

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

Навчально-науковий інститут енергетичної,  
інформаційної та транспортної інфраструктури

Кафедра транспортних систем і логістики

**Пояснювальна записка**  
до кваліфікаційної роботи  
бакалавра

на тему **Проектування організації перевезень на  
міському автобусному маршруті з добовим обсягом  
перевезень 5200 пасажирів**

Виконав: студент 4 курсу, групи ТТ 2022-2  
спеціальності 275 «Транспортні технології  
(за видами)»

Новотний С.О.

Керівник Копитков Д.М.

Рецензент Пруненко Д.О.

Харків – 2026 року

**Харківський національний університет міського господарства  
імені О. М. Бекетова**

Факультет Навчально-науковий інститут енергетичної, інформаційної та  
транспортної інфраструктури

Кафедра Транспортних систем і логістики

Освітньо-кваліфікаційний рівень Бакалавр

Спеціальність 275 "Транспортні технології (за видами)"

(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувач кафедри**

к.т.н., проф. Куш Є.І.

«    »      2026 року

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Новотному Святославу Олесандровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Проектування організації перевезень на міському  
автобусному маршруті з добовим обсягом перевезень 5200 пасажирів

керівник проекту (роботи) Копитков Д.М., канд. пед. наук, доц.,

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

затверджена наказом вищого навчального закладу № 440-03 від 22.05.2026 р.

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 12.06.2026 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) в додатку до завдання на дипломну  
розробку

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно  
розробити) Вступ. 1. Дослідження сучасного стану перевезень на маршрутах  
міського пасажирського транспорту. 2. Проектування міських перевезень на  
автобусному маршруті із добовим обсягом 5200 пасажирів. 3. Організація  
дорожнього руху на перехресті траси автобусного маршруту. Висновки.  
Перелік посилань. Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових  
креслень) Характеристика маршруту. Діаграма зміни пасажиропотоку на  
маршруті за годинами доби. Діаграма прогнозованих обсягів перевезень на  
маршруті. Діаграма потреби в транспортних засобах. Стрічковий графік руху.  
Розкладу руху. Показники роботи водіїв та автобусів. Схема дорожнього руху  
на перехресті. Схема пофазного роз'їзду.

# 6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

| Розділ                                                    | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата   |                  |
|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------|------------------|
|                                                           |                                           | завдання видав | завдання прийняв |
| Перевірка роботи на наявність ознак академічного плагіату | Толмачов І.О., інж. кафедри ТСЛ           |                |                  |
|                                                           |                                           |                |                  |
|                                                           |                                           |                |                  |

# 7. Дата видачі завдання 20.05.2025 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів кваліфікаційної роботи                                                       | Строк виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|----------|
| 1.    | Дослідження сучасного стану перевезень на маршрутах міського пасажирського транспорту     | 25.05.2026                    |          |
| 2.    | Проектування міських перевезень на автобусному маршруті із добовим обсягом 5200 пасажирів | 05.06.2026                    |          |
| 3.    | Організація дорожнього руху на перехресті траси автобусного маршруту                      | 10.06.2026                    |          |
| 4.    | Оформлення кваліфікаційної роботи                                                         | 12.06.2026                    |          |

Студент

( підпис )

Новотний С.О.

( прізвище та ініціали )

Керівник кваліфікаційної роботи

( підпис )

Копитков Д.М.

( прізвище та ініціали )

**Додаток  
до завдання на кваліфікаційну роботу**

**Таблиця 1 – Годинний пасажиропотоік на маршруті**

| Година роботи маршруту | Пасажиропотік, пас./год. |
|------------------------|--------------------------|
| 5-6                    | 186                      |
| 6-7                    | 496                      |
| 7-8                    | 620                      |
| 8-9                    | 496                      |
| 9-10                   | 310                      |
| 10-11                  | 186                      |
| 11-12                  | 124                      |
| 12-13                  | 186                      |
| 13-14                  | 310                      |
| 14-15                  | 372                      |
| 15-16                  | 372                      |
| 16-17                  | 496                      |
| 17-18                  | 558                      |
| 18-19                  | 372                      |
| 19-20                  | 310                      |
| 20-21                  | 186                      |
| 21-22                  | 124                      |
| 22-23                  | 62                       |

**Таблиця 2 – Обсяги перевезень пасажирів на маршруті**

| Місяць   | Рік    |        |        |
|----------|--------|--------|--------|
|          | 2023   | 2024   | 2025   |
| Січень   | 126868 | 121989 | 118435 |
| Лютий    | 123614 | 118858 | 115398 |
| Березень | 138253 | 132936 | 129064 |
| Квітень  | 141507 | 136064 | 132101 |
| Травень  | 144760 | 139192 | 135138 |
| Червень  | 133374 | 128244 | 124509 |
| Липень   | 115482 | 111040 | 107806 |
| Серпень  | 113856 | 109476 | 106288 |
| Вересень | 152892 | 147012 | 142 30 |
| Жовтень  | 149639 | 143884 | 139693 |
| Листопад | 145275 | 139688 | 135619 |
| Грудень  | 140691 | 135280 | 131340 |

Таблиця 3 – Параметри функціонування маршруту

| Показники                                 | Значення |
|-------------------------------------------|----------|
| Довжина маршруту, км                      | 9,2      |
| Експлуатаційна швидкість, км/год.         | 21       |
| Технічна швидкість, км/год.               | 28       |
| Максимально допустимий інтервал руху, хв. | 15       |
| Коефіцієнт дефіциту транспортних засобів  | 0,9      |

