руху. Найбільш об'єктивною характеристикою процесу руху транспортного засобу дорогою може бути графік зміни його швидкості протягом всього маршруту. Однак отримання таких просторових характеристик для великої кількості автомобілів є складним завданням, оскільки вимагає постійного автоматичного фіксування швидкості кожного з них [2].

У практиці організації руху зазвичай використовують оцінку швидкості руху транспортних засобів миттєвими значеннями, зафіксованими в окремих типових перерізах дороги [2].

Визначати швидкість окремих автомобілів можливо різними способами, в тому числі із застосуванням спеціальних приладів. Для вимірювання швидкості руху автомобілів на підходах до перехрестя вулиці Героїв 93-ї бригади із проспектом Ювілейним використовувався універсальний імпульсний вимірювач швидкості «Іскра -1».

Вимірювання швидкісних режимів руху виконувалося з усіх трьох сторін перехрестя на підходах до нього. В кожному випадку було зафіксовано 80 спостережень. Розподіл швидкостей руху на підході до перехрестя по вулиці Героїв 93-ї бригади показаний на рисунку 1.14. Обробка результатів вимірювань швидкості на підході до перехрестя по вулиці Героїв 93-ї бригади наведена у таблиці 1.5.

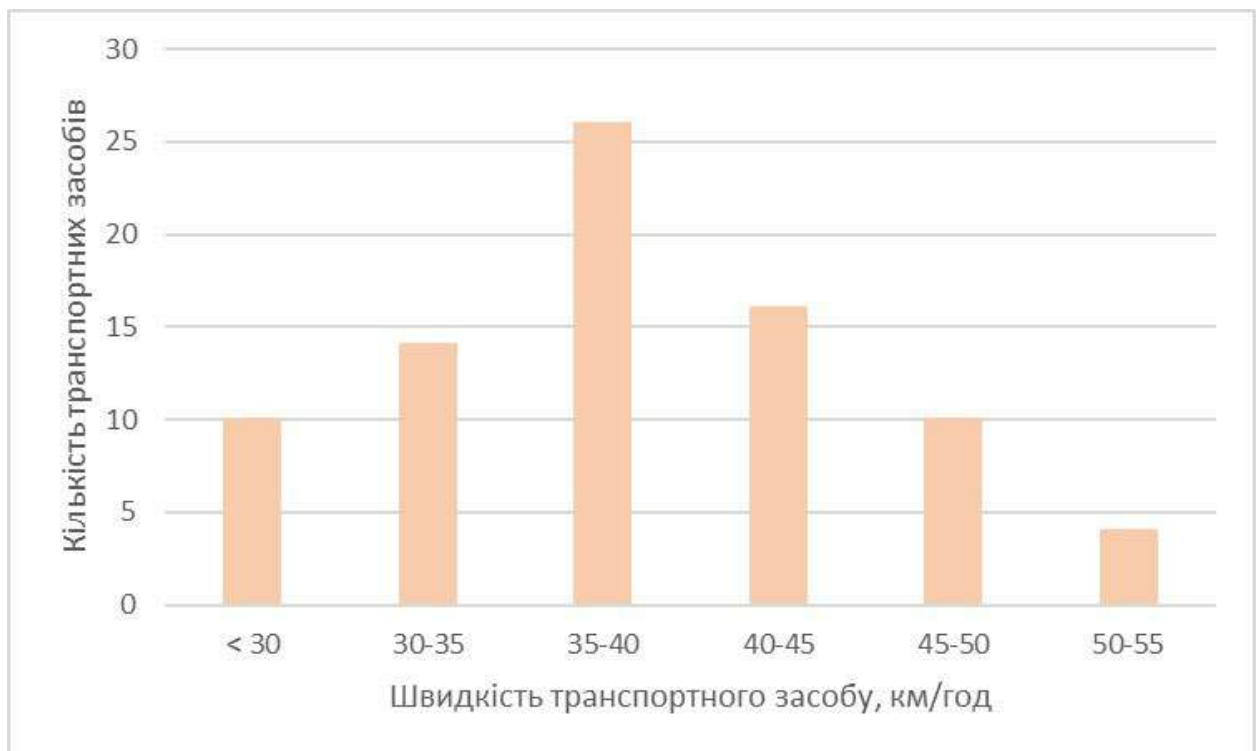


Рисунок 1.14 - Розподіл швидкостей руху на підході до перехрестя по вулиці Героїв 93-ї бригади

Таблиця 1.5 – Обробка результатів вимірювань швидкостей руху на підході до перехрестя по вулиці Героїв 93-ї бригади

| Інтервал швидкостей | Середина інтервалу<br>$V_i$ | Кількість вимірювань в групі<br>$m_i$ | Частість<br>$f_i = \frac{m_i}{\sum m_i}$ | Накопичена частість<br>$F(V)$ |
|---------------------|-----------------------------|---------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------|
| < 30                | 15                          | 10                                    | 0,125                                    | 0,125                         |
| 30-35               | 32,5                        | 14                                    | 0,175                                    | 0,3                           |
| 35-40               | 37,5                        | 26                                    | 0,325                                    | 0,625                         |
| 40-45               | 42,5                        | 16                                    | 0,2                                      | 0,825                         |
| 45-50               | 47,5                        | 10                                    | 0,125                                    | 0,95                          |
| 50-55               | 52,5                        | 4                                     | 0,05                                     | 1                             |

Середню швидкість руху на підході можливо розрахувати за формулою:

$$\bar{V} = \frac{\sum V_i \cdot m_i}{\sum m_i}. \quad (1.2)$$

Середня швидкість руху на підході до перехрестя по вулиці Героїв 93-ї бригади:

$$\bar{V} = \frac{2945}{80} = 36,81 \text{ км/год.}$$

Аналогічним чином оброблюються всі результати вимірювань швидкостей руху на інших підходах.

Розподіл швидкостей руху на підході до перехрестя проспектом Ювілейним з боку проспекту Преображенського показаний на рисунку 1.15. Обробка результатів вимірювань швидкості проспектом Ювілейним на підході з боку проспекту Преображенського наведена в таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 – Обробка результатів вимірювань швидкостей руху на підході до перехрестя проспектом Ювілейним з боку проспекту Преображенського

| Інтервал швидкостей | Середина інтервалу $V_i$ | Кількість вимірювань в групі $m_i$ | Частість $f_i = \frac{m_i}{\sum m_i}$ | Накопичена частість $F(V)$ |
|---------------------|--------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------|
| < 30                | 15                       | 2                                  | 0,025                                 | 0,025                      |
| 30-35               | 32,5                     | 7                                  | 0,0875                                | 0,1125                     |
| 35-40               | 37,5                     | 14                                 | 0,175                                 | 0,2875                     |
| 40-45               | 42,5                     | 17                                 | 0,2125                                | 0,5                        |
| 45-50               | 47,5                     | 14                                 | 0,175                                 | 0,675                      |
| 50-55               | 52,5                     | 11                                 | 0,1375                                | 0,8125                     |
| 55-60               | 57,5                     | 10                                 | 0,125                                 | 0,9375                     |
| 60-65               | 62,5                     | 5                                  | 0,0625                                | 1                          |



Рисунок 1.15 - Розподіл швидкостей руху на підході до перехрестя проспектом Ювілейним з боку проспекту Преображенського

Середня швидкість руху на підході до перехрестя проспектом Ювілейним з боку проспекту Преображенського:

$$\bar{V} = \frac{3635}{80} = 45,44 \text{ км/год.}$$

Розподіл швидкостей руху на підході до перехрестя проспектом Ювілейним з боку вулиці Запорізького Козацтва показаний на рисунку 1.16. Обробка результатів вимірювань швидкості на підході до перехрестя проспектом Ювілейним з боку вулиці Запорізького Козацтва наведена в таблиці 1.7.



Рисунок 1.16 - Розподіл швидкостей руху на підході до перехрестя проспектом Ювілейним з боку вулиці Запорізького Козацтва

Таблиця 1.7 – Обробка результатів вимірювань швидкостей руху на підході до перехрестя проспектом Ювілейним з боку вулиці Запорізького Козацтва

| Інтервал швидкостей | Середина інтервалу<br>$V_i$ | Кількість вимірювань в групі<br>$m_i$ | Частість<br>$f_i = \frac{m_i}{\sum m_i}$ | Накопичена частість<br>$F(V)$ |
|---------------------|-----------------------------|---------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------|
| < 30                | 15                          | 3                                     | 0,0375                                   | 0,0375                        |
| 30-35               | 32,5                        | 6                                     | 0,075                                    | 0,1125                        |
| 35-40               | 37,5                        | 10                                    | 0,125                                    | 0,2375                        |
| 40-45               | 42,5                        | 22                                    | 0,275                                    | 0,5125                        |
| 45-50               | 47,5                        | 21                                    | 0,2625                                   | 0,775                         |
| 50-55               | 52,5                        | 12                                    | 0,15                                     | 0,925                         |
| 55-60               | 57,5                        | 6                                     | 0,075                                    | 1                             |

Середня швидкість руху на підході до перехрестя проспектом Ювілейним з боку вулиці Запорізького Козацтва:

$$\bar{V} = \frac{3522,5}{80} = 44,03 \text{ км/год.}$$

Проаналізувавши отримані значення можна стверджувати, що швидкісний режим руху на підходах до перехрестя вулиці Героїв 93-ї бригади з проспектом Ювілейним немає значних перепадів на підходах та підтримується на достатньому рівні. Є поодинокі випадки перебільшення дозволеного порогу швидкості по проспекту Ювілейному в транспортних потоках, які проїжджають перехрестя прямо й на зелений сигнал світлофорів. Перевищення ці не значні й не мають суттєвого впливу на безпеку руху автомобільного транспорту на перехресті.

### 1.3 Визначення пропускних спроможностей об'єкту дослідження

Нормальну роботу перехрестя можливо оцінити порівнюючи досліджені інтенсивності руху в пікові проміжки та пропускну спроможність перехрестя в кожному з напрямків.

Одним з найважливіших критеріїв, що визначає функціональність транспортних мереж, є їхня пропускна здатність. В процесі проектування автомобільних доріг та при організації руху використовується термін «пропускна здатність дороги». Просте визначення цього терміну полягає в тому, що під пропускну здатністю дороги розуміється максимально можлива кількість автомобілів, яка може пройти через переріз дороги за одиницю часу [2].

Пропускну спроможність на регульованому перехресті визначають для кожної смуги руху в перерізі «Стоп» лінії [2]:

$$N_n = \frac{3600(t_3 - t_a)}{t_n T_{\text{ц}}} \quad (1.3)$$

де  $t_3$  – довжина «зеленої» фази світлофора, с;

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

$t_a$  – проміжок часу від ввімкнення зеленого сигналу світлофора до перетину першим автомобілем «Стоп» лінії, с;

$t_n$  – середній інтервал проходження автомобілів через «Стоп» лінію, с.

Згідно 6 основним напрямкам руху транспортних потоків на перехресті, які представлені на рисунку 1.7, виконується розрахунок пропускних спроможностей на підходах до перехрестя.

Для напрямків 1-4: 
$$N_n = \frac{3600(24 - 1)}{3 \cdot 61} = 452 \text{ авт/год.}$$

Для напрямків 5,6: 
$$N_n = \frac{3600(25-1)}{3 \cdot 61} = 472 \text{ авт/год.}$$

З метою порівняння розрахованих значень пропускних спроможностей з дослідженими інтенсивностями руху складаємо таблиці 1.8-1.10.

