

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівний, транспортний  
(повне найменування інституту, 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 ВУЛИЦЬ КОСМІЧНОЇ ТА  
СВЯТОВОЛОДИМИРІВСЬКОЇ МІСТА ЗАПОРІЖЖЯ

Виконав: студент ІІ курсу, групи Т-311м

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

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

|                                                                                                |                                           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
|            | Іван ЛІННИК<br>(прізвище та ініціали)     |
| Керівник   | Олена ОСТРОГЛЯД<br>(прізвище та ініціали) |
| Рецензент  | Олександр АРТЮХ<br>(прізвище та ініціали) |

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

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

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

«Транспортні технології»

Сергій ТУРПАК

«10» 10 2022 року

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

Лінника Івана Вячеславовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Удосконалення організації руху автомобільного транспорту на перехресті вулиць Космічної та Святоволодимирівської міста Запоріжжя

керівник проєкту (роботи) Острогляд Олена Олександрівна,

канд.техн.наук

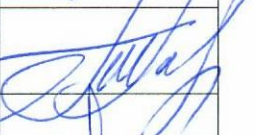
затверджені наказом закладу вищої освіти від «31»жовтня 2022 р. №352

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

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

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналітична частина. 2. Основна частина. 2.1 Розробка маршруту відведення транспортного потоку від перехрестя. 2.2 Реалізація одnobічної схеми руху вулицею Святоволодимирівською. 2.3 Оцінка складності перехрестя в нових умовах. 2.4 Організація дорожнього руху на перехресті вулиць Космічної та Святоволодимирівської в нових умовах. 2.5 Організація дорожнього руху на перехресті вулиць Космічної та Броньової. 3. Економічна частина. 4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. 5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Презентація магістерської роботи.

## 6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

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

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

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Студент(ка)

  
(підпис)

Іван ЛІННИК  
(прізвище та ініціали)

Керівник проєкту (роботи)

  
(підпис)

Олена ОСТРОГЛЯД  
(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

ПЗ: 87 с., 15 табл., 27 рис., 6 джерел, 4 додатка.

АВТОМОБІЛЬНА ДОРОГА, БЕЗПЕКА ДОРОЖНЬОГО РУХУ, ДОРОЖНІ ЗНАКИ, ДОРОЖНІЙ РУХ, ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНА ПРИГОДА, ДОРОЖНЯ РОЗМІТКА, ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ, ІНТЕНСИВНІСТЬ РУХУ, ОДНОБІЧНИЙ РУХ, ОХОРОНА ПРАЦІ, ПЕРЕХРЕСТЯ, ПІШОХІДНИЙ ПЕРЕХІД, СВІТЛОФОР, ТРАНСПОРТНИЙ ПОТІК

Об'єкт дослідження: мережа доріг міста Запоріжжя у Комунарському районі.

Мета роботи: розробка заходів для покращення організації руху автомобільного транспорту на перехресті вулиць Космічної та Святоволодимирівської.

Метод дослідження: аналітичний.

Під час виконання магістерської роботи досліджувалися основні характеристики дорожньої обстановки, транспортного та пішохідного потоків, збирався та аналізувався статистичний матеріал про дорожньо-транспортні пригоди, аналізувалася аварійність на перехресті вулиць Космічної та Святоволодимирівської.

Обґрунтовано та запропоновано використання схеми одностороннього руху на ділянці вулиці Святоволодимирівської. Створено нові схеми руху на перехрестях та запропоновано дорожні знаки індивідуального проектування.

Запропоновані рішення підтверджені економічними розрахунками.

## ЗМІСТ

|                                                                                              | с. |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Завдання на магістерську роботу.....                                                         | 2  |
| Реферат.....                                                                                 | 4  |
| Вступ.....                                                                                   | 7  |
| 1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА.....                                                                    | 8  |
| 1.1 Загальна характеристика території розташування перехрестя.....                           | 8  |
| 1.2 Характеристика вулично-дорожньої мережі.....                                             | 10 |
| 1.3 Особливості і основні характеристики дорожнього руху на перехресті .....                 | 12 |
| 1.3.1 Інтенсивність транспортного потоку.....                                                | 12 |
| 1.3.2 Аналіз складу транспортного потоку.....                                                | 19 |
| 1.3.3. Аналіз швидкісних режимів руху .....                                                  | 21 |
| 1.4 Розрахунок пропускної здатності ділянки дороги.....                                      | 25 |
| 1.5 Аналіз матеріалів дорожньо-транспортних подій .....                                      | 29 |
| 1.6 Організація дорожнього руху на перехресті.....                                           | 33 |
| 1.7 Недоліки поточної ситуації та постановка завдань для магістерської роботи.....           | 35 |
| 2 ОСНОВНА ЧАСТИНА.....                                                                       | 36 |
| 2.1 Розробка маршруту відведення транспортного потоку від перехрестя.....                    | 36 |
| 2.1.1 Реалізація відведення частки транспортного потоку з вулиці Святоволодимирівської ..... | 36 |
| 2.1.2 Використання дорожніх знаків індивідуального проектування...                           | 38 |
| 2.2 Реалізація одnobічної схеми руху вулицею Святоволодимирівською.....                      | 39 |
| 2.2.1 Особливості організації одnobічної схеми руху.....                                     | 39 |
| 2.2.2 Розрахунок перепробігу автомобілів за нових умов.....                                  | 42 |

|                                                                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.3 Оцінка складності перехрестя в нових умовах.....                                                            | 44 |
| 2.4 Організація дорожнього руху на перехресті вулиць Космічної та<br>Святоволодимирівської в нових умовах ..... | 47 |
| 2.5 Організація дорожнього руху на перехресті вулиць Космічної та<br>Броньової.....                             | 50 |
| 3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....                                                                                       | 60 |
| 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ<br>СИТУАЦІЯХ.....                                                     | 69 |
| Висновки.....                                                                                                   | 71 |
| Перелік джерел посилання.....                                                                                   | 72 |
| Додаток А.....                                                                                                  | 73 |
| Додаток Б.....                                                                                                  | 74 |
| Додаток В.....                                                                                                  | 76 |
| Додаток Г.....                                                                                                  | 78 |
| Додаток Д.....                                                                                                  | 85 |

## ВСТУП

Автомобільні дороги, як і інші засоби сполучення, завжди були важливим елементом життя суспільства. Проблеми виникають на дорогах і вуличних мережах міст, які пов'язані з великим парком автомобілів і перенасиченням транспорту на окремих ділянках мережі, що призводить до значного зниження переваг використання автомобільного транспорту. Однією з проблем є зниження швидкості руху, утворення заторів, що в свою чергу збільшує вартість перевезень, знижує продуктивність дорожнього руху, спричиняє зниження рівня безпеки руху. Ці проблеми стосуються й міста Запоріжжя.

Частка зазначених проблем спостерігається на перехресті вулиць Космічної та Святоволодимирівської, яке розташоване в Комунарському районі міста Запоріжжя. Підвищення транспортної безпеки в районі перехрестя та зниження транспортних витрат є основними питаннями, які розглядаються в цій роботі.

Розглянута мережа вулиць і доріг забезпечує місцевий транспортний потік. Покращення транспортної ситуації, збільшення пропускної здатності ділянки та безпеки руху по ній є важливим для всього району.

## 1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

### 1.1 Загальна характеристика території розташування перехрестя

Об'єктом дослідження є перехрестя вулиць Космічної та Святоволодимирівської.

Вулиця Космічна розташована в Комунарському районі Запоріжжя. Це головна магістраль загальноміського значення з регульованим рухом транспорту. Вулиця використовується для громадського, державного та приватного транспорту. Рух вантажівок понад 3,5 тони дозволено лише на ділянці від вулиці Олександра Говорухи до кільцевого перехрестя із трасою, Харків-Сімферополь. На іншому кінці – проспект Соборний, на якому рух вантажівок заборонено. Загальна протяжність вулиці від траси до проспекту Соборного близько чотирьох кілометрів. Щоб мати уявлення про стан дороги та характер транспортного потоку на цій дорозі, дамо коротку характеристику загальної території району та міста.

Клімат помірний континентальний з відносно високими температурами, тобто типовий рівнинний. Літо здебільшого сухе і жарке. Зими помірно холодні, часто м'які з відлигами. Весна часто супроводжується поверненням морозів, що створює зміну сезонів.

У Запоріжжі переважає рівнинний рельєф з перепадом висот від 0 до 200 м. Безпосередньо на об'єкті дослідження, перехресті вулиць Космічної та Святоволодимирівської, є значний вертикальний ухил по вулиці Космічній, що становить близько 55 ‰.

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

Площа території міста Запоріжжя становить 331 км<sup>2</sup>. Водна поверхня складає 13 % цієї території. Промисловість міста розташована на кількох

розділених майданчиках і складає 24 % від загальної території. 18 % території використовується сільським господарством, а решта – 45 % - це різноповерхова житлова забудова [1].

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

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

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

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

Запоріжжя має розвинену транспорту інфраструктура, до складу якої входять чотири основні види транспорту: автомобільний, залізничний, водний та повітряний. Також до особливостей дорожнього розвитку міста слід віднести наявність кількох мостових переходів через Дніпро, що надає транспортній інфраструктурі стратегічного значення.

Через місто прямують кілька значних автомобільних доріг, а саме: дорога європейського значення E105; міжнародна траса M14; автомобільні шляхи національного значення N08, N15, N23. Автомобільні пасажирські перевезення приміського та міжміського сполучень забезпечуються центральним автовокзалом та трьома автостанціями [1].

Залізничний розвиток на території Запоріжжя належить до Придніпровської залізниці. В місті функціонують два пасажирські залізничні вокзали. На міській території розташовано кілька різних за призначенням та

потужністю залізничних станцій, які забезпечують вантажний рух, поєднуючи промислові підприємства міста із системою зовнішніх залізничних шляхів.

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

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

Комунарський район Запоріжжя досить молодий - у 2022 році він відзначив своє 45-річчя. Загальна площа району 61,1 км<sup>2</sup>. Значну частину території району займає індивідуальна забудова, в якій проживає понад 11 тис. осіб. Адміністративний центр району — Космічний мікрорайон, який налічує понад 500 багатоповерхівок. У центрі мікрорайону – будинок райдержадміністрації та парк імені Гагаріна [1].

Комунарський район є залізничними та автомобільними воротами міста. Залізничний вокзал Запоріжжя - 1, який почав працювати в 1873 році, за своєю архітектурою вважається однією з найкрасивіших будівель такого типу в Україні. Після проведеної протягом останніх років реконструкції станція вийшла на новий технологічний рівень, щоб відповідати сучасним вимогам щодо забезпечення умов для пасажирів і обслуговування поїздів. До війни через станцію влітку проходило близько 65 пасажирських і 25 приміських поїздів, які обслуговують понад 13 мільйонів пасажирів на рік [1].

## 1.2 Характеристика вулично-дорожньої мережі

Велика кількість вулиць у місті вже не відповідає сучасним вимогам за своїми чинними стандартами (ширина, ухил, радіус кривизни). Така ситуація, як правило, створює особливо несприятливі умови для дорожнього руху і значно ускладнює завдання організації дорожнього руху. При їх вирішенні велике значення мають такі характеристики: щільність населення на даній

території, щільність мережі доріг та її геометричні схеми, середня відстань від центру до периферійних точок мережі доріг, відстань між периферійними пунктами і коефіцієнт непрямолінійності дорожньої мережі.

Значний вплив на організацію дорожнього руху має щільність населення, оскільки вона в основному визначає ступінь концентрації пішохідного потоку та концентрацію пасажиропотоку на лініях міського транспорту. Як правило, чим вище щільність населення, тим складніше завдання організації руху і тим повнішою повинна бути транспортна система. За наведеними даними, за площею та чисельністю населення Комунарський район має щільність населення 2300 осіб/км<sup>2</sup> [1].

Для Комунарського району характерна змішана схема вулично-дорожньої мережі. Міські магістралі, такі як вул. Космічна (загальноміського значення), вулиці Олександра Говорухи, Юності, Культурна, Миколи Ласточкина та ін. (районного значення), не мають чітко вираженого малюнку на мапі міста, будувались для сполучення мікрорайонів міста і проходять крізь існуючу, історичну забудову. Щільність вулично-дорожньої мережі, яка складається з цих та ще кількох вулиць у новій частині Космічного мікрорайону складає близько 3,1 км/км<sup>2</sup>. Для багатоповерхового мікрорайону, який має правильні геометричні риси, це визначний показник. Він свідчить про те, що дорожня мережа непогано розвинута, а отже необхідно лише правильно організувати дорожній рух нею. Недоліки в його організації проявляються у нерівномірній завантаженості окремих ділянок магістралей району. Так вулиця Космічна завантажена як транзитним так і міським (місцевим) транспортом, на ділянці де дозволено рух вантажівок ще й ними, а на таких вулицях як Північнокільцева, Ситова, Чумаченка залишається невикористаною пропускна здатність.

Отже, основним об'єктом магістерської роботи є перехрестя вулиць Космічної та Святоволодимирівської. На рисунку 1.1. та на слайді 2 показано це перехрестя в прив'язці до вулично-дорожньої мережі району.

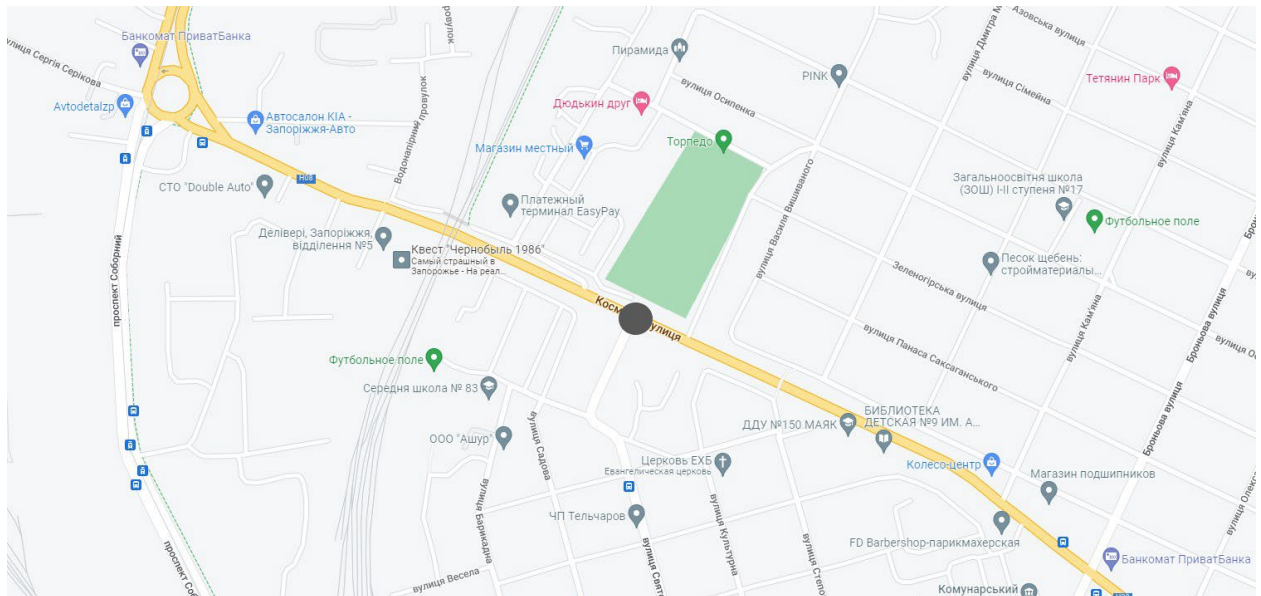


Рисунок 1.1 – Перехрестя вулиць Космічної та Святоволодимирівської

### 1.3 Особливості і основні характеристики дорожнього руху на перехресті

#### 1.3.1 Інтенсивність транспортного потоку

При створенні інформації про дорожню обстановку в першу чергу необхідні дані, що характеризують потік транспорту. На рисунку 1.2 показані фрагменти дослідження дорожньої ситуації на перехресті вулиць Космічної та Святоволодимирівської.

Досвід наукових досліджень і практичних спостережень на транспорті дозволив розробити декілька відповідних об'єктивних показників. Найпоширеніші та часто використовувані показники наступні:

- інтенсивність транспортного потоку;
- склад потоків за видами транспортних засобів;
- швидкість руху;
- затримки транспорту.

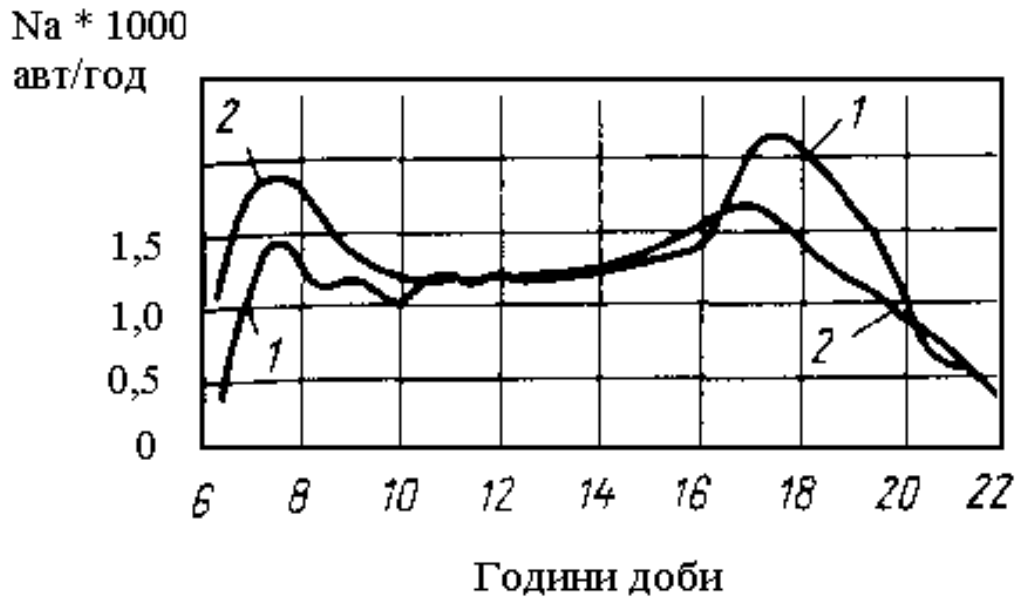


Рисунок 1.2 – Фотофакти дослідження дорожньої ситуації на місці

Рік, місяць, день, година або коротші періоди (хвилини, секунди) використовуються як приблизні періоди часу для визначення інтенсивності руху на основі завдання спостереження та інструментів вимірювання.

