

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Західноукраїнський національний університет**  
Навчально-науковий інститут інновацій, природокористування та  
інфраструктури  
Кафедра транспорту і логістики

**ЛАПЧУК Тимофій Степанович**

**Удосконалення організації дорожнього руху на  
перетинах вулиць м. Тернопіль / Improvement of  
traffic organization at street intersections in  
Ternopil**

спеціальність: 275 - Транспортні технології (за видами)  
освітньо-професійна програма - Транспортні технології (на автомобільному  
транспорті)

Кваліфікаційна робота

Виконав студент групи ТТм-21  
Т. С. Лапчук

---

Науковий керівник  
к.т.н., доцент, О. С. Шевчук

---

Кваліфікаційну роботу  
допущено до захисту:

"\_\_" \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

Завідувач кафедри  
\_\_\_\_\_ **П. В. Попович**

|          |                                                                                                            |           |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
|          | <b>ЗМІСТ</b>                                                                                               | <b>4</b>  |
|          | <b>ВСТУП</b>                                                                                               |           |
| <b>1</b> | <b>АНАЛІЗ ПЕРЕХРЕСТЯ ІЗ ОБЛАШТУВАННЯ В ЙОГО<br/>ТЕХНІЧНИМИ ЗАСОБАМИ ЗГІДНО ВИМОГ</b>                       | <b>5</b>  |
| 1.1      | Аналіз схеми розташування технічних засобів організації<br>дорожнього руху                                 | 5         |
| 1.2      | Методи дослідження дорожнього руху                                                                         | 6         |
| <b>2</b> | <b>ВИЗНАЧЕННЯ СКЛАДУ ТА ІНТЕНСИВНОСТІ<br/>ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ</b>                                         | <b>16</b> |
| 2.1      | Побудова картограми транспортних і пішохідних потоків                                                      | 16        |
| 2.2      | Розрахунок швидкості транспортних і пішохідних потоків                                                     | 22        |
| 2.3      | Дослідження геометричних параметрів перехрестя                                                             | 31        |
| 2.4      | Визначення інтенсивності руху за досліджуваними напрямками                                                 | 35        |
| 2.5      | Визначення конфліктних точок на вулично-дорожній мережі                                                    | 40        |
| 2.6      | Розрахунок небезпеки пересічення за методом оцінки<br>п'ятибальною системою                                | 44        |
| 2.7      | Використання методу для визначення небезпеки пересічення з<br>індексом інтенсивності транспортних потоків. | 46        |
| 2.8      | Розрахунок небезпеки пересічення за методом відносної<br>аварійності                                       | 47        |
| <b>3</b> | <b>РОЗРАХУНОК РІВНЯ ЗАВАНТАЖЕННЯ ПРОЇЇДЖОЇ<br/>ЧАСТИНИ</b>                                                 | <b>51</b> |
| 3.1      | Потік насичення за напрямками руху транспортного потоку                                                    | 52        |
| 3.2      | Визначення основних параметрів циклу світлофорного<br>регулювання                                          | 55        |
| 3.3      | Визначення впливу заходів організації дорожнього руху                                                      | 59        |
|          | <b>ВИСНОВКИ</b>                                                                                            | <b>61</b> |
|          | <b>ПЕРЕЛІКИ ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</b>                                                                    | <b>63</b> |

## ВСТУП

Проектування міського простору — це процес враховує соціальні, економічні, екологічні та культурні потреби громади, щоб забезпечити функціональність, безпеку й естетичність простору.

Робота над міським простором починається з аналізу існуючої ситуації. Це включає вивчення особливостей місцевості, таких як географія, клімат і екологія, а також оцінку демографічних, соціальних і економічних характеристик. Аналізується також транспортна інфраструктура, забудова, зелені зони та комунальні мережі.

На основі зібраних даних визначаються цілі та задачі проєкту, які враховують інтереси громади. Для цього проводяться опитування або громадські обговорення. Далі розробляється концепція, що включає візуалізацію і опис ключових ідей. На цьому етапі створюються сценарії використання простору, які демонструють можливі способи його організації.

Детальне проектування охоплює архітектурні та ландшафтні рішення, інтеграцію елементів інфраструктури, зелених насаджень, зон відпочинку та міського обладнання. Після цього відбувається реалізація проєкту, включаючи будівельні й ландшафтні роботи, з контролем якості виконання.

Після завершення проєкту проводиться оцінка його ефективності. Збираються відгуки мешканців, аналізується, наскільки простір відповідає початковим цілям, і за потреби вносяться корективи.

Основна мета проектування міського простору — створення гармонійного балансу між забудованими територіями, природними зонами та інфраструктурою. Простір має бути комфортним для пішоходів, велосипедистів і людей з обмеженими можливостями. Екологічність, мобільність, гнучкість у використанні та збереження культурної ідентичності території також є важливими принципами, які враховуються на кожному етапі проектування.

## **1 АНАЛІЗ ПЕРЕХРЕСТЯ ІЗ ОБЛАШТУВАННЯ В ЙОГО ТЕХНІЧНИМИ ЗАСОБАМИ ЗГІДНО ВИМОГ**

Розробка схеми ОДР на перехресті є важливим завданням, спрямованим на підвищення безпеки, ефективності та зручності пересування для всіх учасників дорожнього руху. Цей процес передбачає аналіз існуючих умов, виявлення проблемних аспектів, визначення можливих рішень і впровадження змін, які забезпечать оптимальну організацію руху.

На початковому етапі вивчається геометрія перехрестя, оцінюється інтенсивність руху транспортних засобів та пішоходів, аналізуються дані про аварійність і технічний стан існуючих елементів інфраструктури, таких як дорожні знаки, розмітка, світлофори та освітлення. Це дозволяє зрозуміти основні проблеми, які впливають на безпеку та пропускну здатність. Далі визначаються основні цілі, наприклад, зменшення заторів, підвищення безпеки пішоходів або поліпшення умов для руху велосипедистів.

Розробка технічних рішень включає оптимізацію геометрії перехрестя, регулювання руху за допомогою світлофорів, облаштування пішохідних переходів із чіткою розміткою та встановленням додаткових зон безпеки. У випадках, коли це доцільно, додаються велодоріжки або впроваджується круговий рух для підвищення ефективності. Важливо також приділити увагу розмітці та дорожнім знакам, щоб забезпечити зрозумілість організації руху для водіїв і пішоходів.

Після розробки схема перевіряється за допомогою транспортного моделювання, яке дозволяє оцінити її вплив на пропускну здатність, час затримки та безпеку руху. На основі результатів тестування вносяться корективи, після чого розпочинається етап впровадження. Це включає нанесення нової розмітки, встановлення знаків, світлофорів та інших необхідних елементів інфраструктури.

Після реалізації змін проводиться моніторинг ефективності, аналізуються їхні результати та збираються відгуки учасників руху. У разі необхідності вносяться додаткові зміни для покращення функціонування перехрестя. У результаті правильно розроблена схема організації руху сприяє підвищенню безпеки, зменшенню заторів і покращенню умов для пересування, створюючи більш комфортне та ефективне міське середовище.

### **1.1 Аналіз схеми розташування технічних засобів організації дорожнього руху**

Аналіз схеми розташування ТЗОДР є важливим етапом забезпечення безпеки та ефективності пересування і пішоходів. Цей процес починається зі збору даних про дорожню ділянку, зокрема технічних характеристик дороги, інтенсивності та складу транспортних і пішохідних потоків, наявних зон пішохідної активності, а також місць концентрації дорожньо-транспортних пригод. Важливо оцінити умови видимості та стан існуючих засобів регулювання руху, щоб зрозуміти, які проблеми потребують вирішення.

На основі отриманої інформації визначаються основні функціональні потреби. Це можуть бути заходи для підвищення пропускної здатності, покращення видимості дорожніх знаків, облаштування пішохідних переходів або встановлення світлофорів у місцях з високим ризиком аварій. Розрахунок кількості та типів технічних засобів здійснюється відповідно до нормативних документів, що регламентують їх використання. Визначається кількість і розташування дорожніх знаків, світлофорів, розмітки, бар'єрних огорожень чи направляючих пристроїв, які мають забезпечити чітку та зрозумілу організацію руху.

Вибір місць для розташування технічних засобів базується на принципах забезпечення видимості та сприйняття інформації водіями та пішоходами. Важливо враховувати параметри дороги, такі як ширина, наявність перехресть чи зупинок громадського транспорту, а також рекомендовані відстані між засобами регулювання. Після цього створюється

детальна схема розташування технічних засобів, яка наноситься на план дорожньої ділянки із врахуванням інтенсивності трафіку та геометричних параметрів дороги.

Ефективність запропонованої схеми перевіряється шляхом моделювання руху або проведення натурних досліджень. Це дозволяє оцінити, як нова організація впливає на рівень аварійності, пропускну здатність і комфорт пересування. На основі результатів тестування вносяться корективи, після чого схема впроваджується в реальних умовах. Реалізація передбачає встановлення всіх технічних засобів, нанесення дорожньої розмітки та введення в експлуатацію нових елементів інфраструктури.

Після завершення робіт здійснюється моніторинг функціонування схеми, щоб оцінити її ефективність у реальних умовах. За потреби проводяться додаткові коригування для досягнення максимального ефекту. Такий комплексний підхід дозволяє забезпечити безпечний та організований рух, знижує аварійність і сприяє кращій пропускній здатності доріг.

Проектування перехресть у містах є складним завданням, яке вимагає детального врахування багатьох аспектів, щоб забезпечити безпечний, зручний і ефективний рух транспорту та пішоходів. Одним із ключових питань є геометрія перехрестя, яка визначає його функціональність. Наприклад, ширина смуг, кути перетину доріг, наявність островців безпеки й зон для поворотів значною мірою впливають на пропускну здатність та зручність маневрування для транспортних засобів.

Також важливим аспектом є регулювання руху. Це може включати встановлення світлофорів, дорожніх знаків або організацію кругового руху залежно від інтенсивності трафіку. Зокрема, світлофорне регулювання має бути адаптивним, щоб враховувати зміни інтенсивності руху протягом доби, зменшувати затримки та сприяти безпеці на перехресті. Для нерегульованих перехресть необхідно чітко визначати пріоритети руху за допомогою знаків або розмітки.

Пішохідна інфраструктура теж відіграє важливу роль. Проектування має забезпечувати зручні та безпечні переходи, зокрема зі світлофорами для пішоходів або підвищеними переходами, які примушують водіїв знижувати швидкість. У місцях із великою кількістю пішоходів або поблизу об'єктів громадського користування необхідно враховувати зони концентрації пішохідного руху та створювати умови для їх безпечного перетину.

Не менш значущим є врахування велосипедного руху. У сучасному містобудуванні все більше уваги приділяється інтеграції велодоріжок і зон для велосипедистів, щоб забезпечити їхню безпеку на перехрестях. Для цього можуть бути передбачені спеціальні смуги, велосвітлофори або окремі сигнали руху.

Естетика та екологічність також є важливими елементами. Використання зелених зон, островців озеленення або сучасних матеріалів для дорожнього покриття не лише покращує вигляд міста, а й сприяє зниженню негативного впливу транспорту на довкілля. Розумне освітлення перехресть не тільки покращує видимість у темний час доби, а й знижує споживання енергії.

Проектування перехресть вимагає балансу між вимогами безпеки, пропускнуою здатністю, екологічністю та зручністю для всіх учасників руху. Правильно спроектовані перехрестя можуть значно зменшити кількість аварій, підвищити ефективність дорожньої мережі та створити комфортне середовище для мешканців міст.

Фото перехрестя на кожному підході представлено в рисунках 1.1, 1.2, 1.3, 1.4.



Рисунок 1.1 – Підхід 1 на перехресті з - вул. Руська



Рисунок 1.2 – Підхід 2 на перехресті з - просп. С. Бандери



Рисунок 1.3 – Підхід 3 на перехресті з - вул. Руська

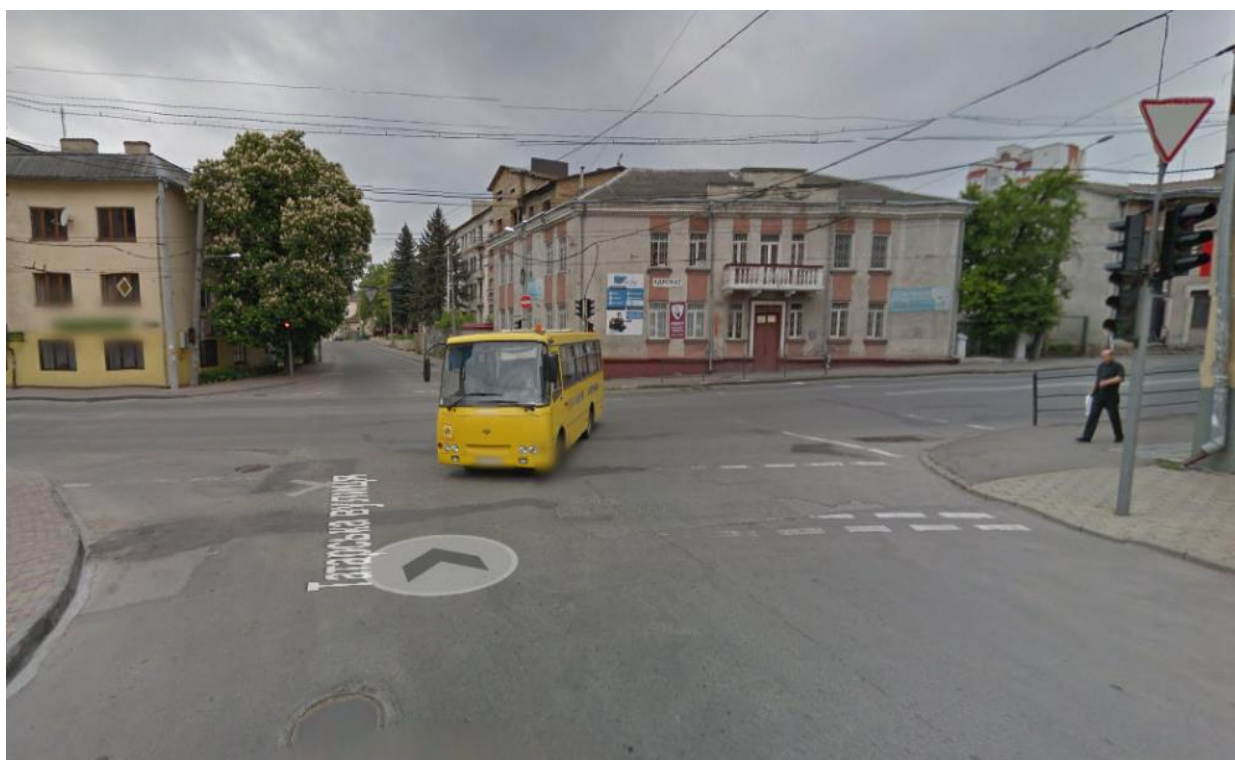


Рисунок 1.4 – Підхід 4 на перехресті з - вул. Татарська

Графічну схему перехрестя з основними геометричними параметрами зображено на рисунку 1.5.