Таблиця 1.8 – Пропускні спроможності та інтенсивності руху 7:00 – 8:00

| Напрямок руху | Смуга руху | Пропускна спроможність, авт/год | Приведена інтенсивність транспорту, од/год | Аналіз        |
|---------------|------------|---------------------------------|--------------------------------------------|---------------|
| 1             | 1          | 452                             | 286                                        | відповідає    |
| 2             | 2          | 452                             | 102                                        | відповідає    |
| 3             | 1          | 452                             | 124                                        | відповідає    |
| 4             | 2          | 452                             | 149                                        | відповідає    |
| 5,6           | 1          | 472                             | 493                                        | не відповідає |

Таблиця 1.9 – Пропускні спроможності та інтенсивності руху 14:00 – 15:00

| Напрямок руху | Смуга руху | Пропускна спроможність, авт/год | Приведена інтенсивність транспорту, од/год | Аналіз     |
|---------------|------------|---------------------------------|--------------------------------------------|------------|
| 1             | 1          | 452                             | 153                                        | відповідає |
| 2             | 2          | 452                             | 77                                         | відповідає |
| 3             | 1          | 452                             | 185                                        | відповідає |
| 4             | 2          | 452                             | 193                                        | відповідає |
| 5,6           | 1          | 472                             | 291                                        | відповідає |

Таблиця 1.10 – Пропускні спроможності та інтенсивності руху 17:00 – 18:00

| Напрямок руху | Смуга руху | Пропускна спроможність, авт/год | Приведена інтенсивність транспорту, од/год | Аналіз     |
|---------------|------------|---------------------------------|--------------------------------------------|------------|
| 1             | 1          | 452                             | 168                                        | відповідає |
| 2             | 2          | 452                             | 92                                         | відповідає |
| 3             | 1          | 452                             | 316                                        | відповідає |
| 4             | 2          | 452                             | 357                                        | відповідає |
| 5,6           | 1          | 472                             | 304                                        | відповідає |

Аналізуючи таблиці 1.8-1.10, можна стверджувати, що на всіх підходах до перехрестя вулиці Героїв 93-ї бригади з проспектом Ювілейним існуючої пропускної спроможності достатньо на протязі всієї доби. окрім одного напрямку вранці. На підході по вулиці Героїв 93-ї бригади вранці має місце значний за обсягом транспортний потік, більший за розрахункову пропускну спроможність. Це підтверджується й спостереженнями, коли з цього напрямку вранці виникає певна черга з автомобілів, яка не встигає роз'їжджатися за один цикл регулювання.

#### 1.4 Загальний аналіз об'ємів та організації пішохідного руху

В районі перехрестя вулиці Героїв 93-ї бригади з проспектом Ювілейним рух пішоходів здійснюється по тротуарах та пішохідних переходах. Обсяг цього руху є дуже значним через велику кількість торгівельних об'єктів та ринку біля перехрестя.

Щодо характеру руху, переважно спостерігаються переміщення до та від зупинок маршрутного пасажирського транспорту, до та від ринку й торгівельних об'єктів.

Під час спостережень та вивчення характеру пішохідних потоків слід зазначити, що на перехресті мають місце доволі часті порушення правил дорожнього руху пішоходами, а саме перехід вулиць у непризначених для цього місцях. Об'єм пішохідного руху по всім пішохідним переходам різний й коливається в межах 100-350 чол/год в залежності від часу доби на пішохідному переході через вулицю Героїв 93-ї бригади. На пішохідних переходах через проспект Ювілейний обсяг пішохідного руху може досягати 800-900 чол/год, особливо на переході з боку вулиці Запорізького Козацтва у вихідні дні тижня.

### 1.5 Аналіз системи управління дорожнім рухом на об'єкті дослідження

Перехрестя вулиці Героїв 93-ї бригади з проспектом Ювілейним є регульованим, тобто управління дорожнім рухом на ньому є примусовим за допомогою світлофорів.

Світлофори, які використовуються на перехресті, є технічними засобами організації дорожнього руху. Засоби І групи мають безпосередній вплив на транспортні та пішохідні потоки, виконуючи формування їх необхідних параметрів. Будь-які світлофори гарантують розподіл конфліктних транспортних та пішохідних потоків у часі.

Загальний порядок вмикання сигналів світлофорів на перехресті, види цих сигналів та їх безпосередні значення повністю відповідають вимогам [4].

В складі світлофорного об'єкту перехрестя вулиці Героїв 93-ї бригади з проспектом Ювілейним використовуються трьохсекційні транспортні та пішохідні світлофори.

Перехрестя вулиці Героїв 93-ї бригади з проспектом Ювілейним має двофазну схему регулювання, яка наведена на рисунку 1.17.

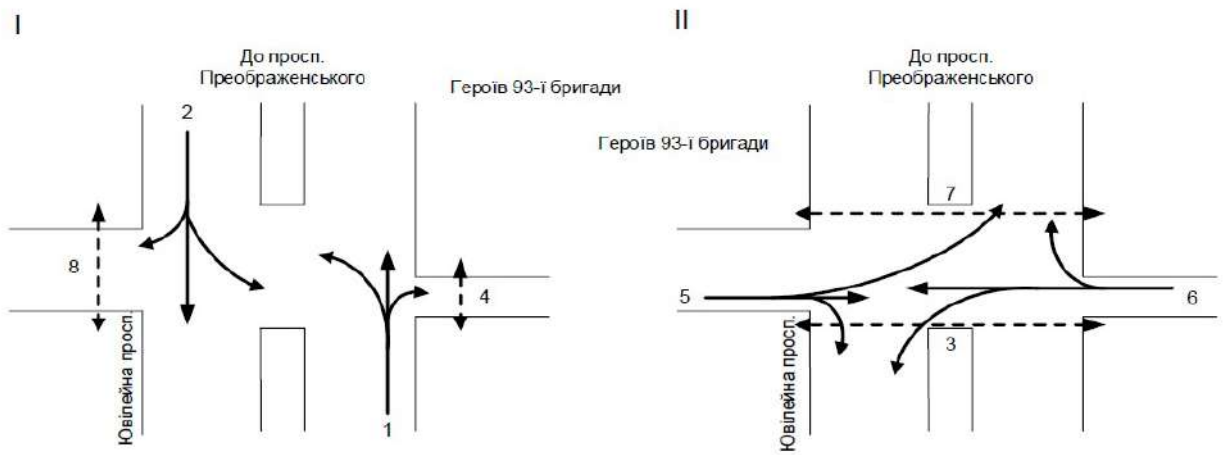


Рисунок 1.17 – Схема пофазового роз’їзду на перехресті

Поняття циклу регулювання руху фактично є сукупністю фаз, які повторюються періодично, організовуючи таким чином дорожній рух [2].

Довжина світлофорного циклу регулювання на перехресті вулиці Героїв 93-ї бригади з проспектом Ювілейним дорівнює 61 секунду. Всі елементи світлофорного циклу є розрахунковими. Фактична робота всіх світлофорів представлена на рисунку 1.18.



Рисунок 1.18 – Циклограма роботи світлофорів на перехресті

Окрім світлофорного об’єкту в організації руху на перехресті задіяні відповідні дорожні знаки та розмітка. Схема із вказівкою усіх наявних засобів

організації руху на перехресті вулиці Героїв 93-ї бригади з проспектом Ювілейним показана на рисунку 1.19.

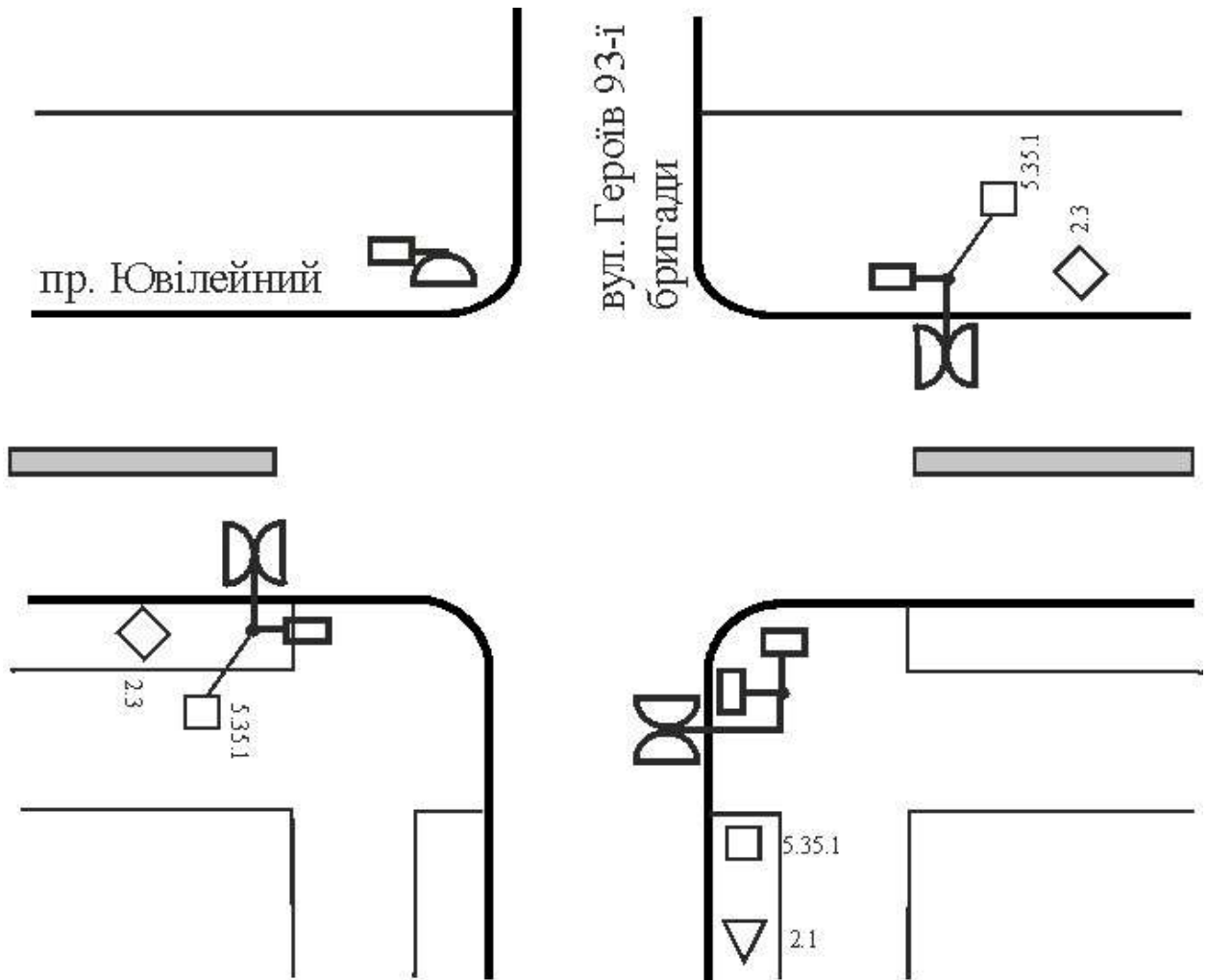


Рисунок 1.19 – Існуюча схема ОДР на перехресті

## 1.6 Аналіз рівня небезпеки об'єкту дослідження

### 1.6.1 Аналіз потенційної складності об'єкту дослідження

Існує доволі багато систем оцінки складності елементів вулично-дорожньої мережі в плані їх потенційної небезпеки. Однією з таких систем, можливо найрозповсюдженішою, є так звана п'ятибальна система оцінки. Ця нескладна система в своїй основі базується на понятті конфліктної точки.

Термін «конфліктна точка» означає фактичне місце на вулично-дорожній мережі, в якому взаємодіють транспортні або пішохідні потоки, які є між собою конфліктними. Конфліктні точки виникають на перегонах доріг, наприклад, при виконанні зміни смуги руху. Але більша їх кількість концентрується на перехрестях. Конфліктні точки є різними в залежності від характеру руху потоків в них [2]. На рисунку 1.20 показані основні види типових конфліктних точок.