Таблиця 4 – Коефіцієнти добової нерівномірності пасажиропотоку

| Години доби                | 6 <sup>00</sup> -7 <sup>00</sup> | 7 <sup>00</sup> -8 <sup>00</sup> | 8 <sup>00</sup> -9 <sup>00</sup> | 9 <sup>00</sup> -10 <sup>00</sup> | 10 <sup>00</sup> -11 <sup>00</sup> | 11 <sup>00</sup> -12 <sup>00</sup> | 12 <sup>00</sup> -13 <sup>00</sup> | 13 <sup>00</sup> -14 <sup>00</sup> | 14 <sup>00</sup> -15 <sup>00</sup> | 15 <sup>00</sup> -16 <sup>00</sup> | 16 <sup>00</sup> -17 <sup>00</sup> | 17 <sup>00</sup> -18 <sup>00</sup> | 18 <sup>00</sup> -19 <sup>00</sup> | 19 <sup>00</sup> -20 <sup>00</sup> | 20 <sup>00</sup> -21 <sup>00</sup> | 21 <sup>00</sup> -22 <sup>00</sup> |
|----------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| Коефіцієнт нерівномірності | 0,8                              | 1                                | 0,8                              | 0,5                               | 0,3                                | 0,2                                | 0,3                                | 0,5                                | 0,6                                | 0,6                                | 0,8                                | 0,9                                | 0,6                                | 0,5                                | 0,3                                | 0,2                                |

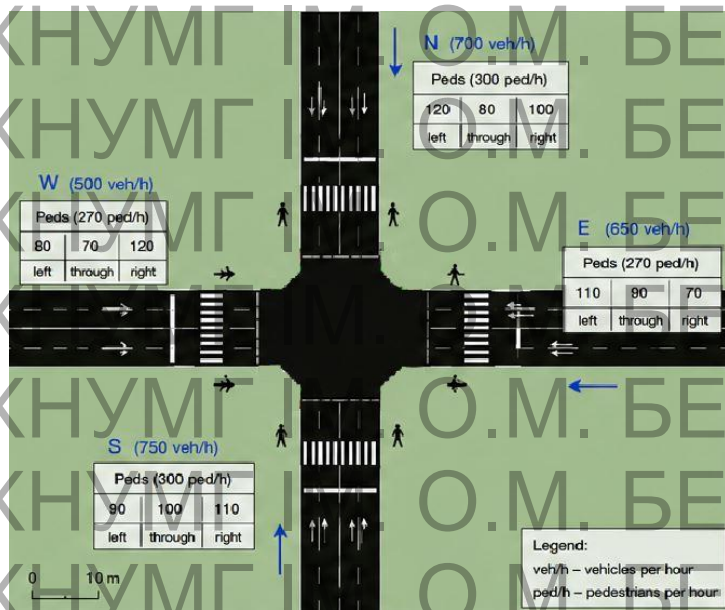


Рисунок 1 – Інтенсивність руху транспортних засобів та пішоходів на перехресті міського автобусного маршруту

Студент \_\_\_\_\_

(підпис)

Керівник роботи \_\_\_\_\_

(підпис)

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота складається з 59 сторінок машинописного тексту, містить 6 ілюстрацій, 15 таблиць, 22 літературних джерела.

Об'єкт дослідження: транспортного обслуговування пасажирів на міському автобусному маршруті.

Мета роботи: обґрунтування комплексу заходів для покращення транспортного обслуговування пасажирів на міському автобусному маршруті.

Метод дослідження: теоретичний, аналітичний, статистичний.

Отримані результати. Визначено потребу в транспортних засобах для кожного періоду функціонування маршруту. Розроблено розклад руху автобусів, а також розраховано основні показники роботи водіїв і рухомого складу. Складено місячний графік роботи водіїв. Проведено оцінку ефективності заходів з удосконалення організації дорожнього руху на перехресті, через яке проходить автобусний маршрут.

Рекомендації з впровадження. Розроблені рекомендації доцільно застосовувати при організації та удосконаленні міських пасажирських перевезень.