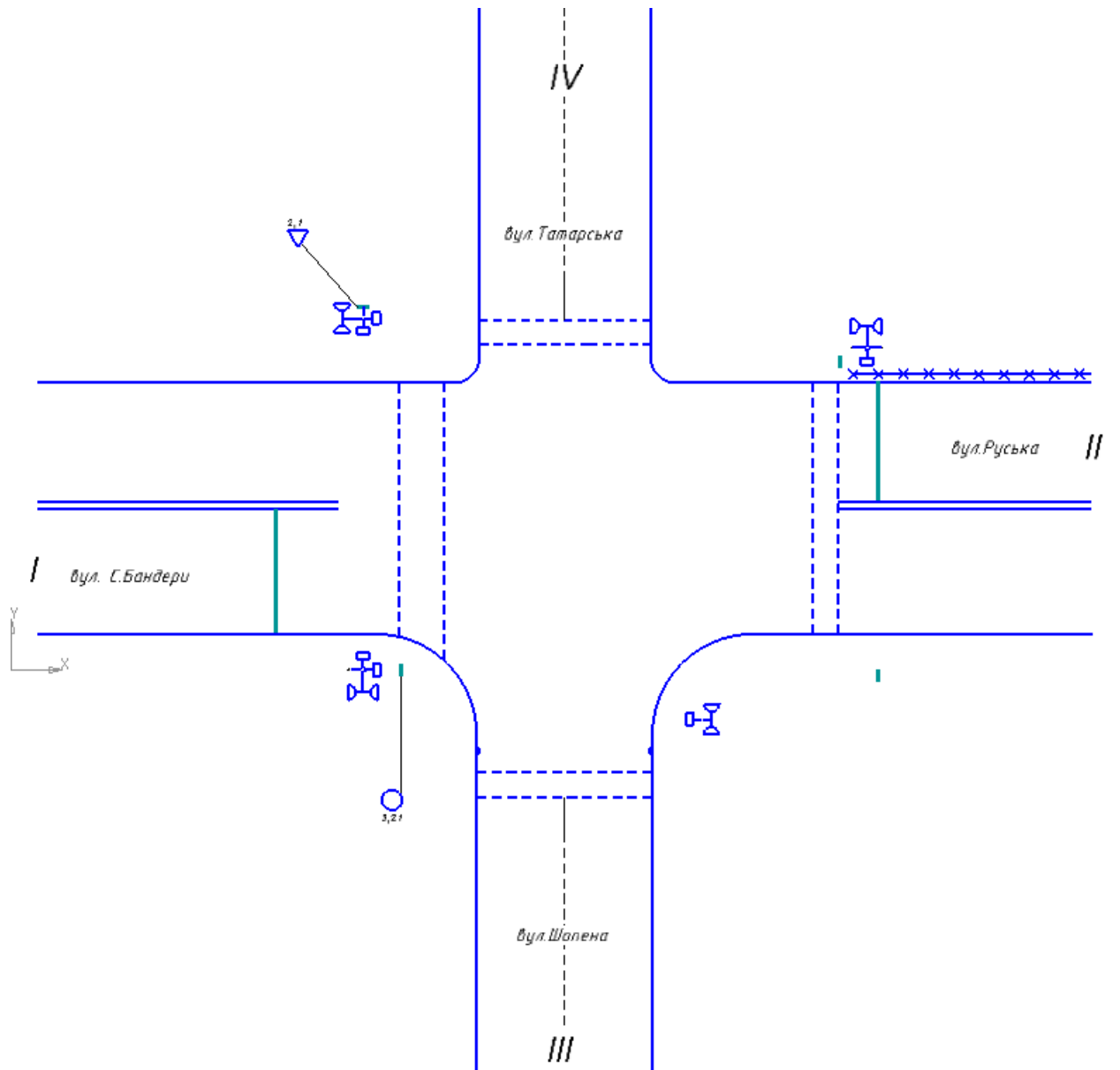


Рисунок 1.5 – Основні геометричні параметри перехрестя

Характеристика перехрестя:

На досліджуваному перехресті головний напрямок руху проходить по вулиці С. Бандери. На 1 і 2 напрямках дозволяється рух транспорту в двохсторонньому напрямку, а по напрямку 3, 4 в односторонньому напрямку. Рух допускається у всіх напрямках, за винятком напрямку 3, згідно з інформацією на знаку 3.21. Головний напрямок на перехресті пролягає вздовж

вулиці С. Бандери. На в'їзді з напрямку 3 по вулиці Шопена та 4 по вулиці Татарська односторонній рух у напрямках 2, 3 по 2 смуги руху в кожному напрямку.

- Це перехрестя обладнане такими ТЗОДР:
- Світлофори транспортні і пішохідні;
- Знаки дорожні;
- Розмітка дорожня;
- Захисні пішохідні огороження.

Всі технічні засоби ОДР розташовані відповідно до ДБН, у певному порядку та відповідно до вимог в таблицю 1.1.

Таблиця 1.1 – Перелік ТЗОДР, якими обладнано перехрестя Татарська-Руська

|                                | Позначення | Найменування                                                     | Тип            | Кількість |
|--------------------------------|------------|------------------------------------------------------------------|----------------|-----------|
| <b>Світлофорне регулювання</b> |            |                                                                  |                |           |
| 1                              | T1.1       | Транспортний                                                     | 1              | 1         |
| 2                              | T1.4       | Транспортний                                                     | 1              | 2         |
| 3                              | T3.1       | Транспортний                                                     | 1              | 3         |
| 4                              | T3.3       | Транспортний                                                     | 3              | 1         |
| 5                              | T.1.7      | Транспортний                                                     | 1              | 1         |
| 6                              | П1.1       | Пішохідний                                                       | 1              | 8         |
| <b>Дорожня розмітка</b>        |            |                                                                  |                |           |
| 1                              | 1.1        | Вузька суцільна                                                  | Горизонтальна  | 1         |
| 2                              | 1.3        | Вузька подвійна                                                  | Горизонтальна  | 2         |
| 3                              | 1.5        | Штрихова                                                         | Горизонтальна  | 8         |
| 4                              | 1.12       | Стоп-лінія                                                       | Горизонтальна  | 4         |
| <b>Дорожні знаки</b>           |            |                                                                  |                |           |
| 2                              | 2.1        | Дати дорогу                                                      | Пріоритету     | 2         |
| 3                              | 2.3        | Головна дорога                                                   | Пріоритету     | 2         |
| 5                              | 3.21       | Рух заборонено                                                   | Заборонний     | 1         |
| 6                              | 3.12       | Рух ТЗ, що <u>перевозять</u><br>небезпечні вантажі<br>заборонено | Заборонний     | 1         |
| 8                              | 5.35.1     | Пішохідний перехід                                               | Інф.-вказівний | 8         |

## 1.2 Основні методи дослідження дорожнього руху

**Основні методи дослідження дорожнього руху** спрямовані на аналіз характеристик транспортних потоків, пішохідного руху та дорожньої інфраструктури. Вони допомагають визначити проблемні зони, оцінити ефективність існуючих рішень і запропонувати оптимальні заходи для покращення організації руху. Основними є методи збору, обробки та аналізу даних, які можуть бути класифіковані за кількома критеріями.

### **1. Польові методи.**

Ці методи передбачають безпосереднє спостереження за транспортними потоками та пішохідним рухом на місцевості. До них належать:

1. **Візуальні спостереження** — оцінка інтенсивності руху, поведінки водіїв і пішоходів, наявності заторів або небезпечних ділянок. Цей метод дозволяє швидко отримати загальне уявлення про ситуацію, але є суб'єктивним і обмеженим за точністю.
2. **Ручний облік транспорту** — працівники або спеціалісти фіксують кількість транспортних засобів, їх типи, напрямки руху, швидкість та інші параметри за допомогою бланків або мобільних додатків.
3. **Використання обладнання** — застосування детекторів руху, радарів, відеокамер або автоматизованих систем для фіксації даних про інтенсивність, швидкість і склад транспортного потоку.

### **2. Камеральні методи.**

Ці методи базуються на обробці даних, отриманих під час польових досліджень, а також використанні статистичних джерел.

Наприклад:

1. **Аналіз статистичних даних** — вивчення інформації про аварійність, затримки, пропускну здатність доріг, зібраної за тривалий період.
2. **Аналіз відеозаписів** — опрацювання матеріалів, зібраних за допомогою камер спостереження. Це дозволяє детально вивчити поведінку учасників руху і виявити проблемні зони.

**3. Моделювання транспортних потоків** — використання спеціалізованого програмного забезпечення (наприклад, PTV VISSIM, TransCAD) для створення моделей дорожнього руху та прогнозування його змін за різних сценаріїв.

### **3. Інструментальні методи.**

Використання сучасного обладнання для точного вимірювання параметрів руху, таких як:

- **Датчики швидкості** — фіксують швидкість руху транспорту на певній ділянці.
- **Індуктивні петлі** — встановлюються у дорожнє покриття для визначення кількості, типу та швидкості транспортних засобів.
- **GPS-трекери** — застосовуються для збору інформації про маршрути та затримки руху.

### **4. Соціологічні методи.**

Ці методи дозволяють врахувати думки та поведінкові особливості учасників руху:

1. **Опитування водіїв і пішоходів** — вивчення їхнього ставлення до організації дорожнього руху, причин вибору маршрутів, проблем і пропозицій.
2. **Аналіз мобільності** — дослідження пересувань людей у місті за допомогою опитувань або аналізу даних мобільних операторів.

### **5. Інноваційні методи**

Сучасні технології значно розширюють можливості дослідження руху:

1. **Використання дронів** — для моніторингу транспортних потоків з повітря.
2. **Великий обсяг даних (Big Data)** — аналіз даних з мобільних додатків, GPS-навігаторів і соціальних мереж.
3. **Штучний інтелект** — для обробки відеозаписів, аналізу поведінки водіїв і прогнозування потоків.

Результати досліджень дозволяють:

- Оптимізувати маршрути руху.

- Покращити організацію роботи світлофорів.
- Зменшити затримки й аварійність.
- Розробити рекомендації для проектування дорожньої інфраструктури.

Кожен метод має свої спеціальні підходи, тому їх часто використовують у комплексі, щоб отримати повну картину ситуації на дорозі та прийняти обґрунтовані рішення.

## **2 ВИЗНАЧЕННЯ СКЛАДУ ТА ІНТЕНСИВНОСТІ ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ**

### **2.1 Побудова картограми руху транспорту та пішохідних потоків**

**Побудова картограми транспортних і пішохідних потоків** — це процес створення графічної моделі, яка відображає розподіл і інтенсивність руху транспортних засобів та пішоходів у просторі та часі. Такі картограми є важливим інструментом для аналізу мобільності, виявлення проблемних зон і планування ефективної організації руху.

#### **Етапи побудови картограми:**

##### **1. Збір вихідних даних.**

Для створення картограми необхідно отримати інформацію про:

- інтенсивність руху (кількість транспортних засобів або пішоходів за одиницю часу);
- типи транспортних засобів (легкові, вантажні, громадський транспорт);
- часові коливання інтенсивності (пікові години, денні або нічні періоди);
- географічні особливості місцевості (розташування доріг, перехресть, зон високої пішохідної активності).

Дані можуть збиратися за допомогою спостережень, відеокамер, детекторів руху, GPS-трекерів або мобільних додатків.

##### **2. Аналіз і класифікація даних.**

Зібрані дані обробляються для визначення:

- Середньої інтенсивності руху на окремих ділянках.
- Зон найбільшого навантаження (ділянки з високою інтенсивністю або затримками).
- Відмінностей у транспортних і пішохідних потоках залежно від часу доби або днів тижня.

### **3. Нанесення даних на карту.**

На географічну основу (план міста чи окремої території) наносяться:

- Маршрути руху транспортних засобів і пішоходів.
- Ширина ліній або інші графічні символи, які відображають інтенсивність потоків.
- Колірна шкала для візуалізації рівнів навантаження (наприклад, червоний для пікових зон, жовтий для середнього навантаження, зелений для низького).

### **4. Використання спеціалізованих програм**

Для побудови картограм часто використовують геоінформаційні системи (ГІС), наприклад, ArcGIS, QGIS або спеціалізовані програми моделювання руху (PTV VISSIM, AnyLogic). Такі інструменти дозволяють інтегрувати дані, автоматизувати обробку та створювати точні й наочні моделі.

### **5. Аналіз і використання картограм**

Готова картограма аналізується для визначення:

- Зон із високою інтенсивністю транспортних заторів або скупчення пішоходів.
- Місць концентрації ДТП чи потенційно небезпечних ділянок.
- Потреби в додаткових заходах (розширення доріг, будівництво переходів, встановлення світлофорів).

### **6. Візуалізація та представлення результатів**

Картограма може бути використана як інструмент для представлення даних фахівцям з планування, міській владі або громадськості. Зрозуміла візуалізація допомагає обґрунтувати необхідність змін в інфраструктурі чи організації руху.

#### **Переваги побудови картограм:**

- Дає наочне уявлення про транспортні й пішохідні потоки.
- Допомагає виявляти вузькі місця в транспортній системі.
- Сприяє оптимізації руху та підвищенню безпеки.

- Забезпечує базу для розвитку дорожньої мережі та громадського транспорту.

Картограми є важливим інструментом у сучасному містобудуванні, допомагаючи вирішувати питання раціонального використання простору та покращення умов пересування.