Нерівномірність транспортного потоку має велике значення в проблемі організації дорожнього руху. Для різних вулиць і доріг залежність інтенсивності від місяця року має свій вигляд і конкретні значення, обумовлені характеристиками об'єкта, але для більшості доріг сама тенденція має схожий вигляд. Так, пік інтенсивності, а отже, і найбільше навантаження на дорогу припадає на літо, рідше на кінець зими та на початок весни. Для визначення поточних нормативів транспортного потоку реальна дорога протягом тривалого часу потребує великих людських і матеріальних ресурсів. На жаль, для об'єкту дослідження таких повномасштабних космічних досліджень не проводилося, тому ми будемо використовувати ті залежності, які вже існують. Окрім цього проведемо менш грандіозні, але від цього не менш потрібні спостереження за транспортним та пішохідним потоками на вул. Космічній.

Типова крива розподілу інтенсивності руху протягом доби на міській дорозі показана на рисунку 1.3.



1 - рух з центру міста, 2 - рух до центру міста.

Рисунок 1.3 - Розподіл інтенсивності руху протягом доби [2]

Криві на рисунку 1.3 дозволяють виділити так звані години пік або періоди, в які найбільш складно працювати для організації та регулювання дорожнього руху.

Варто зазначити, що назва «година пік» умовна. Це викликано лише тим, що година – основна одиниця виміру часу. Період найбільшої інтенсивності може тривати більше або менше години. Таким чином, найточнішим терміном буде період піку, який відноситься до періоду часу, протягом якого інтенсивність перевищує середню інтенсивність за коротший період часу (наприклад, протягом 5-ти або 15-тихвилинних спостережень).

Зазвичай на більшості вулиць міста найбільша завантаженість приблизно з 6 ранку до 9 вечора. Періодом найбільш жвавого руху на більшості міських доріг зазвичай є 15-годинний відрізок часу протягом доби, приблизно з 6 до 21 години. Як видно з рисунка 1.2, на міській магістралі можна виділити три характерні періоди: ранковий пік з 7 до 9 години, вечірній пік з 16 до 18 години, та між піковий період з 10 до 15 години.

Інформацію про поточний рух транспорту на перехресті вул. Космічної та Святоволодимирівської будемо збирати в ранкові та вечірні години пік і між ними.

Для врахування фактичного складу транспортного потоку, впливу різних типів транспортних засобів на завантаження дороги застосовують коефіцієнти приведення до умовного легкового автомобіля.

Спостереження за транспортним потоком проводились взимку 2020 року. Транспортний потік спостерігався протягом трьох різних годин доби з 7:30 до 8:30, з 12:00 до 13:00 та з 16:30 до 17:30. На рисунку 1.3 показано напрямки руху транспортного потоку. Результати спостережень зведені в таблицях 1.1-1.3, на рисунках 1.4-1.6 та на слайді 4.

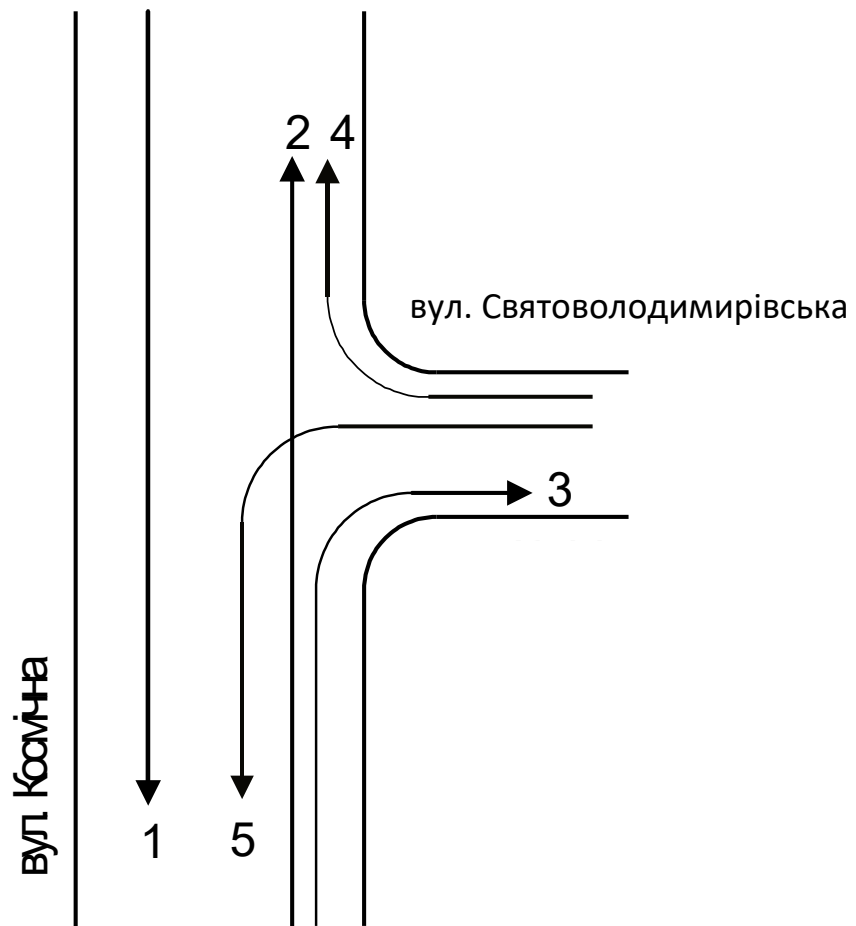


Рисунок 1.3 – Напрямки руху на перехресті

Таблиця 1.1 - Інтенсивність руху на перехресті з 7:30 до 8:30

| Напр<br>ямки | Легкові | Вантажні |       | Мікроавто<br>буси | Автобуси | Тролейбуси | Приведені<br>інтенсивно<br>сті од/год |
|--------------|---------|----------|-------|-------------------|----------|------------|---------------------------------------|
|              |         | до 2 т   | 2-5 т |                   |          |            |                                       |
| 1            | 189     | 11       |       | 42                | 5        | 3          | 322                                   |
| 2            | 91      | 5        | 3     | 26                | 2        | 3          | 179                                   |
| 3            | 18      | 4        |       |                   |          |            | 26                                    |
| 4            | 3       |          |       |                   |          |            | 3                                     |
| 5            | 23      | 2        | 1     |                   |          |            | 31                                    |

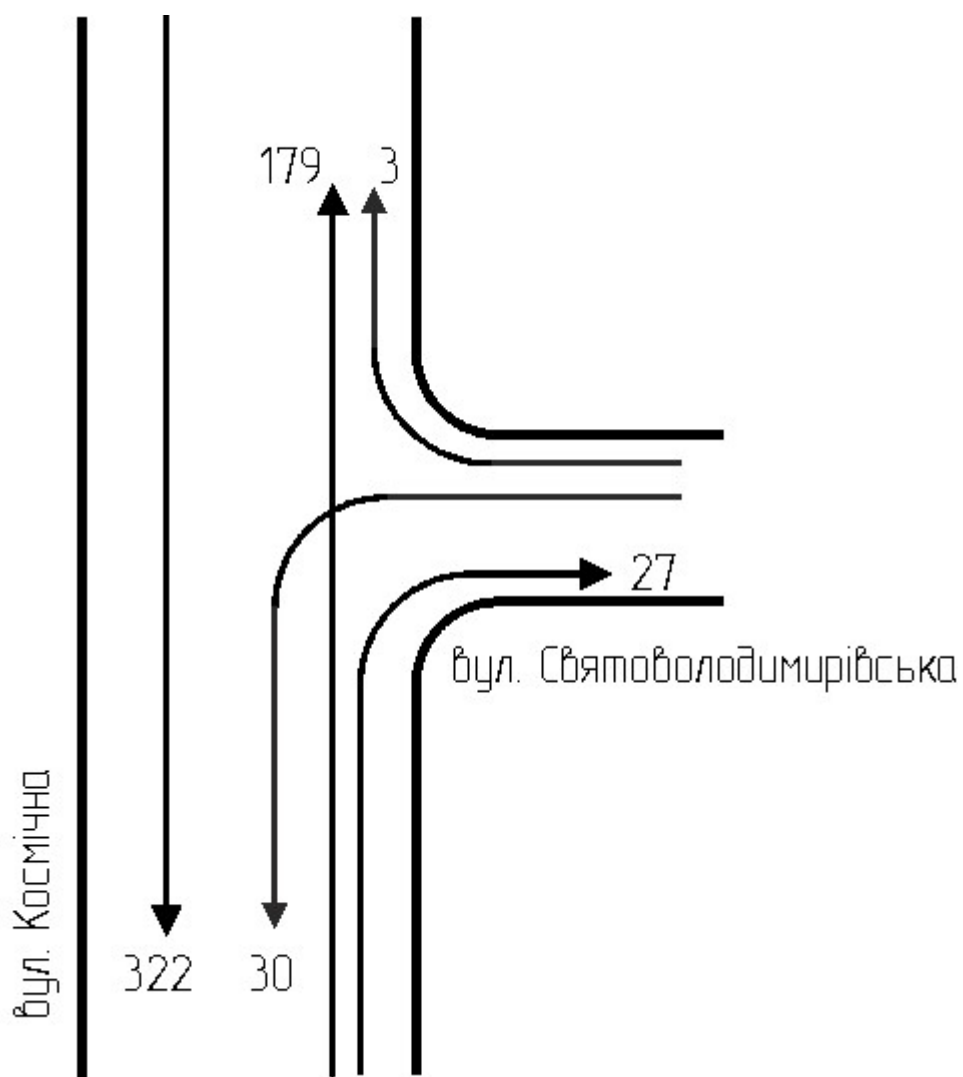


Рисунок 1.4 – Приведені інтенсивності руху на перехресті з 7:30 до 8:30

Таблиця 1.2 – Інтенсивність руху на перехресті з 12:00 до 13:00

| Напрямки | Легкові | Вантажні |       | Мікроавтобуси | Автобуси | Тролейбуси | Приведені інтенсивності од/год |
|----------|---------|----------|-------|---------------|----------|------------|--------------------------------|
|          |         | до 2 т   | 2-5 т |               |          |            |                                |
| 1        | 131     | 12       | 4     | 30            | 1        | 1          | 232                            |
| 2        | 101     | 7        |       | 28            | 1        | 3          | 186                            |
| 3        | 23      | 7        |       |               |          |            | 37                             |
| 4        | 1       |          |       |               |          |            | 1                              |
| 5        | 16      | 1        |       |               |          |            | 18                             |

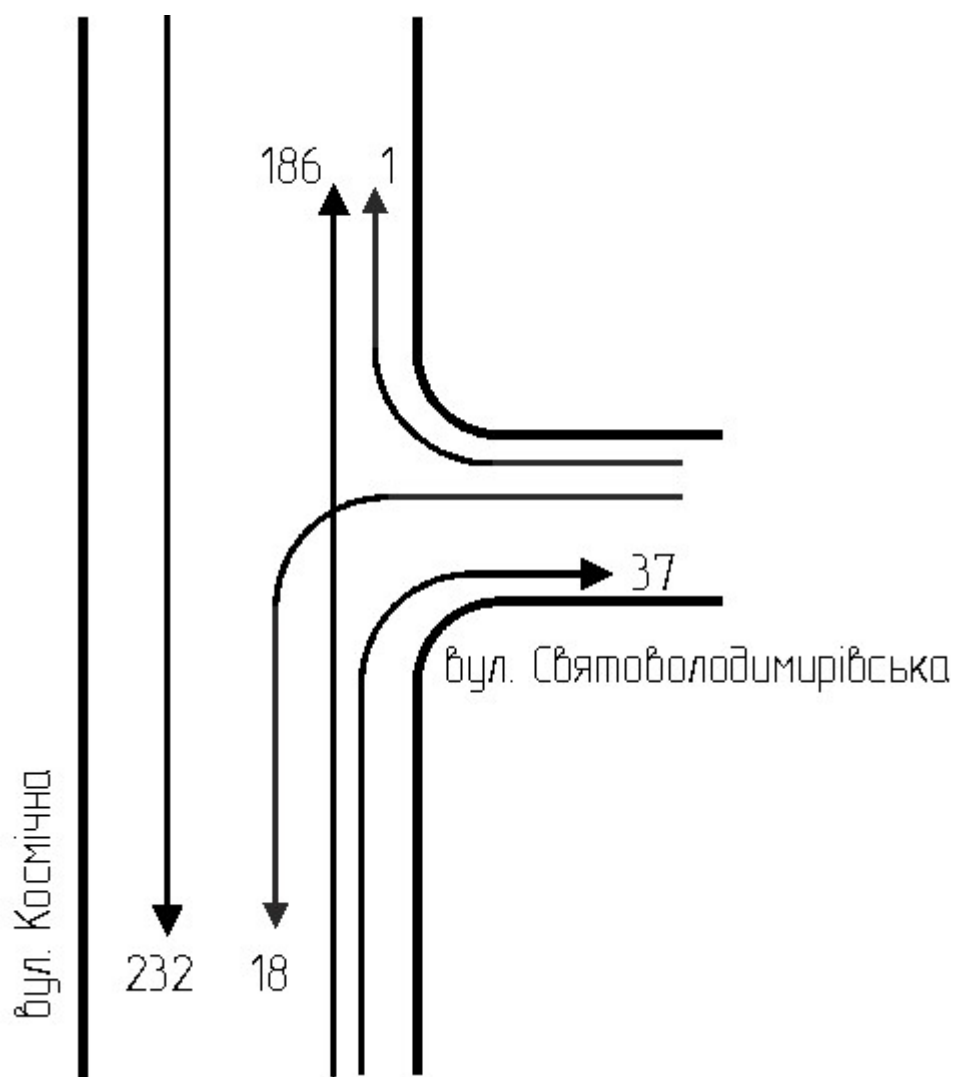


Рисунок 1.5 - Приведені інтенсивності руху на перехресті з 12:00 до 13:00

Таблиця 1.3 - Інтенсивність руху на перехресті з 16:30 до 17:30.

| Напрямки | Легкові | Вантажні |       | Мікроавтобуси | Автобуси | Тролейбуси | Приведені інтенсивності од/год |
|----------|---------|----------|-------|---------------|----------|------------|--------------------------------|
|          |         | до 2 т   | 2-5 т |               |          |            |                                |
| 1        | 151     | 3        | 1     | 36            |          | 4          | 248                            |
| 2        | 144     | 8        | 2     | 31            | 4        | 3          | 251                            |
| 3        | 29      | 2        |       |               |          |            | 33                             |
| 4        | 1       |          |       |               |          |            | 1                              |
| 5        | 22      | 3        |       |               |          |            | 28                             |

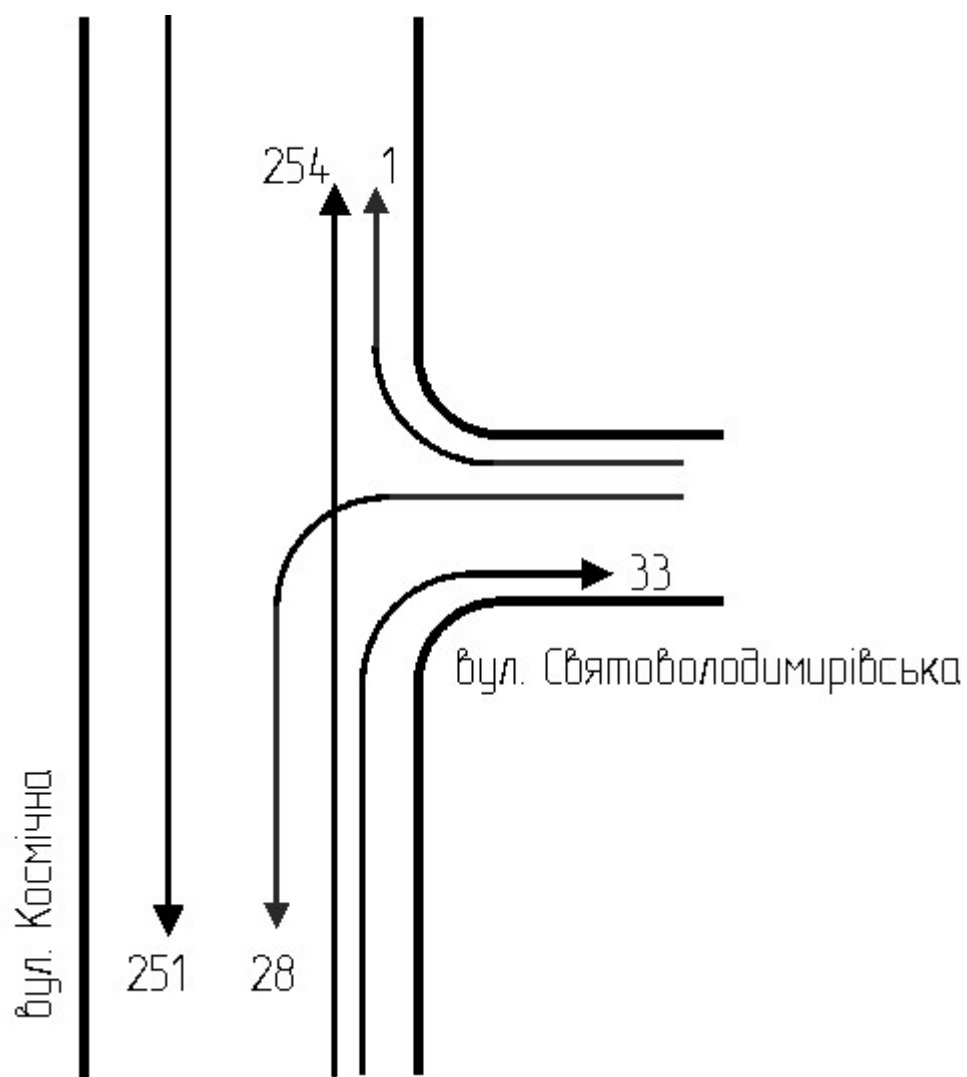


Рисунок 1.6 - Приведені інтенсивності руху на перехресті з 16:30 до 17:30

### 1.3.2 Аналіз складу транспортного потоку

Склад транспортного потоку характеризується співвідношенням різних типів транспортних засобів. Цей показник істотно впливає на всі параметри дорожнього руху. Також склад транспортного потоку відображає загальний склад автопарку регіону.

Реальний склад сучасного потоку безпосередньо на перехресті вул. Космічної та Святоволодимирівської дещо відрізняється від загальноміського. Це пов'язано з тим, що через вулицю Космічну проходить багато маршрутів громадського транспорту, що сприяє значному відсотку маршруток у потоку. Також не варто виключати особливості транзитного транспорту, якого також багато на цій дорозі та є певні обмеження для вантажівок на розглянутій ділянці. Склад транспортного потоку, який зафіксовано на перехресті вулиць Космічної та Святоволодимирівської, наведено на рисунку 1.7 та на слайді 5.