**АВТОБУСНИЙ МАРШРУТ, ПАСАЖИРСЬКИЙ ПОТІК, РУХОМИЙ  
СКЛАД, РОЗКЛАД РУХУ, ОРГАНІЗАЦІЯ ДОРОЖНЬОГО РУХУ**

## ЗМІСТ

|                                                                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВСТУП.....                                                                                                    | 9  |
| Розділ 1 ДОСЛІДЖЕННЯ СУЧАСНОГО СТАНУ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НА<br>МАРШРУТАХ МІСЬКОГО ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ.....        | 11 |
| 1.1 Дослідження існуючих проблем організації міських<br>пасажирських перевезень.....                          | 11 |
| 1.2 Визначення основних характеристик автобусного маршруту.....                                               | 15 |
| 1.3 Прогнозування зміни обсягу перевезень на автобусному<br>маршруті.....                                     | 17 |
| 1.4 Висновки за розділом.....                                                                                 | 21 |
| Розділ 2 ПРОЕКТУВАННЯ МІСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НА<br>АВТОБУСНОМУ МАРШРУТІ ІЗ ДОБОВИМ ОБСЯГОМ 5200<br>ПАСАЖИРІВ..... | 22 |
| 2.1 Вибір марки автобуса для роботи на маршруті.....                                                          | 22 |
| 2.2 Визначення величини пасажиропотоків та необхідної кількості<br>автобусів для роботи на маршруті.....      | 25 |
| 2.3 Графоаналітичне визначення раціонального режиму праці водіїв<br>та автобусів.....                         | 32 |
| 2.4 Складення стрічкового графіку роботи автобусів на маршруті.....                                           | 35 |
| 2.5 Розроблення розкладу руху автобусів на маршруті.....                                                      | 37 |
| 2.6 Розрахунок показників роботи автобусів і водіїв на маршруті.....                                          | 40 |
| 2.7 Складання місячного графіка роботи водіїв.....                                                            | 42 |
| 2.8 Висновки за розділом.....                                                                                 | 44 |

|           |      |               |        |      |                                     |       |         |
|-----------|------|---------------|--------|------|-------------------------------------|-------|---------|
|           |      |               |        |      | ННІЕІТІ ТСЛ ТТ 2022-2 ТТ XXX...Х ПЗ |       |         |
| Змн.      | Арк. | № докум.      | Підпис | Дата | Пояснювальна записка                |       |         |
| Розроб.   |      | Новотний С.О. |        |      |                                     |       |         |
| Перевір.  |      | Котичков Д.М. |        |      | ХНУМГ                               |       |         |
| Н. контр. |      | Бурко Д.Л.    |        |      |                                     |       |         |
| Затв.     |      | Куш Є.І.      |        |      |                                     |       |         |
|           |      |               |        |      | Літера                              | Аркуш | Аркушів |
|           |      |               |        |      | к                                   | р     | р       |
|           |      |               |        |      |                                     | 7     | 59      |

|                                                                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Розділ 3 ОРГАНІЗАЦІЯ ДОРОЖНЬОГО РУХУ НА ПЕРЕХРЕСТІ ТРАСИ<br>АВТОБУСНОГО МАРШРУТУ.....                             | 46 |
| 3.1 Аналіз інтенсивностей транспортних та пішохідних потоків на<br>перехресті .....                               | 46 |
| 3.2 Моделювання параметрів дорожнього руху на перехресті у<br>програмному середовищі SUMO.....                    | 48 |
| 3.3 Аналіз результатів моделювання параметрів дорожнього руху на<br>перехресті у програмному середовищі SUMO..... | 50 |
| 3.4 Висновки за розділом.....                                                                                     | 54 |
| ВИСНОВКИ.....                                                                                                     | 56 |
| ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....                                                                                             | 58 |

|      |      |          |        |      |
|------|------|----------|--------|------|
|      |      |          |        |      |
| Змй. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

## ВСТУП

Міський пасажирський транспорт є невід'ємною складовою транспортної системи сучасного міста та відіграє важливу роль у забезпеченні мобільності населення. Від ефективності організації пасажирських перевезень залежить своєчасність пересування мешканців, рівень транспортного обслуговування, безпека дорожнього руху та загальний соціально-економічний розвиток міста. Зростання рівня автомобілізації, збільшення інтенсивності дорожнього руху та нерівномірність пасажиропотоків створюють необхідність постійного вдосконалення організації роботи міських автобусних маршрутів.

Однією з основних проблем функціонування міського пасажирського транспорту є забезпечення відповідності між потребами населення у перевезеннях та можливостями транспортної системи. Недостатня кількість рухомого складу, порушення графіків руху, перевантаження автобусів у години «пік» та низька швидкість сполучення негативно впливають на якість транспортного обслуговування пасажирів. У зв'язку з цим особливої актуальності набуває питання раціональної організації перевезень на автобусних маршрутах.

Об'єктом дослідження є процес організації міських пасажирських перевезень автобусним транспортом.

Предметом дослідження є техніко-експлуатаційні показники та організаційні заходи, спрямовані на підвищення ефективності роботи міського автобусного маршруту.

Метою роботи є підвищення ефективності функціонування міського автобусного маршруту шляхом удосконалення організації пасажирських перевезень та забезпечення належного рівня транспортного обслуговування населення.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- проаналізувати сучасний стан організації міських пасажирських перевезень;
- дослідити характеристики пасажиропотоків на маршруті;
- визначити основні техніко-експлуатаційні показники роботи маршруту;
- обґрунтувати вибір рухомого складу;
- розрахувати необхідну кількість автобусів та інтервали руху;
- розробити заходи щодо вдосконалення організації перевезень і підвищення безпеки дорожнього руху.

## РОЗДІЛ 1

### ДОСЛІДЖЕННЯ СУЧАСНОГО СТАНУ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НА МАРШРУТАХ МІСЬКОГО ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ

#### 1.1 Дослідження існуючих проблем організації міських пасажирських перевезень

Система міських пасажирських перевезень є важливою складовою транспортної інфраструктури будь-якого міста, оскільки забезпечує щоденне переміщення населення до місць роботи, навчання, відпочинку та соціального обслуговування. Ефективність функціонування громадського транспорту безпосередньо впливає на рівень мобільності населення, економічний розвиток міста, екологічний стан та безпеку дорожнього руху. Проте у більшості міст України система пасажирських перевезень характеризується низкою суттєвих проблем, які негативно позначаються на якості транспортного обслуговування населення.