**КАРТКА ОБЛІКУ**  
**інтенсивності складу транспортного потоку**

**Пост № 1 : вул.С. Бандери**

**Час проведення обліку з 14 до 15 год. 18.05 2024 року**



| Вид транспортних засобів         | Напрямок руху |     |     | Всього у фізичні од./год. | Всього у <u>привед.</u> од./год. | Всього у <u>привед.</u> од./доб. |
|----------------------------------|---------------|-----|-----|---------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
|                                  | 1-2           | 1-3 | 1-4 |                           |                                  |                                  |
| Легкові автомобілі               | 173           | -   | 24  | 197                       | 197                              | 4728                             |
| Мікроавтобуси і вантажні авто 2т | 20            | -   | 12  | 32                        | 48                               | 1152                             |
| Вантажівки 5-8т                  | 7             | -   | 1   | 8                         | 20                               | 480                              |
| Вантажні авто, більше 8т         | -             | -   | 1   | 1                         | 2,5                              | 60                               |
| Автобуси всіх                    | 13            | -   | 4   | 17                        | 42,5                             | 1020                             |
| Тролейбуси                       | 4             | -   | 0   | 4                         | 14                               | 336                              |
| Мотоцикли, мопеди                | 1             | -   | 1   | 2                         | 1                                | 24                               |
|                                  |               |     |     | 261                       | 325                              | 7800                             |



**КАРТКА ОБЛІКУ**  
**інтенсивності складу транспортного потоку**  
**Пост № 2 : вул.С. Бандери**

**Час проведення обліку з 14 до 15 год. 18.05 2024 року**

| Вид транспортних засобів          | Напрямок руху |     |     | Всього у фізичні од./год. | Всього у <u>привед.</u> од./год. | Всього у <u>привед.</u> од./ <u>доб.</u> |
|-----------------------------------|---------------|-----|-----|---------------------------|----------------------------------|------------------------------------------|
|                                   | 2-1           | 2-3 | 2-4 |                           |                                  |                                          |
| Легкові автомобілі                | 191           | -   | 1   | 192                       | 192                              | 4608                                     |
| Мікроавтобуси і вантажні авто, 2т | 8             | -   | 1   | 9                         | 13,5                             | 324                                      |
| Вантажівки 5-8т                   | 2             | -   | 0   | 2                         | 5                                | 120                                      |
| Вантажні авто більше 8т           | 1             | -   | 0   | 1                         | 3                                | 72                                       |
| Автобуси всіх                     | 12            | -   | 0   | 12                        | 30                               | 720                                      |
| Тролейбуси                        | 4             | -   | 0   | 4                         | 14                               | 336                                      |
| Мотоцикли, мопеди                 | 1             | -   | 0   | 1                         | 0,5                              | 12,5                                     |
|                                   |               |     |     | 221                       | 258                              | 6192,5                                   |

**КАРТКА ОБЛІКУ**  
**інтенсивності складу транспортного потоку**  
**Пост № 3 : вул. Шопена**

**Час проведення обліку з 14 до 15 год. 18.05 2024 року**

| Вид транспортних засобів          | Напрямок руху |     |     | Всього у фізичні од./год. | Всього у <u>привед.</u> од./год. | Всього у <u>привед.</u> од./ <u>доб.</u> |
|-----------------------------------|---------------|-----|-----|---------------------------|----------------------------------|------------------------------------------|
|                                   | 3-1           | 3-2 | 3-4 |                           |                                  |                                          |
| Легкові автомобілі                | 1             | 2   | 80  | 83                        | 83                               | 1992                                     |
| Мікроавтобуси і вантажні авто, 2т | 0             | 1   | 10  | 11                        | 16,5                             | 396                                      |
| Вантажівки 5-8т                   | 0             | 0   | 2   | 2                         | 5                                | 120                                      |
| Вантажні авто, більше 8т          | 0             | 0   | 3   | 3                         | 9                                | 216                                      |
| Автобуси                          | 0             | 0   | 2   | 2                         | 5                                | 120                                      |
| Тролейбуси                        | 0             | 0   | 0   | 0                         | 0                                | 0                                        |
| Мотоцикли, мопеди                 | 1             | 0   | 0   | 1                         | 0                                | 12,5                                     |

**КАРТКА ОБЛІКУ**  
**інтенсивності складу транспортного потоку**  
**Пост № 4 : вул. Татарська**

**Час проведення обліку з 14 до 15 год. 18.05 2024 року**

| Вид транспортних засобів          | Напрямок руху |     |     | Всього у фізичні од./год. | Всього у <u>привед.</u> од./год. | Всього у <u>привед.</u> од./ <u>доб.</u> |
|-----------------------------------|---------------|-----|-----|---------------------------|----------------------------------|------------------------------------------|
|                                   | 4-1           | 4-2 | 4-3 |                           |                                  |                                          |
| Легкові автомобілі                | 0             | 2   | -   | 2                         | 2                                | 48                                       |
| Мікроавтобуси і вантажні авто, 2т | 1             | 0   | -   | 1                         | 1,5                              | 36                                       |
| Вантажівки 5-8т                   | 0             | 0   | -   | 0                         | 0                                | 0                                        |
| Вантажні авто, 8т                 | 0             | 0   | -   | 0                         | 0                                | 0                                        |
| Автобуси                          | 0             | 0   | -   | 0                         | 0                                | 0                                        |
| Тролейбуси                        | 0             | 0   | -   | 0                         | 0                                | 0                                        |
| Мотоцикли, мопеди                 | 1             | 0   | -   | 1                         | 0,5                              | 12                                       |
|                                   |               |     |     | 4                         | 4                                | 96                                       |

За кожним напрямком руху на перехресті вулиць Руська - С. Бандери-Татарська проводили аналіз по складу транспортного потоку і зобразили їх на круговій діаграмі, рисунок 2.1, 2.2.



Рисунок 2.1 – Транспортний потік за складом по напрямках 1, 2

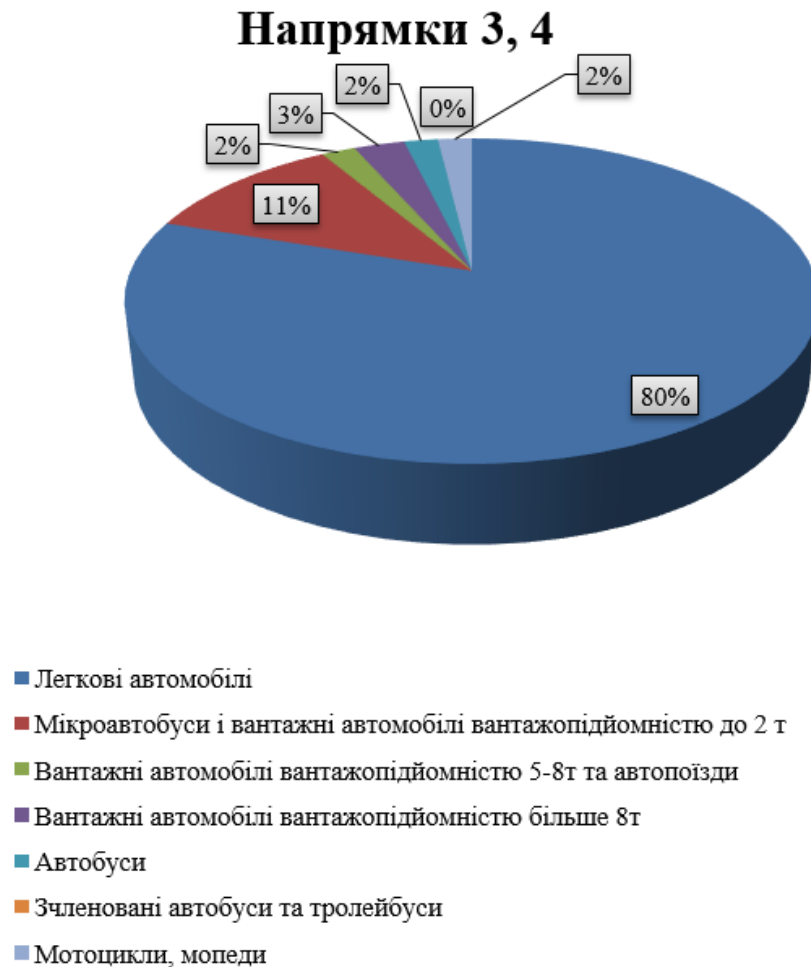


Рисунок 2.2 – Транспортний потік за складом по напрямках 3, 4

З діаграми робимо висновок, по складу транспортний потік легковий на 80 %.

## 2.2 Розрахунок швидкості транспортних і пішохідних потоків

Визначення швидкості руху транспортних та переміщення пішохідних потоків є ключовим завданням при аналізі дорожнього руху та проектуванні транспортної інфраструктури. Швидкість є одним із основних показників, який показує ефективність, безпеку та комфорт пересування учасників дорожнього руху.

### Швидкість транспортних потоків

Для транспортних потоків розрізняють кілька видів швидкості:

1. **Миттєва швидкість** — це швидкість окремого транспортного засобу в конкретний момент часу.

2. **Середня швидкість** — визначається як середнє значення швидкостей усіх ТЗ на певній ділянці дороги.

3. **Швидкість руху потоку** — середня швидкість групи транспортних засобів, яка враховує їхній трафік і вплив взаємодії між ними.

#### **Методи визначення швидкості транспортних потоків:**

##### **1. Прямі методи спостереження:**

- **Радари або лазерні вимірювачі швидкості** — використовуються для фіксації миттєвих швидкостей окремих транспортних засобів.

- **Відеоспостереження** — аналіз відеозаписів дозволяє визначити швидкість за допомогою вимірювання пройденої відстані за фіксований час.

- **Індуктивні петлі** — встановлені в дорожньому покритті, вони фіксують час проходження транспортного засобу через певну ділянку дороги, на основі чого обчислюється швидкість.

##### **2. Опосередковані методи:**

- **Дистанційне вимірювання** — за допомогою GPS-трекерів, встановлених на транспортних засобах, визначається середня швидкість руху на маршруті.

- **Моделювання** — використовуються математичні моделі транспортних потоків для прогнозування швидкості на основі параметрів дороги та трафіку.

##### **3. Інноваційні методи:**

- **Аналіз даних з мобільних додатків** — використовуються дані навігаційних систем, таких як Google Maps або Waze, які надають інформацію про швидкість руху на певних ділянках.

- **Використання дронів** — для спостереження за рухом на великих територіях із повітря.

#### **Швидкість пішохідних потоків.**

Для пішоходів швидкість руху також є важливим показником, який залежить від віку, фізичного стану, характеристик тротуарів і наявності перешкод. Розрізняють:

1. **Миттєву швидкість** — швидкість окремого пішохода.
2. **Середню швидкість потоку** — середнє значення швидкості всіх пішоходів на певній ділянці.

#### **Методи визначення швидкості пішоходів:**

##### **1. Ручні методи:**

- **Хронометраж** — вимірювання часу, необхідного пішоходу для проходження певної відстані, із подальшим обчисленням швидкості.
- **Спостереження на місцевості** — використання секундоміра та рулетки для ручних замірів.

##### **2. Технічні методи:**

- **Відеоаналіз** — сучасні алгоритми аналізу відеозаписів дозволяють визначити швидкість пішоходів автоматично.
- **Лазерні датчики та інфрачервоні сенсори** — фіксують рух пішоходів на обраній ділянці.

##### **3. Автоматизовані методи:**

- **Датчики руху** — розміщуються на тротуарах і в місцях концентрації пішоходів.
- **Технології розпізнавання руху** — наприклад, камери з вбудованим штучним інтелектом, які визначають параметри руху.

#### **Застосування даних про швидкість:**

##### **1. Для транспортних потоків:**

- Оцінка пропускної здатності доріг.
- Визначення зон заторів і розробка заходів для їх зменшення.
- Налаштування світлофорів і регулювання руху.

##### **2. Для пішохідних потоків:**

- Оптимізація ширини тротуарів і пішохідних переходів.
- Визначення необхідності в організації додаткових зон для пішоходів.

- Підвищення безпеки в місцях концентрації пішоходів.

Коректне визначення швидкостей транспортних і пішохідних потоків дозволяє оптимізувати дорожню інфраструктуру, підвищити її ефективність і створити безпечні умови для всіх учасників дорожнього руху.

В результаті замірів швидкості кожного автомобіля, що проїхав ділянку дороги для змішаного складу ТП отримуємо наступні дані.

**КАРТКА**  
**Обліку швидкості руху транспортних засобів**  
**для складу транспортного потоку**

**Місце проведення обстеження** вул.Руська – вул.С.Бандери  
**Час проведення обліку з 15 до 16**      **Дата « 18 » 05 20 23 р.**

| Вид транспортного засобу              | Час проходження , с | Швидкість руху, км/год |
|---------------------------------------|---------------------|------------------------|
| Легкові автомобілі                    | 7,2                 | 50                     |
|                                       | 7,2                 | 50                     |
| Мікроавтобуси та вантажні авто до 2 т | 7,2                 | 50                     |
|                                       | 7,5                 | 48                     |
| Вантажні авто, 2-5 т                  | 7,6                 | 48                     |
|                                       | 7,83                | 45                     |
| Вантажні авто , 5-8 т                 | 7,83                | 45                     |
|                                       | 7,64                | 46                     |
| Вантажні авто, більше 8 т             | 9,47                | 38                     |
|                                       | 8,37                | 43                     |
| Автобуси                              | 7,65                | 42                     |
|                                       | 7,65                | 47                     |
| Тролейбуси                            | 10,28               | 35                     |
| Зчленовані тролейбуси                 | 10,4                | 34                     |
| Мотоцикли, мопеди, самокати.          | 7,4                 | 50                     |

Відрізок дороги де проводилися заміри швидкості руху ТЗ , рисунок 2.3.