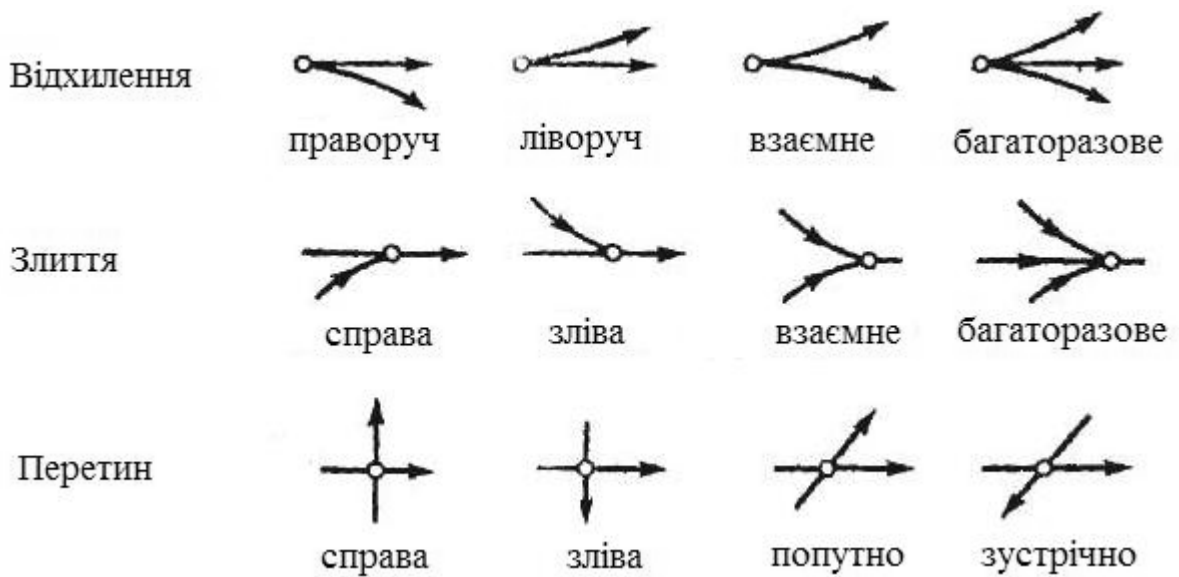


Рисунок 1.20 – Види типових конфліктних точок [2]

Чим більше конфліктних точок на ділянці вулично-дорожньої мережі, тим більш потенційно небезпечною є така ділянка. Взагалі фактична кількість різних конфліктних точок визначається напрямками руху, які є дозволеними на ділянці, а також кількістю наявних смуг руху для автомобілів [2].

Різні конфліктні точки мають різний рівень потенційної небезпеки. Запропонована п'ятибальна система оцінює різні конфліктні точки певною кількістю умовних балів потенційної небезпеки. Так конфліктна точка відхилення має 1 бал, конфліктна точка злиття оцінюється в 3 бали, небезпека перетину становить 5 балів [2].

Знаючи кількість кожного виду конфліктних точок на ділянці вулично-дорожньої мережі, можливо отримати так званий показник складності ділянки [2]:

$$m = n_6 + 3n_3 + 5n_n, \quad (1.4)$$

де  $n_6, n_3, n_n$  – фактична кількість конфліктних точок певного виду (відповідно відхилення, злиття, перетин).

За п'ятибальною системою ділянка вулично-дорожньої мережі є простою, коли  $m < 40$ . Ділянка має середню складність при  $m = 40 - 80$ . Ділянка вважається складною, якщо  $m = 80 - 150$ . І ділянка є дуже складною вразі  $m > 150$  [2].

Потрібно відмітити, що будь-яка конфліктна точка не тільки має потенційну небезпеку зіткнення автомобілів, а й має значну імовірність того, що в ній будуть виникати затримки руху транспорту [2].

Щоб використати п'ятибальну систему оцінки потенційної складності ділянки вулично-дорожньої мережі, потрібно визначити на ній всі наявні конфліктні точки. Конфліктні точки перехрестя вулиці Героїв 93-ї бригади з проспектом Ювілейним показані на рисунку 1.21.

Згідно рисунку 1.21, при існуючій схемі організації руху на перехресті вулиці Героїв 93-ї бригади з проспектом Ювілейним мають місце 8 точок відхилення, 8 точок злиття та 24 точки перетину.

Потенційна складність перехрестя за п'ятибальною системою оцінки становитиме:

$$m = 8 + 8 \cdot 3 + 24 \cdot 5 = 152.$$

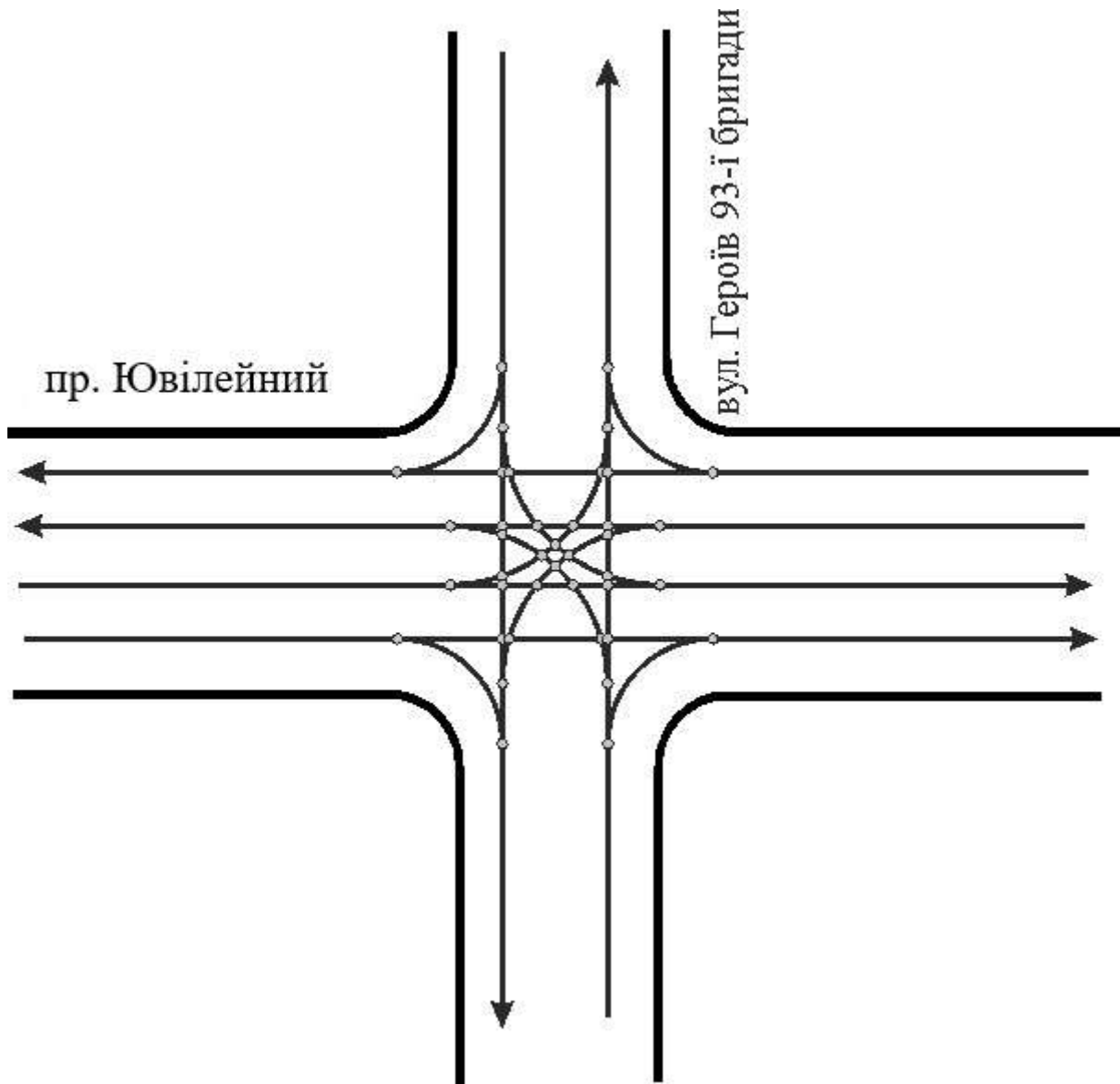


Рисунок 1.21 – Наявність конфліктних точок на перехресті

Запропонована система оцінки потенційної складності ділянки вулично-дорожньої мережі дозволяє стверджувати, що перехрестя вулиці Героїв 93-ї бригади з проспектом Ювілейним є дуже складним перехрестям.

#### 1.6.2 Аналіз ДТП на об'єкті дослідження

Дорожньо-транспортна пригода (ДТП) фактично є порушенням нормального процесу руху на ділянці автомобільної дороги чи вулиці, результатом якого є наявність постраждалих осіб або певного матеріального збитку [2].

У таблиці 1.11 та на рисунку 1.22 представлені дані щодо скоєних ДТП на об'єкті дослідження за 2014-2018 роки із позначенням трьох параметрів (загальна кількість ДТП - кількість загиблих осіб - кількість поранених осіб).

Таблиця 1.11 – Кількість ДТП на ділянці за певний рік

| 2014  | 2015  | 2016  | 2017  | 2018  |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| 7-1-1 | 6-0-2 | 6-1-2 | 4-0-0 | 7-1-1 |

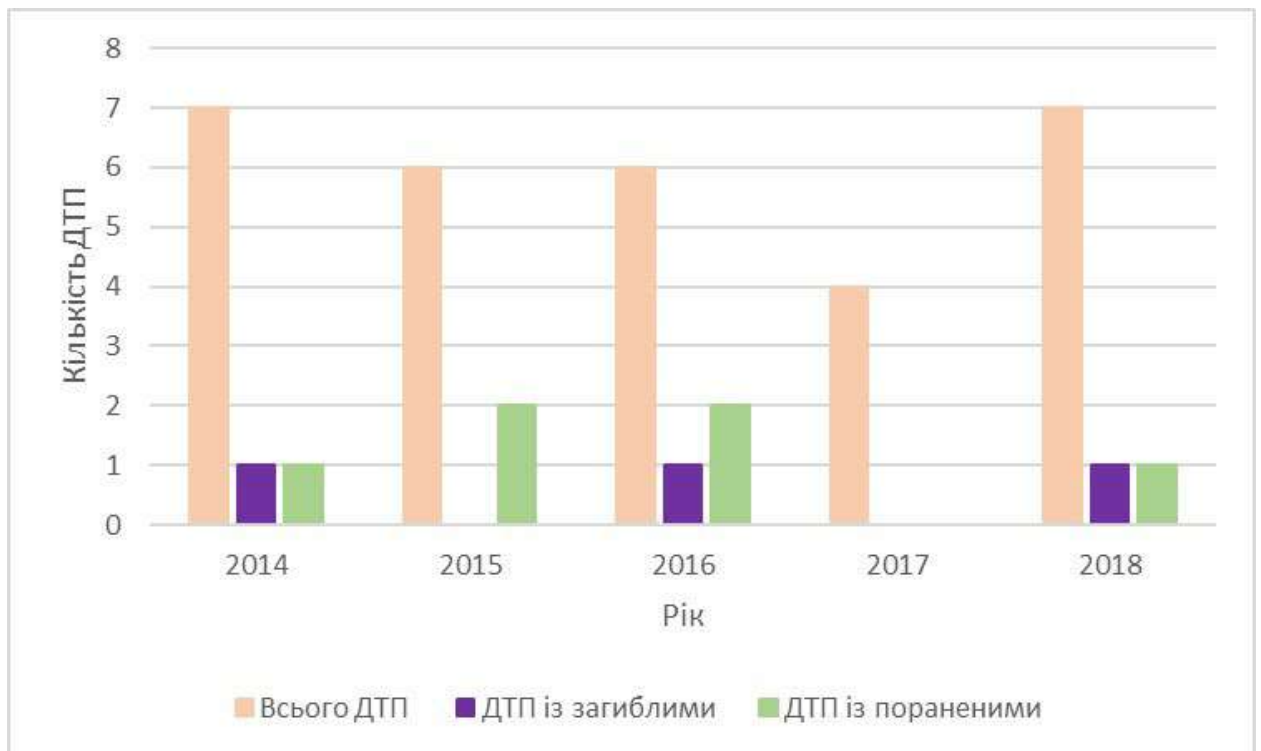


Рисунок 1.22 - Кількість ДТП на ділянці за певний рік

Загальний аналіз ДТП представлений наступними таблицями та рисунками. Так у таблиці 1.12 та на рисунку 1.23 розглянуто розподіл за видами ДТП, а у таблиці 1.13 та на рисунку 1.24 – розподіл за причинами скоєння ДТП.