Однією з основних проблем організації міських пасажирських перевезень є невідповідність місткості автобусів фактичній величині пасажиропотоку. Дана проблема суттєво впливає на якість транспортного обслуговування населення, ефективність роботи рухомого складу та економічні показники роботи перевізника. У години «пік» при недостатній місткості автобусів спостерігається значне переповнення салону транспортного засобу. Це призводить до погіршення умов перевезення пасажирів, збільшення часу посадки та висадки, зниження комфорту поїздки та підвищення ризику виникнення конфліктних ситуацій. Крім того, перевантаження автобусів негативно впливає на безпеку руху та прискорює зношування рухомого складу.

Водночас використання автобусів великої місткості на маршрутах із невеликим пасажиропотоком є економічно недоцільним. У такому випадку зростають експлуатаційні витрати на перевезення, збільшується витрата пального та знижується коефіцієнт використання місткості транспортного засобу. Значна частина місць у салоні залишається незаповненою, що свідчить про неефективне використання рухомого складу.

Особливо гостро проблема невідповідності місткості автобусів проявляється при нерівномірному розподілі пасажиропотоків протягом доби. У ранкові та вечірні години навантаження на маршрут значно зростає, тоді як у міжпіковий період автобуси можуть працювати з низьким рівнем заповнення. Це ускладнює вибір оптимального типу рухомого складу та потребує гнучкої організації роботи маршруту.

Невідповідність місткості автобусів величині пасажиропотоку також призводить до збільшення часу очікування транспорту на зупинках, порушення графіків руху та зниження регулярності перевезень. У результаті погіршується загальний рівень транспортного обслуговування населення та зменшується привабливість громадського транспорту.

Для вирішення даної проблеми необхідно здійснювати детальне дослідження пасажиропотоків, враховувати добову та сезонну нерівномірність перевезень, а також обирати тип і кількість автобусів відповідно до фактичного попиту на перевезення. Рациональний вибір рухомого складу дозволяє підвищити ефективність роботи маршруту, покращити умови перевезення пасажирів та знизити експлуатаційні витрати.

Однією з основних проблем є невідповідність існуючої маршрутної мережі сучасним потребам пасажирів. Значна частина маршрутів була сформована багато років тому та не враховує сучасну забудову міста, зміни у розташуванні житлових районів, торговельних центрів, підприємств та навчальних закладів. У результаті частина маршрутів дублює один одного, тоді як окремі райони мають недостатнє транспортне забезпечення. Це

призводить до збільшення часу поїздок та зниження доступності громадського транспорту.

Суттєвою проблемою також є нерівномірність пасажиропотоків протягом доби. У години «пік» спостерігається значне перевантаження транспортних засобів, що супроводжується погіршенням комфортності перевезень, збільшенням часу посадки та висадки пасажирів, а також зростанням рівня аварійності. У міжпікові години, навпаки, частина транспортних засобів працює з низьким рівнем заповнення, що знижує економічну ефективність перевезень.

Важливою проблемою є незадовільний технічний стан рухомого складу. Значна частина автобусів, тролейбусів та трамваїв експлуатується понад нормативний термін служби. Зношені транспортні засоби мають підвищений рівень несправностей, споживають більше пального та створюють додаткове навантаження на навколишнє середовище. Крім того, застарілий рухомий склад часто не відповідає сучасним вимогам щодо комфорту та доступності для маломобільних груп населення.

Ще однією проблемою є недостатній рівень організації дорожнього руху на маршрутах громадського транспорту. У багатьох випадках автобуси та тролейбуси рухаються в загальному транспортному потоці, що призводить до затримок через затори та зниження швидкості сполучення. Відсутність виділених смуг для громадського транспорту, нераціональна робота світлофорних об'єктів та велика кількість конфліктних точок на перехрестях негативно впливають на регулярність руху.

Серйозною проблемою залишається недотримання графіків руху транспортних засобів. Причинами цього є транспортні затори, недостатній контроль за роботою перевізників, технічні несправності рухомого складу та невідповідність кількості транспортних засобів фактичним пасажиропотокам. Порушення інтервалів руху призводить до скупчення пасажирів на зупинках та погіршує якість транспортного обслуговування.

Окрему увагу слід приділити стану зупиночних пунктів та транспортної інфраструктури. Частина зупинок не обладнана навісами, освітленням, інформаційними табло та засобами безбар'єрного доступу. Неналежний стан дорожнього покриття на маршрутах руху також негативно впливає на швидкість та безпеку перевезень.

Важливою проблемою є недостатній рівень безпеки дорожнього руху. На маршрутах громадського транспорту часто виникають конфліктні ситуації між транспортними потоками та пішоходами, особливо в районах з інтенсивним рухом. Недостатня видимість на перехрестях, порушення правил дорожнього руху та перевищення швидкості окремими водіями збільшують ризик виникнення дорожньо-транспортних пригод.

Також слід відзначити екологічні проблеми, пов'язані з роботою міського транспорту. Велика кількість автобусів із дизельними двигунами створює значний рівень шкідливих викидів та шумового забруднення. Використання морально застарілого рухомого складу погіршує екологічний стан міського середовища та негативно впливає на здоров'я населення.