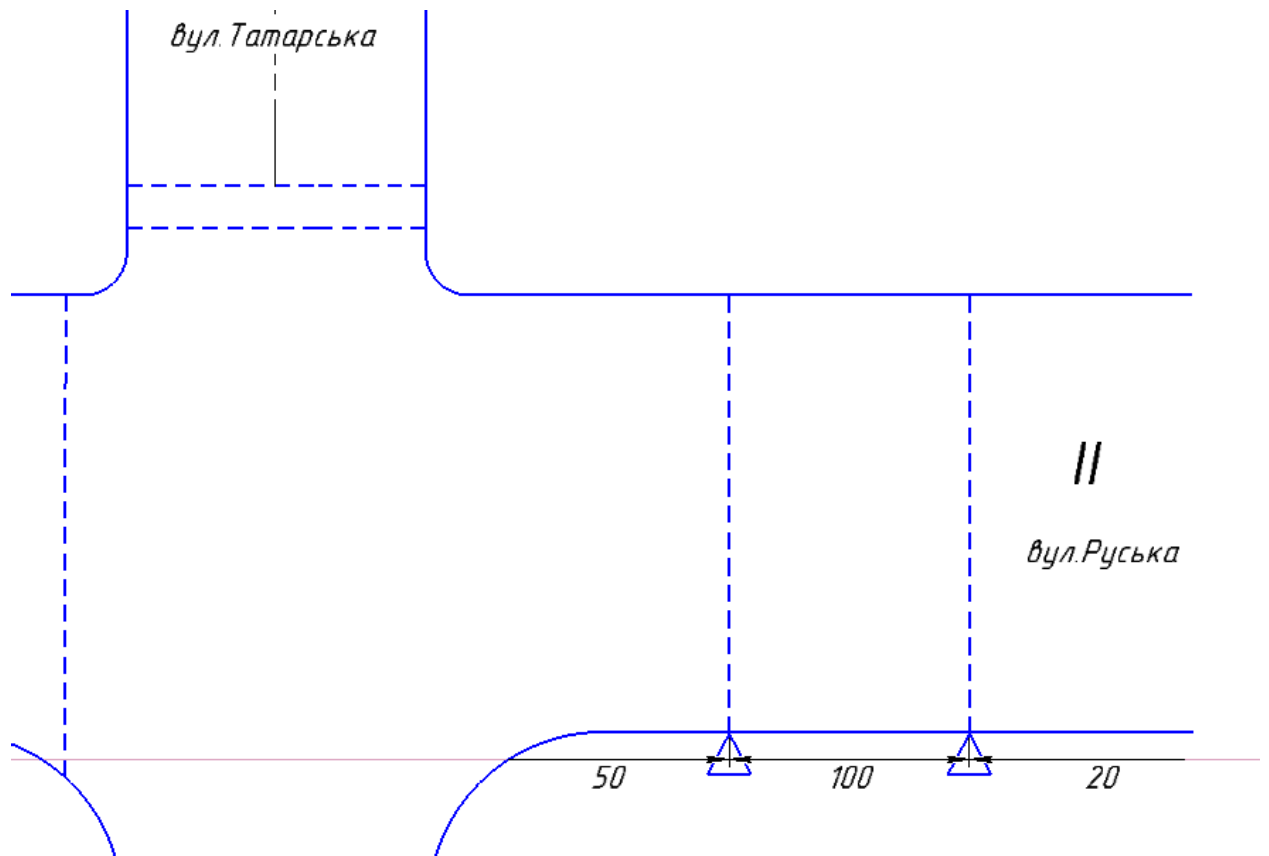


Рисунок 2.3 – Схема відрізка дороги –  
 - - - - - межі відрізка для заміру швидкості ;  $\Delta$  - місця розташування  
 обліковців.

Швидкість окремого автомобіля за категорією ТЗ:

$$V_{ij} = 3,6 \cdot \frac{L_M}{t_{ij}}, \quad (2.1)$$

$$V_{11} = 3,6 \cdot \frac{100}{8,2} = 43 \text{ км/год}$$

Всі інші значення швидкості кожного автомобіля із транспортного потоку розраховуємо послідовно.

Середню швидкість автомобіля:

$$V_{катj} = \frac{\sum_{j=1}^k V_{ij}}{n}, \quad (2.2)$$

$$V_{\text{кат1}} = \frac{43 + 43}{2} = 43 \text{ км/год}$$

Швидкість транспортного потоку:

$$V_{\Pi} = \frac{\sum_{j=1}^k V_{\text{кат}j}}{k}, \quad (2.3)$$

де  $k$  – кількість категорій ТЗ.

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^k V_{\text{кат}j} &= 51 + 47 + 45,6 + 45,6 + 41,6 + 42,5 + 34 + 34 + 48 = \\ &= 374 \text{ км/год} \end{aligned}$$

$$V_{\Pi} = \frac{374}{9} = 41,55 \text{ км/год}$$

Число замірів миттєвої швидкості:

$$n = \frac{t_p^2 \cdot \sigma^2}{\Delta^2}, \quad (2.4)$$

Середнє квадратичне відхилення:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{15} (V_i - V_{\Pi})^2}{15}} \quad (2.5)$$

$$\begin{aligned} \sigma &= \sqrt{\frac{(51 - 43,77)^2 + (51 - 43,77)^2 + (51 - 43,77)^2 + (47 - 43,77)^2 + \\ &\sqrt{\frac{+(47 - 43,77)^2 + (46 - 43,77)^2 + (46 - 43,77)^2 + (45 - 43,77)^2 + \\ &\sqrt{\frac{+(38 - 43,77)^2 + (43 - 43,77)^2 + (42 - 43,77)^2 + (47 - 43,77)^2 +}{15}} \end{aligned}$$

$$\sqrt{\frac{+(34 - 43,77)^2 + (34 - 43,77)^2 + (49 - 43,77)^2}{15}} = 1,22$$

$$n = \frac{2^2 \cdot 1,23^2}{1^2} = 6,08$$

Для визначення швидкості транспортного потоку необхідно заміряти миттєву швидкість руху у 6 ТЗ.

Після визначення основних параметрів транспортного потоку можна проектувати основні цілі та стратегії по покращенні міського простору та умов для руху пішоходів і транспорту.

На рисунку 2.4 зображена типова схема розташування постів обліковців на чотирьох сторонньому перехресті.

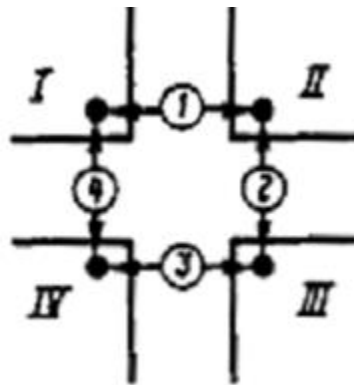


Рисунок 2.4 – Місця розташування обліковців на перехресті

Результати по обліку заносимо в спеціальний бланк обліку переміщення пішоходів.

**Бланк обліку інтенсивності руху пішоходів**  
**Назва пункту    вул. С. Бандери – вул. Руська**

**Дата спостереження    17.05.24**

**Час обстеження: початок    11    закінчення    12**

| Напрямок руху | Кількість пішоходів |       |       |       | Разом за годину |
|---------------|---------------------|-------|-------|-------|-----------------|
|               | 00-15               | 15-30 | 30-45 | 45-60 |                 |
| 1-2 (4)       | 7                   | 3     | 4     | 1     | 15              |
| 2-1 (4)       | 7                   | 1     | 2     | 4     | 14              |
| 1-2 (3)       | 5                   | 2     | 3     | 1     | 11              |
| 2-1 (3)       | 3                   | 5     | 2     | 3     | 13              |
| 3-4 (1)       | 2                   | 3     | 1     | 1     | 7               |
| 4-3 (1)       | 1                   | 1     | 0     | 0     | 2               |
| 3-4 (2)       | 3                   | 0     | 1     | 0     | 4               |
| 4-3 (2)       | 0                   | 1     | 1     | 0     | 2               |

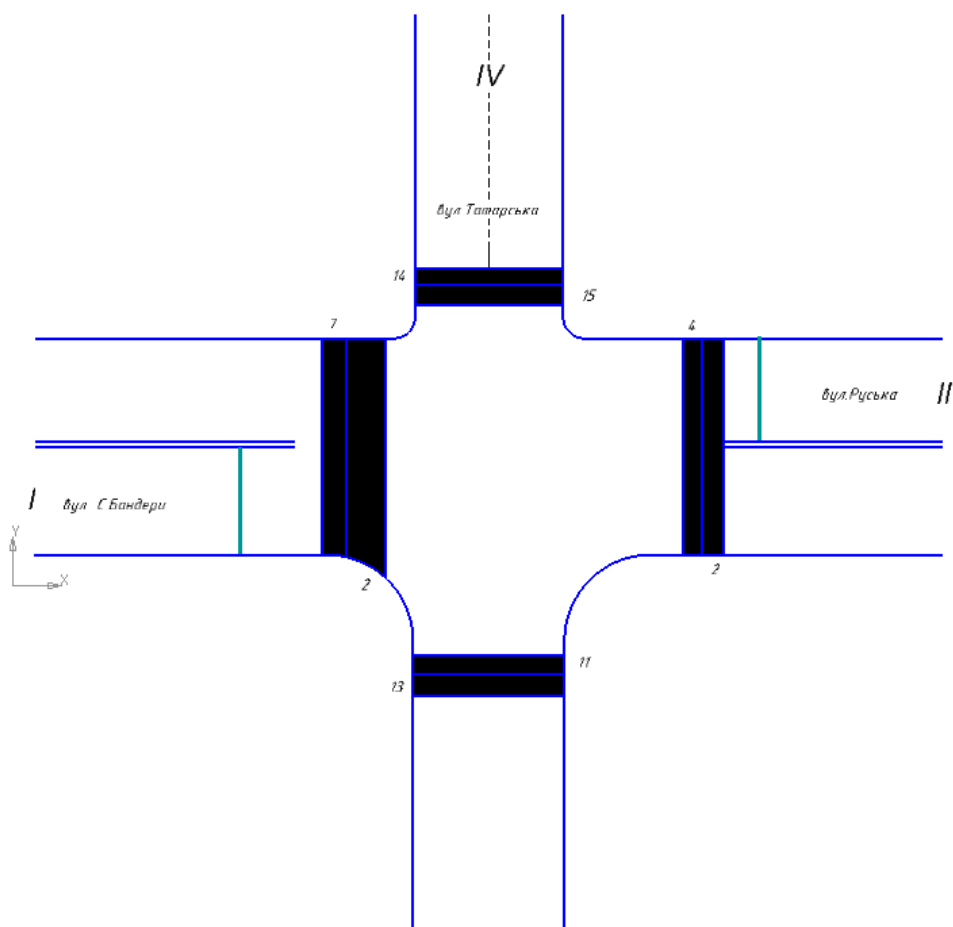


Рисунок 2.5 – Картограма інтенсивності переміщення пішоходів на перехресті в м. Тернопіль Татарська-С. Бандери-Руська

Оцінка швидкості руху ТЗ та швидкості переміщення пішоходів є початковим етапом і необхідним для оцінки ефективності дорожнього руху та проектування транспортної інфраструктури. Дані про швидкість можуть бути отримані різними способами, такими як прямі спостереження за допомогою радарів, відеокамер або датчиків, а також з використанням GPS-трекерів на транспортних засобах або мобільних додатків для збору інформації про швидкість руху.

Після збору даних важливим кроком є їх обробка. Це включає очищення даних від аномальних або некоректних значень, агрегування та фільтрацію інформації для усунення дрібних коливань, що можуть спотворювати результати. Далі проводиться аналіз швидкості, де визначають середню, максимальну та мінімальну швидкість на досліджуваній ділянці. Важливим показником є також коефіцієнт варіації, який дозволяє оцінити рівень коливань швидкості.

Зібрані та оброблені дані можуть бути використані для моделювання та прогнозування транспортних потоків, зокрема для визначення пропускної здатності дороги та можливості утворення заторів. Результати аналізу можуть бути представлені у вигляді графіків, діаграм або карт, що дозволяє наочно оцінити зміни швидкості та інтенсивність руху на різних ділянках.

На основі цих результатів можна зробити висновки про проблемні зони, де спостерігаються затори або небезпечні ситуації, і запропонувати заходи для покращення ситуації, такі як коригування світлофорного регулювання, розширення смуг або зміни в дорожній розмітці.

Загалом, обробка та аналіз даних про швидкість транспортних засобів допомагає у розробці ефективних стратегій для покращення організації руху, підвищення безпеки на дорогах і зменшення заторів.

## 2.3 Дослідження геометричних параметрів перехрестя

Врахування геометричних параметрів перехрестя є ключовим етапом у проектуванні доріг, оскільки правильні геометричні параметри забезпечують безпечні умови, ефективність пересування і комфорт транспортування. Параметри перехрестя включають розміри смуг руху, радіуси повороту, ширину проїжджої частини, кути та інші важливі аспекти, які визначають функціональність та пропускну здатність перехрестя.

### **Основні етапи розрахунку геометричних параметрів перехрестя:**

#### **1. Визначення типу перехрестя.**

Перед початком розрахунків важливо визначити тип перехрестя. Це може бути:

- **Перехрестя з регульованим рухом (світлофори).**
- **Перехрестя без світлофорів (з круговим рухом або з іншими типами регулювання).**
- **Трамвайне або пішохідне перехрестя.** Тип перехрестя впливає на вибір геометричних параметрів.

#### **2. Визначення кількості смуг.**

Для кожного напрямку руху на перехресті визначається кількість смуг залежно від інтенсивності потоку транспорту. Враховуються:

- Кількість смуг для основних і допоміжних напрямків.
- Ширина смуг (зазвичай від 3 до 3.5 м для легкових автомобілів, залежно від норм).
- Спеціальні смуги для автобусів, велосипедистів або повороту.

#### **3. Розрахунок радіусів повороту.**

Радіус повороту визначається для забезпечення зручності та безпеки руху транспортних засобів, зокрема великих вантажівок та автобусів. Для легкових автомобілів мінімальний радіус повороту на звичайному перехресті

складає 7–10 м, для великих автомобілів — 12–15 м. Розрахунок радіусу повороту здійснюється з урахуванням розмірів найбільших транспортних засобів, які повинні мати можливість безперешкодно рухатись.

#### **4. Ширина пішохідних переходів і тротуарів.**

Пішохідні переходи повинні бути достатньо широкими, щоб забезпечити безпеку пішоходів, особливо на великих перехрестях. Мінімальна ширина пішохідного переходу зазвичай становить 3–4 м, а для тротуарів — 2 м. Важливо забезпечити достатньо місця для руху пішоходів і безперешкодний доступ до всіх необхідних зупинок або переходів.

#### **5. Кути перехрестя.**

Для забезпечення видимості на перехресті важливо правильно вибрати кути, під якими стикаються дороги. Це дозволяє водіям бачити пішоходів, інші транспортні засоби та перешкоди на перехресті. Кути повинні бути такими, щоб мінімізувати зони сліпих куточків, за яких водії не можуть бачити рух інших учасників. Зазвичай кути перехрестя повинні бути прямими або близькими до прямих.

#### **6. Параметри зупинки та запасні смуги.**

Для забезпечення безпеки та пропускної здатності важливо враховувати місце для зупинок громадського транспорту, смуги для відвертання чи аварійної зупинки транспорту. Смуга зупинки повинна бути достатньо широка, щоб автобуси та інші транспортні засоби могли зупинятись без блокування інших напрямків руху.