Таблиця 1.12 – Розподіл ДТП за видами за 2014-2018 роки

| Зіткнення транспортних засобів | Наїзд транспорту на пішохода | Наїзд транспорту на пешкоду |
|--------------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| 16-0-2                         | 12-3-4                       | 2-0-0                       |

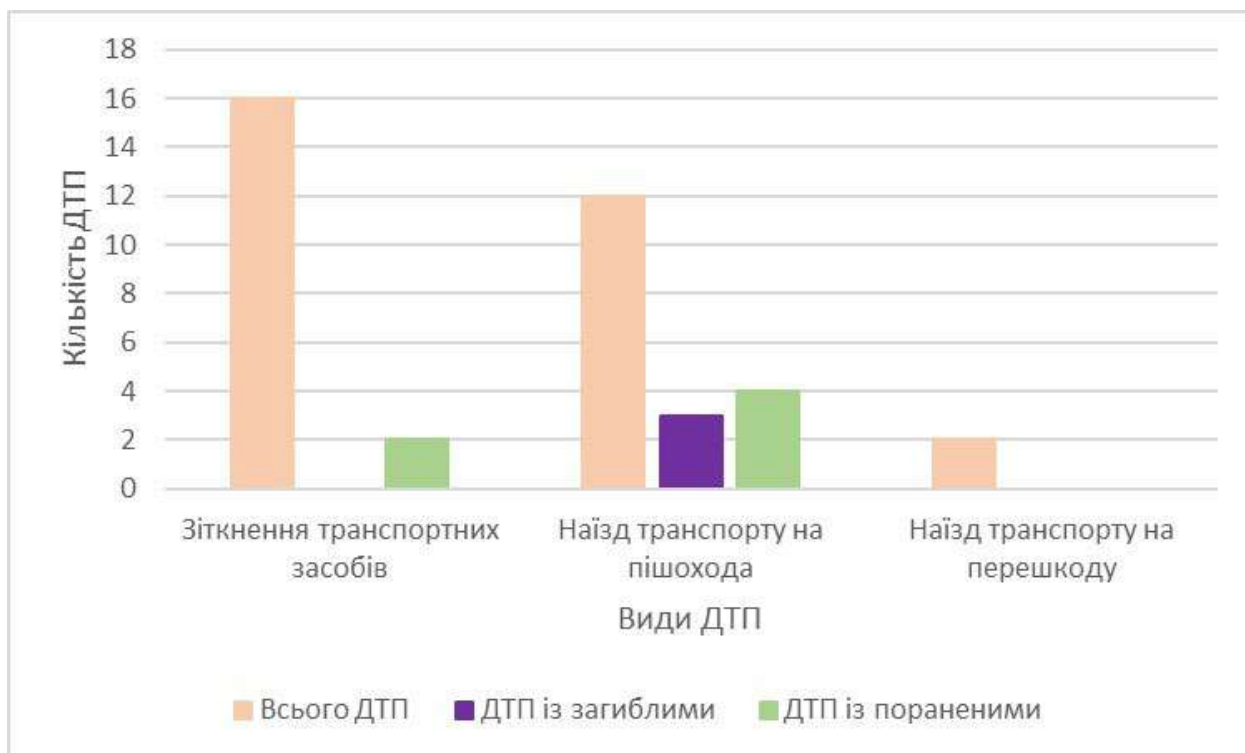


Рисунок 1.23 - Розподіл ДТП за видами за 2014-2018 роки

Таблиця 1.13 – Розподіл ДТП за причинами скоєння за 2014-2018 роки

|                                 |                           |                              |                                  |                                   |
|---------------------------------|---------------------------|------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| Порушення режиму швидкості руху | Ненадання переваги у русі | Ненадання переваги пішоходам | Порушення правил руху пішоходами | Порушення правил при маневруванні |
| 5-0-1                           | 6-0-1                     | 1-0-1                        | 10-3-2                           | 8-0-1                             |

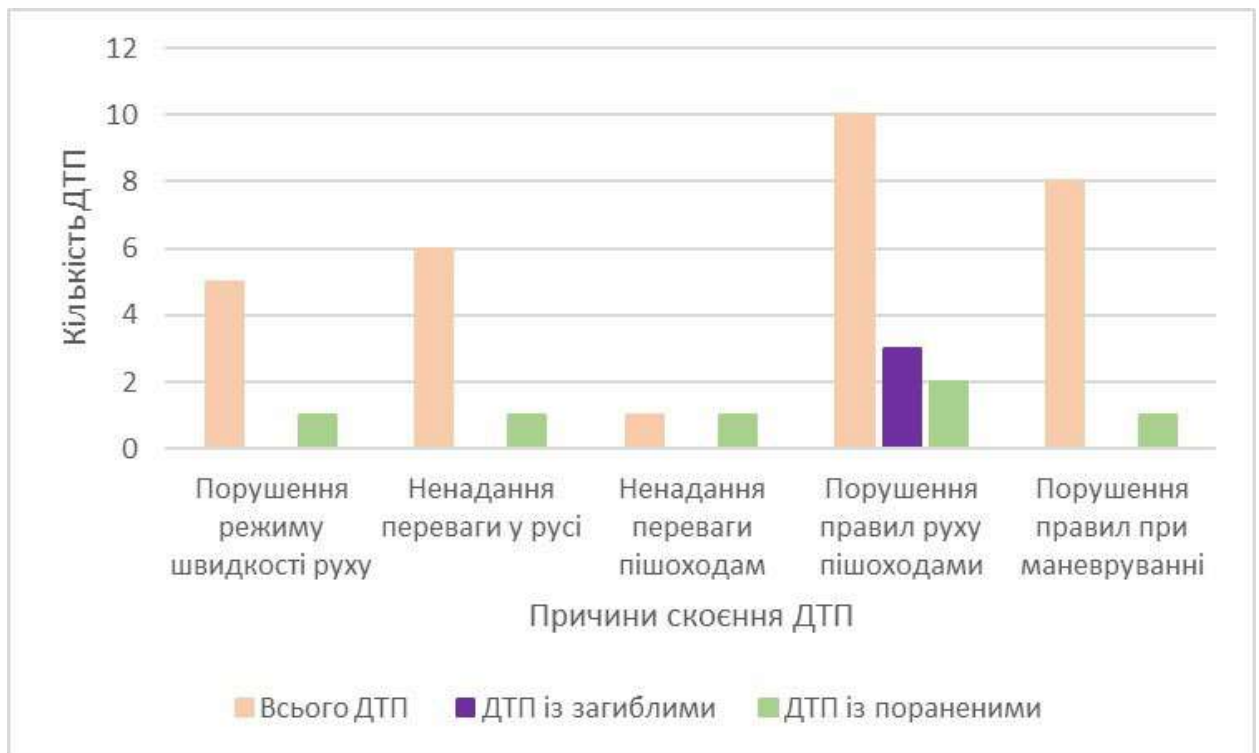


Рисунок 1.24 - Розподіл ДТП за причинами скоєння за 2014-2018 роки

Згідно таблиць 1.11-1.13 та рисунків 1.22-1.24, основними видами ДТП на об'єкті дослідження є зіткнення транспортних засобів та наїзд на пішохода. Особливо потрібно відмітити тяжкість наслідків ДТП із пішоходами. Основними причинами цих ДТП стали порушення правил дорожнього руху саме пішоходами.

#### 1.7 Загальний аналіз недоліків організації руху автомобільного транспорту на об'єкті дослідження

Після ретельного аналізу рівня організації дорожнього руху на перехресті вулиці Героїв 93-ї бригади з проспектом Ювілейним, а також на основі оцінки фактичного рівня безпеки транспортних та пішохідних потоків, можливо зазначити кілька основних недоліків:

- доволі значна кількість ДТП на відносно невеликому перехресті;

- нестача пропускної здатності на підході до перехрестя по вулиці Героїв 93-ї бригади;
- використання жорсткого регулювання, яке не враховує змін обсягів руху на протязі доби;
- постійні порушення правил дорожнього руху пішоходами із виходом на проїжджу частину в непризначених для цього місцях.

При аналізі інтенсивностей руху було відмічено, що на перехресті вулиці Героїв 93-ї бригади з проспектом Ювілейним об'єми руху на протязі доби суттєво змінюються. Для урахування цих змін з метою зменшення загальних транспортних затримок пропонується використання на перехресті багатопрограмного регулювання. Пропонується розробити три програми й переключати їх в певні години доби. Це також дозволить вирішити питання нестачі пропускної спроможності на підході до перехрестя по вулиці Героїв 93-ї бригади шляхом збільшення часу «зеленого» сигналу для цього напрямку.

Для усунення переходу вулиць пішоходами поза межами пішохідних переходів пропонується використати спеціалізовану пішохідну огорожу в місцях, де спостерігається порушення пішоходами правил дорожнього руху.

Також необхідно переглянути існуючу схему організації дорожнього руху на перехресті вулиці Героїв 93-ї бригади з проспектом Ювілейним та оцінити розташування засобів управління дорожнім рухом щодо відповідності існуючим нормативним вимогам. Це стосується дорожніх знаків. Потрібне поновлення дорожньої розмітки. Отже необхідна розробка нової схеми організації руху автомобільного транспорту на цьому перехресті.

## 2 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

### 2.1 Розрахунок нових програм регулювання руху транспорту

#### 2.1.1 Загальний принцип реалізації багатопрограмного регулювання

Автомобілізація призводить до збільшення інтенсивності дорожнього руху, особливо в міських умовах, що призводить до транспортних затримок, заторів, забруднення навколишнього середовища та зносу автомобільних агрегатів. Ці проблеми найбільш виражені на перехрестях, де інтенсивність конфліктів між транспортними засобами та пішоходами погіршує безпеку дорожнього руху.

Один із способів розв'язання цих проблем - впровадження світлофорного регулювання. У великих містах на кожну тисячу мешканців припадає майже два світлофорні об'єкти. Проте, технологія світлофорного регулювання має свої недоліки, які зменшують ефективність та безпеку дорожнього руху.

Сучасне управління транспортними потоками на перехрестях часто використовує жорстке регулювання, яке не може змінювати параметри своєї роботи в процесі управління дорожнім рухом. Такі технології не враховують нестаціонарність транспортних потоків, які мають сезонні, добові та годинні зміни.

Більш того, режими жорсткого світлофорного регулювання розраховані на максимальне навантаження перехрестя і не можуть адаптуватися до часових змін характеристик дорожнього руху. За таких умов організація регулювання із урахуванням впливу змін обсягів дорожнього руху стає дуже актуальною задачею.

Сучасні дорожні контролери можуть реалізовувати більш досконале багатопрограмне регулювання. В разі відомих змін обсягів руху на підходах до перехрестя можна заздалегідь виконати розрахунки відповідних цим об'ємам програм світлофорного регулювання. Ці програми будуть автоматично вибиратися на протязі доби. Багатопрограмне світлофорне регулювання може бути розглянуте як новий етап у вдосконаленні світлофорного регулювання загалом.