Таким чином, аналіз існуючих проблем організації міських пасажирських перевезень свідчить про необхідність комплексного вдосконалення транспортної системи міста. Основними напрямками покращення є оптимізація маршрутної мережі, оновлення рухомого складу, підвищення ефективності організації дорожнього руху, впровадження сучасних систем диспетчерського контролю та створення безпечних і комфортних умов для пасажирів. Реалізація зазначених заходів дозволить підвищити якість транспортного обслуговування населення, скоротити витрати часу на поїздки та покращити загальний рівень функціонування міського транспорту.

## 1.2 Визначення основних характеристик автобусного маршруту

Проектований автобусний маршрут призначений для забезпечення пасажирських перевезень у межах двох районів міста – Шевченківського та Київського та з'єднує житлову забудову з основними об'єктами тяжіння пасажирів. Маршрут проходить вулицями з інтенсивним транспортним рухом та забезпечує транспортне сполучення між житловими кварталами, громадськими установами, торговельними об'єктами та місцями прикладання праці населення. Загальну схему маршруту наведено на рис. 1.1.

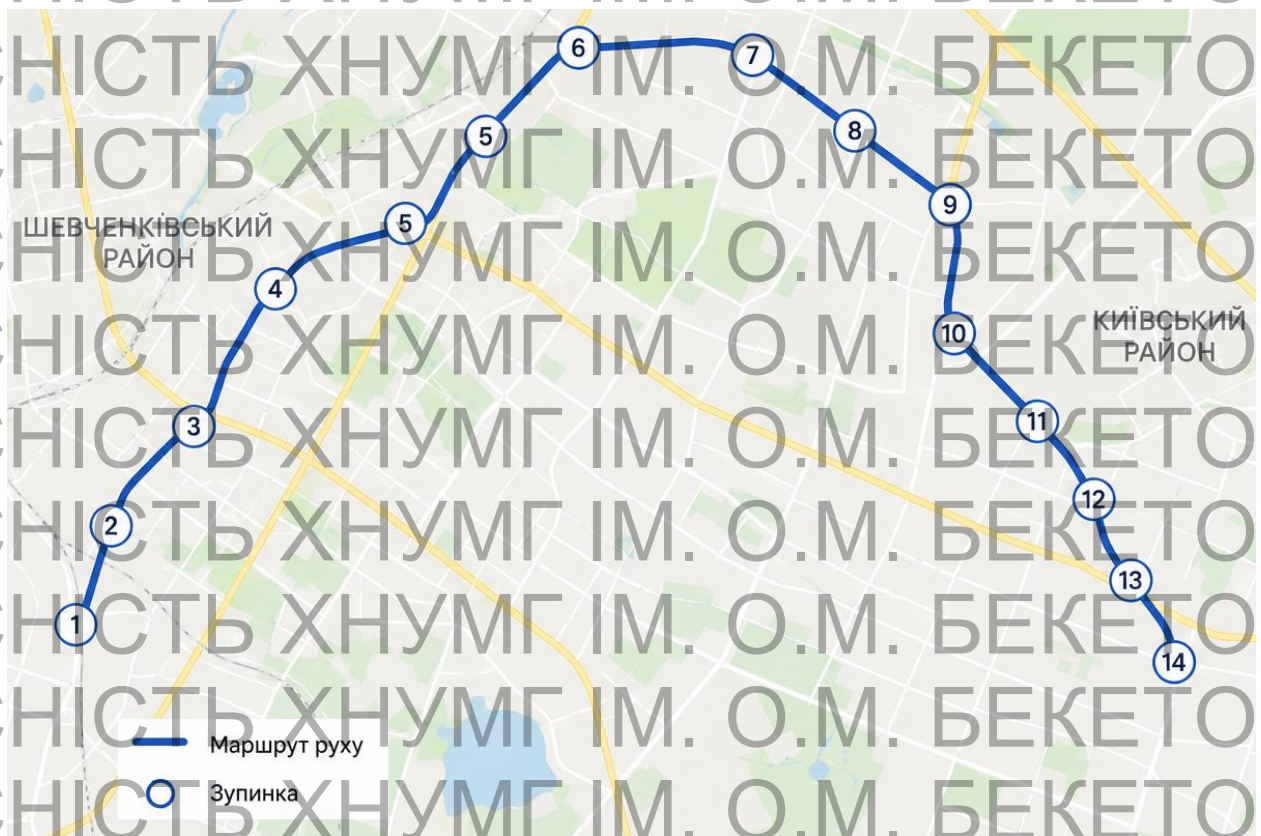


Рисунок 1.1 – Схема маршруту, що проектується

Основні характеристики маршруту, що розробляється, наведено у табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Основні характеристик проектного маршруту

| Показник                                     | Значення   |
|----------------------------------------------|------------|
| Довжина маршруту, км                         | 9,2        |
| Кількість зупинок, од.                       | 14         |
| Час роботи маршруту                          | 5:00–23:00 |
| Час оборту автобуса, хв.                     | 44         |
| Середній інтервал руху, хв.                  | 8          |
| Середня довжина перегону, км                 | 0,71       |
| Максимальний пасажиропотік, пас./год.        | 620        |
| Статичний коефіцієнт використання місткості  | 0,78       |
| Динамічний коефіцієнт використання місткості | 0,67       |
| Середня дальність поїздки пасажира, км       | 4,1        |
| Коефіцієнт нерівномірності пасажиропотоків   | 1,85       |

На маршруті передбачено 14 зупинок, а середня довжина перегону між ними становить 0,71 км. таке значення відповідає нормативним вимогам до міських перевезень та забезпечує необхідний рівень доступності громадського транспорту для населення. водночас надмірне збільшення кількості зупинок могло б призвести до зниження експлуатаційної швидкості автобусів і збільшення часу поїздки.