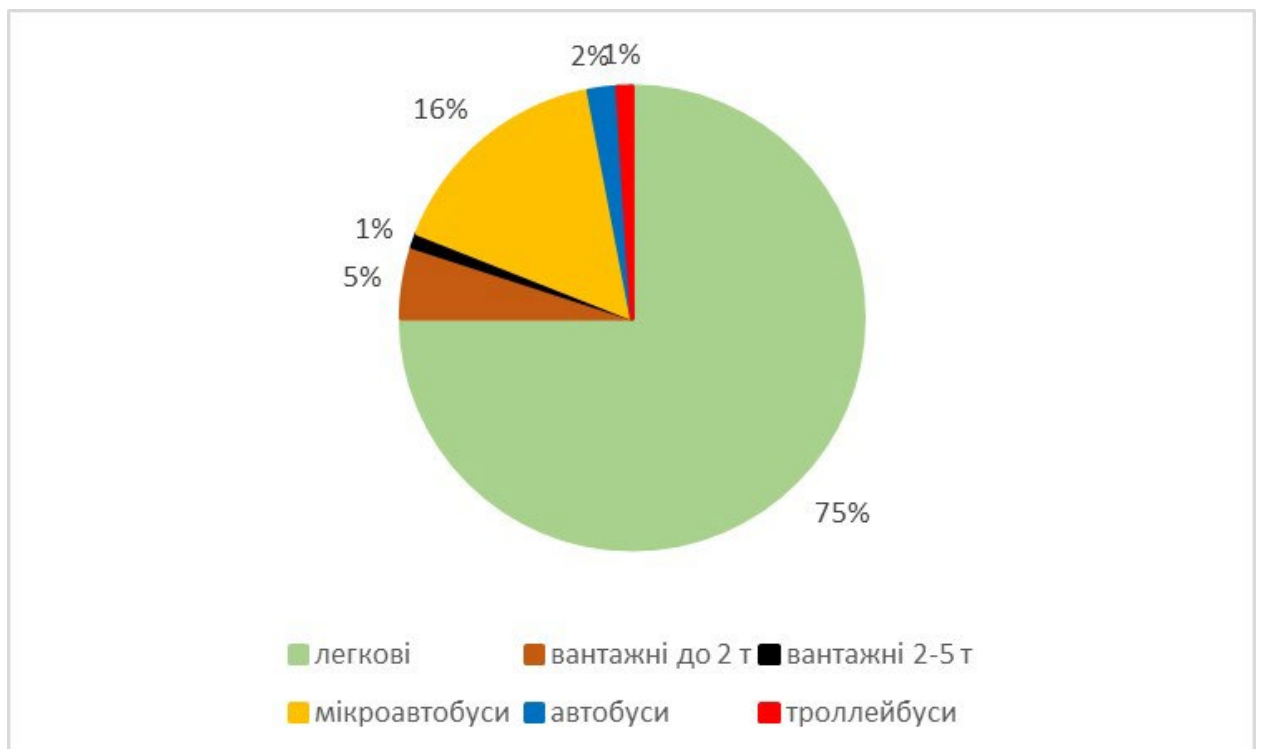


Рисунок 1.7 – Склад транспортного потоку на перехресті вулиць Космічної та Святоволодимирівської

Доцільно провести аналіз цього самого маршрутного транспорту, тобто визначити його основні технічні параметри, маршрути руху, швидкість, час сполучення та інші, оскільки вони впливають на організацію дорожнього руху.

Маршрутний транспорт у місті поділяється на автобуси, тролейбуси, трамваї та мікроавтобуси, яких переважна більшість. Трамвайного руху на перехресті вулиць Космічної та Святоволодимирівської не існую.

Серед мікроавтобусів можна виділити декілька основних представників – це німецькі «Mercedes» та «Volkswagen». Також зустрічаються «Fiat», «Ford» та «Ivesco». Однак переважну більшість на маршрутах займають саме „Mercedes-Sprinter”, та „Volkswagen-LT” завдяки своїй зручності, швидкості та пасажиромісткості. Це мікроавтобуси сімейства малотоннажних вантажівок повною масою від 2,6 до 4,6 т.

Серед автобусів представлених на вулиці Космічній, такі моделі як «МАЗ», «Богдан» та «Еталон».

Найбільш містким з точки зору перевезення пасажирів та екологічно чистим на сьогодні є тролейбус. Завдяки своїй великій ємності він дозволяє знизити навантаження пасажирів на транспортну систему, яке виникає у години пік. Вулицею Космічна проходять п'ять тролейбусних маршрутів які обслуговують такі моделі як ЮМЗ-Т1, ЮМЗ-Т2. Їх основні технічні характеристики наведені у таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Технічні параметри тролейбусів.

| Параметр                         | ЮМЗ-Т2          | ЮМЗ-Т1          |
|----------------------------------|-----------------|-----------------|
| 1                                | 2               | 3               |
| Довжина /ширина /висота, (мм)    | 11640/2500/3575 | 18000/2500/3430 |
| Число місць для сидіння          | 26              | 35-47           |
| Загальне число місць             | 100             | 180             |
| Маса в спорядженому стані (кг)   | 12000           | 18100           |
| Розрахункова швидкість (км/год.) | 60              | 60              |

Кінець таблиці 1.4

| 1                                 | 2       | 3       |
|-----------------------------------|---------|---------|
| Максимальна швидкість, (км/год.)  | 110     | 120     |
| Максимально допустимий підйом (%) | 10      | 12      |
| Напруга контактної мережі (В)     | 550-600 | 550-600 |

### 1.3.3 Аналіз швидкісних режимів руху

Швидкість руху є найважливішим показником, оскільки відображає цільову функцію руху. Найбільш об'єктивною характеристикою транспортного засобу на дорозі може бути час зміни його швидкості на всьому шляху. Однак отримати такі просторові особливості для великої кількості транспортних засобів, що рухаються, важко, оскільки потрібна безперервна автоматична реєстрація швидкості кожного з них. У практиці організації дорожнього руху прийнято оцінювати швидкість транспортних засобів за її миттєвим значенням  $V_a$ , зафіксованим на певних перехрестях доріг.

У сучасному русі швидкість окремого автомобіля в межах його тягової потужності визначає водій. Він постійно намагається підібрати найбільш підходящий швидкісний режим за двома основними критеріями – забезпечення мінімально можливих витрат часу та безпеки руху. У кожному разі на вибір водієм швидкості впливає його досвід, психологічний стан і мета руху. Верхня межа швидкості автомобіля визначається його максимальною розрахунковою швидкістю  $V_{max}$ , яка залежить головним чином від питомої потужності двигуна. Максимальна швидкість сучасних автомобілів значно варіюється залежно від їх типу і для більшості транспортних засобів перевищує 100 км/год.

Однак, як показує досвід, водій керує автомобілем на максимальній швидкості лише у виняткових випадках і нетривалий час, оскільки це

пов'язано з високонапруженим режимом роботи агрегатів автомобіля. Крім того, навіть невеликі підйоми на дорозі потребують запасу потужності для підтримки стабільної швидкості. Тому навіть за сприятливих дорожніх умов водій веде автомобіль з максимальною швидкістю безперервного руху або крейсерською швидкістю. Крейсерська швидкість для більшості автомобілів становить  $0,75-0,85 V_{max}$  [3].

Однак фактичні дорожні умови вносять значні корективи в фактичний діапазон спостережуваних швидкостей. Ухили, криволінійні ділянки та нерівності дорожнього покриття зумовлюють зниження швидкості внаслідок обмеження динамічних характеристик автомобілів і головним чином через необхідність забезпечення їх стійкості на дорозі. Ці об'єктивні фактори особливо впливають на швидкість найшвидших автомобілів. Як показують спостереження, реальний діапазон миттєвої швидкості вільного руху автомобілів на магістральних дорогах і горизонтальних ділянках доріг нашої країни становить 50-130 км/год. Ці цифри не включають ґрунтові та нерівні дороги, на яких швидкість може знизитися на 10-15 км/год [3].

Найважливішими чинниками, що впливають на режими руху через сприйняття водія, є відстань (дальність) видимості на дорозі і ширина смуги руху тобто «коридору», виділеного для руху одного ряду. Під відстанню видимості розуміється відстань ділянки дороги перед автомобілем, на якому водій в змозі розрізнити поверхню дороги. Ця відстань визначає можливість для водія завчасно оцінити умови руху і прогнозувати обстановку. Обов'язковою умовою безпеки руху є перевищення відстані видимості над значенням гальмівного шляху даного транспортного засобу в будь-яких конкретних дорожніх умовах.

Для визначення поточної швидкості руху по вулиці Космічній використовувався вимірювач швидкості «Іскра-1Д». Це прилад для контролю швидкості на дорогах, робота якого заснована на ефекті Доплера. Частота сигналу, відбитого від рухомого об'єкта, залежить від швидкості його руху.

Для точності експерименту вимірювання швидкості проводять у міжпіковий період, коли інтенсивність руху низька і взаємодія автомобілів знижена, тобто для умов частково зв'язаного руху.

Знайдемо кількість вимірювань, необхідних для точного визначення швидкості. Для більшості практичних розрахунків достатньо, щоб досліджуваний параметр знаходився в межах  $\pm 3\sigma$  від середнього значення, де  $\sigma$  — стандартне відхилення. Отже, діапазон значень показника  $R = 6\sigma$ , при цьому  $\sigma = R/6$ .

Мінімальна необхідна кількість експериментів (вимірювання):

$$n = \frac{t_i^2 \cdot \sigma^2}{\Delta^2}, \quad (1.1)$$

де  $\Delta$  — точність виявлення;

$t_i$  — показник надійності, що відповідає рівню довірчої імовірності.

Для визначення характеристик трафіку прийнято довірчу ймовірність 0,95, що відповідає показнику надійності 1,96.

За попередніми дослідженнями, мінімальна швидкість на дорозі становить 30 км/год. (8,33 м/с), максимальна - 60 км/год. (16,67 м/с), різниця - 8,33 м/с, тому  $\sigma$  дорівнює 1,39 м/с. Бажана точність виявлення 1 км/год – 0,28 м/с.

$$n = \frac{1,96^2 \cdot 1,39^2}{0,28^2} \approx 95 \text{ од.}$$

Тобто достатньо отримати вибірку зі 100 значень. Вносимо дані про швидкість руху, отримані за допомогою польових спостережень в таблицю додатку А. Для отриманих значень за допомогою статистичних функцій

знайдемо середнє значення, стандартне відхилення та дисперсію.

Дисперсія визначається за формулою [4]:

$$D = \frac{n \sum x^2 - (\sum x)^2}{n(n-1)}, \quad (1.2)$$

де  $n$  – кількість вибірових значень;

$x$  - значення вибірки.

Стандартне відхилення визначається за формулою [4]:

$$\sigma = \sqrt{D}. \quad (1.3)$$

Результати розрахунків наведено в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 - Аналіз результатів вимірювань швидкості

| Показник                                  | Значення |
|-------------------------------------------|----------|
| Середня швидкість, км/год.                | 46       |
| Кількість значень вибірки, $n$            | 100      |
| Стандартне відхилення, $\sigma$ , км/год. | 5,6      |
| Дисперсія, $D$                            | 31,36    |

На рисунку 1.8 та на слайді 6 наведено графічне представлення обробки швидкості руху транспорту по вулиці Космічній в районі перехрестя з вулицею Святоволодимирівською.

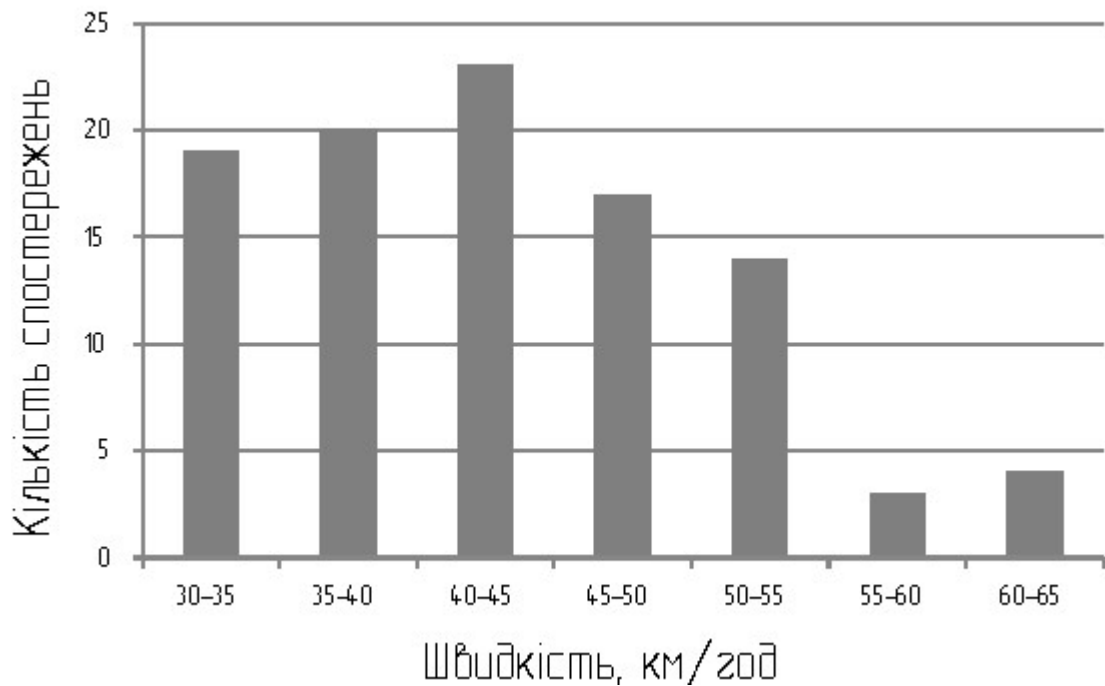


Рисунок 1.8 – Розподіл швидкостей руху по вулиці Космічній

#### 1.4 Розрахунок пропускної здатності ділянки дороги

Найважливішим параметром, що характеризує працездатність шляхів зв'язку, є їх пропускна здатність.

Є дві принципово різні оцінки пропускної здатності: на перегоні і на перетині доріг одного рівня. У першому випадку безперервними можна вважати транспортні потоки досить високої інтенсивності. Характерною особливістю другої оцінки є періодичні переривання потоку для проїзду автомобілів на пересічних напрямках.

Теоретичне (математичне) визначення пропускної здатності дороги ( $P$ ) базується на використанні різноманітних математичних моделей, що пояснюють транспортний потік. При розрахунку пропускної здатності смуги на дорозі можна виходити з позиції колонного руху, тобто руху з мінімальною відстанню, яка може бути дозволена в умовах безпеки для даної швидкості потоку. При цьому нерівність інтенсивності, яка неминуча на практиці, нехтується.

Пропускна здатність, авт/год [2]:

$$P_c = \frac{3600 \cdot v}{v \cdot t_p + \beta \cdot v^2 + l_0 + l_a}, \quad (1.4)$$

де  $v$  – швидкість руху в транспортному потоці, км/год;

$t_p$  – час реакції водія, с.;

$l_0$  – зазор безпеки, м.;

$l_a$  – розрахункова середня довжина автомобіля, м.;

$\beta$  – гальмівний коефіцієнт.

Швидкість потоку приймемо рівною середній швидкості, визначеній у розділі 1.3, а саме 46 км/год (12,5 м/с).

Час реакції водія - 1 секунда. Захисний зазор становить 2 метри [2].

Виходячи із середньої довжини автомобіля за відсотковим складом потоку (див. табл. 1.6), розрахункова довжина автомобіля дорівнює 5 м.

Таблиця 1.6 – Середня довжина автомобіля

| Вид                      | Відсоток | Довжина, м | Середня зважена |
|--------------------------|----------|------------|-----------------|
| Легковий                 | 72,28    | 4          | 2,8912          |
| Мікроавтобус             | 14,62    | 6          | 0,8772          |
| Автобус                  | 4,29     | 10         | 0,429           |
| Вантажна, до 2 т         | 3,84     | 6          | 0,2304          |
| Вантажна, 2-5 т          | 2,37     | 10         | 0,237           |
| Тролейбус                | 0,68     | 14,5       | 0,0986          |
| Середня довжина авто, м. |          |            | 5,1474          |

Коефіцієнт гальмування визначається за формулою [2]:

$$\beta = \frac{1}{2 \cdot g(\phi \pm i \pm f)}, \quad (1.5)$$

де  $g$  – прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>;  
 $f$  – коефіцієнт опору котінню;  
 $i$  – ухил повздовж вулиці, ‰;  
 $\phi$  – коефіцієнт вертикального зчеплення шини з покриттям.

Для автомобільних коліс коефіцієнт опору коченню приймемо 0,02, а коефіцієнт зчеплення 0,5 [2].

Значення вертикального ухилу по вулиці Космічній у бік Сімферопольського шосе 55 ‰. Позитивні значення означають, що дорога йде в гору, негативні значення означають спуск. У формулі (1.5) для напрямку підйому слід поставити знак плюс, це пояснюється тим, що на підйомі збільшується опір руху, зменшується гальмівний шлях, а при такому прийомі збільшується пропускна здатність.

Отже для смуги від проспекту Соборного (на підйомі):

$$\beta = \frac{1}{2 \cdot 9,81(0,5 + 0,055 + 0,02)} = 0.089,$$

$$P_c = \frac{3600 \cdot 12,5}{12,5 \cdot 1 + 0,089 \cdot 12,5^2 + 2 + 5} = 1347 \text{ авт/год.}$$

Для смуги в бік проспекту Соборного (на спуску):

$$\beta = \frac{1}{2 \cdot 9,81(0,5 - 0,055 + 0,02)} = 0.11,$$

$$P_c = \frac{3600 \cdot 12,5}{12,5 \cdot 1 + 0,11 \cdot 12,5^2 + 2 + 5} = 1226 \text{ авт/год.}$$

Дослідження багатосмугових доріг показали, що їх пропускна здатність не збільшується пропорційно кількості смуг. Кожна смуга вулиці має різну пропускну здатність. У міру наближення смуги до центру проїзної частини пропускна здатність смуги зменшується. Таке явище пояснюється тим, що на багатосмуговій дорозі за наявності однорівневої конструкції автомобілі часто виїжджають на край проїжджої частини при повороті ліворуч і праворуч, розвороті на перехрестях, зупинці.

Поряд із шириною проїзної частини розподіл автомобілів, що маневрують, залежить від довжини вулиці та складу транспортного потоку. Маневр зміни смуги руху триває 4-6 секунд. Крім того, навіть за відсутності фіксованої перебудови паралельні насичені потоки автомобілів спричиняють ускладнення руху через короткі та непостійні бічні інтервали, оскільки водії не в змозі забезпечити постійну швидкість.

У цьому випадку загальна пропускна здатність проїзної частини визначається за формулою:

$$P_z = K_{\text{бс}} \cdot P_{\text{с кор.}}, \quad (1.6)$$

де  $K_{\text{бс}}$  – багатосмуговий коефіцієнт.

Пропускна здатність багатосмугової проїзної частини на проїзді визначається з урахуванням коефіцієнта багатосмугового руху, який залежно від кількості смуг руху в одному напрямку приймається так: для однієї смуги - 1,0; два - 1,9; три - 2,7; чотири - 3,5 [2].