З урахуванням всього, про що говорилося вище, пропонується реалізувати на перехресті вулиці Героїв 93-ї бригади з проспектом Ювілейним багатопрограмний режим роботи світлофорного об'єкту. Це повинно зменшити рівень транспортних затримок на цьому перехресті та позитивно вплинути на безпеку руху. Також за рахунок подовження часу для напрямку на підході до перехрестя вулицею Героїв 93-ї бригади можливо вирішити питання нестачі пропускної здатності вулиці вранці.

### 2.1.2 Розрахунок режимів роботи світлофорного об'єкту

Перш ніж розглядати безпосередньо режими регулювання, потрібно напрямки руху, які вказані на рисунку 1.7, об'єднати у відповідності до фаз регулювання. Схему пофазового роз'їзду на перехресті вулиці Героїв 93-ї бригади з проспектом Ювілейним, яка наведена на рисунку 1.17, змінювати немає потреби. Тому виконаємо тільки поєднання напрямків з рисунку 1.7 у напрямки на рисунку 1.17, які відповідають пофазовому роз'їзду. Таке поєднання виконане в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Напрямки руху у фазах регулювання

| Фаза регулювання | Підхід до перехрестя                           | Напрямок руху на рисунку 1.17 | Напрямок руху на рисунку 1.7 |
|------------------|------------------------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| I                | По пр. Ювілейному з боку пр. Преображенського  | 1                             | 1,2                          |
| I                | По пр. Ювілейному з боку Запорізького Козацтва | 2                             | 3,4                          |
| II               | По Героїв 93-ї бригади з боку Василя Сергієнка | 5                             | 5,6                          |
| II               | По Героїв 93-ї бригади від автостоянки         | 6                             |                              |

На території України порядок чергування сигналів світлофорів, вигляд та значення цих сигналів відповідають вимогам [5].

Управління роботою світлофорів на перехресті звичайно поділяється на певні сигнальні групи, які по чергові надають можливість для проїзду через перехрестя в певних напрямках, які відповідають певній групі. Це забезпечує циклічність роботи світлофорів на перехресті [4].

Період часу, в якому працює певна комбінація сигналів світлофорного об'єкту, є тактом регулювання. Такти регулювання, в залежності від своїх функціональних особливостей, поділяються на основні та проміжні [4].

Коли працює основний такт, рух певної групи автомобілів та пішоходів є дозволеним чи забороненим. В свою чергу проміжний такт дозволяє підготуватися учасникам наступної групи до можливості виконання руху. Ця підготовка дозволяє звільнити перехрестя від автомобілів та пішоходів попередньої групи [4].

Сукупність основного та проміжного тактів є фазою регулювання. В свою чергу сукупність всіх фаз регулювання, яка періодично повторюється, є циклом регулювання. А вже тривалість цього циклу регулювання, кількість фаз в ньому, порядок їх чергування, а також фактична тривалість тактів регулювання разом складають загальний режим світлофорного регулювання на перехресті [4].

Розрахунок режимів світлофорного регулювання починається зі складання так званої конфліктної матриці транспортних напрямків, в яку заносяться фактичні відстані на перехресті для кожного можливого напрямку руху транспорту від «Стоп» ліній розмітки до найдальшої конфліктної точки. На ці значення впливають як геометричні параметри перехрестя, так і виконання розподілу певних траєкторій руху за певними напрямками [4].

Значення елементу конфліктної матриці розраховується за формулою [4]:

$$B_{ij} = B_{\text{стоп-світ}} + B_{\text{світ-пч}} + B_{\text{траєктор}} , \quad (2.1)$$

де  $B_{\text{стоп-світ}}$  – фактична відстань траєкторією руху від «Стоп» лінії до перпендикулярного умовного перерізу, де розташований світлофор, м;  
 $B_{\text{світ-пч}}$  – фактична відстань від перпендикулярного умовного перерізу, де розташований світлофор, до початку проїжджої частини конфліктного напрямку, м;  
 $B_{\text{траєктор}}$  – фактична відстань руху певною траєкторією на перехресті, м.

В таблиці 2.2 наведена конфліктна матриця для перехрестя вулиці Героїв 93-ї бригади з проспектом Ювілейним.

Таблиця 2.2 – Конфліктна матриця транспортних напрямків на перехресті вулиці Героїв 93-ї бригади з проспектом Ювілейним, м

| Напрямки | 1     | 2     | 3     | 4     |
|----------|-------|-------|-------|-------|
| 1        | X     | 0     | -23,5 | 15    |
| 2        | 0     | X     | 15    | -23,5 |
| 5        | 25    | -23,5 | X     | 0     |
| 6        | -23,5 | 25    | 0     | X     |

У світлофорному циклі є певні проміжки часу, коли здійснюється зміна сигналів із заборонного на дозволяючий і навпаки. Цей проміжок часу є так званим перехідним інтервалом. Він необхідний для того, щоб був час для звільнення проїжджої частини перехрестя транспортом та пішоходами під час зміни сигналів світлофорів.

Значення перехідного інтервалу можливо визначити за формулою [4]:

$$t_{\text{д}_i} = t_p + \frac{V_k}{2a^k} + \frac{B_i + l_a}{V_k}, \quad (2.2)$$

де  $t_p$  – умовний середній час реакції водія, с;

$V_k$  – прийнята або розрахована швидкість координації на перехресті, м/с;

$a^k$  – значення величини прискорення, м/с<sup>2</sup>;

$B_i$  – фактична ширина проїжджої частини перехрестя між двома «Стоп» лініями, м;

$l_a$  – умовна середня довжина автомобіля, м.

Значення фазового коефіцієнту можливо визначити за формулою [4]:

$$y_j^i = \frac{N_j^i}{M_j}, \quad (2.3)$$

де  $N_j^i$  – фактична спостережена чи розрахункова очікувана інтенсивність руху транспорту на певному напрямку, од/год;

$M_j$  – значення потоку насичення певного напрямку, од/год.

Суму фазових коефіцієнтів можливо визначити за формулою [4]:

$$Y = \sum y_{\max}^i. \quad (2.4)$$

Значення циклу регулювання можливо визначити за формулою [4]:

$$T_k = \frac{1,5 \cdot L_k + 5}{1 - Y}, \quad (2.5)$$

де  $L_k$  – величину часу в циклі, який втрачається, можливо визначити за формулою [4]:

$$L_k = \sum_{j=1}^m (t_{oj} - 1). \quad (2.6)$$

Значення довжини основного такту можливо визначити за формулою [4]:

$$\bar{t}_3^m = \frac{\bar{y}^m}{\bar{Y}}(\bar{T} - \bar{L}) - 1, \quad (2.7)$$

де  $\bar{y}^m$  – значення фазового коефіцієнту для фази, в якій виконується рух транспорту магістраллю координації.

Значення відповідних коефіцієнтів корекції можливо визначити за формулами [4]:

$$k_1 = \frac{B/Vn + 5 - t_q^i}{t_3^i}, \quad (2.8)$$

$$k_2 = \frac{7}{t_3^i}, \quad (2.9)$$

де  $B$  – відстань, яку долають пішоходи, переходячи проїжджу частину, м;  
 $V_{niu}$  – значення середньої швидкості руху пішоходів по переходу, м/с.

Розрахунок зазначених вище режимів роботи світлофорів був виконаний із застосуванням спеціального програмного забезпечення і для трьох періодів доби – ранкового та вечірнього пікових періодів та періоду між ними. Це зроблено з метою отримати більш гнучкі режими роботи світлофорів на перехресті, які будуть більше відповідати існуючим інтенсивностям руху та їх змінам на протязі доби, ніж ті, що працюють зараз. Результати цього розрахунку для основних елементів зведені в таблицях 2.3-2.5.

Таблиця 2.3 – Нові режими роботи світлофорів на перехресті вулиці Героїв 93-ї бригади з проспектом Ювілейним 6:00 – 9:00

| Довжина, с                                   |            |    |
|----------------------------------------------|------------|----|
| перехідний<br>інтервал                       | фази 1 – 2 | 6  |
|                                              | фази 2 – 1 | 6  |
| Загальна тривалість циклу регулювання – 66 с |            |    |
| основний<br>такт                             | 1          | 24 |
|                                              | 2          | 30 |

Таблиця 2.4 – Нові режими роботи світлофорів на перехресті вулиці Героїв 93-ї бригади з проспектом Ювілейним 16:00 – 19:00

| Довжина, с                                   |            |    |
|----------------------------------------------|------------|----|
| перехідний<br>інтервал                       | фази 1 – 2 | 6  |
|                                              | фази 2 – 1 | 6  |
| Загальна тривалість циклу регулювання – 56 с |            |    |
| основний<br>такт                             | 1          | 24 |
|                                              | 2          | 20 |

Таблиця 2.5 – Нові режими роботи світлофорів на перехресті вулиці Героїв 93-ї бригади з проспектом Ювілейним у міжпикові періоди

| Довжина, с                                   |            |    |
|----------------------------------------------|------------|----|
| перехідний<br>інтервал                       | фази 1 – 2 | 6  |
|                                              | фази 2 – 1 | 6  |
| Загальна тривалість циклу регулювання – 48 с |            |    |
| основний<br>такт                             | 1          | 18 |
|                                              | 2          | 18 |

У відповідності до розрахованих параметрів роботи світлофорного об'єкту складаються циклограми його роботи для ранкового та вечірнього пікових періодів та для міжпікових періодів, які наведені на рисунках 2.1-2.3.