Режим роботи маршруту з 5:00 до 23:00 забезпечує перевезення пасажирів протягом усього періоду транспортної активності населення. це дозволяє задовольнити потреби мешканців міста у ранкові, денні та вечірні години.

Час оборту автобуса становить 44 хвилин, що є характерним для маршруту такої протяжності в умовах міського руху. При середньому інтервалі руху 8 хвилин для забезпечення стабільної роботи маршруту необхідно приблизно 6 автобусів на лінії:

Максимальний пасажиропотік становить 620 пас./год, що свідчить про достатньо високе навантаження на маршрут у години «пік». такий рівень пасажиропотоку потребує використання автобусів середньої місткості для забезпечення комфортних умов перевезення пасажирів.

Статичний коефіцієнт використання місткості дорівнює 0,78, що свідчить про високий рівень заповнення автобусів на найбільш завантажених ділянках маршруту. Динамічний коефіцієнт використання місткості становить 0,67, тобто в середньому протягом рейсу автобуси використовують близько 67 % своєї пасажиромісткості. це характеризує достатньо ефективне використання рухомого складу.

Середня дальність поїздки пасажирів складає 4,1 км, що є типовим показником для міських автобусних маршрутів. Це свідчить про те, що маршрут використовується переважно для внутрішньорайонних та міжрайонних пересувань населення.

Коефіцієнт нерівномірності пасажиропотоків становить 1,85, що вказує на значні коливання пасажиропотоку протягом доби. У години «пік» навантаження на маршрут майже вдвічі перевищує середньодобовий рівень, тому при організації перевезень необхідно враховувати потребу у збільшенні кількості автобусів у найбільш завантажені періоди.

### **1.3 Прогнозування зміни обсягів перевезень на автобусному маршруті**

Прогнозування обсягів пасажирських перевезень є важливим етапом планування роботи міського транспорту, оскільки дозволяє оцінити майбутній попит на транспортні послуги, визначити необхідну кількість рухомого складу та забезпечити ефективну організацію перевізного процесу. На основі прогнозних даних здійснюється планування інтервалів руху, витрат на експлуатацію транспорту, а також оцінюється доцільність впровадження

організаційних заходів щодо покращення транспортного обслуговування населення.

Для прогнозування пасажиропотоків застосовуються різні методи, серед яких найбільш поширеними є методи екстраполяції часових рядів, ковзних середніх, експоненціального згладжування, кореляційно-регресійного аналізу та економіко-математичного моделювання. Методи ковзних середніх і експоненціального згладжування дозволяють враховувати загальні тенденції зміни пасажиропотоків, однак мають обмежену точність при наявності виражених сезонних коливань. Більш складні економіко-математичні моделі забезпечують високу точність прогнозу, проте потребують значного обсягу вихідних даних і складних розрахунків.

Для прогнозування обсягів перевезень на короткостроковий період, зокрема до одного року, найбільш доцільним є використання регресійних моделей тренду. Такі моделі дозволяють встановити закономірність зміни пасажиропотоків у часі та описати основну тенденцію розвитку перевезень за допомогою математичної функції. Регресійні моделі є відносно простими у використанні, забезпечують достатню точність прогнозування та не потребують складної обчислювальної техніки та програмного забезпечення та значної кількості вихідної інформації для проведення прогнозних розрахунків.

У даній роботі для прогнозування зміни обсягів перевезень на автобусному маршруті використовується трендова регресійна модель, яка дозволяє визначити прогнозні значення пасажиропотоку на наступний період та оцінити тенденцію зміни обсягів перевезень. Для використання такої моделі є необхідними попередні дані про зміни обсягів перевезень за якомога більший період, що у даному дослідженні дорівнює 36 місяців.

Дані щодо обсягів перевезень за три попередні роки (2023-2025) наведені в табл. 1.2.

Таблиця 1.2 – Обсяг пасажирських перевезень на маршруті протягом 2023 – 2025 років

| Місяць   | Рік    |        |        |
|----------|--------|--------|--------|
|          | 2023   | 2024   | 2025   |
| Січень   | 126868 | 121988 | 118435 |
| Лютий    | 123614 | 118859 | 115398 |
| Березень | 138253 | 132936 | 129064 |
| Квітень  | 141507 | 136064 | 132101 |
| Травень  | 144760 | 139192 | 135138 |
| Червень  | 133374 | 128244 | 124509 |
| Липень   | 115482 | 111040 | 107806 |
| Серпень  | 113856 | 109477 | 106288 |
| Вересень | 152892 | 147012 | 142730 |
| Жовтень  | 149639 | 143884 | 139693 |
| Листопад | 145275 | 139688 | 13619  |
| Грудень  | 140691 | 135280 | 131340 |

Для прогнозування зміни обсягів пасажирських перевезень було використано програмний пакет Microsoft Excel 2019, який дозволяє будувати різні типи трендових моделей та оцінювати точність їх апроксимації за допомогою коефіцієнта детермінації  $R^2$ .

На першому етапі вихідні статистичні дані про обсяги перевезень за 36 місяців були внесені до таблиці Excel. Після цього на основі даних було побудовано графік зміни пасажиропотоку у часі у вигляді точкової діаграми.