Таким чином, загальна пропускна здатність дороги від проспекту Соборного:

$$P_3 = 1,9 \cdot 1347 = 2559 \text{ авто/год.}$$

Загальна пропускна здатність дороги в бік проспекту Соборного:

$$P_3 = 1,9 \cdot 1226 = 2329 \text{ авто/год.}$$

### 1.5 Аналіз матеріалів дорожньо-транспортних подій

Важливою основою всієї роботи із забезпечення безпеки дорожнього руху є аналіз даних про ДТП.

Статистика дорожньо-транспортних пригод в цілому на ділянці представлена в таблиці 1.7.

Таблиця 1.7 - Кількість ДТП по вул. Космічній та їх наслідки.

| Рік                | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 |
|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Кількість ДТП, од. | 5    | 4    | 9    | 4    | 5    | 3    | 3    |
| Зіткнень           | 5    | 3    | 7    | 4    | 4    | 1    | 3    |
| Інші               |      | 1    | 2    |      | 1    | 2    |      |
| Загинуло, чол.     |      |      | 1    |      | 1    |      |      |
| Поранено, чол.     | 1    |      | 5    |      | 1    | 2    |      |

У таблиці 1.8 представлено склад ДТП у відсотках до загальної кількості ДТП за рік.

Таблиця 1.8 - Питома вага різних видів ДТП

| Вид ДТП  | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | Середнє |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|---------|
| Зіткнень | 100  | 75   | 72   | 100  | 80   | 66   | 100  | 84,7    |
| Інші     | 0    | 25   | 28   | 0    | 20   | 33   | 0    | 15,1    |

Як бачимо з таблиць 1.7 і 1.8, основним видом ДТП на вулиці Космічній є зіткнення. Це також особливість розглянутого в магістерській роботі перехрестя вулиць Космічної та Святоволодимирівської. Статистика ДТП на цьому перехресті наведена в таблиці 1.9, на рисунку 1.9 та на слайді 7.

Таблиця 1.9 - Кількість ДТП та їх наслідки на перехресті вулиць Космічної та Святоволодимирівської

| Рік                | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 |
|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Кількість ДТП, од. | 1    |      | 2    | 1    | 2    | 1    | 1    |
| Зіткнень           | 1    |      | 1    | 1    | 2    | 1    | 1    |
| Інші               |      |      | 1    |      |      |      |      |
| Загинуло, чол.     |      |      | 1    |      |      |      |      |
| Поранено, чол.     |      |      | 1    |      | 1    | 1    |      |

Аналізуючи причини ДТП на цьому перехресті, важливо відзначити недостатню видимість на виїзді з вулиці Святоволодимирівської. Перехрестя знаходиться в глибині ландшафту, і це стає основною причиною ДТП на ньому. На виїзді з вулиці Святоволодимирівської водії змушені розташовувати свої автомобілі на небезпечній відстані від транспортного потоку вулиці Космічної (див. рис. 1.10).

На рисунках 1.11, 1.12 та на слайдах 8, 9 наведений аналіз ДТП на перехресті вулиць Космічної та Святоволодимирівської.

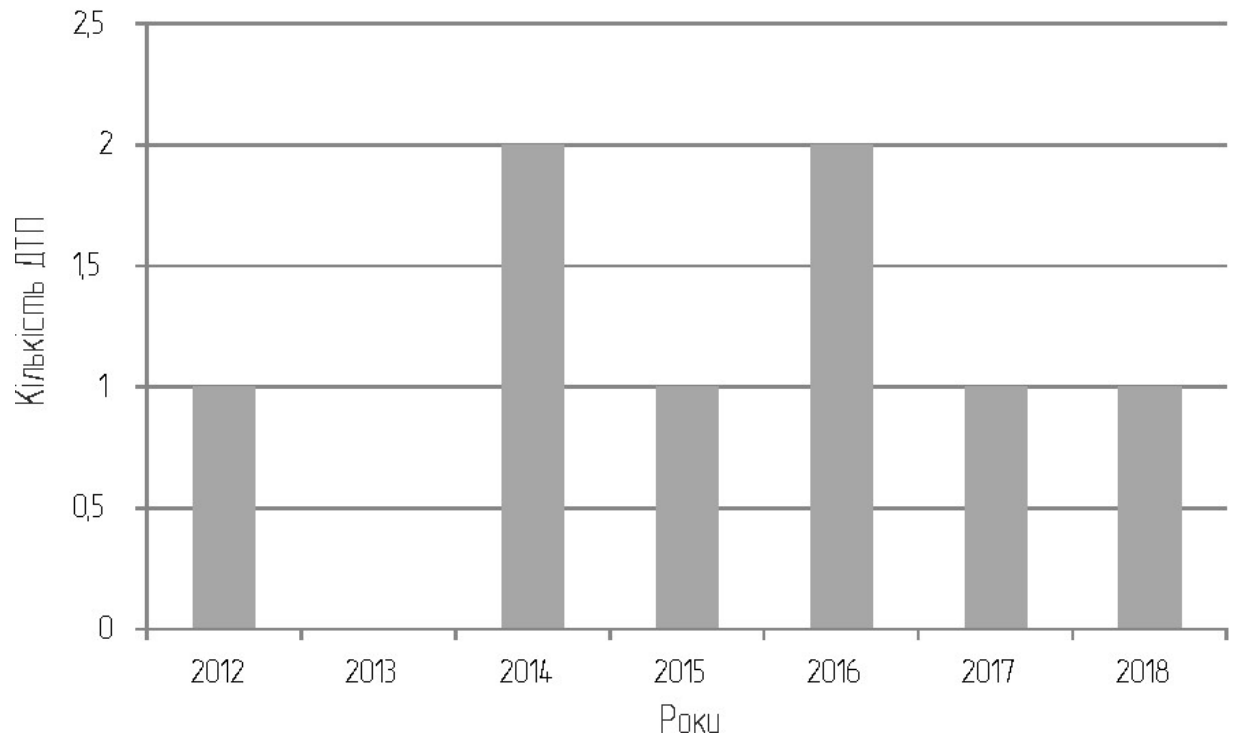


Рисунок 1.9 – Загальна статистика ДТП на перехресті вулиць Космічної та Святоволодимирівської за сім років



Рисунок 1.10 - Виїзд транспорту з вулиці Святоволодимирівської

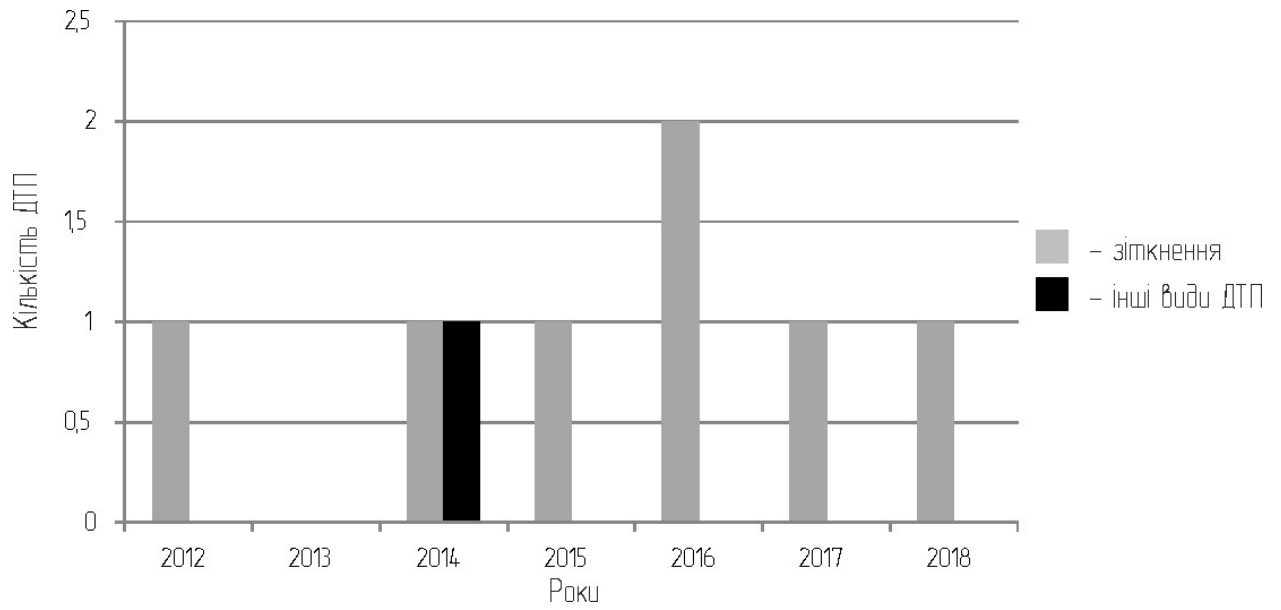


Рисунок 1.11 – Види ДТП на перехресті вулиць Космічної та Святоволодимирівської

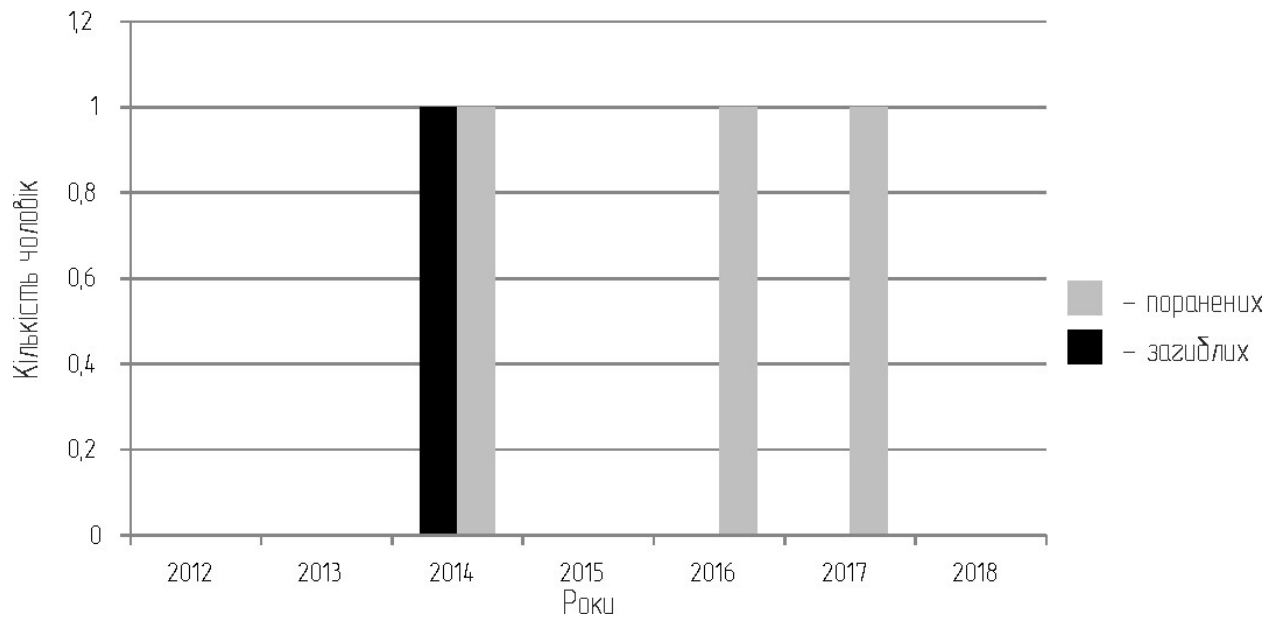


Рисунок 1.12 – Тяжкість ДТП на перехресті вулиць Космічної та Святоволодимирівської

## 1.6 Організація дорожнього руху на перехресті

Перехрестя вулиць Космічної та Святоволодимирівської – Т-подібне перехрестя в одному рівні, розташоване в умовах складного рельєфу. Перехрестя є нерегульованим з визначенням пріоритетом руху. Головний напрямок руху на перехресті – по вулиці Космічна.

Рух на перехрестях організовується за допомогою дорожніх знаків і дорожньої розмітки. Під час обстеження перехрестя була відмічена частково збережена дорожня розмітка по вулиці Космічній.

У таблиці 1.10 наведено перелік дорожніх знаків на перехресті вулиць Космічної та Калініна.

Таблиця 1.11 - Реквізити дорожніх знаків на перехресті вулиць Космічної та Святоволодимирівської

| № | Номер та назва знаку  | Кількість |
|---|-----------------------|-----------|
| 1 | 2.1 – Уступити дорогу | 1         |
| 2 | 2.3 – Головна дорога  | 1         |

Діюча схема організації дорожнього руху на перехресті вулиць Космічної та Святоволодимирівської наведена на рисунку 1.13 та на слайді 10.

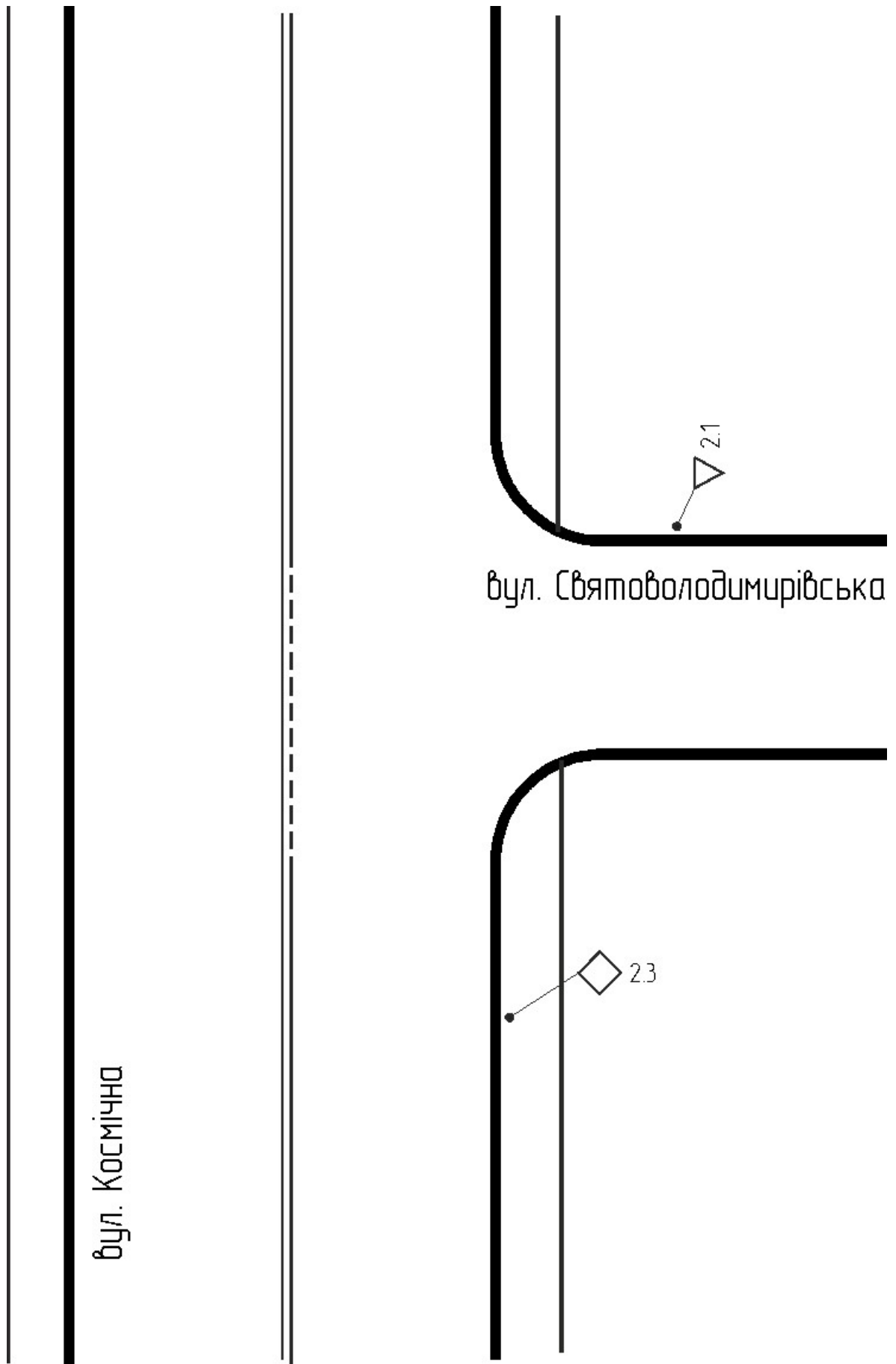


Рисунок 1.13 – Діюча схема організації дорожнього руху на перехресті

### 1.7 Недоліки поточної ситуації та постановка завдань для магістерської роботи

В якості основного недоліку руху на перехресті вулиць Космічної та Святоволодимирівської є недостатня видимість через розташування перехрестя в штучному заглибленні.

Для усунення цього недоліку пропонується:

- а) організація однобічного руху транспортного потоку по вулиці Святоволодимирівській;
- б) розробка маршруту відведення частки потоку на перехрестя вулиць Космічної та Броньової;
- в) розробка інформаційного забезпечення учасників дорожнього руху в нових умовах;
- г) перевірка роботи перехрестя вулиці Космічної з вулицями Святоволодимирівська та Броньова в нових умовах;
- д) складання схеми організації руху в нових умовах.

## 2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

### 2.1 Розробка маршруту відведення транспортного потоку від перехрестя

#### 2.1.1 Реалізація відведення частки транспортного потоку з вулиці Святоволодимирівської

Для вирішення проблеми підвищення безпеки руху на перехресті вулиць Космічної та Святоволодимирівської пропонується відвести частину транспортного потоку з вулиці Святоволодимирівської на перехрестя вулиць Космічної та Броньової.

Основною причиною ДТП на перехресті вулиць Космічної та Святоволодимирівської є складність рельєфу перехрестя. Це призводить до недостатньої видимості при виїзді з вулиці Святоволодимирівської на вулицю Космічну. Тому пропонується повністю відмовитися від цього напрямку руху на перехресті та перенаправити транспортний потік на інше перехрестя, де цей напрямок не створюватиме таких суттєвих проблем.

Для здійснення цього рішення пропонується рух вулицею Святоволодимирівською зробити однобічним в напрямку від вулиці Космічної.

Транспортний потік, що переноситься, формується на вулицях Культурній та Індустріальній. Вивчення інтенсивностей руху вказують на невеликі обсяги транспортного потоку, що відводиться. Згідно даних п. 1.3.1 даної пояснювальної записки інтенсивність складає менше 40 приведених одиниць. Розподіл їх по вулицям формування наступний – 80 % транспорту прибуває з вулиці Культурної, а 20 % транспорту – з вулиці Індустріальної.

На рисунках 2.1, 2.2 та на слайдах 11, 12 наведені схеми відведення транспортних потоків від вулиці Святоволодимирівської.