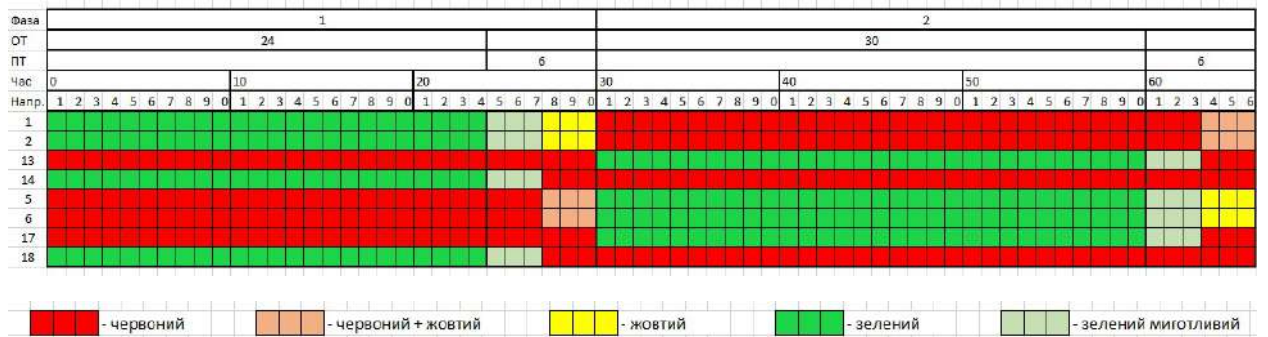


Рисунок 2.1 – Нова циклограма роботи світлофорів 6:00 – 9:00

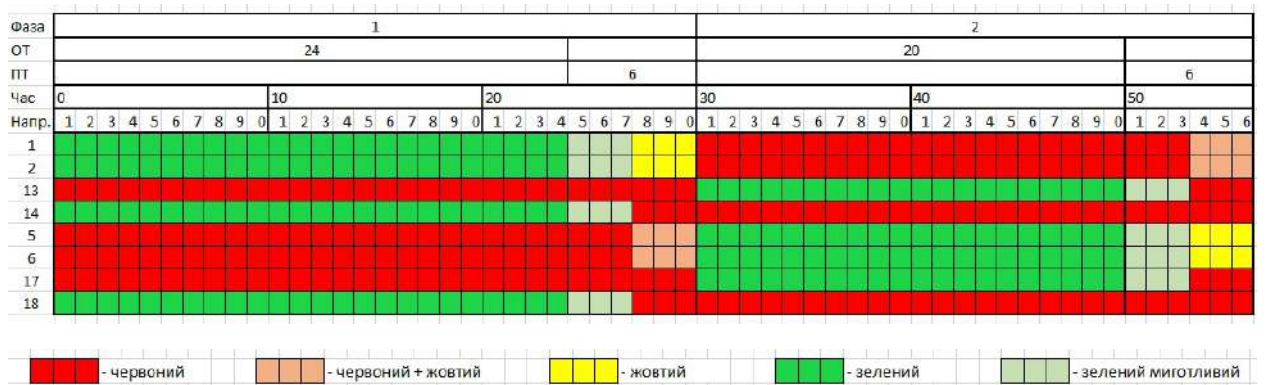


Рисунок 2.2 – Нова циклограма роботи світлофорів 16:00 – 19:00

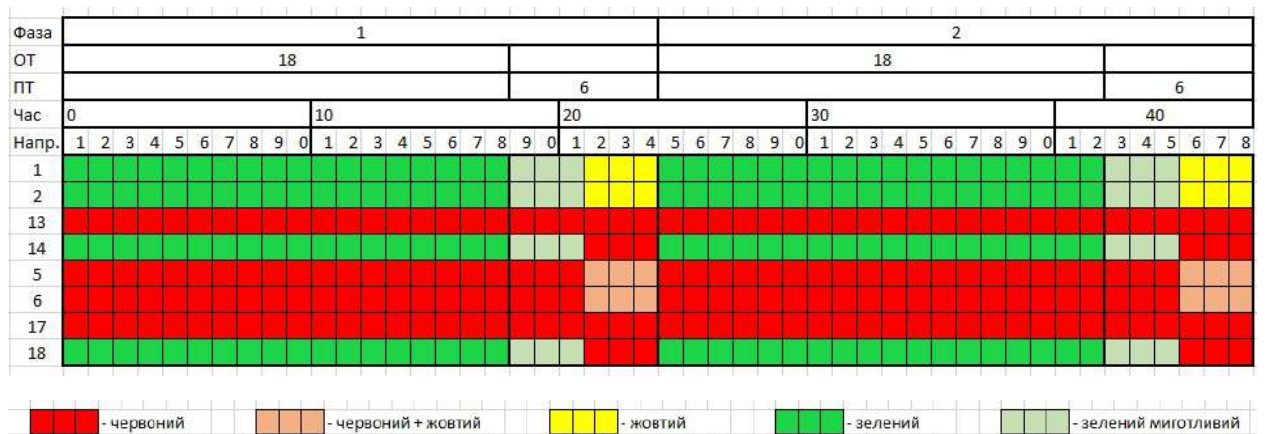


Рисунок 2.3 – Нова циклограма роботи світлофорів у міжпікові періоди

## 2.2 Організація запобігання порушенням правил дорожнього руху пішоходами

Спостереження за пішохідним рухом на перехресті вулиці Героїв 93-ї бригади з проспектом Ювілейним показали значну кількість порушень пішоходами правил дорожнього руху. Перш за все це стосується переходу проїжджої частини вулиць, які утворюють перехрестя, в невстановлених для цього місцях.

Аналіз виниклих на перехресті ДТП також говорить про наявність такої проблеми. Перехрестя вулиці Героїв 93-ї бригади з проспектом Ювілейним розташоване в районі багатоповерхової житлової забудови та поруч із багатьма торговельними об'єктами, серед яких районний ринок та супермаркет. Рух пішоходів має значні об'єми й порушень доволі багато, а це потенційний ризик й погіршення умов руху транспортних потоків.

Для вирішення цього питання можливе застосування спеціалізованої пішохідної огорожі, приклад якої наведений на рисунку 2.4.

Встановлення спеціалізованої пішохідної огорожі виконується у відповідності до вимог [6].



Рисунок 2.4 – Приклад використання пішохідної огорожі

Подібна огорожа буде унеможливлювати швидкий та раптовий вихід пішоходів на проїжджу частину, що повинно значно знизити ризики виникнення ДТП та призвести до зменшення їх кількості та ступеню їх тяжкості.

Передбачається обмеження можливості виходу пішоходів на проїжджу частину з трьох підходів до перехрестя на відстані за 50 м проспектом Ювілейним та 20 м вулицею Героїв 93-ї бригади, тобто загальна необхідна кількість пішохідної огорожі складе 120 погонних метрів.

## 2.3 Організація руху автомобільного транспорту в нових умовах

### 2.3.1 Використання дорожніх знаків

Дорожні знаки є одним з найрозповсюдженіших технічних засобів організації дорожнього руху на автомобільних дорогах та вулицях. Дорожні знаки виконують функцію встановлення визначеного порядку руху або функцію інформування учасників дорожнього руху про наявність тих чи інших умов та обмежень руху на ділянці вулично-дорожньої мережі.

Дорожні знаки загалом поділяються на два види – керовані та некеровані. Керовані дорожні знаки мають можливість зміни інформації, яку вони доводять до учасників руху. Некеровані дорожні знаки несуть постійну інформацію.

За основною класифікацією у відповідності до [7] всі дорожні знаки мають поділ на групи за призначенням: попереджувальні, пріоритету, заборонні, наказові, інформаційно-вказівні, сервісу та додаткової інформації (таблички до дорожніх знаків). Ці групи знаків відрізняються нумерацією, мають різні назви, різний розмір та загальну форму знаку.

Дорожні знаки різних груп також мають різні вимоги щодо їх правил використання та правил встановлення на вулично-дорожній мережі. Проведене обстеження цих вимог на перехресті вулиці Героїв 93-ї бригади з проспектом Ювілейним виявило певні недоліки, а саме відсутність деяких дорожніх

знаків, які повинні бути. Тому передбачається встановлення дорожніх знаків, наведених в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 - Дорожні знаки, які потрібно встановити

| Знак № | Група                 | Кількість |
|--------|-----------------------|-----------|
| 2.1    | пріоритету            | 1         |
| 5.35   | інформаційно-вказівні | 2         |

### 2.3.2 Використання дорожньої розмітки

Дорожня розмітка, як і дорожні знаки, має за основну мету встановлення певного порядку дорожнього руху на території, яку вона позначає. Фізично дорожня розмітка виконується різними позначками (лініями, написами, тощо) безпосередньо на проїжджій частині чи дорожніх спорудах.

Вся дорожня розмітка поділяється на дві групи у відповідності до вимог [8]: горизонтальна та вертикальна.

До першої групи відносять усю розмітку, яку безпосередньо наносять на проїжджу частину вулично-дорожньої мережі. Другу групу дорожньої розмітки складає вся розмітка, яка нанесена на дорожні споруди.

Застосування дорожньої розмітки є дієвим, відносно простим та, водночас, ефективним засобом для організації дорожнього руху. Саме, використовуючи дорожню розмітку, можливо збільшити пропускну спроможність вулично-дорожньої мережі.

При дослідженні перехрестя вулиці Героїв 93-ї бригади з проспектом Ювілейним була відмічена практично повна відсутність дорожньої розмітки.

Тому необхідне повне її поновлення у відповідності вже до нової схеми організації дорожнього руху. Елементи дорожньої розмітки, які потрібні для реалізації нової схеми руху автомобільного транспорту на перехресті, наведені в таблиці 2.7. наведено повний перелік розмітки, яку необхідно нанести на перехресті відповідно до нової схеми руху.

Таблиця 2.7 – Елементи дорожньої розмітки

| Тип розмітки | Кількість, м <sup>2</sup> |
|--------------|---------------------------|
| 1.1          | 7,3                       |
| 1.5          | 6,1                       |
| 1.6          | 1,3                       |
| 1.12         | 8                         |
| 1.13         | 1                         |
| 1.14.3       | 21,7                      |
| 1.18         | 8,6                       |
| Разом        | 54                        |

### 2.3.3 Розробка нової схеми організації дорожнього руху

Отже, нова схема організації дорожнього руху на перехресті вулиці Героїв 93-ї бригади з проспектом Ювілейним враховує всі вище перелічені заходи.

Нова схема організації руху автомобільного транспорту на перехресті наведена на рисунку 2.5.

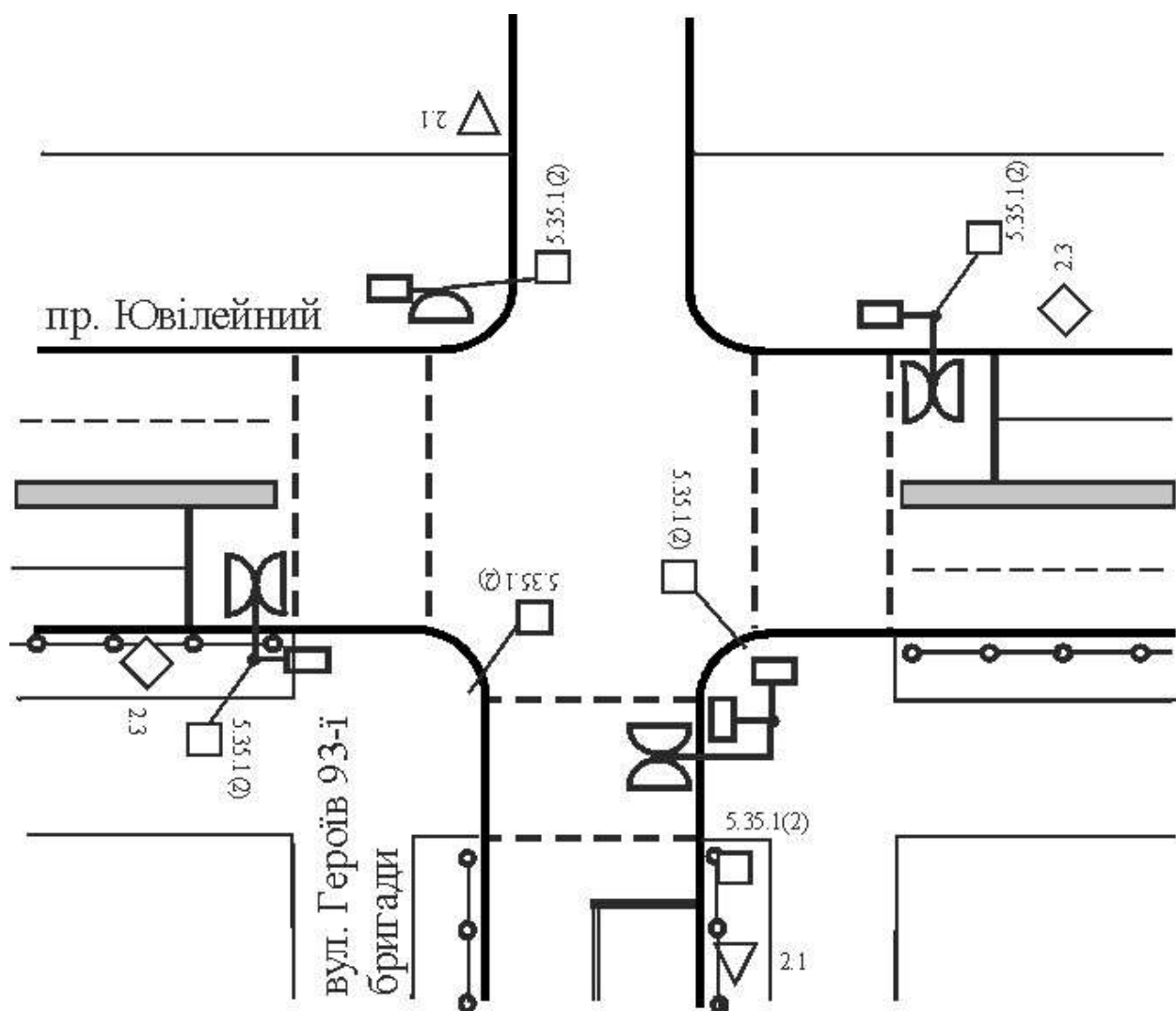


Рисунок 2.5 – Нова схема організації руху автомобільного транспорту на перехресті вулиці Героїв 93-ї бригади з проспектом Ювілейним

### 3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Впровадження багатопрограмного режиму світлофорного регулювання на перехресті вулиці Героїв 93-ї бригади з вулицею Василя Сергієнка та виконання заходів з підвищення безпеки пішохідного руху повинно призвести до зменшення затримок транспорту та підвищення безпеки руху за рахунок зменшення кількості ДТП. Це буде мати певні економічні наслідки.