Для визначення найбільш придатної моделі прогнозування послідовно були досліджені декілька типів трендових залежностей: лінійна; логарифмічна; експоненціальна; степенева; поліноміальна.

Для кожної моделі в Microsoft Excel 2019 будувалась лінія тренду за допомогою функції «Додати лінію тренда». Одночасно на графіку відображались рівняння тренду та значення коефіцієнта детермінації  $R^2$ , який характеризує ступінь відповідності моделі фактичним даним.

У процесі аналізу було встановлено, що лінійна модель недостатньо точно описує зміну обсягів перевезень, оскільки не враховує наявні коливання пасажиропотоку. Логарифмічна та експоненціальна моделі також показали нижчі значення коефіцієнта детермінації.

Найкращі результати було отримано при використанні поліноміальної моделі другого ступеня. Дана модель найбільш точно описала тенденцію зміни пасажиропотоків та забезпечила максимальне значення коефіцієнта детермінації серед усіх розглянутих залежностей ( $R^2 = 0,71$ ). Отже, рівняння тренду має вигляд:

$$Y = 136214 - 21,47x^2 - 205,8x, \quad (2.1)$$

де  $x$  – номер прогнозного місяця (37-48).

Прогнозні обсяги перевезень на 2026 рік представлені у табл. 1.3.

Таблиця 1.3 – Помісячний прогноз обсягів пасажирських перевезень на маршруті у 2026 році

| Місяць року | Обсяг перевезень, пас. |
|-------------|------------------------|
| 1           | 115789                 |
| 2           | 113973                 |
| 3           | 112114                 |
| 4           | 110211                 |
| 5           | 108266                 |
| 6           | 106277                 |
| 7           | 104246                 |
| 8           | 102171                 |
| 9           | 100053                 |
| 10          | 97892                  |
| 11          | 95688                  |
| 12          | 93440                  |

Таким чином, відповідно до прогностичних розрахунків, у 2026 році обсяги пасажирських перевезень скоротяться на 20,5 % порівняно з показниками 2023 року. Це переважно відбувається через військовий стан, залишення місць проживання та знижену мобільність наявного міського населення, навіть якщо воно й залишилося у м. Харків.

#### **1.4 Висновки за розділом**

Проведено оцінку заходів, спрямованих на покращення системи міських пасажирських перевезень. Найбільш результативними визначено підбір автобусів необхідної місткості та оптимальної кількості для кожного маршруту, формування раціональних графіків руху, а також організацію режимів праці водіїв згідно з чинними нормативно-правовими вимогами.

У ході дослідження встановлено, що найбільша інтенсивність пасажиропотоку на маршруті становить 620 пас./год. Для обслуговування такого потоку доцільним є застосування автобусів місткістю близько 30–40 пасажирів. Використання зазначеного рухомого складу дозволяє забезпечити коефіцієнти статичного та динамічного використання місткості на рівні відповідно 78 % і 67 %, що відповідає допустимим експлуатаційним значенням.

Згідно з виконаними прогностичними розрахунками, у 2026 році очікується зменшення обсягів пасажирських перевезень на 20,5 % у порівнянні з 2023 роком. Основними причинами такого скорочення є наслідки воєнного стану, міграція населення за межі міста та загальне зниження транспортної активності мешканців м. Харків.

## **РОЗДІЛ 2**

### **ПРОЕКТУВАННЯ МІСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НА АВТОБУСНОМУ МАРШРУТІ З ДОБОВИМ ОБСЯГОМ 5200 ПАСАЖИРІВ**

#### **2.1 Вибір марки автобуса для роботи на маршруті**

Вибір марки автобуса для роботи на маршруті є одним із найважливіших заходів удосконалення системи міських пасажирських перевезень, оскільки саме від характеристик рухомого складу залежить ефективність роботи маршруту, рівень транспортного обслуговування населення та величина експлуатаційних витрат перевізника.

Правильно обрана марка автобуса дозволяє забезпечити відповідність між пасажиромісткістю транспортного засобу та фактичним пасажиропотоком на маршруті. У разі використання автобусів недостатньої місткості виникає переповнення салону, погіршується комфорт перевезень і збільшується час посадки та висадки пасажирів. Використання ж автобусів надмірної місткості призводить до неефективного використання рухомого складу та зростання собівартості перевезень.

Крім того, вибір марки автобуса суттєво впливає на економічні показники роботи маршруту. Різні моделі автобусів відрізняються витратою пального, вартістю технічного обслуговування, ремонту, амортизаційними відрахуваннями та ресурсом основних агрегатів. Саме тому застосування більш економічного рухомого складу дозволяє знизити добові експлуатаційні витрати та підвищити рентабельність перевезень.

Важливим фактором також є технічна надійність автобуса. Використання надійного рухомого складу забезпечує стабільність виконання рейсів, зменшує кількість простоїв через несправності та підвищує коефіцієнт технічної готовності парку.

Отже, обґрунтований вибір марки автобуса дозволяє підвищити ефективність функціонування маршруту, покращити якість транспортного обслуговування пасажирів, забезпечити економію експлуатаційних витрат та підвищити загальну ефективність роботи транспортного підприємства.