Рисунок 2.1 - Схема відведення транспортного потоку від вулиці  
Святоволодимирівської з боку вулиці Індустріальної

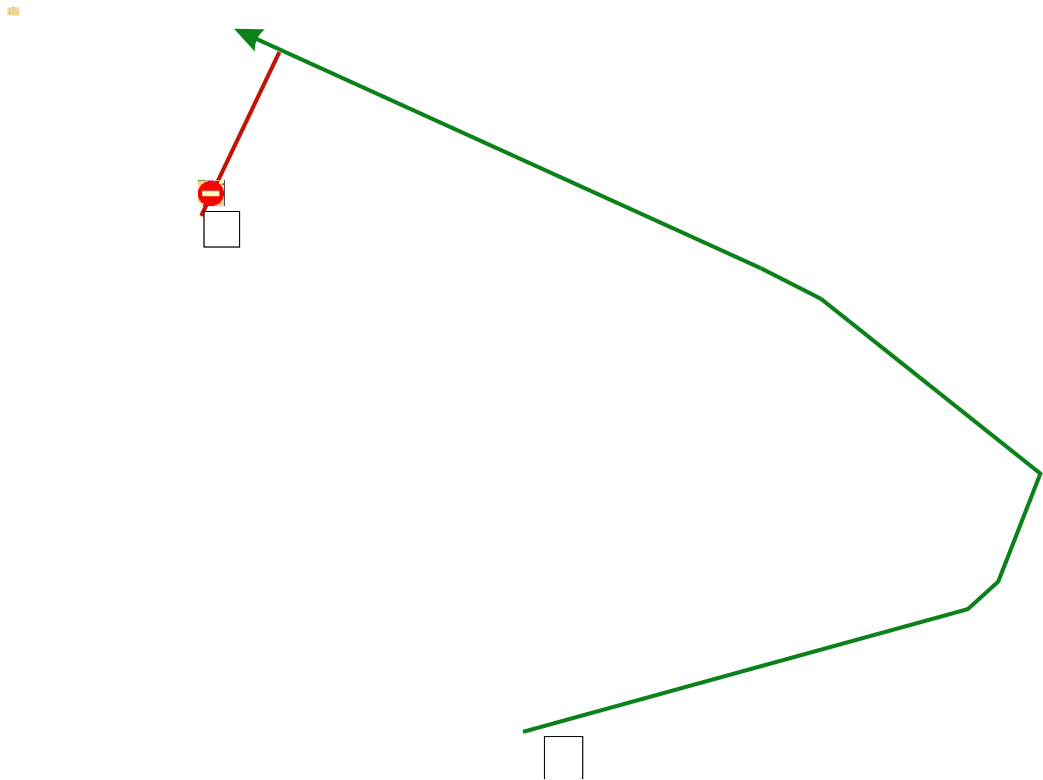


Рисунок 2.2 - Схема відведення транспортного потоку від вулиці  
Святоволодимирівської з боку вулиці Культурної

### 2.1.2 Використання дорожніх знаків індивідуального проєктування

Для реалізації відведення транспортного потоку дуже важливим є якісне інформування водіїв про нові умови руху. В цьому сенсі доцільно крім стандартних дорожніх знаків розробити знаки індивідуального проєктування, які б наочно демонстрували зміни в організації руху.

В Україні всі типові знаки відповідають вимогам міжнародної Конвенції «Про дорожні знаки і сигнали». Але ж деякі інформаційно-вказівні знаки можуть мати зміст індивідуального характеру. Такі знаки називають знаками індивідуального проєктування. Вони інформують водіїв про напрямки руху або відстані до конкретних об'єктів, що знаходяться на маршруті слідування, позначають початок та кінець населеного пункту, найменування об'єкту, тощо.

Для реалізації відведення частки транспортного потоку пропонується встановити два індивідуально розроблені знаки для покращення поінформованості водіїв про нові умови руху.

На рисунку 2.3 та на слайді 13 представлені запропоновані знаки індивідуального проєктування.

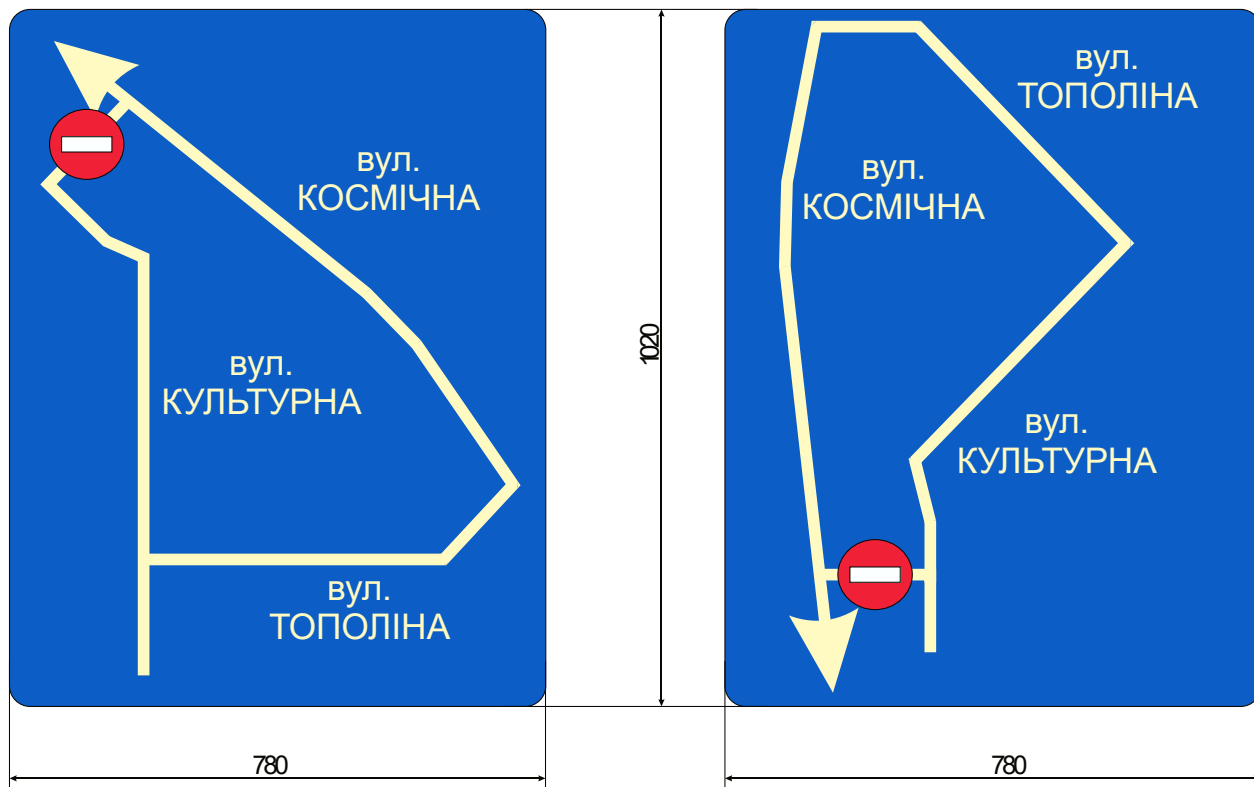


Рисунок 2.3 – Знаки індивідуального проєктування

## 2.2 Реалізація односторонньої схеми руху вулицею Святоволодимирівською

### 2.2.1 Особливості організації односторонньої схеми руху

Організація одностороннього руху на дорогах міста є ефективним організаційно-технічним заходом, який сприяє покращенню умов дорожнього руху та зменшенню аварійності. Така організація руху знайшла широке застосування у світовій та вітчизняній практиці.

Якщо є дві паралельні вулиці або дороги або пробіг транспортного засобу незначний, можна організувати односторонній рух. Така система дає змогу збільшити пропускну здатність та збільшити швидкість руху на дорогах.

Нині при розробці планів розвитку та реконструкції вулично-дорожньої мережі, а також при вирішенні питань організації дорожнього руху, як правило, використовується односторонній рух, що певною мірою сприяє вирішенню проблем

У більшості випадків однобічний рух запроваджується на вузьких вулицях із шириною проїзної частини 6-9 м, що, окрім покращення умов руху, дає можливість паркувати автомобілі вздовж узбіччя [2].

Широке поширення однобічного руху на міських вулицях і дорогах пояснюється його численними перевагами перед двобічним.

При однобічному русі збільшується пропускна спроможність вулиць, спрощуються схеми організації дорожнього руху, особливо на перехрестях, де перетинаються транспортний і пішохідний потоки, ефективніше використовуються всі смуги руху, зменшується кількість дорожньо-транспортних пригод та тяжкість їх наслідків. Нарешті, поліпшення умов і підвищення безпеки руху дає конкретний економічний ефект.

Збільшення реальної пропускної здатності на дорогах з однобічним рухом пов'язане з більш повним і ефективним використанням ширини проїзної частини, смуг руху, особливо з їх непарною кількістю, а також збільшенням швидкості до максимально допустимих меж. Важливе значення тут має удосконалення та спрощення схем організації та регулювання руху на перехрестях, які мають значний вплив на загальну пропускну здатність вулиці. Результати дослідження ефективності організації однобічного руху показують, що пропускна здатність вулиць із запровадженням однобічного руху збільшується на 25-50%, знімається багато обмежень, кількість затримок зменшується, що зменшує час руху і збільшує його швидкість [2].

Організація однобічного руху на системі доріг іноді призводить до зменшення інтенсивності в одному напрямку, і навпаки до збільшення інтенсивності в протилежному напрямку, що пов'язано з перерозподілом транспортного потоку. При цьому загальна кількість транспорту на цих вуличних системах, як правило, збільшується або залишається незмінною.

Збільшення інтенсивності руху, ймовірно, пов'язане зі збільшенням пропускної здатності вулиць і доріг.

Із запровадженням однобічного руху збільшується кількість смуг руху в одному напрямку, особливо при скасуванні паркування, що сприяє чіткому розподілу автомобілів по смугах за швидкісними даними.

На перехрестях вулиць з однобічним рухом схема організації дорожнього руху дуже проста, легко здійснити поворот ліворуч, який відбувається без перешкод для руху транспортних засобів прямого та зустрічного руху. В результаті скорочується час виїзду з перехрестя, що дозволяє підвищити ефективність систем контролю, зменшити затримки та збільшити пропускну здатність перехрестя.

Перехід на однобічний рух призводить до зменшення кількості дорожньо-транспортних пригод на 18-60 % навіть при одночасному збільшенні інтенсивності руху [2].

Поряд з перерахованими вище позитивними якостями організації однобічного руху є і деякі недоліки.

Так, із запровадженням однобічного руху можливе подовження маршруту руху певної частки транспортного потоку та пов'язане з цим виникнення відповідних перепробігів автомобілів. В результаті час подорожі збільшується.

У деяких випадках після початкового запровадження однобічного руху аварійність на таких дорогах збільшується. Це пов'язано, по-перше, з незвичайним напрямком руху, особливо для пішоходів, які переходять дорогу з лівого боку тротуару в напрямку руху, по-друге, з незвичними та більш небезпечними умовами переходу в разі наявності широкої проїжджої частини, коли пішохід позбавлений можливості чекати можливості переходу на острівці безпеки. Після того, як пішоходи звикнуть до нової організації дорожнього руху, кількість дорожньо-транспортних пригод зменшується і стає меншою, ніж у звичайній системі двобічного руху [2].

З метою покращення умов та підвищення безпеки руху запровадження однобічного руху на дорогах має передбачати виконання низки організаційно-технічних заходів з урахуванням особливостей руху транспортних засобів та

пішоходів. Поінформованість учасників дорожнього руху при введенні одnobічної схеми руху може значно зменшити початкову можливу аварійність, характерну для таких вулиць.

Одним із головних завдань є забезпечення безпечних умов перетину доріг з одnobічним рухом.

Для підвищення безпеки руху лівий тротуар потрібно відділяти від проїзної частини огорожею. Необхідність огорожі визначається шириною тротуару та інтенсивністю пішохідного руху, коли пішоходи залишають тротуар і починають рух по вулиці. На підставі проведених досліджень рекомендовано використовувати тротуарні огорожі з шириною тротуару 1,5, 2,25 та 3,0 м та інтенсивністю пішохідного руху понад 500, 1200, 1900 осіб/год [2].

Для успішного функціонування цієї системи руху необхідно обладнати дороги відповідними дорожніми знаками, а також розміткою.

Всі перераховані вище моменти дозволяють запропонувати використовувати одnobічну схему руху по вулиці Святоволодимирівській. На ділянці від вулиці Космічної до вулиці Індустріальної рух по дорозі стане повністю одnobічним.

Слід зазначити, що через практичну відсутність пішохідного руху та відсутність маршрутного пасажирського руху на ділянці запровадження одnobічної схеми не має звичних для неї недоліків.

### 2.2.2 Розрахунок перепробігів автомобілів за нових умов

Для визначення перепробігу автотранспорту після введення одnobічного руху по вулиці Святоволодимирівській необхідно врахувати всі автомобілі, які прямують на вулицю Космічну через вулицю Святоволодимирівську. Інтенсивність цього транспортного потоку становить менше 40 одиниць на годину в піковий період доби.

Об'їзд закритої ділянки буде здійснюватися за схемами, які наведені на рисунках 2.1 та 2.2 Згідно розподілу транспортних потоків по вулицях, вважаємо, що з вулиці Індустріальної приїздить 8 од/год, а з вулиці Культурної – 32 од/год.

У першому випадку перепробіг буде складати рух вулицями Культурною, Тополиною та Космічною до перехрестя з вулицею Святоволодимирівській. У другому випадку перепробіг буде складатися з різниці довжини попередньо зазначеної ділянки та довжини ділянки по вулиці Культурна. В таблиці 2.1 наведені фактичні відстані руху по ділянках об'їзного маршруту.

Таблиця 2.1 – Відстані руху при об'їзді

| № | Ділянка                                                                                  | Довжина, м |
|---|------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 1 | вул. Індустріальна від перехрестя з вул. Святоволодимирівською до вул. Культурної        | 20         |
| 2 | вул. Культурна від вул. Індустріальної до перехрестя з вул. Тополина                     | 180        |
| 3 | вул. Тополина від перехрестя з вул. Культурною до перехрестя з вул. Космічною            | 100        |
| 4 | вул. Космічна від перехрестя з вул. Тополиною до перехрестя з вул. Святоволодимирівською | 330        |

Отже, згідно даних таблиці 2.1, перепробіг з вулиці Індустріальної складе 630 м, а перепробіг з вулиці Культурної складе 430 м.

Сумарний річний перепробіг автомобілів при здійсненні одnobічного руху по вулиці Святоволодимирівській за рік розраховується за формулою, авто·км/рік:

$$L_{np} = 365 \cdot 16 \cdot n \cdot \bar{l}, \quad (2.1)$$

де  $n$  – кількість автомобілів, що прагнуть потрапити до об'єктів на маршруті відведення;

$l$  - середня довжина перепробігу автомобіля, км.

$$L_{np} = 365 \cdot 16 \cdot (32 \cdot 0,43 + 8 \cdot 0,63) = 109792 \text{ авт} \cdot \text{км/рік.}$$

### 2.3 Оцінка складності перехрестя в нових умовах руху

Для вивчення різниці в безпеці руху при існуючій організації та при введенні схеми однобічного руху можна розглянути складність перехрестя вулиць Космічної та Святоволодимирівської за п'ятибальною системою з використанням конфліктних точок.

Типи конфліктних точок показано на рисунку 2.4.

Точки конфлікту – це місця на вуличній мережі, де взаємодіють потоки транспорту.

Характеристикою кожної точки конфлікту є не тільки потенційний ризик зіткнення транспортних засобів, але й потенціал затримки цих транспортних засобів.

Кількість конфліктних точок визначається наявними чи дозволеними напрямками руху та кількістю смуг руху.

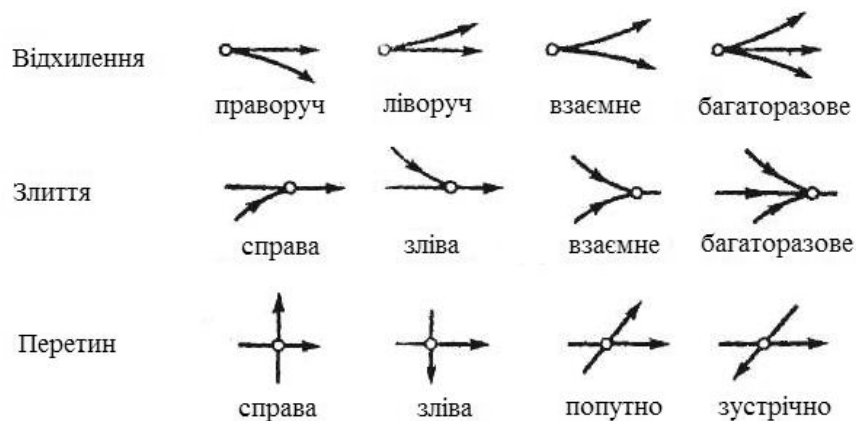


Рисунок 2.4 - Класифікація конфліктних точок

Конфліктні точки на перехресті вулиць Космічної та Святоволодимирівської визначені на рисунку 2.5.

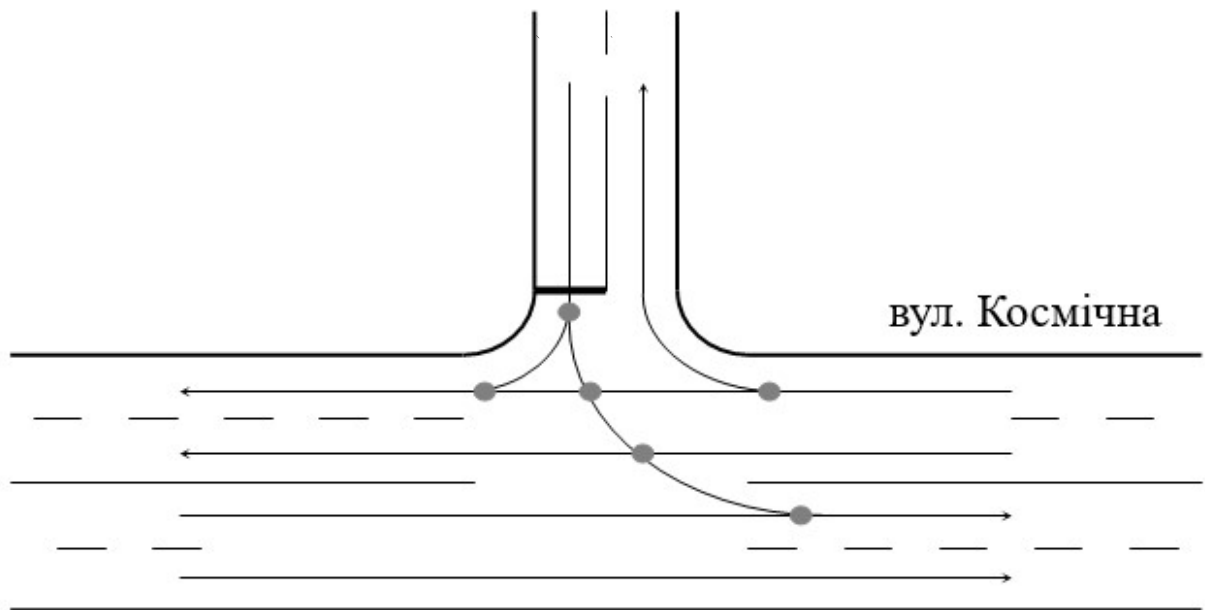


Рисунок 2.5 – Наявні конфліктні точки на перехресті

Для порівняльної оцінки складності та потенційного ризику транспортних вузлів використовується декілька систем умовних показників.