#### **7. Аналіз пропускної здатності.**

Після визначення основних геометричних параметрів перехрестя проводиться аналіз пропускної здатності. Для цього визначається кількість ТЗ, що проходять через перехрестя за одиницю часу, враховуючи інтенсивність руху, швидкість, світлофорний цикл або інші фактори регулювання руху.

#### **8. Визначення допустимих навантажень.**

Для проектування перехрестя також важливо враховувати допустимі навантаження на дорожнє покриття, зокрема на місцях з інтенсивним рухом

великогабаритного транспорту. Розрахунок навантажень дозволяє вибрати матеріали та технології для будівництва перехрестя.

**Параметри, що враховуються при розрахунках:**

- Ширина смуг і тротуарів;
- Радіуси поворотів;
- Мінімальна видимість на перехресті;
- Пропускна здатність перехрестя;
- Зони для пішоходів, велосипедистів та громадського транспорту;
- Час для переходу пішоходів, світлофорні цикли.

Для перехрестя з двома основними дорогами та двома смугами в кожному напрямку, можна виконати наступні розрахунки:

1. Визначення мінімальних і оптимальних радіусів поворотів для легкових і великогабаритних автомобілів.
2. Оцінка швидкості потоку та встановлення необхідної кількості смуг для кожного напрямку.
3. Розрахунок пропускної здатності з урахуванням інтенсивності руху в години пік.
4. Розробка пішохідних переходів та тротуарів з урахуванням безпеки пішоходів.

Виходячи з вихідних даних про кількість смуг руху у кожному напрямку, ми розраховуємо загальну ширину проїзної частини на підході до перехрестя. Це робиться враховуючи, що ширина кожної смуги руху має відповідати нормативам і становить 3,75 метра згідно з регулятивними документами. Додатково, необхідно передбачити захисні полоси завширшки 0,5 метра з обох сторін проїзної частини.

Ширина проїзної частини:

$$B_{пч} = 3,75 \cdot (n + m) + 2 \cdot 0,5, \quad (2.6)$$

де  $n$  і  $m$  – кількість смуг, од.

$$B_1 = 3,75 \cdot 1 + 2 \cdot 0,5 = 4,65 \text{ м}$$

Для напрямів 3, 4 ширина 1-ї смуги руху – по 2,5- м.

$$B_2 = 3,75 \cdot (2 + 2) + 2 \cdot 0,5 = 16 \text{ м}$$

Геометрія проїжджої частини на кожному підході до перетину вулиць , рисунок 2.6.

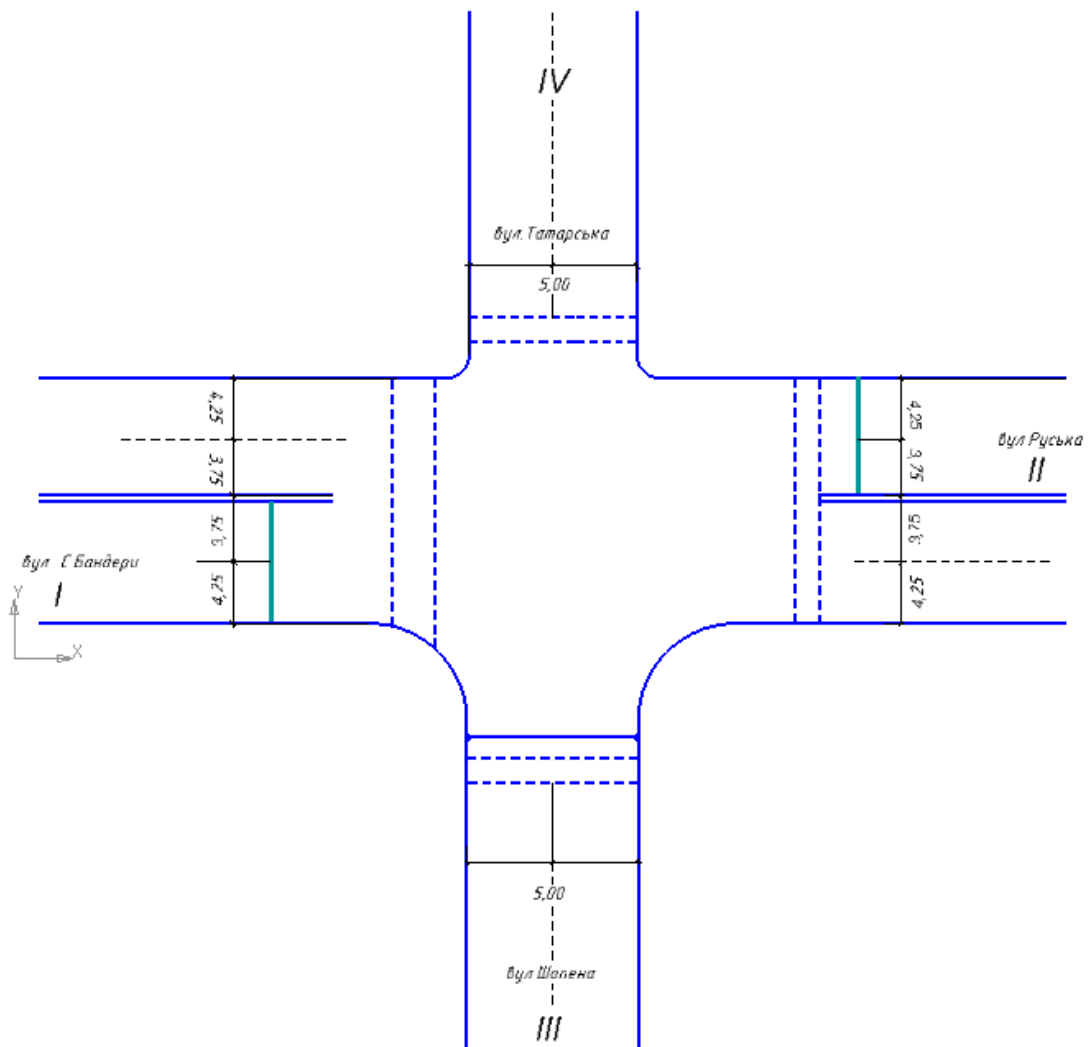


Рисунок 2.6 – Геометричні параметри перехрестя по всіх напрямках руху

Профіль дороги та його елементи, рисунок 2.7, 2.8.

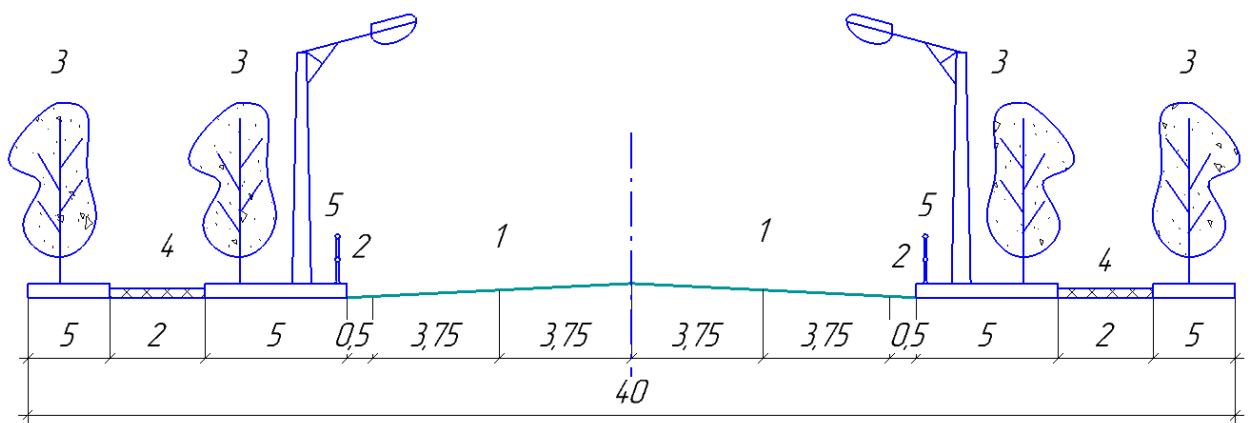


Рисунок 2.7 – Поперечний профіль дороги в 1, 2 напрямках

- |                     |                         |                      |
|---------------------|-------------------------|----------------------|
| 1 – проїзна частина | 2 – запобіжні смуги     | 3 – смуги озеленення |
| 4 – тротуари        | 5 – огороження перильне |                      |

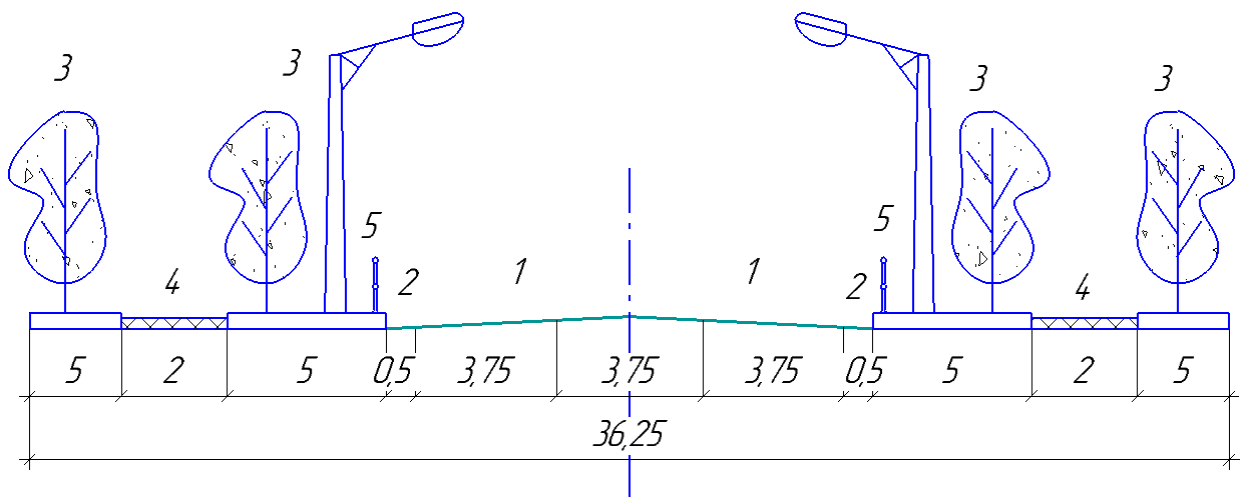


Рисунок 2.8 – Поперечний профіль дороги в 4 напрямку

## 2.4 Визначення інтенсивності руху за досліджуваними напрямками

Визначення інтенсивності дорожнього руху на перехресті має ключове значення для ефективного управління транспортними потоками та забезпечення зручності пересування. Цей процес дозволяє оптимізувати організацію руху, визначити необхідну кількість смуг, розташування дорожніх знаків і параметри роботи світлофорів, що сприяє зменшенню заторів і покращенню транспортної ситуації.

Аналіз даних про інтенсивність руху допомагає виявити потенційно небезпечні ділянки та вжити заходів для підвищення безпеки, таких як облаштування кільцевих перехресть або створення пішохідних переходів. Це важливо, оскільки високий рівень транспортного навантаження часто супроводжується зростанням кількості дорожньо-транспортних пригод.

Крім того, зменшення заторів через правильну організацію руху позитивно впливає на екологію, оскільки автомобілі, які стоять у заторах, створюють більше шкідливих викидів, ніж ті, що рухаються. Визначення інтенсивності також дозволяє уникнути зайвих витрат на будівництво або реконструкцію інфраструктури, забезпечуючи створення рішень, що відповідають реальним потребам.

Також це важливо для прогнозування майбутніх транспортних навантажень і планування розвитку інфраструктури. Використання цих даних дозволяє моделювати рух та приймати стратегічні рішення, спрямовані на забезпечення зручності та комфорту для водіїв, пішоходів і велосипедистів. Серед основних методів збору даних є ручний підрахунок, автоматичні датчики, відеокамери, дрони або аналіз GPS-даних.

Отже, визначення інтенсивності руху є важливим елементом забезпечення безпеки, екологічності та ефективності транспортної системи.

Існує кілька методів для визначення інтенсивності руху. Одним з них є метод прямого спостереження, який передбачає ручний підрахунок транспортних засобів, що проходять через певну точку спостереження. Це може бути перехрестя або ділянка дороги, де здійснюється підрахунок транспортних засобів протягом певного часу, наприклад, години. Хоча цей метод є простим, він вимагає багато часу та зусиль.

Іншим методом є використання автоматичних систем підрахунку, таких як індуктивні петлі, розташовані в дорожньому покритті, відеоспостереження з програмним забезпеченням для аналізу потоків транспорту, а також радари та лазерні вимірювачі. Ці технології дозволяють

отримати точні дані про інтенсивність руху без необхідності постійного спостереження людиною.

Сучасні технології, зокрема GPS і мобільні додатки, також використовуються для збору даних про рух транспортних засобів. Завдяки GPS-трекерам та програмам на смартфонах можна отримати точні відомості про середню швидкість транспорту та кількість автомобілів на різних ділянках дороги.

Для більш точного прогнозування інтенсивності руху використовуються математичні моделі, що враховують різні фактори, такі як час доби, погодні умови, технічні характеристики доріг, наявність світлофорів і рівень аварійності. Такі моделі дають змогу визначити інтенсивність руху не лише на основі спостережень, але й на основі статистичних даних та прогнозів.

Процес визначення інтенсивності руху починається з вибору точки спостереження. Це може бути перехрестя, ділянка дороги або будь-яка інша точка, де здійснюється підрахунок транспортних засобів. Після цього за допомогою одного з методів (спостереження, автоматичні системи, GPS) підраховуються транспортні засоби, що проходять через точку за певний період часу. Інтенсивність руху зазвичай вимірюється в ТЗ на годину (тз/год) або на хвилину (тз/хв). Якщо спостереження проводиться на певному інтервалі часу, наприклад, протягом години, середню інтенсивність можна визначити, поділивши загальну кількість транспортних засобів на час спостереження.

Крім середньої інтенсивності руху, важливо оцінювати варіації інтенсивності, зокрема пікові значення під час години пік або мінімальні значення в нічний час. Це дозволяє оптимізувати стратегії для регулювання руху та покращення роботи світлофорів.

Для перехресть важливо враховувати інтенсивність руху за кожним напрямком: прямий рух, ліві та праві повороти. Крім того, необхідно розрахувати кількість транспортних засобів, що здійснюють повороти, та визначити потребу в додаткових смугах для повороту. Інтенсивність руху

також може враховувати пішохідні потоки, що впливають на загальну пропускну здатність.