Розмір інвестицій для реалізації зазначених вище заходів складається з наступних елементів:

$$I = I_{zn} + I_{dk} + I_{og} \quad , \quad (3.1)$$

де  $I_{zn}$  – необхідний розмір інвестицій на придбання та встановлення нових дорожніх знаків, грн.;

$I_{dk}$  – необхідний розмір інвестицій на встановлення дорожнього контролера для реалізації багатопрограмного регулювання, грн;

$I_{og}$  – необхідний розмір інвестицій на придбання та встановлення спеціалізованої пішохідної огорожі, грн.

Необхідний розмір інвестицій на придбання та встановлення нових дорожніх знаків:

$$I_{zn} = C_{zn} + C_{вст.зн} \quad , \quad (3.2)$$

де  $C_{zn}$  – фактична вартість закупівлі усіх дорожніх знаків, які планується встановити, грн.;

$C_{вст.зн}$  – фактична вартість робіт зі встановлення усіх дорожніх знаків, грн.

Фактичний розмір витрат на встановлення усіх дорожніх:

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

де  $C_{Iзн}$  – фактична вартість робіт зі встановлення одного дорожнього знаку із застосуванням стойки враховуючи й монтажні матеріали (приймаємо  $C_{Iзн} = 462$  грн.);  
 $n_{зн}$  – фактична кількість усіх знаків, які планується встановити для організації дорожнього руху.

В таблиці 3.1 зібрані дані щодо усіх дорожніх знаків, які передбачається встановити.

Таблиця 3.1 - Дорожні знаки, які планується встановити

| № знаку | Показники                 |                                 |                        |
|---------|---------------------------|---------------------------------|------------------------|
|         | Кількість дорожніх знаків | Ціна за один дорожній знак, грн | Загальна вартість, грн |
| 5.18    | 4                         | 1217                            | 4868                   |
| Разом   | 4                         |                                 | 4868                   |

$$C_{вст.зн} = 462 \cdot 4 = 1848 \text{ грн.}$$

Необхідний розмір інвестицій на дорожні знаки:

$$I_{зн} = 4868 + 1848 = 6716 \text{ грн.}$$

Середня вартість нового багатопрограмного дорожнього контролера залежить від його типу та робочих характеристик. На перехресті вулиці Героїв 93-ї бригади з вулицею Василя Сергієнка передбачається реалізація жорсткого регулювання за трьома режимами, які будуть змінюватись в залежності від

часу доби. Для реалізації цього не потрібен потужний дорожній контролер, достатньо й контролеру моделі ДК-АТ. Приблизна вартість такого контролеру із врахуванням виконання робіт по його встановленню складе  $I_{dk} = 160000$  грн.

Вартість 1 п.м. спеціалізованої пішохідної огорожі із врахуванням робіт з її встановлення становить 3200 грн. Потрібна довжина огорожі на перехресті вулиці Героїв 93-ї бригади з вулицею Василя Сергієнка – 400 м.

$$I_{og} = 400 \cdot 3200 = 1280000 \text{ грн.}$$

Необхідний розмір загальних інвестицій для реалізації заходів на перехресті вулиці Героїв 93-ї бригади з вулицею Василя Сергієнка:

$$I = 6716 + 160000 + 1280000 = 1446716 \text{ грн.}$$

Організація руху потребує певних експлуатаційних витрат на утримання та ремонт дорожніх знаків, контролеру, пішохідної огорожі та їх амортизацію [9]:

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

де  $C_p$  – розмір витрат на ремонт та утримання знаків, контролеру та пішохідної огорожі, грн.;

$C_a$  – розмір витрат на амортизацію знаків, контролеру та пішохідної огорожі, грн.

Розмір витрат на ремонт та утримання дороги та обладнання розраховується для всіх складових, грн [9]:

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

де  $n_p$  – нормативний розмір відрахувань на ремонт та утримання дороги та обладнання, % (відповідно до [9]  $n_p = 5$  %).

$$C_p = \frac{1446716 \cdot 5}{100} = 72336 \text{ грн.}$$

Розмір амортизаційних витрат розраховується на обладнання, грн. [9]:

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

де  $n_a$  – нормативний розмір амортизаційних відрахувань дорожнього обладнання, % (відповідно до [9]  $n_a = 24$  %).

$$C_a = \frac{1446716 \cdot 24}{100} = 347212 \text{ грн.}$$

Розмір експлуатаційних витрат:

$$C_{експл} = 72336 + 347212 = 419548 \text{ грн.}$$

Поточні витрати на утримання дорожнього обладнання складаються з експлуатаційних витрат та витрат на щорічне поновлення дорожньої розмітки.

В таблиці 3.2, зібрані дані щодо усіх видів дорожньої розмітки, які передбачається нанести.

Таблиця 3.2 – Дорожня розмітка, яку планується нанести

| № розмітки | Одиниця вимірювання | Кількість одиниць | Ціна нанесення одиниці розмітки, грн | Вартість, грн |
|------------|---------------------|-------------------|--------------------------------------|---------------|
| 1.1        | м <sup>2</sup>      | 5,5               | 304,93                               | 1677          |
| 1.3        | м <sup>2</sup>      | 2,6               |                                      | 793           |
| 1.5        | м <sup>2</sup>      | 4,7               |                                      | 1433          |
| 1.6        | м <sup>2</sup>      | 1                 |                                      | 305           |
| 1.7        | м <sup>2</sup>      | 1,2               |                                      | 366           |
| 1.14.3     | м <sup>2</sup>      | 11,2              |                                      | 3415          |
| 1.18       | м <sup>2</sup>      | 8,6               |                                      | 2622          |
| Разом      |                     | 34,8              |                                      | 10612         |

Поточні витрати на утримання дорожнього обладнання:

$$C_{\text{поточ}} = 419548 + 10612 = 430160 \text{ грн.}$$

Економічну доцільність реалізації запланованих заходів можливо довести за рахунок зниження транспортних затримок та витрат від ДТП [9]:

$$E = (C_{\text{тр}}^p - C_{\text{тр}}^{\text{нр}}) + \Delta C_{\text{дтп}} - C_{\text{ном}} \quad , \quad (3.7)$$

де  $C_{\text{тр}}^p, C_{\text{тр}}^{\text{нр}}$  – фактичний розмір вартості затримок транспортних засобів відповідно зараз та після реалізації заходів, грн.;

$\Delta C_{\text{дтп}}$  – очікуваний розмір зниження витрат від ДТП після впровадження заходів з підвищення безпеки руху, грн.

Розрахункове значення річних витрат від затримок транспорту можливо отримати за формулою [9]:

$$C_{\text{тр}} = S \cdot Z \quad , \quad (3.8)$$

де  $S$  – розмір середньої вартості однієї машино-години транспортного засобу певного типу;  
 $Z$  – розмір фактичної затримки транспортних засобів певного типу за рік, год.

В таблиці 3.3 зведені дані вартості затримок транспортних засобів певного типу.

Таблиця 3.3 – Фактична вартість години затримки транспорту

| № | Тип транспортного засобу | Вартість однієї години затримки, грн. |
|---|--------------------------|---------------------------------------|
| 1 | легковий                 | 233,72                                |
| 2 | вантажний                | 377,75                                |
| 3 | мікроавтобус             | 454,36                                |
| 4 | автобус                  | 681,55                                |

Значення фактичних затримок транспорту різних типів зараз та після переходу на три програми реалізації цього регулювання приведені в таблиці 3.4. Дані таблиці 3.4 отримані за допомогою спеціального програмного забезпечення, яке використовувалось також для визначення параметрів роботи світлофорів на перехресті.

Таблиця 3.4 – Фактичні та очікувані затримки транспорту

| Загальні затримки транспорту, год |                  |
|-----------------------------------|------------------|
| зараз                             | після реалізації |
| 6044                              | 5217             |

Дані наявного складу транспортних потоків приведені в таблиці 3.5 згідно п. 1.2.2.

Таблиця 3.5 – Розподіл складу транспортного потоку

| № | Тип транспортного засобу | Частка в транспортному потоці, % |
|---|--------------------------|----------------------------------|
| 1 | легковий                 | 75                               |
| 2 | вантажний                | 16                               |
| 3 | мікроавтобус             | 7                                |
| 4 | автобус                  | 2                                |

Загальні затримки транспорту зараз становлять:

$$C_{тр}^p = (0,75 \cdot 233,72 + 0,16 \cdot 377,75 + 0,07 \cdot 454,36 + 0,02 \cdot 681,55) \cdot 6044 = 1699369$$

грн.

Після реалізації згаданих вище заходів загальні затримки транспорту становитимуть:

$$C_{тр}^p = (0,75 \cdot 233,72 + 0,16 \cdot 377,75 + 0,07 \cdot 454,36 + 0,02 \cdot 681,55) \cdot 5217 = 1466844$$

грн.

Враховуючи статистику дорожньо-транспортних пригод, розмір збитків від них зараз становить, грн. [9]:

$$C_{ДТП}^{існ} = K_z \cdot Ц_z + K_n \cdot Ц_n + K_m \cdot Ц_m, \quad (3.9)$$

де  $K_z, K_n, K_m$  – фактична кількість дорожньо-транспортних пригод в кожній групі (ДТП із загиблими, із травмованими та із матеріальними збитками);

$C_z, C_n, C_m$  – розмір збитків від дорожньо-транспортної пригоди кожної групи (ДТП із загиблими, із травмованими та із матеріальними збитками), грн.

Для розрахунків приймаємо наступні дані збитків:

$$C_z = 256000 \text{ грн.}; C_n = 192000 \text{ грн.}; C_m = 128000 \text{ грн.}$$

Фактична кількість дорожньо-транспортних пригод за розрахунковий період згідно п. 1.6.2:  $K_z = 3, K_n = 6, K_m = 16$ .

Розмір збитків від дорожньо-транспортних пригод:

$$C_{\text{ДТП}}^{\text{існ}} = 256000 \cdot 3 + 192000 \cdot 6 + 128000 \cdot 16 = 3968000 \text{ грн.}$$

Після впровадження заходів для підвищення безпеки руху кількість дорожньо-транспортних пригод очікувано зменшиться. Розрахунок цього зменшення можливо виконати, використовуючи корегуючі коефіцієнти зменшення очікуваних збитків, які наведені в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Корегуючі коефіцієнти очікуваного зменшення збитків [9]

| Заходи з підвищення безпеки руху                           | Коефіцієнт |
|------------------------------------------------------------|------------|
| Встановлення додаткових дорожніх знаків                    | 0,15       |
| Нанесення горизонтальної дорожньої розмітки на перехрестях | 0,23       |
| Встановлення пішохідної огорожі                            | 0,23       |

Отриманий коригуючий коефіцієнт зменшення збитків від дорожньо-транспортних пригод [9]:

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

$$\Delta k = 1 - (1 - 0,15) \cdot (1 - 0,23) \cdot (1 - 0,23) = 0,496.$$

Очікуваний розмір зниження збитків від дорожньо-транспортних пригод після впровадження заходів з підвищення безпеки руху [9]:

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

$$\Delta C_{\text{ДТП}} = 0,496 \cdot 3968000 = 1968128 \text{ грн.}$$

Розмір річної економії повинен скласти:

$$E = (1699369 - 1466844) + 1968128 - 430160 = 1770493 \text{ грн.}$$

Для визначення ефективності інвестицій потрібно виконати розрахунок розміру чистого дисконтованого прибутку [9]:

$$NPV = \sum_{i=1}^t \frac{E_t - K_t - C_t}{(1+i)^t}, \quad (3.12)$$

де  $E_t$  – розмір фактичної економії від підвищення безпеки руху у році  $t$ , грн.;  
 $K_t$  – розмір інвестицій, які необхідні для підвищення безпеки руху, грн.;  
 $C_t$  – розмір річної вартості експлуатації дорожнього обладнання, грн.;  
 $i$  – ставка дисконту при запозиченні коштів, %;  
 $t$  – очікуваний строк окупності інвестицій.