Типова п'ятибальна система оцінювання:

- відхилення - 1 бал;
- злиття - 3 бали;
- перетин - 5 балів.

Індекс складності перехрестя розраховується за формулою [3]:

$$m = n_6 + 3n_3 + 5n_n, \quad (2.2)$$

де  $n_6$ ,  $n_3$ ,  $n_n$  – кількість точок відхилення, злиття та перетину відповідно.

Транспортний вузол вважається простим, якщо  $m < 40$ ; середньої складності, якщо  $m = 40 \dots 80$ ; при  $m = 80 \dots 150$  – складним; дуже складним, якщо  $m > 150$  [3].

Після запровадження схеми однобічного руху по вулиці Святоволодимирівській кількість конфліктних точок на перехресті зменшиться, що видно з рисунку 2.6.

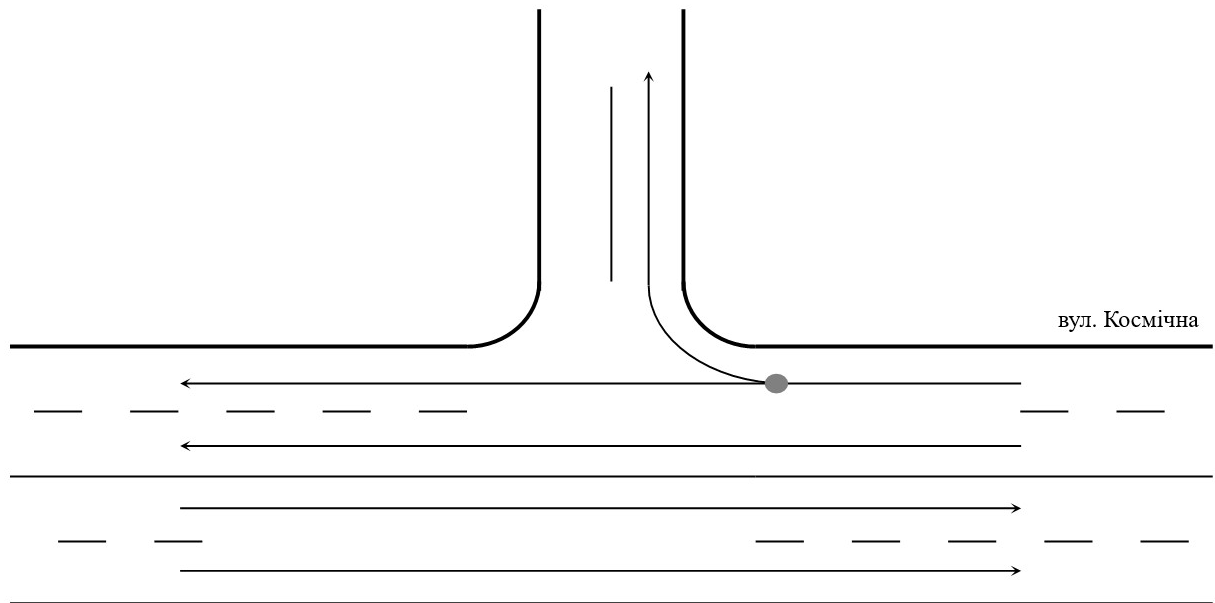


Рисунок 2.6 – Визначення конфліктних точок на перехресті при однобічній схемі руху

Фактично перехрестя вулиць Космічної та Святоволодимирівської стає практично безконфліктним.

Розрахунок складності перехрестя в існуючих і нових умовах наведено в таблиці 2.2

Таблиця 2.2 - Розрахунок складності перехрестя вулиць Космічної та Святоволодимирівської

| № | Схема руху | Кількість конфліктних точок |        |          | m  |
|---|------------|-----------------------------|--------|----------|----|
|   |            | відхилення                  | злиття | перетину |    |
| 1 | двобічна   | 2                           | 2      | 2        | 18 |
| 2 | однобічна  | 1                           | 0      | 0        | 1  |

Відтак, введення схеми однобічного руху зменшує складність перехрестя вулиць Космічної та Святоволодимирівської в 18 разів.

#### 2.4 Організація дорожнього руху на перехресті вулиць Космічної та Святоволодимирівської в нових умовах

Для впровадження однобічної схеми руху необхідно виконати певні зміни в напрямках руху та розташуванні дорожніх знаків.

Для позначення однобічного руху будемо використовувати інформаційно-вказівні дорожні знаки 5.5, 5.6 та 5.7.1, які зображені на рисунках 2.7-2.8.



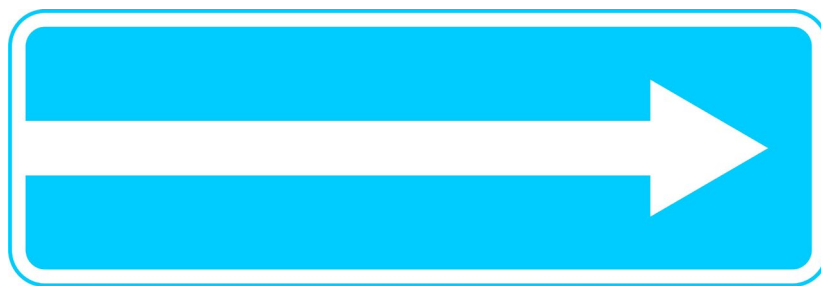
5.5 – Дорога з однобічним рухом



5.6 – Кінець дороги з однобічним рухом

Рисунок 2.7 – Дорожні знаки для організації однобічного руху

Знак 5.5 повинно бути встановлено на початку вулиці Святоволодимирівської з боку перехрестя з вулицею Космічної. Знак 5.6 встановлено перед перехрестям вулиць Святоволодимирівської та Індустріальної.



5.7.1 – Виїзд на дорогу з однобічним рухом

Рисунок 2.8 – Дорожній знак для позначення в'їзду на дороги з однобічним рухом

Знак 5.7.1 повинно бути встановлено по вулиці Космічній до перехрестя з вулицею Святоволодимирівською.

Крім вищевказаних знаків, забороняється в'їзд з вулиці Індустріальної на ділянку вулиці Святоволодимирівської з однобічним рухом за допомогою використання заборонних знаків 3.21, 3.22 та 3.23.

Знак 3.21 «В'їзд заборонено» розташовується на початку ділянки з однобічним рухом відразу за перехрестям вулиці Святоволодимирівської з вулицею Індустріальною.

Знаки 3.22 «Поворот праворуч заборонено» та 3.23 «Поворот ліворуч заборонено» встановлюються по вулиці Індустріальній на під'їздах до перехрестя з вулицею Святоволодимирівською.

Нова схема організації руху на перехресті вулиць Космічної та Святоволодимирівської наведена на рисунку 2.9 та на слайді 14.

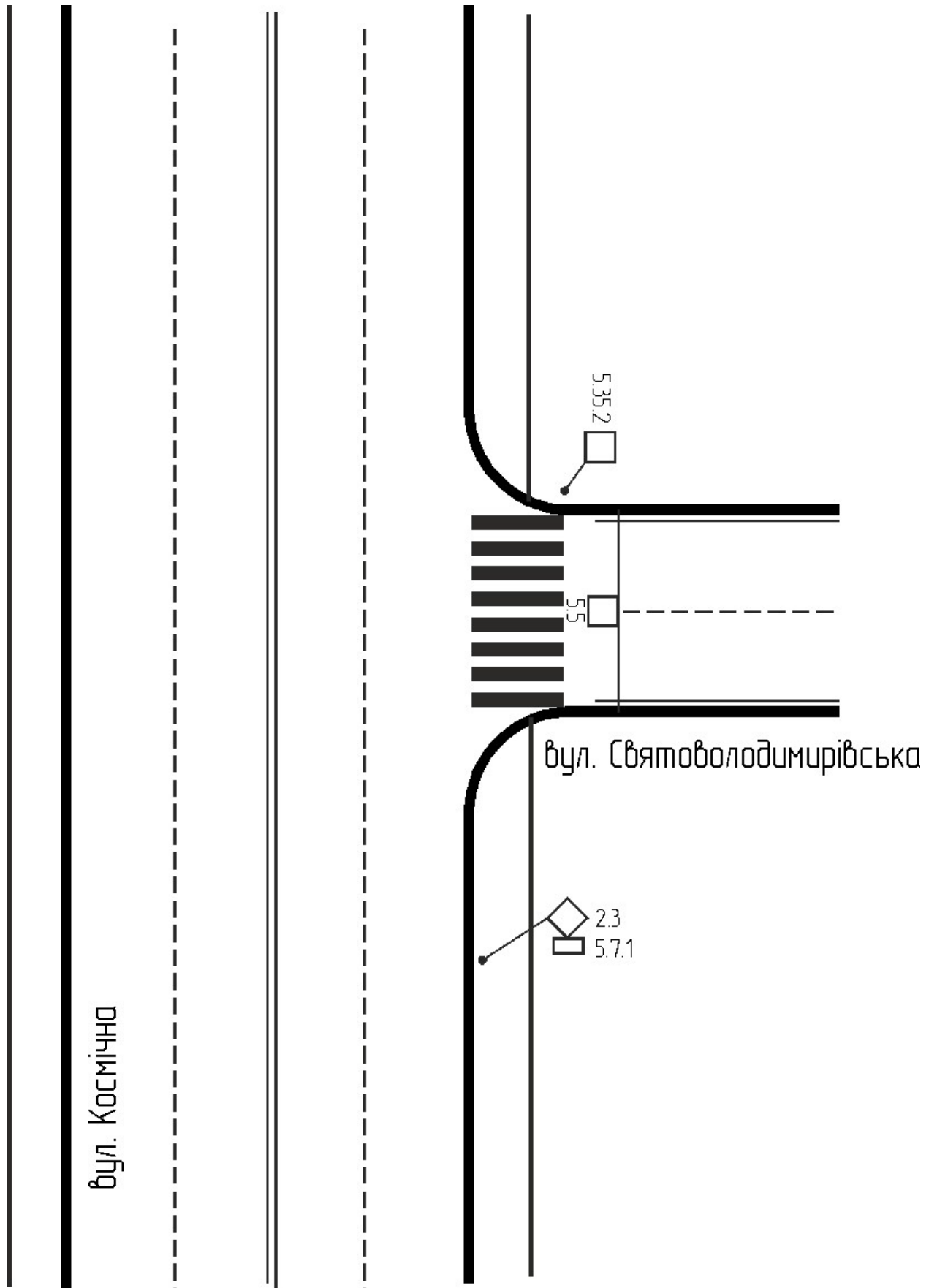


Рисунок 2.9 – Нова схема організації руху на перехресті

## 2.5 Організація дорожнього руху на перехресті вулиць Космічної та Броньової

Організація однобічного руху ділянкою вулиці Святоволодимирівської передбачає переведення частки потоку на перехрестя вулиць Космічної та Броньової. Тобто до існуючого руху на перехресті додається ще 40 приведених одиниць транспортних засобів, які будуть здійснювати поворот ліворуч з вулиці Тополина на вулицю Космічну. Тому потрібно перевірити, як це може вплинути на існуючу схему організації руху на перехресті.

Перехрестя вулиць Космічної, Броньової та Тополиної являє собою хрестоподібне перехрестя в одному рівні. Перехрестя має примусове регулювання за допомогою світлофорного об'єкту.

У нових умовах організації руху необхідно розрахувати елементи світлофорного циклу.

Матриця конфліктів транспортних напрямків є квадратною матрицею, елемент  $B_{ij}$  якої дорівнює відстані від Стоп-лінії транспортного напрямку  $i$  до найдальшої точки конфлікту цього напрямку, з траєкторіями, що входять до напрямку  $j$  [5].

Значення елементів матриці конфліктів залежать від наступних факторів:

- а) геометричні параметри перетину;
- б) розподіл траєкторій за напрямками.

Для побудови матриці конфліктів  $B$  розглядається масштабована схема точок конфліктів, яка наведена на рисунку 2.10.

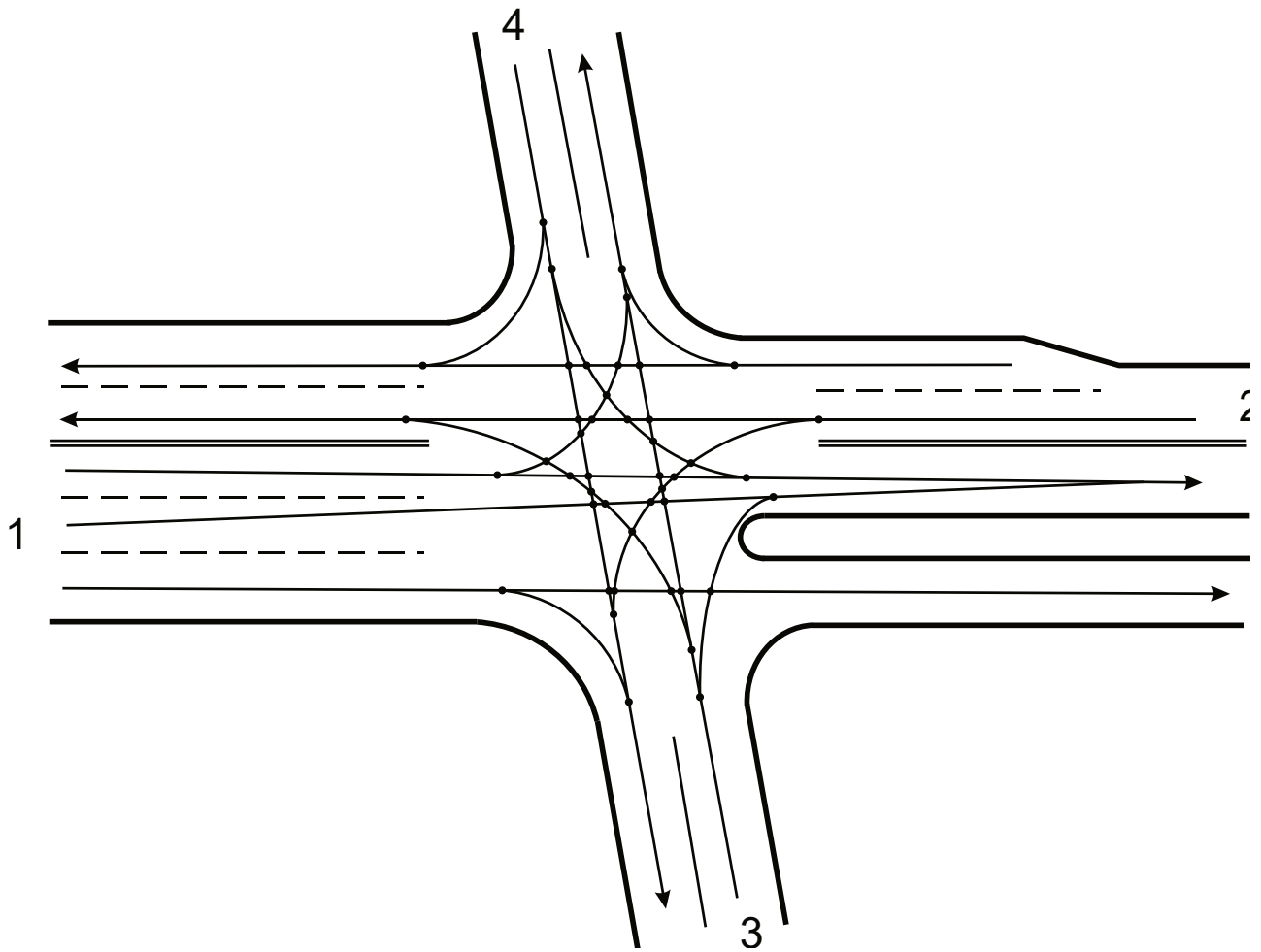


Рисунок 2.10 – Схема розташування конфліктних точок на перехресті вулиць Космічної та Броньової

Матриця конфліктів розраховується за формулою [5]:

$$B_{ij} = B_{\text{стоп-світ}} + B_{\text{світ-пч}} + B_{\text{траєктор}}, \quad (2.3)$$

де  $B_{\text{стоп-світ}}$  – відстань від Стоп-лінії до світлофора ( $B_{\text{стоп-світ}} = 3$  м [5]);

$B_{\text{світ-пч}}$  – відстань від світлофора до краю дороги в напрямку перехрестя ( $B_{\text{світ-пч}} = 1$  м [5]);

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

Щоб уникнути помилок і непорозумінь, рекомендується дотримуватися наступних правил формування схем міжфазного поділу [5].

Правило перше. На перехрестях з усіх боків позначаються смуги і стоп-лінії, а також пішохідні переходи.

Правило друге. Всі можливі траєкторії транспортних засобів повинні бути позначені стрілками. Повинно бути визначено конфліктні точки та їх види.

Принцип 2.1. За винятком 2.1, траєкторії, що в'їжджають на перехрестя через ту саму стоп-лінію, не повинні мати конфліктів 2-го та 3-го порядку одна з одною.

Виняток 2.1. Якщо це викликано звуженням ширини проїзної частини, то воно не вважається точкою конфлікту другого порядку при виїзді з перехрестя між траєкторіями, які залишають одну стоп-лінію.

Правило третє. Траєкторії об'єднуються в напрямки.

Принципи 3.1. Одна і та ж траєкторія може входити тільки до одного напрямку.

Принципи 3.2. Траєкторії, що виходять з однієї смуги перед стоп-лінією, повинні бути разом в одному напрямку. Траєкторії, для яких цей принцип не може бути виконаний, відкидаються.

Принцип 3.3. Траєкторії, задіяні в напрямку, не можуть бути конфліктними, за винятком винятку 2.1.

Принцип 3.4. У певний напрямок можуть бути включені лише траєкторії, які входять на перехрестя через певну одну стоп-лінію.

Правило четверте. Напрямки об'єднуються у фази регулювання.

Принцип 4.1. За винятком 2.1, 4.1, 4.2, напрямки, введені у фазу, не можуть мати конфліктів другого та третього порядку.

Винятки 4.1. Напрямок повороту праворуч або траєкторія повороту праворуч в рамках певного напрямку з інтенсивністю руху до 120 од/год не є конфліктним.