Оцінка інтенсивності руху є основою для розрахунку пропускну здатності доріг, проектування оптимальних світлофорних циклів і визначення кількості смуг для кожного напрямку руху. Крім того, цей показник допомагає зменшити затори та підвищити безпеку на дорогах. Врахування інтенсивності руху також необхідне для прогнозування змін у транспортних потоках, що можуть виникнути через зростання населення чи розвиток транспортних зв'язків.

Інтенсивність руху різних видів транспорту:

$$U_{пр\ ij} = U_{ij} \cdot \frac{\sum(K_{пр} \cdot Z)}{100}, \quad (2.7)$$

Розрахунок інтенсивності руху визначаємо із врахуванням коефіцієнтів приведення по кожному виду ТЗ який рухається в потоці-  $K_{пр}$  – коефіцієнт приведення (див. табл. 2.1)

Таблиця 2.1 – Коефіцієнти приведення по типу транспорту

| Тип транспорту | Коефіцієнт приведення |
|----------------|-----------------------|
| Легкові        | 1,0                   |
| Мікроавтобуси  | 1,5                   |
| Вантажні       | 2,5–3,5               |
| Автобуси       | 2,5                   |
| Тролейбуси     | 3,5                   |
| Мотоцикли      | 0,5                   |

Розрахунок інтенсивності за напрямками руху на кожному підході до перехрестя:

$$U_{пр12} = 220 \cdot \frac{(82 \cdot 1 + 9 \cdot 1,5 + 2 \cdot 2,5 + 0,42 \cdot 3 + 5,516 \cdot 2,5 + 1,4 \cdot 3,5 + 0,86 \cdot 0,5)}{100} = 292$$

$$U_{\text{пр}14} = 44 \cdot \frac{(82 \cdot 1 + 9 \cdot 1,5 + 2 \cdot 2,5 + 0,42 \cdot 3 + 5,516 \cdot 2,5 + 1,4 \cdot 3,5 + 0,86 \cdot 0,5)}{100} = 73$$

$$U_{\text{пр}21} = 218 \cdot \frac{(82 \cdot 1 + 11,36 \cdot 1,5 + 2 \cdot 2,5 + 0,42 \cdot 3 + 5,516 \cdot 2,5 + 1,4 \cdot 3,5 + 0,86 \cdot 0,5)}{100} = 267$$

$$U_{\text{пр}24} = 2 \cdot \frac{(82 \cdot 1 + 11,36 \cdot 1,5 + 3 \cdot 2,5 + 0,42 \cdot 3 + 5,516 \cdot 2,5 + 1,4 \cdot 3,5 + 0,86 \cdot 0,5)}{100} = 63$$

$$U_{\text{пр}31} = 2 \cdot \frac{(82 \cdot 1 + 11,36 \cdot 1,5 + 3 \cdot 2,5 + 3 \cdot 3 + 2 \cdot 2,6 + 0 \cdot 2,5 + 2 \cdot 0,5)}{100} = 26$$

$$U_{\text{пр}34} = 97 \cdot \frac{(82 \cdot 1 + 11,36 \cdot 1,5 + 3 \cdot 2,5 + 3 \cdot 3 + 2 \cdot 2,6 + 0 \cdot 2,5 + 2 \cdot 0,5)}{100} = 116$$

$$U_{\text{пр}32} = 3 \cdot \frac{(82 \cdot 1 + 11,36 \cdot 1,5 + 3 \cdot 2,5 + 3 \cdot 3 + 2 \cdot 2,6 + 0 \cdot 2,5 + 2 \cdot 0,5)}{100} = 6$$

$$U_{\text{пр}41} = 2 \cdot \frac{(82 \cdot 1 + 11,36 \cdot 1,5 + 3 \cdot 2,5 + 3 \cdot 3 + 2 \cdot 2,6 + 0 \cdot 2,5 + 2 \cdot 0,5)}{100} = 4$$

$$U_{\text{пр}42} = 2 \cdot \frac{(82 \cdot 1 + 11,36 \cdot 1,5 + 3 \cdot 2,5 + 3 \cdot 3 + 2 \cdot 2,6 + 0 \cdot 2,5 + 2 \cdot 0,5)}{100} = 4$$

Результати інтенсивності руху заносимо в таблицю 2.2.

Таблиця 2.2 – Інтенсивність руху за досліджуваними напрямками

| 1                  |                    |                    | 2                  |                    |                    | 3                  |                    |                    | 4                  |                    |                    |
|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| $U_{\text{пр}1-2}$ | $U_{\text{пр}1-3}$ | $U_{\text{пр}1-4}$ | $U_{\text{пр}2-1}$ | $U_{\text{пр}2-3}$ | $U_{\text{пр}2-4}$ | $U_{\text{пр}3-1}$ | $U_{\text{пр}3-2}$ | $U_{\text{пр}3-4}$ | $U_{\text{пр}4-1}$ | $U_{\text{пр}4-2}$ | $U_{\text{пр}4-3}$ |
| 292                | -                  | 73                 | 267                | -                  | 63                 | 26                 | 116                | 6                  | 4                  | 4                  | -                  |
| $\sum U_1 = 365$   |                    |                    | $\sum U_2 = 330$   |                    |                    | $\sum U_3 = 148$   |                    |                    | $\sum U_4 = 8$     |                    |                    |

## 2.5 Визначення конфліктних точок на вулично-дорожній мережі

Визначення конфліктних точок на вулично-дорожній мережі є важливим етапом у проектуванні та оцінці БДР. Конфліктні точки виникають у тих місцях на дорозі, де взаємодія між учасниками руху, такими як водії, пішоходи та велосипедисти, може призвести до аварійних ситуацій. Як правило, це відбувається через погану видимість, недостатню організацію дорожнього руху, відсутність або неефективне регулювання дорожньої інфраструктури.

Одним з основних місць, де можуть виникати конфлікти, є перехрестя, оскільки саме на цих ділянках транспортні потоки можуть перетинатися під різними кутами. Це стосується як регульованих перехресть, де використовуються світлофори, так і нерегульованих, наприклад, перехресть з круговим рухом. Іншою потенційно небезпечною зоною є пішохідні переходи, зокрема ті, що знаходяться близько до перехресть або мають погану видимість. У таких місцях часто виникають конфлікти між пішоходами і транспортними засобами, особливо під час години пік або в умовах недостатнього освітлення.

Також конфлікти можуть виникати в місцях для зупинок громадського транспорту, розташованих безпосередньо на проїжджій частині дороги. Такі зупинки можуть призводити до взаємодії між транспортними засобами, що зупиняються для пасажирів, і тими, хто рухається в тому ж напрямку по своїй смузі. Ці ситуації можуть бути небезпечними, якщо зупинка не має окремо виділеного простору або якщо пішоходи не мають безпечного переходу до зупинок. Конфлікти також часто виникають на ділянках доріг з поворотами або розгалуженнями, де водії повинні змінювати смугу руху чи виконувати повороти, що може призвести до зіткнень з іншими учасниками дорожнього руху.

Існують різні методи визначення конфліктності на вулично-дорожній мережі. Один з них — це аналіз статистики ДТП. На основі даних про ДТП можна виявити найбільш небезпечні ділянки, де сталося багато аварій або інцидентів, зокрема з травмами або смертельними наслідками. Цей метод дозволяє фахівцям визначити місця, де необхідно вжити заходів для

покращення безпеки. Крім того, для виявлення конфліктних точок використовують метод візуального огляду, коли фахівці проводять обстеження дорожньої інфраструктури, зокрема оцінюючи видимість на перехрестях, наявність знаків і розмітки, ширину смуг і загальну організацію руху.

Ще одним методом є використання спеціалізованих програм для моделювання дорожнього руху, таких як VISSIM або SIDRA. Ці програми дозволяють створювати комп'ютерні моделі руху транспорту та пішоходів, що дає можливість прогнозувати виникнення конфліктів і аварійних ситуацій на конкретних ділянках. Спостереження за реальним потоком транспорту та пішоходів також є важливим методом виявлення небезпечних точок, оскільки дозволяє фіксувати моменти, коли учасники дорожнього руху потрапляють у ситуації, які можуть призвести до аварій.

Насамкінець, використання технологій, таких як GPS, датчики руху та системи моніторингу в реальному часі, дозволяє автоматично ідентифікувати конфліктні точки. Це може бути корисно для швидкої реакції на небезпечні ситуації та покращення організації руху.

Щоб усунути конфліктні точки, важливо переглянути розташування перехресть, зупинок громадського транспорту та інших елементів дорожньої інфраструктури. Наприклад, зупинки можна перенести за межі проїжджої частини, або ж встановити додаткові смуги для повороту, що зменшить кількість маневрів на перехрестях. Важливо також покращити видимість на перехрестях і пішохідних переходах шляхом покращення освітлення, видалення перешкод та встановлення дорожніх знаків, що допомагає знизити ризик аварій. Встановлення додаткових світлофорів або розмітки може бути важливим кроком для зменшення потенційних конфліктів.

Застосування сучасних технологій для моніторингу дорожнього руху, таких як камери спостереження або системи автоматичного контролю швидкості, також дозволяє швидко виявляти і реагувати на небезпечні ситуації. Таким чином, визначення і усунення конфліктних точок є важливим

елементом забезпечення безпеки дорожнього руху та зниження кількості аварій на дорогах.

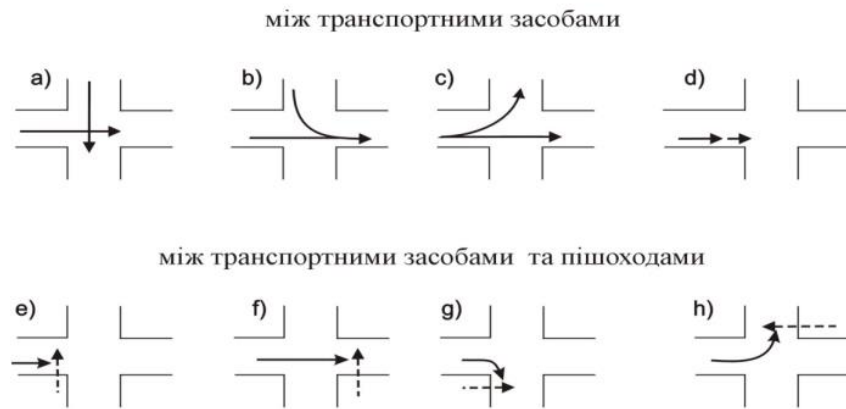


Рисунок 2.9 – Утворення конфліктних точок між ТЗ та ТЗ і пішоходами

Утворення конфліктних точок на перехрестях виникає через взаємодію транспортних потоків, пішоходів та інших учасників дорожнього руху. Конфліктні точки з'являються там, де траєкторії руху перетинаються, зливаються або розгалужуються, створюючи потенційно небезпечні ситуації, які можуть призвести до аварій.

Основною причиною цього явища є перетинання транспортних потоків, коли, наприклад, автомобілі рухаються в різних напрямках, виконують повороти чи розвороти. Також конфліктні точки утворюються, коли транспортні потоки зливаються на головній дорозі або розгалужуються на кілька напрямків. Ризик збільшується, якщо учасники руху порушують правила, перевищують швидкість, не використовують сигнали чи ігнорують дорожні знаки та світлофори. Ситуацію можуть ускладнити недоліки в проектуванні перехрестя, такі як тісні смуги, недостатнє маркування чи відсутність зон для безпечного переходу пішоходів.

Конфліктні зони на перехрестях з'являються там, де транспортні потоки перетинаються, розділяються чи зливаються. Наприклад, у зонах

перетину автомобілі з різних напрямків рухаються одночасно, у зонах розгалуження потоки розділяються на кілька траєкторій, а у зонах злиття кілька потоків об'єднуються в один.

Для зменшення кількості конфліктних точок використовуються інженерні рішення, такі як будівництво багаторівневих розв'язок, облаштування кругового руху замість традиційних перехресть чи створення спеціальних смуг для поворотів. Важливу роль відіграє також регулювання руху, зокрема ефективне налаштування світлофорів та контроль швидкості. Організація дорожнього руху, наприклад, поділ потоків за напрямками та чітке маркування, сприяє безпечності на перехрестях. Для пішоходів створюються підземні або надземні переходи, а також вводяться окремі фази роботи світлофорів.

Зменшення кількості конфліктних точок на перехрестях є важливим елементом підвищення безпеки дорожнього руху та зниження ризику аварій.

Утворення конфліктних точок на перетині вулиць в м. Тернопіль, рисунку 2.10.

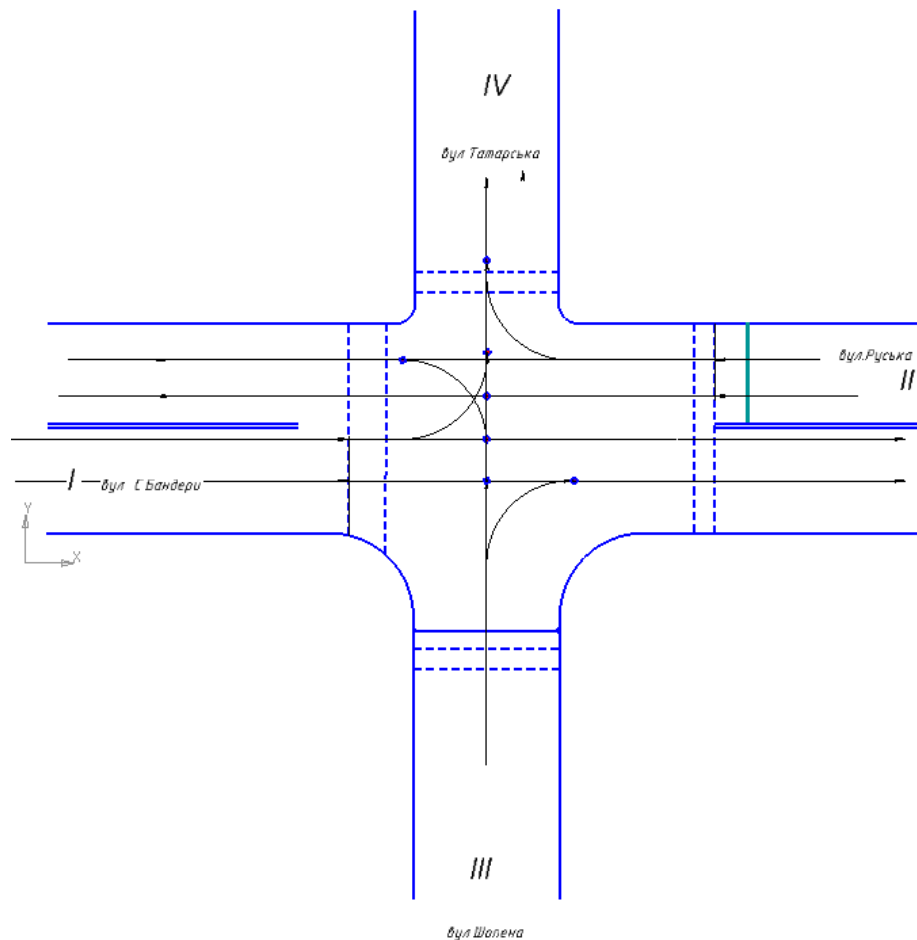


Рисунок 2.10 – Утворення конфліктних точок на перетині вулиць в м. Тернопіль

## 2.6 Розрахунок небезпеки пересічення за методом оцінки п'ятибальною системою

Розрахунок небезпеки пересічення за п'ятибальною системою оцінки дає змогу визначити рівень ризику на перехресті, враховуючи основні фактори, що впливають на безпеку дорожнього руху. Метод передбачає використання шкали від 1 до 5, де 1 означає мінімальну небезпеку, а 5 – максимальну. Кожен фактор оцінюється окремо, а загальна оцінка показує рівень загрози на конкретному місці.