За умов очікуваного приросту інтенсивності руху кожного року, передбачаємо щорічне зменшення економії від підвищення безпеки руху на 5 %. За цієї умови розрахунки розміру чистого дисконтованого прибутку представлені в таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 – Елементи розрахунку розміру чистого дисконтованого прибутку

| Рік $t$ | Розмір економії, грн | Розмір інвестицій, грн | Дисконтний коефіцієнт | Розмір чистого дисконтованого прибутку |
|---------|----------------------|------------------------|-----------------------|----------------------------------------|
| 0       | 1770493              | 1446716                | 1                     | 323777,2                               |
| 1       | 1681969              | 0                      | 0,8065                | 1356426                                |
| 2       | 1597870              | 0                      | 0,650364              | 1039198                                |
| 3       | 1517977              | 0                      | 0,524487              | 796159,4                               |
| Разом   |                      |                        |                       | 3515560                                |

Незважаючи на відносно значний розмір інвестицій для реалізації заходів з підвищення безпеки руху та зниження затримок транспорту на перехресті вулиці Героїв 93-ї бригади з вулицею Василя Сергієнка, вони повертаються вже на другому році експлуатації. Отже, запропоновані заходи є дієвими та економічно виправданими.

Основні економічні показники зведені в таблицю 3.8.

Таблиця 3.8 - Економічні показники роботи

| Показник                                                                | Значення |               |
|-------------------------------------------------------------------------|----------|---------------|
|                                                                         | зараз    | після заходів |
| 1. Розмір інвестицій, грн.                                              | -        | 1446716       |
| 2. Розмір затримок транспорту, год.                                     | 6044     | 5217          |
| 3. Розмір витрат від затримок транспорту, грн.                          | 1699369  | 1466844       |
| 4. Розмір витрат від ДТП, грн.                                          | 3968000  | 1999872       |
| 4. Розмір поточних витрат, грн.                                         | -        | 430160        |
| 5. Розмір загальної економії від реалізації заходів на перехресті, грн. | -        | 1770493       |
| 6. Розмір чистого дисконтованого прибутку за три роки, грн.             | -        | 3515560       |
| 7. Термін окупності інвестицій, років                                   | -        | < 1           |

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Для якісної організації охорони праці в магістерській роботі проаналізовано низку потенційно небезпечних ризиків для дослідника під час виконання магістерської роботи. З метою підвищення рівня охорони праці у відповідності до розглянутих потенційних ризиків запропонований ряд заходів, які дозволять або повністю усунути, або значно зменшити рівень небезпеки кожного окремого фактору. Окремо проаналізовані питання цивільного захисту.

Особливості навчання в дистанційній формі та військовий стан передбачають виконання магістерської роботи, в основному, працюючи за комп'ютером. У зв'язку з цим особлива увага приділяється організації праці дослідника. Під час збору матеріалу, опрацювання літератури, виконання розрахунків, написання тексту, форматування, які вимагають використання комп'ютерної техніки, можуть виникнути певні потенційні ризики:

- органи слуху дослідника можуть зазнати негативного впливу через несправності комп'ютерної техніки, які можуть викликати підвищений шум;
- порушення нормального режиму роботи може спричинити втому та головний біль у дослідника, внаслідок перевантаження та недосипання;
- неякісна ергономічна організація робочого місця дослідника може призвести до болісних відчуттів у спині та вплинути на його поставу;
- невиконання правил електричної безпеки може призвести до можливого ураження дослідника електричним струмом;
- погане освітлення під час роботи може погіршити самопочуття дослідника, через перевтомлення зорових органів;

- невідповідність сталої кімнатної температури нормальним умовам може викликати дискомфорт у дослідника.

Для запобігання цим ризикам важливо дотримуватися належних принципів охорони праці та забезпечити правильні умови праці під час виконання магістерської роботи за допомогою комп'ютерної техніки.

Розгляд окремих ризиків та заходи щодо їх усунення чи зменшення винесені в додатки магістерської роботи.

У додатку А представлені пропозиції щодо виправлення зазначених вище ризиків та подані рекомендації для зменшення загальних та виробничо-санітарних ризиків і для покращення умов праці. Додаток Б містить реальні оцінки шкідливих і небезпечних факторів, що впливають на напруженість праці, включаючи класифікацію та ступінь шкідливості. В ньому також представлені вимірювання параметрів, такі як температура повітря, шум, рівень освітленості, монотонність роботи та інші. Додаток В включає заходи пожежної безпеки та цивільного захисту.

## ВИСНОВКИ

Завданням магістерської роботи передбачалося розробку заходів з підвищення безпеки руху на перехресті вулиці Героїв 93-ї бригади з проспектом Ювілейним. Для вирішення цього завдання були запропоновані наступні заходи:

- запропоновано використання трьох жорстких режимів регулювання в різні години доби для врахування змін інтенсивностей транспорту;
- запропоновано використання спеціальної пішохідної огорожі для підвищення загальної безпеки руху;
- розглянуто використання дорожніх знаків та дорожньої розмітки, усунені недоліки їх експлуатації;
- реорганізовано рух на перехресті вулиці Героїв 93-ї бригади з проспектом Ювілейним за умов зазначених вище змін.

Перехід на трьохрежимне регулювання руху на перехресті дозволить дещо зменшити загальні затримки транспорту на перехресті та вирішити питання нестачі пропускнуої здатності вулиці Героїв 93-ї бригади в ранковий піковий період. Пішохідна огорожа дозволить запобігти раптовому виходу пішоходів перед їдучим транспортом й повинна призвести до підвищення безпеки руху на перехресті. Економічні розрахунки підтвердили можливість реалізації запропонованих заходів.

Незважаючи на відносно значний розмір інвестицій, які потрібні для реалізації вище названих заходів, ці інвестиції окуповуються вже на першому році. Розмір чистого дисконтованого прибутку в разі залучення коштів на три роки складає більше 6 млн. грн.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Запорізька міська рада. Офіційний сайт. URL: <https://zp.gov.ua/> (дата звернення: 17.09.2023).
2. 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.
3. ДБН В.2.3-4:2015 Автомобільні дороги. Споруди транспорту. URL: <https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/1-1-0-197> (дата звернення: 10.10.2023).
4. Кременець Ю.А. Технические средства организации дорожного движения / Ю.А. Кременець – М: Транспорт, 1990. – 255 с.
5. Конвенція про дорожні знаки та сигнали. URL: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995\\_902#Text](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_902#Text) (дата звернення: 02.11.2023).
6. ДСТУ Б В.2.3-12-2004 «Споруди транспорту. Огородження дорожнє металеве бар'єрного типу. Загальні технічні умови». URL: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id\\_doc=27321](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=27321) (дата звернення: 10.11.2023).
7. ДСТУ 4100:2021 Безпека дорожнього руху. Знаки дорожні. Загальні технічні умови. Правила застосування URL: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=98364](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=98364) (дата звернення: 15.11.2023).
8. ДСТУ 2587:2021 Безпека дорожнього руху. Розмітка дорожня. Загальні технічні умови. URL: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=92700](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=92700) (дата звернення: 25.05.2023).

9. 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

### 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 електромагнітного випромінювання 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 проміню.

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 роботи категорій 1б, згідно вимог ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень», наведених у таблиці А.1.

Таблиця А.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   | 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.

## ДОДАТОК Б

## Загальна гігієнічна оцінка умов 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.

Відповідно до додатків методичних вказівок [1], за витратами енергії, визначаємо категорію робіт для дослідника це 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 таблиці В.1.

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

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]:

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

Таблиця В.1 - Результати оцінювання за бальною шкалою

| Фактор (показник)                                                                                                                  | Вимі-<br>ряні<br>показ-<br>ники<br>$P_{вим}$ | Час дії<br>$год.(хв.)$ | ГДК,<br>ГДР, по-<br>казники,<br>$P_{доп}$ | $X_{визн},$<br>бали | Клас<br>умов<br>праці | $X_i,$<br>бали |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|------------------------|-------------------------------------------|---------------------|-----------------------|----------------|
| Мікроклімат за ТНС-індек-<br>сом, $t, ^\circ C$                                                                                    | 28,3                                         | 8                      | 22,9-<br>25,8                             | 4                   | 3.4                   | 4              |
| Освітленість приміщення<br>$E, лк$                                                                                                 | 250                                          | 8                      | 300                                       | —                   | 3.1                   | 1              |
| Розряд і підрозряд зорових<br>робіт, $З_{ор}$                                                                                      | Б-1                                          | —                      | —                                         | —                   | —                     | —              |
| Рівень шуму $L, дБА$                                                                                                               | 102                                          | 5                      | 60                                        | —                   | 3.3                   | 1,88           |
| Загальні енергозатрати ор-<br>ганізму, $Bm$                                                                                        | 240                                          | 8                      | 290                                       | 0,83                | 3.3                   | 3              |
| Стереотипні робочі рухи<br>(кількість за зміну), при ло-<br>кальному навантаженні (за<br>участю м'язів кистей та па-<br>льців рук) | 55000                                        | 8                      | 40000                                     | 1,38                |                       |                |
| Тривалість зосередження<br>уваги (в % від часу зміни)                                                                              | 83                                           | 8                      | 75                                        | 1,11                |                       |                |
| Тривалість робочого дня,<br>$год.$                                                                                                 | 8                                            | 8                      | 8                                         | 0,15                |                       |                |

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,  $K_{знач} = 1,0$

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

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

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

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

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

г) 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 таблиці В.1:

- для мікроклімату, відповідно до значення розрахункового коефіцієнта  $X_{визн} = 4$ , з таблиці 7.2 [1] – 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 [1] – 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 [1] – 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 [1]:

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

З таблиці 7.3 [1] за значенням суми розрахованих балів показників  $X_{\text{сум}} = 3,46$  – 3 клас, 3 ступінь (3.3).

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 таблиці В.1:

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

- 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 –  $X_{\text{см}} = X_i = 1$ ;

- 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 [1]:

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

- 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 [1]:

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

Розмір доплати за умовами праці визначаємо в залежності від їх фактичного стану  $-X_{факт} = 9,88$ , 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 [1]. 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.

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.

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 відповідає розряду зорових робіт Б-1, нормована загальна освітленість якого, на робочих столах –  $E = 300 \text{ лк}$ ;

- рівень шуму в робочій зоні дослідника –  $60 \text{ дБА}$ ;
- загальні енергозатрати організму, до  $175 \text{ Вт}$ ;
- 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 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 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 20%.

#### ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ ДОДАТКУ Б

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 В

### Заходи з пожежної безпеки

Оскільки приміщення дослідницької лабораторії що обладнане ПК має площу 39 м<sup>2</sup>, 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 м<sup>2</sup> 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:

- за місцем роботи - працюючого населення;
- за місцем навчання - дітей дошкільного віку, учнів та студентів;
- 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.