Винятки 4.2. Дозволяється не враховувати конфлікт траєкторії повороту ліворуч з пішохідним напрямком у складі напрямку з інтенсивністю руху праворуч до 120 од./год, по якому пішоходи перетинають проїжджу частину, на яку виконується поворот з інтенсивністю до 900 піш/год, а а також із зустрічним напрямком, за винятком призначених лівих поворотів, регульованих додатковою секційною стрілкою.

Схеми поділу фаз на перехресті вулиць Космічної та Броньової наведені на рисунку 2.11.



Рисунок 2.11 – Схема поділу фаз на перехресті вулиць Космічної і Броньової

Слід зазначити, що відведення транспортного потоку з вулиці Святоволодимирівської на перехрестя Космічної та Броньової не вплине на схему поділу напрямків руху в фазах регулювання.

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

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

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

Перехідні інтервали розраховуються за формулою [5]:

$$t_{\partial_i} = t_p + \frac{V_k}{2a^k} + \frac{B_i + l_a}{V_k} \quad , (2,4)$$

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

$V_k$  – швидкість координації, м/с;

$a^k$  – уповільнення м/с<sup>2</sup>;

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

$l_a$  – довжина автомобіля, м.

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

Фазовий коефіцієнт розраховується за формулою [5]:

$$y_j^i = \frac{N_j^i}{M_j} \quad (2.5)$$

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

$M_j$  – потік насичення певного напрямку, од./год.

Сума фазових коефіцієнтів розраховується за формулою [5]:

$$Y = \sum y_{\max}^i. \quad (2.6)$$

Цикл регулювання розраховується за формулою [5]:

$$T_k = \frac{1,5 \cdot L_k + 5}{1 - Y}, \quad (2.7)$$

де  $L_k$  – втрачений час у циклі, що розраховується за формулою [5]:

$$L_k = \sum_{j=1}^m (t_{\partial j} - 1). \quad (2.8)$$

Тривалість основних тактів розраховується за формулою [5]:

$$\bar{t}_3^m = \frac{\bar{y}^m}{\bar{Y}} (\bar{T} - \bar{L}) - 1, \quad (2.9)$$

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

Коригуючий коефіцієнт розраховується за такою формулою [5]:

$$k_1 = \frac{\frac{B}{V_n} + 5 - t_q^i}{t_3^i}, \quad (2.10)$$

$$k_2 = \frac{7}{t_3^i}, \quad (2.11)$$

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

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

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

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

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

Результати розрахунків на ЕОМ наведені в таблиці 2.3.

На рисунку 2.12 показано схему розміщення елементів світлофорного об'єкта на перехресті вулиць Космічної та Броньової.

На рисунках 2.13, 2.14 та на слайді 15 наведено параметри роботи світлофорного об'єкта на перехресті вулиць Космічної та Броньової. Для цього ж перехрестя на рисунку 2.15 показано схему організації дорожнього руху.

Таблиця 2.3 - Результат розрахунку циклу світлофорного регулювання на перехресті вулиць Космічної та Броньова

|                                           |       |    |
|-------------------------------------------|-------|----|
| Тривалість, с                             |       |    |
| Інтервал переходу між фазами              | 1 і 2 | 15 |
|                                           | 2 і 1 | 9  |
| Тривалість циклу регулювання - 74 секунди |       |    |
| Основний такт                             | 1     | 29 |
|                                           | 2     | 21 |

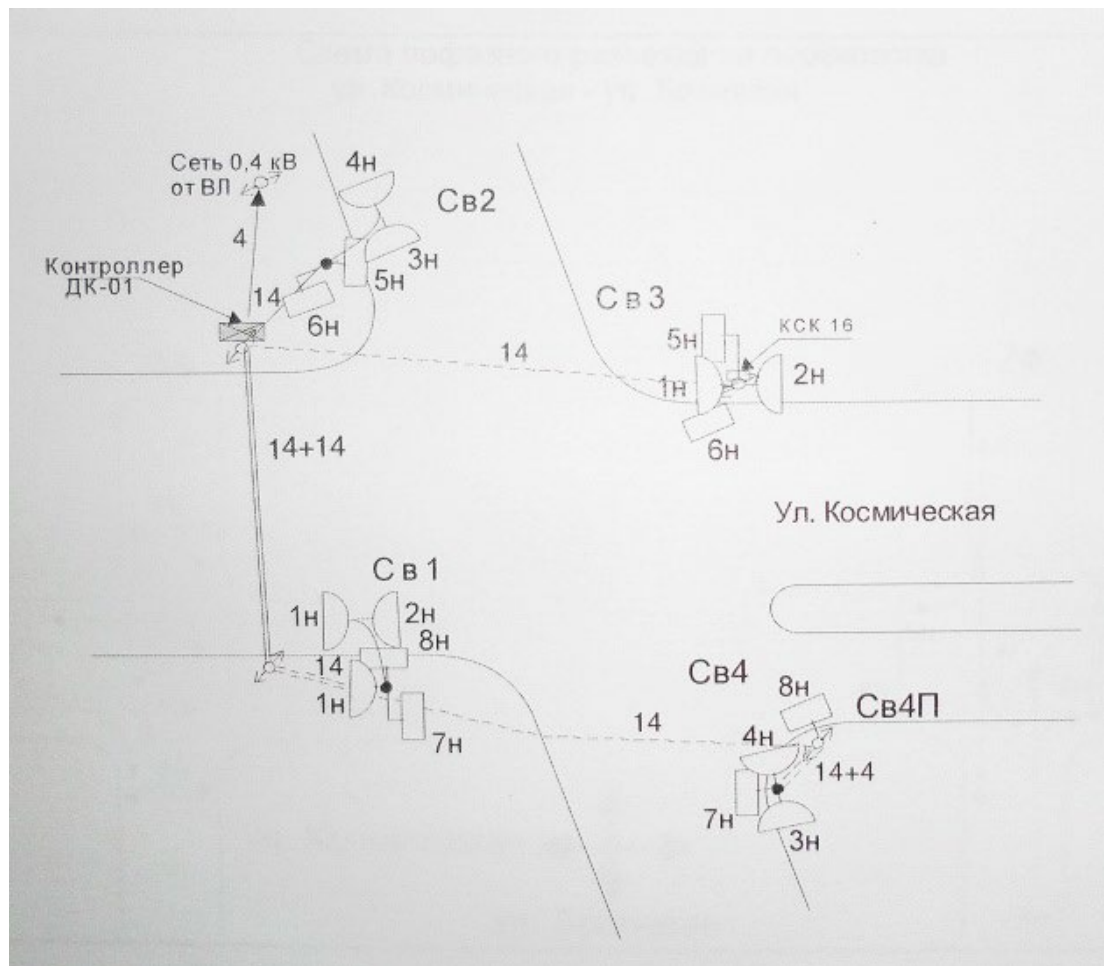


Рисунок 2.12 - Схема розташування елементів світлофорного об'єкта на перехресті вулиць Космічної та Броньової

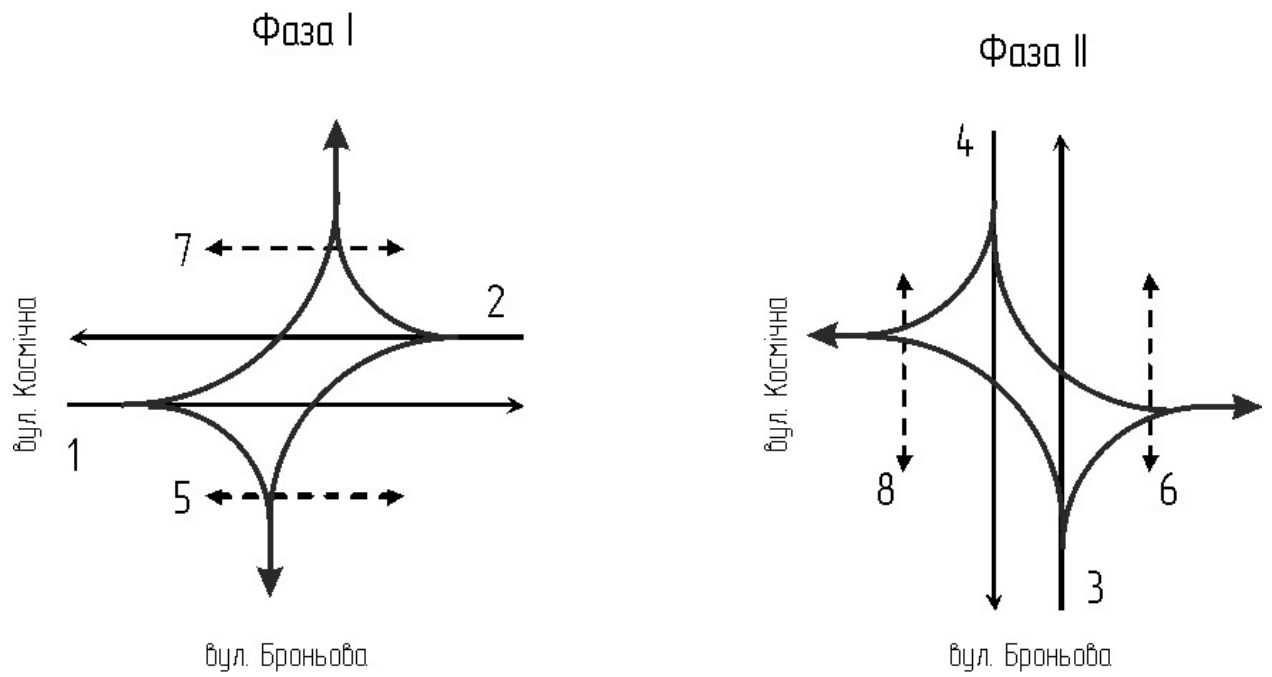


Рисунок 2.13 – Схема пофазового роз’їзду на перехресті вулиць Космічної і Броньової

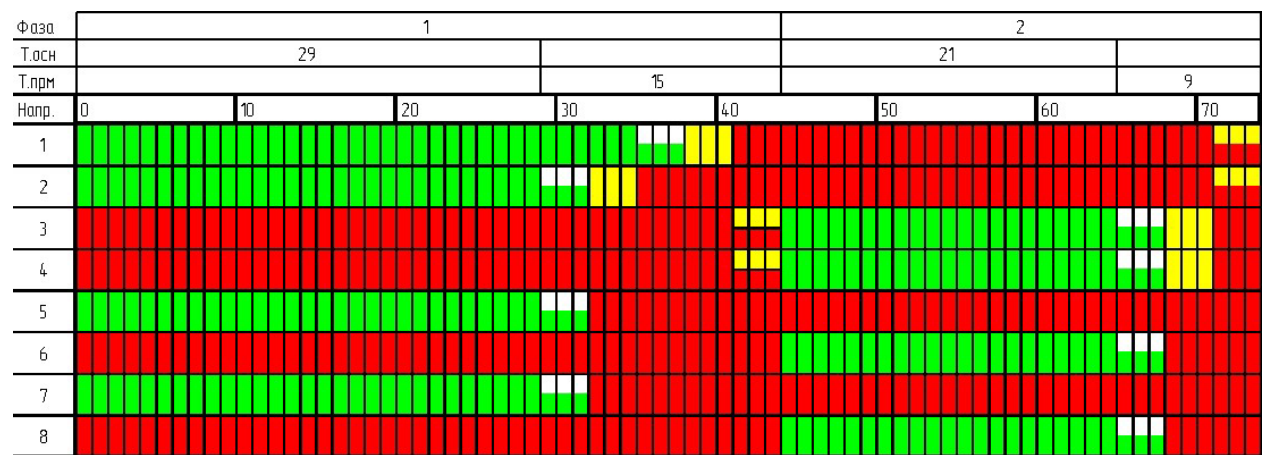


Рисунок 2.14 – Циклограма роботи світлофорів на перехресті вулиць Космічної і Броньової

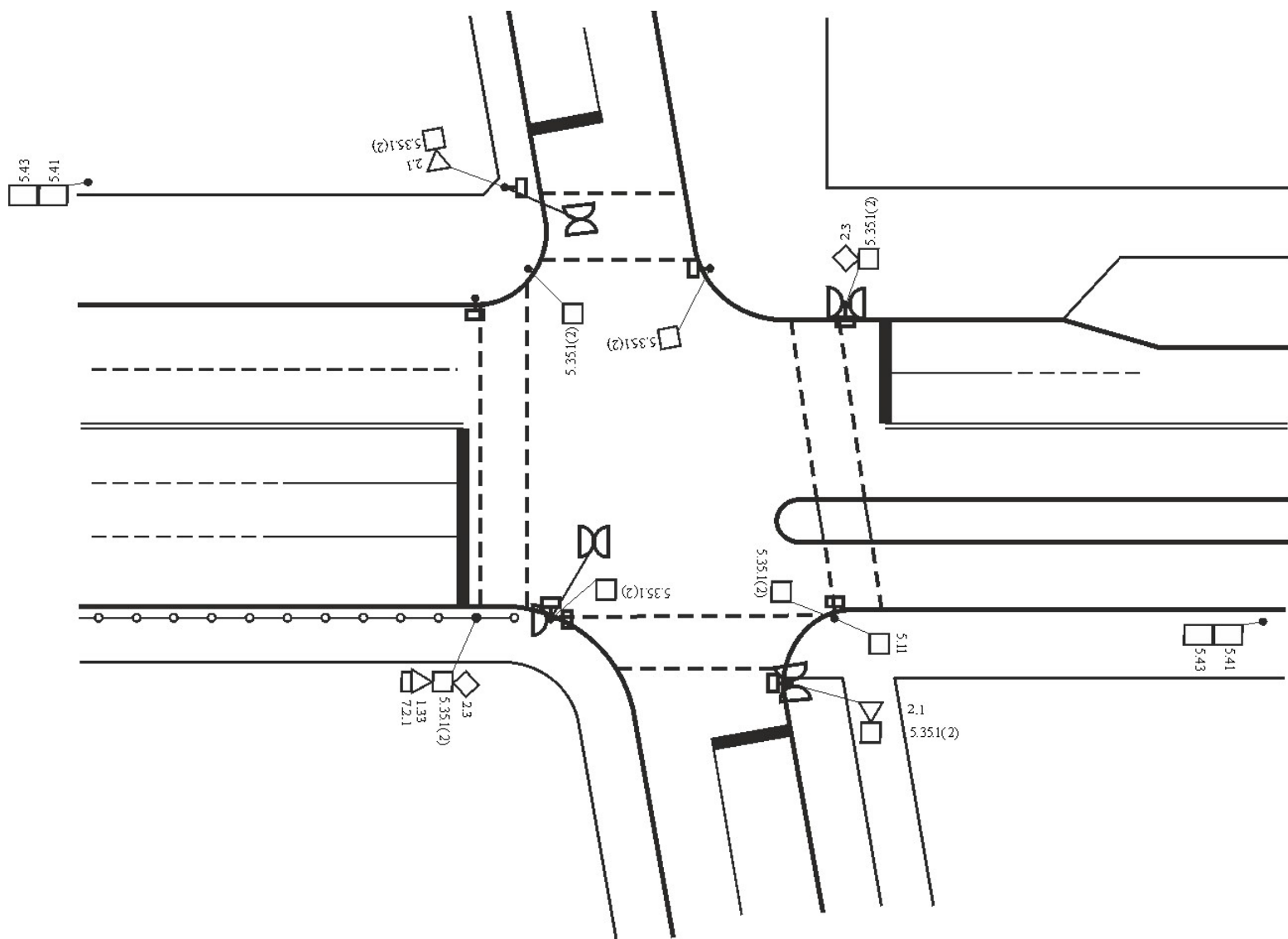


Рисунок 2.15 – Схема організації руху на перехресті вулиць Космічної і Броньової

### 3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

В магістерській роботі розглядається удосконалення організації та підвищення безпеки руху на перехресті вулиць Космічної та Святоволодимирівської. Це удосконалення виконується за допомогою введення одnobічного руху на перегоні вулиці Святоволодимирівської між перехрестями з вулицею Космічною та вулицею Індустріальною. Також виконується відведення частки транспортного потоку на перехрестя вулиць Космічної та Броньової. Економічну ефективність плануємо досягти за рахунок підвищення безпеки руху та зменшення транспортних затримок.

Інвестиції передбачаються тільки на виготовлення та встановлення нових дорожніх знаків.

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

$$K_{zn} = C_{zn} + C_{вст.зн} . \quad (3.1)$$

Витрати на встановлення дорожніх знаків можливо визначити так:

$$C_{вст.зн} = C_{Izn} \cdot n_{zn}, \quad (3.2)$$

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

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

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

Таблиця 3.1 – Кількості та вартості дорожніх знаків

| Знак<br>№ | Знаки, які варто придбати |                 |                  |
|-----------|---------------------------|-----------------|------------------|
|           | Кількість одиниць         | Ціна за одиницю | Вартість одиниці |
| 3.21      | 1                         | 951             | 951              |
| 3.22      | 1                         | 951             | 951              |
| 3.23      | 1                         | 951             | 951              |
| 5.5       | 1                         | 951             | 951              |
| 5.6       | 1                         | 951             | 951              |
| 5.7.1     | 1                         | 471             | 471              |
| 5.55      | 2                         | 1344            | 2688             |
| Разом     | 8                         |                 | 7914             |

$$C_{вст.зн} = 361 \cdot 8 = 2888 \text{ грн.}$$

$$K_{зн} = 7914 + 2888 = 10802 \text{ грн.}$$

Для перевірки доцільності впровадження заходів за новою схемою організації руху потрібно розрахувати експлуатаційні витрати технічних засобів. Як правило, вартість їх експлуатації визначається за формулою [6]:

$$C_{експл} = C_p + C_a, \quad (3.3)$$

де  $C_p$  – витрати ремонт, утримання системного обладнання і експлуатацію технічних споруд, грн.;

$C_a$  – витрати на амортизацію технічних засобів, грн.

Витрати на ремонт і технічне обслуговування обладнання можливо визначити так [6]:

$$C_p = \frac{K_{\delta} \cdot n_p}{100}, \quad (3.4)$$

де  $K_{\delta}$  – інвестиції в технічні засоби, грн.;

$n_p$  – норма відрахувань на ремонт і технічне обслуговування обладнання, % ( $n_p = 5$  % [6]).