Оцінка враховує такі аспекти, як інтенсивність транспортних потоків, наявність світлофорного регулювання, швидкість руху, організацію руху, умови для пішоходів, а також видимість і освітлення. Для кожного з цих факторів присвоюється бал, який відображає ступінь небезпеки: відмінні

умови отримують 1 бал, добрі – 2 бали, задовільні – 3, погані – 4, а критичні – 5. Потім розраховується середній бал за всіма факторами або підсумовується їхня сума, що дозволяє визначити загальний рівень ризику.

Результати оцінки інтерпретуються відповідно до середнього бала: від 1 до 1.5 небезпека вважається мінімальною, від 1.6 до 2.5 – низькою, від 2.6 до 3.5 – середньою, від 3.6 до 4.5 – високою, а від 4.6 до 5 – критичною. Наприклад, якщо на перехресті висока інтенсивність руху оцінюється в 4 бали, ефективність світлофорного регулювання – у 2 бали, середня швидкість руху – у 3 бали, недостатня організація дорожнього руху – у 4 бали, відсутність пішохідних переходів – у 5 балів, а видимість і освітлення – у 3 бали, загальний середній бал буде 3.5. Це означає, що перехрестя має середній рівень небезпеки.

Такий підхід допомагає виявити небезпечні місця та визначити, які заходи необхідно вжити для покращення ситуації. Наприклад, можна поліпшити маркування, встановити додаткові світлофори чи створити безпечні пішохідні переходи. Систематична оцінка дозволяє підвищити рівень безпеки на дорогах.

$$m = n_B + 3 \cdot n_3 + 5 \cdot n_{\Pi}, \quad (2.8)$$

де  $n_B$  – точки відхилення;

$n_3$  – точки злиття;

$n_{\Pi}$  – точки перетину.

$$m = 0 + 3 \cdot 6 + 5 \cdot 3 = 33$$

По розрахунках можна зробити висновок про те, що транспортний вузол є простим по організації руху.

## **2.7 Використання методу для визначення небезпеки пересічення з індексом інтенсивності транспортних потоків.**

Потоки, що взаємодіють внесемо в таблицю у форматі точка-ТП-ТП:

| №<br>конфліктної<br>точки | Потоки, що взаємодіють | №<br>конфліктної<br>точки | Потоки, що взаємодіють |
|---------------------------|------------------------|---------------------------|------------------------|
| <b>1</b>                  | (3-4), (1-2)           | <b>5</b>                  | (3-4), (1-4), (2-1)    |
| <b>2</b>                  | (1-2), (3-1)           | <b>6</b>                  | (2-1), (3-4), (3-2)    |
| <b>3</b>                  | (1-2), (3-4)           | <b>7</b>                  | (2-1), (3-4), (3-2)    |
| <b>4</b>                  | (3-4), (2-1)           | <b>8</b>                  | (1-4), (3-2)           |

Сума інтенсивностей в конфліктних точках:

$$1 - 279 + 112 = 391 \text{ од/год}$$

$$2 - 269 + 2 = 271 \text{ од/год}$$

$$3 - 269 + 112 + = 381 \text{ од/год}$$

$$4 - 112 + 272 = 384 \text{ од/год}$$

$$5 - 113 + 53 + 270 = 436 \text{ од/год}$$

$$6 - 272 + 6 = 278 \text{ од/год}$$

$$7 - 3 + 113 + = 116 \text{ од/год}$$

Небезпека у точках відхилення:

$$A_B = \sum n, \quad (2.9)$$

де  $n$  – сумарна інтенсивність руху в точках відхилення.

Кількість точок злиття:

$$A_3 = 3 \cdot \sum n, \quad (2.10)$$

де  $n$  – сумарна інтенсивність ТЗ в точках злиття.

$$A_3 = 3 \cdot (278 + 384 + 436 + 116) = 3642 \text{ авт/год}$$

Точки перетину:

$$A_{\Pi} = 5 \cdot \sum n, \quad (2.11)$$

де  $n$  – сума інтенсивностей ТЗ в точках перетину.

$$A_{\Pi} = 5 \cdot (381 + 381 + 383 + 436) = 7905 \text{ авт/год}$$

Небезпека пересічення за індексом інтенсивності ТП:

$$M_{aN} = A \cdot (A_B + A_3 + A_{\Pi}) \quad (2.12)$$

$$M_{aN} = 0,01 \cdot (0 + 3642 + 7905) = 115,47$$

## **2.8 Розрахунок небезпеки пересічення за методом відносної аварійності**

Можливі утворення конфліктних точок та їх характер на перехресті визначаємо та заносимо в таблицю 2.3.

Таблиця 2.3 – Характер утворення конфліктних точок на перехресті

| №  | Вид перетину | Потоки       | Кут        | Коеф. аварійності | Інтенсивності | $\Sigma$ |
|----|--------------|--------------|------------|-------------------|---------------|----------|
| 6  | Злиття П     | (1-2), (3-1) | $R \geq 3$ | 0,025             | 269+2         | 271      |
| 7  | Злиття П     | (2-1),(1-4)  | $R \geq 3$ | 0,025             | 270+53        | 323      |
| 8  | Злиття П     | (3-2), (2-1) | $R \geq 3$ | 0,025             | 4+270         | 274      |
| 9  | Злиття П     | (3-4), (2-4) | $R \geq 3$ | 0,025             | 113+3         | 116      |
| 12 | Перетин      | (1-2), (3-4) | 90°        | 0,0056            | 269+113       | 382      |
| 13 | Перетин      | (1-2), (3-4) | 90°        | 0,0056            | 269+113       | 382      |
| 14 | Перетин      | (2-1), (3-4) | 90°        | 0,0056            | 270+113       | 383      |
| 15 | Перетин      | (2-1), (3-4) | 90°        | 0,0056            | 270+113       | 383      |

Небезпека конфліктної точки:

$$q_1 = \frac{0,025 \cdot 269 \cdot 2 \cdot 25 \cdot 10^{-7}}{0,99} = 0,00034$$

$$q_2 = \frac{0,025 \cdot 270 \cdot 53 \cdot 25 \cdot 10^{-7}}{0,99} = 0,0089$$

$$q_3 = \frac{0,006 \cdot 269 \cdot 113 \cdot 25 \cdot 10^{-7}}{0,99} = 0,0045$$

$$q_4 = \frac{0,006 \cdot 270 \cdot 113 \cdot 25 \cdot 10^{-7}}{0,99} = 0,0046$$

$$q_5 = \frac{0,006 \cdot 269 \cdot 113 \cdot 25 \cdot 10^{-7}}{0,99} = 0,0045$$

Загалом небезпека пересічення визначається:

$$G = \sum_{i=1}^7 q_i \quad (2.13)$$

$$G = 0,0282$$

Показник аварійності:

$$k_a = \frac{G \cdot k_p \cdot 10^7}{25 \cdot (M_\varepsilon + U_\varepsilon)}$$

$$k_a = \frac{0,273 \cdot 0,99 \cdot 10^7}{25 \cdot (13\,263 + 720)} = 9,43$$

Залежно від рівня показника аварійності, на перехрестях приймаються різні заходи для підвищення безпеки дорожнього руху. Ці заходи спрямовані на зменшення конфліктних точок, покращення умов руху та створення безпечнішого середовища для всіх учасників.

**Низький рівень аварійності.** Якщо аварійність на перехресті знаходиться на прийнятному рівні, застосовуються мінімальні заходи, які включають поліпшення дорожньої розмітки, оновлення знаків, періодичну перевірку технічного стану світлофорів і освітлення. Також можуть бути впроваджені інформативні табло для попередження водіїв про обмеження швидкості чи інших правил.

**Середній рівень аварійності.** При помірному рівні аварійності додаються заходи, що спрямовані на більш активне регулювання руху. Встановлюються додаткові дорожні знаки, розширюються смуги руху, додаються островці безпеки для пішоходів. Якщо перехрестя не оснащено світлофорами, можливе їх встановлення. Також розглядаються зміни у схемі руху, наприклад, заборона поворотів у певні години або організація кругового руху.

**Високий рівень аварійності.** У випадках, коли аварійність значно перевищує норму, застосовуються радикальні заходи. Це може бути перебудова перехрестя у багаторівневу розв'язку, створення тунелів або естакад, виділення окремих смуг для громадського транспорту чи велосипедистів. Встановлюються сучасні системи адаптивного керування світлофорами, які змінюють фази в залежності від інтенсивності руху. Також впроваджуються зони примусового зниження швидкості із застосуванням штучних нерівностей чи камер контролю швидкості.

**Критичний рівень аварійності.** Якщо перехрестя має критично високий рівень аварійності, його функціонування може бути повністю переглянуто. Наприклад, перехрестя можуть закривати для транспортного руху з організацією об'їзних шляхів. Іншим рішенням є перетворення перехрестя на територію з пріоритетом для пішоходів або громадського транспорту. Крім цього, можуть бути впроваджені інноваційні технології, як-от автоматизовані системи моніторингу трафіку чи попередження аварійних ситуацій.

Кожен з цих заходів спрямований на зниження аварійності до прийняттого рівня, що забезпечує безпечніший рух і мінімізує ризики для водіїв та пішоходів.

За результатами розрахунків коефіцієнт аварійності знаходиться в межах з 8-12, необхідно вжити заходів по переобладнанні проїжджої частини новими ТЗОДР і засобів освітлення.

### **3 РОЗРАХУНОК РІВНЯ ЗАВАНТАЖЕННЯ ПРОЇДЖОЇ ЧАСТИНИ**

**Розрахунок рівня завантаження проїжджої частини** є важливим етапом аналізу транспортної ситуації на дорогах. Цей показник дозволяє оцінити ефективність використання дорожньої мережі та визначити її здатність забезпечувати безперешкодний рух транспортних засобів. Рівень завантаження характеризує співвідношення фактичної інтенсивності руху до пропускної здатності дороги і зазвичай виражається у відсотках або коефіцієнтах.

Для розрахунку рівня завантаження необхідно знати кілька ключових параметрів: інтенсивність транспортного потоку та пропускну здатність дороги (максимальну кількість транспортних засобів, яку ця ділянка може обслуговувати за той самий період). Пропускна здатність залежить від таких факторів, як ширина проїжджої частини, кількість смуг руху, їхня ширина, допустима швидкість, а також наявність світлофорів чи інших засобів регулювання.

#### **Класифікація рівня завантаження:**

- **До 50%-** низький рівень завантаження. Дорога працює вільно, затори та сповільнення руху відсутні.
- **50–75%-** помірний рівень завантаження. Дорога функціонує стабільно, але з можливістю затримок у години пік.
- **75–100%-** високий рівень завантаження. Є ймовірність заторів, швидкість руху значно знижується.
- **Понад 100%-** перевищення пропускної здатності. Це означає, що дорога перевантажена, виникають часті затори, транспортний потік сповільнюється або повністю зупиняється.

#### **Дані для розрахунку:**

Інтенсивність руху визначається на основі обстеження транспортного потоку за допомогою ручного підрахунку, автоматизованих систем моніторингу (індуктивні датчики, камери спостереження) або використання GPS-трекерів. Пропускна здатність дороги визначається відповідно до нормативних документів, які враховують технічні характеристики дороги, тип транспортного потоку (міський чи міжміський) та інші фактори.

### **Практичне значення розрахунку.**

Розрахунок рівня завантаження дозволяє:

1. Виявити ділянки дороги, що потребують реконструкції або розширення.
2. Оптимізувати організацію дорожнього руху, зокрема шляхом регулювання світлофорів, введення одностороннього руху або збільшення кількості смуг.
3. Планувати будівництво нових доріг або транспортних розв'язок.
4. Підвищити рівень безпеки на дорогах, мінімізуючи затори та ризики аварій.

Результати розрахунків часто використовуються у транспортному моделюванні та проектуванні для забезпечення ефективного функціонування дорожньої інфраструктури.

### **3.1 Потік насичення за напрямками руху транспортного потоку**

Потік насичення визначає максимальну кількість транспортних засобів, які можуть пройти через ділянку дороги, наприклад, перехрестя, за певний час за сприятливих умов руху. Цей показник залежить від ширини проїзної частини, швидкості потоку, інтенсивності руху, організації дорожнього руху та інших чинників. Він вимірюється в автомобілях за годину на одну смугу.

Прямий рух зазвичай має найвищий потік насичення, оскільки транспортні засоби рухаються без необхідності виконання маневрів, і при відсутності перешкод, таких як пішохідні переходи, його значення може досягати 1800–2200 автомобілів на годину на смугу. Повороти направо також

мають високий потік насичення, якщо не враховувати затримки через світлофори або необхідність поступатися дорогою пішоходам. Навпаки, потік насичення для поворотів наліво значно нижчий через необхідність перетинати зустрічний потік транспорту, особливо якщо відсутні окремі смуги для розворотів чи спеціальні фази світлофорів. У цьому випадку він становить приблизно 1200–1400 автомобілів на годину на смугу.

Круговий рух забезпечує різні рівні потоку насичення, залежно від кількості смуг, розміру кільця та наявності пріоритету для транспортних засобів. Потік на таких перехрестях може досягати 1700–2000 автомобілів на годину на смугу. Загальний потік насичення розраховується за формулою, яка враховує базове значення на одну смугу, кількість смуг і коригувальні коефіцієнти, пов'язані з умовами руху. Серед таких коефіцієнтів враховується ширина смуг, стан дорожнього покриття, вплив світлофорів та інтенсивність пішохідного руху, який особливо впливає на повороти направо чи наліво.

Проведення розрахунків потоку насичення дає змогу оптимізувати організацію руху, зменшити затримки, підвищити ефективність роботи перехресть та покращити безпеку на дорогах.

Розрахунок потоків насиченості проводиться для кожного напрямку руху окремо:

Для проєктованих перехресть:

$$M_{n_{i-j}} = 525 \cdot V_{ПЧ} \cdot K_i \cdot K_R \cdot K_C, \quad (3.1)$$

Коефіцієнт  $K_i$  :

$$K_i = 1 \pm \frac{3 \cdot i}{100}, \quad (3.2)$$

де  $i$  – поздовжній ухил, %.

Коефіцієнт  $K_R$ :

$$K_R = \frac{1}{1 + \frac{1,525}{R}}, \quad (3.3)$$

де  $R$  – радіус повороту на дорозі, м.

У разі роз'їзду автотранспорту у різних напрямках з однієї смуги, потік насиченості зменшується внаслідок взаємних перешкод між автомобілями, в даному випадку  $K_R$  не враховуємо на його місці використовується коефіцієнт  $K_C$ :

$$K_C = \frac{100}{a + k_L \cdot b + k_{\Pi} \cdot c}, \quad (3.4)$$

де  $a, b, c$  – часта інтенсивності руху, розподілена на напрямками: ліворуч, праворуч, прямо у %;

$k_L, k_{\Pi}$  – коефіцієнти затримки потоків за напрямками:

$$K_{i1} = 1 \pm \frac{3 \cdot 2}{100} = 1,06$$

$$K_{i2} = 1 \pm \frac{3 \cdot 2}{100} = 1,06$$

$$K_{i3} = 1 \pm \frac{3 \cdot 1,3}{100} = 1,039$$

$$K_{i4} = 1 \pm \frac{3 \cdot 1,3}{100} = 1,039$$

$$K_{C1} = \frac{100}{84,5 + 1,74 \cdot 17,47 + 1,35 \cdot 0} = 0,79$$

$$K_{C2} = \frac{100}{89 + 1,74 \cdot 0 + 1,35 \cdot 1} = 0,897$$

$$K_{C3} = \frac{100}{94,2 + 1,74 \cdot 2,94 + 1,25 \cdot 1,96} = 0,987$$

$$K_{C4} = \frac{100}{0 + 1,74 \cdot 49 + 1,26 \cdot 50} = 0,67$$

Розподіл потоків за напрямками, то коефіцієнт  $K_R$  не використовуємо.

$$M_{H1-1} = 525 \cdot 7,6 \cdot 1,06 \cdot 0,79 = 3921 \text{ авт/год}$$

$$M_{H2-1} = 525 \cdot 7,5 \cdot 1,06 \cdot 0,897 = 4338 \text{ авт/год}$$

$$M_{H3-2} = 525 \cdot 5 \cdot 1,039 \cdot 0,987 = 2279 \text{ авт/год}$$

$$M_{H4-2} = 525 \cdot 5 \cdot 1,039 \cdot 0,67 = 1852 \text{ авт/год}$$

### **3.2 Визначення основних параметрів циклу Світлофорного регулювання**

Регулювання дорожнього руху за допомогою світлофорів є одним із найефективніших засобів організації транспортних потоків у містах. Світлофорні об'єкти дозволяють впорядковувати рух ТЗ і пішоходів, підвищувати безпеку на перехрестях, пішохідних доріжках та інших ділянках вулично-дорожньої мережі. Їх основна функція полягає у зміні фаз сигналів для чергування пріоритету між різними потоками руху, що зменшує ймовірність конфліктів і сприяє злагодженості пересування.

Ефективність роботи світлофорів залежить від їх правильного розташування та налаштування. Світлофори встановлюються переважно на перехрестях із високою інтенсивністю руху або підвищеною аварійністю, а також у місцях з інтенсивними пішохідними потоками. Важливим аспектом є вибір оптимального режиму роботи світлофора: статичний, коли фази змінюються через постійні інтервали часу, або адаптивний, коли сигнали змінюються залежно від реальної ситуації на дорозі. Сучасні адаптивні системи, оснащені датчиками руху та камерами, дозволяють виявляти накопичення транспортних засобів і змінювати тривалість фаз для мінімізації заторів.

Окрім керування транспортними потоками, світлофори сприяють підвищенню безпеки пішоходів. На нерегульованих переходах пішоходи часто стикаються з труднощами через високу інтенсивність руху, тоді як

світлофорний перехід забезпечує безпечні умови. Спеціальні кнопки для виклику пішохідного сигналу дають змогу оптимізувати час очікування.

Також важливо враховувати ефекти впровадження світлофорів. Вони можуть зменшувати ризик аварій, спричинених конфліктами між транспортними засобами і пішоходами, але водночас неправильне налаштування світлофорних циклів може призвести до збільшення затримок, особливо на магістралях. Для уникнення таких ситуацій використовується синхронізація роботи світлофорів у межах транспортної мережі, яка дозволяє зменшити час простою та покращити загальну пропускну здатність дороги.

Щоб оцінити ефективність роботи світлофорів, застосовуються методи моделювання та аналізу реальних транспортних потоків. Дані, зібрані за допомогою автоматизованих систем моніторингу, дозволяють виявити вузькі місця в мережі та вдосконалити алгоритми регулювання. Крім того, доцільність встановлення світлофорів може оцінюватися на основі кількісних показників, таких як середня швидкість руху ТЗ, час затримки та рівень аварійності до і після впровадження.

Таким чином, регулювання руху за допомогою світлофорів є невід'ємною частиною забезпечення ефективного функціонування міської транспортної системи. Їх правильне розташування, адаптивне налаштування та інтеграція в єдину систему дозволяють досягати оптимального балансу між безпекою, швидкістю руху та пропускну здатністю дорожньої мережі.

Фазові коефіцієнти:

$$Y_{ij} = \frac{U_{ij}}{M_{ij}}, \quad (3.5)$$

$$Y_{1-1} = \frac{325}{3921} = 0,095$$

$$Y_{2-1} = \frac{258}{4338} = 0,071$$

$$Y_{3-2} = \frac{118,5}{2279} = 0,033$$

$$Y_{4-2} = \frac{4}{1852} = 0,0032$$

Загальні результати по розрахунку фазових коефіцієнтів заносимо в таблицю 3.1.

Таблиця 3.1 – Фазові коефіцієнти за кожним напрямком

| Фаза | Напрямок руху | Інтенсивність приведених авт./год. | Потік насичення авт./год | Значення фазових коефіцієнтів | Розрахунковий фазовий коефіцієнт |
|------|---------------|------------------------------------|--------------------------|-------------------------------|----------------------------------|
| 1    | 1             | 325                                | 3820                     | 0,085                         | 0,085                            |
|      | 2             | 258                                | 4249                     | 0,061                         |                                  |
| 2    | 3             | 118,5                              | 2705                     | 0,044                         | 0,044                            |
|      | 4             | 4                                  | 1752                     | 0,0023                        |                                  |

Тривалість проміжних тактів:

$$t_{\Pi} = \frac{V_a}{7,2 \cdot a_t} + \frac{3,6 \cdot (l_j + l_a)}{V_a}, \quad (3.6)$$

Для 1-ї фази СР:

$$t_{п1} = \frac{40}{7,2 \cdot 5} + \frac{3,6 \cdot (11 + 4)}{44} = 2,58 \text{ с.}$$

Для 2-ї фази СР:

$$t_{п2} = \frac{40}{7,2 \cdot 5} + \frac{3,6 \cdot (12 + 4)}{44} = 2,82 \text{ с.}$$

Тривалість проміжної фази СР для 1-го для 2-го такту приймаємо рівною 3 с.

Тривалість циклу:

$$t_{ц} = \frac{1,5 \cdot t_{п} + 5}{1 - Y}, \quad (3.7)$$

де  $t_{п}$  – тривалість проміжних тактів  $t_{п}$ , с.;

$Y$  – фазовий коефіцієнт.

$$t_{ц} = \frac{1,5 \cdot (3 + 3) + 5}{1 - (0,085 + 0,044)} = 16,07 \text{ с}$$

Для того щоб забезпечити вимоги по безпеці руху на перехресті визначаємо тривалість циклу, яка буде оптимальною= 25 с.

Відповідно до вимог безпеки руху, не враховуючи від розрахункове значення 16,07 с., тривалість циклу приймаємо рівним 25 с.

Тривалість основного такту:

$$t_{oi} = \frac{(t_{ц} - t_{п}) \cdot Y_i}{Y}, \quad (3.8)$$

$$t_{o1} = \frac{(25 - (3 + 3)) \cdot 0,085}{0,085 + 0,044} = 12,51 \text{ с.}$$

$$t_{o2} = \frac{(25 - (3 + 3)) \cdot 0,044}{0,085 + 0,044} = 6,48 \text{ с.}$$

Виходячи з розрахунків залишаємо тривалість основного такту по 10 та 9 с.

Час, для безпечного пропуску пішоходів:

$$t_{\text{пш}} = 5 + \frac{V_{\text{пч}}}{V_{\text{пш}}}, \quad (3.9)$$

де  $V_{\text{пш}}$  – швидкість переміщення пішоходів по пішохідній доріжці 1,3 , м./с.

Якщо які-небудь значення  $t_{\text{пш}}$  більше тривалості відповідних основних тактів, то приймають  $t_{oi} = t_{\text{пш}}$ , тривалість циклу необхідно збільшити.

$$t_{\text{пш4}} = 5 + \frac{17}{1,3} = 18,4 \text{ с.}$$

$$t_{\text{пш1}} = 5 + \frac{6}{1,3} = 9,64 \text{ с.}$$

Тривалість пішохідного світлофорного циклу для 1-го, 2-го та 3-го напрямків приймаємо  $t_{\text{пш2}} = t_{\text{пш1}} ; t_{\text{пш3}} = t_{\text{пш4}}$ , для однакової ширини приїжджої частини.

### **3.3 Визначення впливу заходів організації дорожнього руху**

Організація дорожнього руху є важливим елементом управління транспортною системою, спрямованим на забезпечення безпеки, комфортності та ефективності пересування транспорту та пішоходів. Це комплекс заходів, які охоплюють інженерні, адміністративні, правові та інформаційні рішення. Основна мета таких заходів полягає у зменшенні кількості дорожньо-транспортних пригод, забезпеченні безперебійного руху транспорту та зниженні рівня заторів і негативного впливу транспорту на довкілля.

Для підвищення безпеки руху широко використовуються інженерно-технічні рішення, зокрема встановлення дорожніх знаків, розмітки,

світлофорів, облаштування пішохідних переходів і встановлення бар'єрів на небезпечних ділянках. Важливим заходом є реконструкція вулиць, будівництво багаторівневих розв'язок і запровадження одностороннього руху на вузьких дорогах.

Ефективність дорожнього руху підвищується завдяки організації спеціальних смуг для громадського транспорту, зон обмеження швидкості та використанню сучасних інтелектуальних транспортних систем. Ці системи дозволяють моніторити дорожній рух, керувати світлофорами, а також інформувати водіїв про ситуацію на дорогах.

Соціальні заходи, як-от освітні кампанії для підвищення обізнаності водіїв і пішоходів, а також тренінги для підвищення кваліфікації водіїв, сприяють створенню культури безпечного дорожнього руху. У той же час адміністративні заходи, такі як встановлення штрафів за порушення правил дорожнього руху та впровадження системи автоматичного контролю, дисциплінують учасників дорожнього руху.

Комплексне впровадження таких заходів сприяє зниженню аварійності, скороченню часу на пересування, покращенню транспортної доступності й підвищенню якості життя громадян, створюючи безпечне і комфортне середовище.

## **ВИСНОВОК**

Ефективність заходів організації дорожнього руху визначається через їхній вплив на стан транспортної системи, зокрема на покращення пропускну здатності доріг, зменшення аварійності, підвищення швидкості руху та зниження транспортних затримок. Важливим показником є скорочення часу, необхідного для проїзду певної ділянки дороги, що включає зменшення затримок на перехрестях, пришвидшення руху через регульовані ділянки та зниження загального часу простою. Важливим є також підвищення пропускну

здатності дороги, тобто збільшення кількості транспортних засобів, які можуть вільно рухатися за одиницю часу.

Заходи мають сприяти зменшенню кількості дорожньо-транспортних пригод, що є ключовим аспектом забезпечення безпеки. Це включає зниження кількості зіткнень і тяжкості наслідків. Додатково оцінюється поліпшення умов для пішоходів і велосипедистів, зокрема підвищення їхньої безпеки й комфорту. Іншим важливим аспектом є зменшення негативного впливу транспорту на довкілля, наприклад, шляхом скорочення часу простою транспортних засобів у заторах, що знижує рівень шкідливих викидів. Економічний ефект також враховується, оскільки скорочення часу поїздок, зниження аварійності та зменшення витрат на паливе дозволяють зекономити значні кошти як для водіїв, так і для суспільства в цілому.

Ефективність заходів оцінюється різними методами. Використання комп'ютерного моделювання дає змогу проаналізувати вплив змін на транспортну систему. Порівняння ситуації до та після впровадження заходів дозволяє оцінити результати на основі даних про інтенсивність руху, середню швидкість і аварійність. Статистичний аналіз підтверджує обґрунтованість результатів, а опитування учасників дорожнього руху допомагають зрозуміти рівень їхнього задоволення. Крім того, економічний аналіз показує, наскільки витрати на впровадження заходів виправдані отриманими перевагами.

Прикладами таких заходів є встановлення регульованих перехресть або кругового руху, оптимізація роботи світлофорів за допомогою адаптивних систем, створення окремих смуг для руху громадського транспорту, організація згідно вимог безпеки руху пішохідних зон і велосипедних доріжок, а також встановлення дорожніх знаків і розмітки. Ефективність цих заходів проявляється у зниженні заторів, покращенні безпеки та підвищенні комфорту для учасників руху. Комплексний підхід до впровадження та оцінки заходів дозволяє не лише досягти видимих результатів, але й вчасно виявити потребу в коригуванні, забезпечуючи стабільне покращення дорожньої інфраструктури.