У нашому випадку інвестиції в технічні засоби складаються із інвестицій для придбання дорожніх знаків.

$$C_p = \frac{10802 \cdot 5}{100} = 540 \text{ грн.}$$

Амортизаційні витрати визначаються так [6]:

$$C_a = \frac{K_{\delta} \cdot n_a}{100}, \quad (3.5)$$

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

$$C_a = \frac{10802 \cdot 24}{100} = 2593 \text{ грн.}$$

Витрати на експлуатацію та обслуговування технічного обладнання:

$$C_{\text{експл}} = 540 + 2593 = 3133 \text{ грн.}$$

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

Таблиця 3.2 – Вартість розмітки

| Тип    | Одиниця вимірювання | Кількість одиниць | Ціна одиниці, грн | Вартість, грн |
|--------|---------------------|-------------------|-------------------|---------------|
| 1.1    | м <sup>2</sup>      | 1                 | 238,23            | 238,23        |
| 1.3    | м <sup>2</sup>      | 7,5               |                   | 1786,73       |
| 1.5    | м <sup>2</sup>      | 7,5               |                   | 1786,73       |
| 1.14.1 | м <sup>2</sup>      | 24                |                   | 5717,52       |
| Разом  |                     |                   |                   | 9529,20       |

Поточні витрати на нову схему управління трафіком складають:

$$C_{nom} = 3133 + 9530 = 12663 \text{ грн.}$$

Умовна річна економія  $E$  також отримана за рахунок зменшення затримок руху на перехрестях [6]:

$$E = 0,2(C_{tr}^p - C_{tr}^{np}) + \Delta C_{дтп} - C_{nom} - C_{np}, \quad (3.6)$$

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

$\Delta C_{дтп}$  - зменшення витрат від ДТП, грн..

$C_{np}$  – витрати на перепробіг транспортних засобів при введенні односторонньої схеми руху, грн.

Річні витрати, пов'язані із затримками транспортних засобів на перехрестях, розраховуються за формулою [6]:

$$C_{tr} = S \cdot Z, \quad (3.7)$$

де  $S$  – середня вартість машино-години, грн;

$Z$  – затримки автомобіля на рік, год.

Вартість години затримки для автомобілів різних типів наступна:

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

У таблиці 3.3 наведені дані про транспортний потік і значення затримок пасажирів на розглянутих перехрестях. Ці затримки були отримані з використанням спеціального програмного продукту, який був розроблений на кафедрі «Транспортні технології» Національного університету «Запорізька політехніка».

Таблиця 3.3 – Затримки транспортних потоків та пасажирів

| № | Перехрестя                         | Затримки, год          |                       | Вартість затримок, грн |                       |
|---|------------------------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|
|   |                                    | діюча<br>схема<br>руху | нова<br>схема<br>руху | діюча<br>схема<br>руху | нова<br>схема<br>руху |
| 1 | Космічна -<br>Святоволодимирівська | 6317                   | 0                     | 1592532                | 0                     |
| 2 | Космічна - Броньова                | 32044                  | 33114                 | 8078375                | 8348125               |
| 3 | Всього                             | 38361                  | 33756                 | 9670907                | 8348125               |

Визначаємо вартість збитків від ДТП за поточною схемою руху з урахуванням статистичних даних. За інформацією про кількість ДТП із різними видами тяжкості виконуємо розрахунки збитків від ДТП на перехресті [6]:

$$C_{\text{ДТП}}^{\text{існ}} = K_z \cdot C_z + K_n \cdot C_n + K_m \cdot C_m, \quad (3.8)$$

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

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

Кількість ДТП за останній рік:  $K_z = 0$ ,  $K_n = 0$ ,  $K_m = 1$ .

Значення збитків наступні:  $C_m = 100000$  грн.

$$C_{\text{ДТП}}^{\text{існ}} = 100000 \text{ грн.}$$

Фактичні збитки у дорожньо-транспортних пригодах після впровадження нової схеми руху отримуються через корегування збитків при діючій схемі організації руху за допомогою відповідних коефіцієнтів ефективності певних організаційних заходів. Коефіцієнти зменшення в залежності від задіяних заходів наведені в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 - Коефіцієнти зменшення збитків [5]

| Заходи, що передбачено виконати              | Коефіцієнт |
|----------------------------------------------|------------|
| відведення частки транспортного потоку       | 0,85       |
| встановлення дорожніх знаків                 | 0,15       |
| нанесення горизонтальної розмітки перехрестя | 0,23       |

Загальний коефіцієнт зменшення витрат від дорожньо-транспортних пригод можливо визначити так [5]:

$$\Delta k = 1 - (1 - k_1) (1 - k_2) (1 - k_3) \dots (1 - k_n). \quad (3.9)$$

$$\Delta k = 1 - (1 - 0,85) \cdot (1 - 0,15) \cdot (1 - 0,23) = 0,9$$

Після цього визначаємо зниження витрат від дорожньо-транспортних пригод так [6]:

$$\Delta C_{\text{ДТП}} = \Delta k \cdot C_{\text{ДТП}}^i. \quad (3.10)$$

$$\Delta C_{\text{ДТП}} = 0,9 \cdot 100000 = 90000 \text{ грн.}$$

Витрати на перепробіг розраховуються за формулою, грн.:

$$C_{np} = L_{np} \cdot R_n \cdot C_m / 100, \quad (3.11)$$

де  $L_{np}$  – довжина сумарного перепробігу транспортних засобів за рік,

км;

$R_n$  – середні витрати палива одним транспортним засобом, л/100 км;

$C_m$  – вартість 1 л палива, грн.

Довжина сумарного перепробігу транспортних засобів з причини введення однобічного руху розраховані в п. 2.2 і складають 109792 км.

Враховуючі, що в транспортному потоці присутні різні типи транспортних засобів, а легкові автомобілі складають абсолютну більшість, приймаємо середні витрати палива транспортним засобом за умов руху в міських режимах – 10 л/100 км.

Тоді, витрати на перепробіг автомобілів за рік:

$$C_{np} = 109792 \cdot 10 \cdot 30 / 100 = 329376 \text{ грн.}$$

Таким чином, річна економія становитиме:

$$E = 0,2(9670907 - 8348125) + 90000 - 12663 - 329376 = 12517 \text{ грн.}$$

З метою розрахунку ефективності інвестицій потрібно визначити величину чистого дисконтованого прибутку [6]:

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

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

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

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

$i$  – ставка дисконту, %;

$t$  – очікуваний строк окупності інвестицій.

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

Таблиця 3.5 – Розрахунок чистого дисконтованого прибутку

| Рік | Економія від впровадження нової ОДР, грн | Інвестиції, грн | Дисконтний коефіцієнт | Чистий дисконтований прибуток |
|-----|------------------------------------------|-----------------|-----------------------|-------------------------------|
| 0   | 12517                                    | 10802           | 1                     | 1 715                         |
| 1   | 11891                                    | -               | 0,8065                | 9 590                         |
| 2   | 11296                                    | -               | 0,6504                | 7 347                         |
| 3   | 10732                                    | -               | 0,5245                | 5 629                         |
|     |                                          |                 |                       | 24 281                        |

Таким чином, інвестиції окупаються вже на першому році. Започаткування нової схеми руху на перехресті вулиць Космічної та

Святоволодимирівської є економічно вигідним та забезпечує підвищення безпеки руху.

Загальні витрати, економія від реалізації нової схеми руху, термін окупності інвестицій та інші показники економічної ефективності роботи представлені в таблиці 3.6 та на слайді 17.

Таблиця 3.6 – Техніко-економічні показники

| Показник                                             | Значення         |                 |
|------------------------------------------------------|------------------|-----------------|
|                                                      | Діюча схема руху | Нова схема руху |
| 1. Капітальні інвестиції, грн.                       | -                | 10802           |
| 2. Витрати від ДТП, грн.                             | 100000           | 10000           |
| 3. Економія витрат на ДТП, грн.                      | -                | 90000           |
| 4. Поточні операційні витрати, грн.                  | -                | 12663           |
| 5. Витрати від затримок транспорту й пасажирів, грн. | 9670907          | 8348125         |
| 6. Економія від реалізації нової схеми руху, грн.    | -                | 12517           |
| 7. Чистий дисконтований прибуток, грн.               | -                | 24281           |
| 8. Термін окупності інвестицій, років                | -                | 1               |

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Питання, розглянуті в розділі з охорони праці магістерської роботи «Удосконалення організації руху автомобільного транспорту на перехресті вулиць Космічної та Святоволодимирівської м. Запоріжжя» стосуються аналізу потенційних небезпек, що можуть вплинути на дослідника. Для усунення цих небезпек запропоновані певні заходи

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

### Аналіз потенційних небезпек

До потенційних небезпек можуть входити:

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

Інші небезпеки розглянуті в додатку Б.

В додатку В запропоновані заходи по усуненню загальних небезпек та небезпек виробничої санітарії та гігієни праці.

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

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

## ВИСНОВКИ

Магістерська робота включає розробку заходів щодо покращення організації дорожнього руху та підвищення його безпеки на перехресті вулиць Космічної та Святоволодимирівської. У цьому напрямку вжито наступних заходів:

- рух по вулиці Святоволодимирівській на окремій її ділянці пропонується здійснювати за одnobічною схемою;

- частину транспортного потоку пропонується відвести від перехрестя вулиць Космічної та Святоволодимирівської;

- розроблено маршрут відведення руху від вулиці Святоволодимирівської;

- розроблено схему надання інформації учасникам дорожнього руху про нові умови;

- враховано загальний перепробіг транспортних засобів при запуску одnobічної схеми руху.

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

Застосування нової схеми організації руху зменшить затримки та витрати від ДТП майже на 100 тис. грн. Чиста дисконтована вигода введення нової схеми руху за три роки становить близько 25 тис. грн.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Офіційний сайт Запорізької міської ради. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://zp.gov.ua/uk/page/pasport-mista>
2. Клинковштейн Г.И. Организация дорожного движения: учебник для вузов / Г.И. Клинковштейн, М.Б. Афанасьев – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1990. - 207 с.
3. Гаврилов Е.В. Системологія на транспорті [Текст]: підручник у 5 кн. / Е.В. Гаврилов, М.Ф. Дмитриченко, В.К. Доля, О.Т. Лановий, І.Е. Линник, В.П. Поліщук; за заг. ред. М.Ф. Дмитриченка - Книга 4. Організація дорожнього руху – Київ: Знання України, 2007. - 452 с.
4. Карташов М.В. Імовірність, процеси, статистика / М.В. Карташов – Київ: ВПЦ Київський університет, 2007 – 504 с.
5. Кременец Ю.А. Технические средства организации дорожного движения / Ю.А. Кременец – М: Транспорт, 1990. – 255 с.
6. 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

## Швидкість руху на вул. Космічній

Таблиця А.1 – Швидкість руху, км/год

|    |    |    |
|----|----|----|
| 41 | 33 | 30 |
| 33 | 51 | 31 |
| 39 | 37 | 55 |
| 43 | 49 | 53 |
| 51 | 42 | 31 |
| 31 | 34 | 35 |
| 34 | 36 | 53 |
| 51 | 54 | 55 |
| 41 | 46 | 38 |
| 39 | 35 | 32 |
| 47 | 48 | 46 |
| 30 | 50 | 37 |
| 39 | 43 | 49 |
| 33 | 43 | 49 |
| 50 | 43 | 46 |
| 53 | 46 | 38 |
| 38 | 39 | 44 |
| 48 | 41 | 44 |
| 41 | 33 | 46 |
| 40 | 45 | 51 |
| 47 | 44 | 42 |
| 37 | 30 | 44 |
| 31 | 51 | 42 |
| 50 | 34 | 53 |
| 43 | 34 | 54 |
| 42 | 44 | 36 |
| 45 | 39 | 34 |
| 46 | 51 | 44 |
| 38 | 51 | 36 |
| 37 | 36 | 38 |
| 53 | 45 |    |
| 53 | 34 |    |
| 38 | 35 |    |
| 35 | 42 |    |
| 31 | 48 |    |

## ДОДАТОК Б

### Аналіз потенційних небезпек

Фізичне травмування дослідника під час збору статистичних даних транспортної ситуації на дільниці перехрестя підчас можливого ДТП, що створює аварійну ситуацію.

Переохолодження дослідника під час збору даних на повітрі в холодну пору року.

Не правильний вибір з освітлення робочої зони дослідника може призвести до більш ранньої втоми і наслідки – травмування.

Незадовільна організація робочого місця при роботі на ПК, недостатнє врахування вимог ергономіки, нераціональне розташування технологічного обладнання та захаращеність робочої зони призводить до підвищення психофізіологічного навантаження при роботі з персональним комп'ютером.

Електризований екран монітору притягує частки пилу, який є у повітрі, та заряджає їх, що визиває роздратованість, сип, запалення шкіри. При роботі на лазерному принтері виділяється озон, який сильно роздратовує слизисту оболонку носа, очей, горла і може приводити до онкологічного захворювання.

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

Пошкодження ізоляції електропроводки може спричинити коротке замикання та уразити людину. Пошкодження може бути від скручування проводів, через зачеплення ногами за проводи та інше.

При виникненні короткого замикання та попадання іскри до легкозаймистих матеріалів (папір, спирт для обтирки та інше) може

виникнути пожежа, яка може призвести до опіків людини та до летальних наслідків.

Негативний вплив шкідливих факторів середовища такі як не задовільнена освітленість, не відповідність нормам мікроклімату, підвищений шум та інше в дослідницькій лабораторії облаштованої ПК .

## ДОДАТОК В

### Заходи по забезпеченню безпеки

Для запобігання аварійних ситуації, досліднику необхідно знаходитися на безпечній відстані від дороги, що найменш 5м від краю проїжджої частини.

Для запобігання ураження електричним струмом, необхідно всі дроти, що підходять до ПК та до адаптерів, згорнути у спеціальні ізолюючі вкриття. Розташувати їх на стіні, або на полу. Це не дасть можливості пошкодження дротів механічно відповідно «Правил охорони електричних мереж» НПАОП 60.1-1.48-00

Живлення електрообладнання приміщення з ПК здійснюється від мережі змінного струму напругою 220 В і частотою 50 Гц. Відповідно до вимог «ПУЕ», електрообладнання в приміщенні з ПК, характеризується як електроустановки до 1000 В, тому згідно вимог глави 1.7 «ПУЕ» та ГОСТ 12.1.030-81 (2001) «ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление», величина опору контуру захисного заземлення електрообладнання приміщення з ПК у будь-яку пору року не перевищує – 4 Ом..

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

## Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці

Рівні позитивних і негативних іонів в повітрі приміщень з комп'ютерною технікою повинні відповідати санітарно-гігієнічним нормам ГН 2152-80 «Санітарно-гігієнічні норми допустимих рівнів іонізації повітря виробничих та громадських приміщень», які наведені в таблиці В.1.

Таблиця В.1 - Рівні іонізації повітря приміщень з комп'ютерною технікою

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

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

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

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

Якщо зовнішня поверхня екрана заземлена, його електростатичний потенціал знижується: при сухому повітрі на 50%, при вологому більш ніж на 50%.

## ДОДАТОК Г

### 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 Г.1.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Визначаємо клас та ступінь шкідливості умов праці для кожного з виявлених факторів і показників та вносимо їх значення до таблиці Г.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  $P_{вим} = 102 \text{ дБА}$ , 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]:

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

З таблиці 7.3 [1] за значенням суми розрахованих балів показників  $X_{сум} = 3,46$  – 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 Г.1:

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

- 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 –  $X_{см} = X_i = 1$ ;

- 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]:

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

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

Для визначення конкретного розміру доплати, умови праці оцінюємо по сумі значень  $X_i$ , за формулою 7.5 [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, важкості та напруженості 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 дБА;
- загальні енергозатрати організму, до 175 Вт;
- стереотипні робочі рухи (кількість за зміну), при локальному навантаженні (за участю м'язів кистей та пальців рук), до 20000;
- тривалість зосередження уваги (в % від часу зміни), до 50%;
- тривалість робочого дня, 6 або 7 год.

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

- для приведення мікрокліматичних умов до відповідності, необхідно забезпечити припливно-витяжну механічну вентиляцію та 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 Г

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 Д

### Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях

#### Заходи з пожежної безпеки

Комплекс протипожежних заходів для приміщення дослідницької лабораторії розроблений згідно вимог НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні».

Виходячи з аналізу речовин та матеріалів, які використовуються при роботі у приміщенні дослідницької лабораторії згідно ДСТУ EN 2:2014 «Класифікація пожеж (EN 2:1992, EN 2:1992/A1:2004, IDT)» у приміщенні дослідницької лабораторії можлива пожежа класів – А (пожежа, що супроводжується горінням твердих речовин), горіння паперу, деревини в результаті короткого замикання пошкоджених або перевантажених електроприладів, або електричних мереж;

Відповідно до вимог ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою», воно належить до категорії «Г» з пожежної небезпеки негорючі речовини і/або матеріали у гарячому, розпеченому і/або розплавленому стані, процес обробки яких супроводжується виділенням променистого тепла, утворенням іскор і/або полум'я; горючі гази, рідини і/або тверді речовини, що спалюються або утилізуються як паливо.

Оскільки приміщення дослідницької лабораторії належить до категорії «Г» з пожежної небезпеки, тому відповідно до вимог ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги» воно має II ступінь вогнестійкості.

Згідно з наказом МВСУ 15.01.2018 № 25 для визначених категорій у дослідницькій лабораторії повинні бути встановлені 2 переносні порошкові вогнегасники ВП-3.

## Заходи з цивільного захисту

### Призначення транспортних засобів, що експлуатуються в органах та підрозділах ДСНС України

Органи, підрозділи, підприємства, установи та організації системи ДСНС України оснащуються ТЗ, що за призначенням поділяються на оперативні та господарські ТЗ.

До оперативних ТЗ відносяться ТЗ, що використовується для виїзду на ліквідацію пожеж та наслідків надзвичайних ситуацій (далі – НС) та виконання планових технічних робіт неаварійного характеру на підприємствах, що обслуговуються.

Оперативні ТЗ повинні мати спеціальні розпізнавальні знаки та написи згідно з ДСТУ 3849:2018 «Дорожній транспорт. Кольорографічні схеми, розпізнавальні знаки, написи та спеціальні сигнали оперативних, спеціалізованих та спеціальних транспортних засобів. Загальні вимоги» і бути оснащені сигнально-гучномовною установкою (далі – СГУ) з проблісковими маячками із синім світлофільтром, встановленим над кабіною.

Експлуатація оперативного ТЗ, обладнаного СГУ, без дозволу органів Державної автомобільної інспекції МВС України забороняється.

До господарських ТЗ відносяться ТЗ, задіяні для матеріально-технічного забезпечення життєдіяльності підрозділів, а також для транспортування матеріалів і оснащення з метою виконання технічних та пожежо-профілактичних заходів, а також інженерних та допоміжних робіт, які безпосередньо не задіяні для ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій.

ТЗ ДСНС України як оперативні, так і господарські, що зареєстровані службами безпеки дорожнього руху (Державною автомобільною інспекцією МВС України), за інтенсивністю використання і порядком їх утримання поділяють на дві групи експлуатації: стройову та транспортну.

До стройової групи зараховують ТЗ, призначені для перевезення особового складу, майна та інших експлуатаційних матеріалів, а також ТЗ із штатним обладнанням та технікою, що використовуються безпосередньо при ліквідації пожеж та наслідків НС за сигналом «*ТРИВОГА*»

До транспортної групи зараховують ТЗ, призначені для повсякденного життєзабезпечення відповідного підрозділу ДСНС України.