Як засвідчили результати обстежень, на маршруті спостерігається пасажиропотік, що складає 620 пас./год. Такому пасажиропотоку відповідають автобуси орієнтовною місткістю 30 – 40 пасажирів. Марками автобусів, що мають таку місткість, наприклад, є Богдан А092 та БАЗ А079.04 «Еталон». Характеристики даних марок рухомого складу наведено у табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Характеристики рухомого складу

| Технічна характеристика            | Марка автобуса |                      |
|------------------------------------|----------------|----------------------|
|                                    | Богдан А092    | БАЗ А079             |
| Довжина, мм                        | 8200           | 7760                 |
| Ширина, мм                         | 2340           | 2300                 |
| Висота, мм                         | 2850           | 2750                 |
| Колісна база, мм                   | 4200           | 3810                 |
| Повна маса, кг                     | 8050           | 7700                 |
| Пасажиромісткість загальна, пас.   | 42             | 40                   |
| Тип двигуна                        | Дизельний      | Дизельний            |
| Модель двигуна                     | ISUZU 4HG1     | Ashok Leyland<br>H6E |
| Потужність двигуна, к.с.           | 130            | 144                  |
| Максимальна швидкість, км/год.     | 85             | 90                   |
| Середня витрата пального, л/100 км | 17             | 15                   |

Визначення ефективності використання певної марки автобуса за критерієм експлуатаційних витрат за зміну є важливим етапом організації міських пасажирських перевезень. Саме цей показник дозволяє комплексно оцінити економічну доцільність використання рухомого складу на конкретному маршруті з урахуванням реальних умов експлуатації.

Експлуатаційні витрати за зміну включають основні статті витрат, пов'язані з роботою автобуса, а саме: витрати на паливо, мастильні матеріали, технічне обслуговування і ремонт, амортизаційні відрахування, оплату праці водія, витрати на шини та інші супутні витрати. Аналіз сукупності цих показників дозволяє визначити фактичну економічну ефективність експлуатації тієї чи іншої марки автобуса.

Оцінювання автобусів лише за одним параметром, наприклад, за витратою пального або за місткістю не дає повного уявлення про ефективність їх використання. Деякі моделі можуть мати меншу витрату пального, але потребувати значно більших витрат на ремонт або технічне обслуговування. Тому саме показник загальних експлуатаційних витрат за зміну дозволяє найбільш об'єктивно порівняти різні марки автобусів між собою.

Важливість такого аналізу також полягає у можливості зниження собівартості перевезень та підвищення рентабельності роботи маршруту. Використання економічно ефективного рухомого складу дозволяє транспортному підприємству скоротити щоденні витрати, підвищити стабільність роботи транспорту та раціонально використовувати наявні ресурси.

Крім того, результати порівняння експлуатаційних витрат можуть бути використані при оновленні автобусного парку, виборі рухомого складу для нових маршрутів, а також під час розроблення заходів з удосконалення транспортного обслуговування населення.

Таким чином, визначення ефективності використання автобусів за критерієм експлуатаційних витрат за зміну є важливим інструментом підвищення економічної ефективності роботи міського пасажирського транспорту та забезпечення раціональної організації перевезень.

Результати порівняння автобусів Богдан А092 та БАЗ А079.04 за критерієм експлуатаційних витрат за зміну наведено у табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Результати порівняння марок автобусів за критерієм експлуатаційних витрат за зміну

| Стаття витрат                                    | Марка автобуса |          |
|--------------------------------------------------|----------------|----------|
|                                                  | Богдан А092    | БАЗ А079 |
| Паливо, грн.                                     | 4598           | 4057     |
| Масильні матеріали, грн.                         | 460            | 406      |
| Заробітна плата водія, грн.                      | 1400           | 1400     |
| Нарахування на заробітну плату, грн.             | 308            | 308      |
| Технічне обслуговування і ремонт, грн.           | 1150           | 980      |
| Амортизаційні відрахування, грн.                 | 920            | 850      |
| Шини, грн.                                       | 320            | 300      |
| Інші експлуатаційні витрати, грн.                | 210            | 210      |
| Загальні експлуатаційні витрати за 1 зміну, грн. | 9366           | 8511     |

Отже, експлуатація на маршруті автобуса БАЗ А079.04 є економічно вигіднішою, оскільки зменшення витрат становить 855 грн/зміну або приблизно 9,1% у порівнянні з автобусом Богдан А092.

## 2.2 Визначення величини пасажиропотоків та необхідної кількості автобусів для роботи на маршруті

Визначення величини пасажиропотоків та необхідної кількості автобусів для роботи на маршруті є одним із основних етапів організації міських пасажирських перевезень. Саме від правильності виконання цих розрахунків залежить ефективність функціонування маршруту, рівень транспортного обслуговування населення та економічна доцільність використання рухомого складу.

Дослідження пасажиропотоків дозволяє встановити фактичний попит населення на транспортні послуги, визначити найбільш завантажені ділянки маршруту та години найбільшої інтенсивності перевезень. На основі отриманих даних здійснюється вибір типу та місткості автобусів, а також

визначається їх необхідна кількість для забезпечення якісного та безперебійного перевезення пасажирів.

Недостатня кількість автобусів на маршруті призводить до переповнення салонів, збільшення інтервалів руху та погіршення умов перевезення пасажирів. Водночас надлишкова кількість транспортних засобів спричиняє неефективне використання рухомого складу, підвищення експлуатаційних витрат та зниження економічної ефективності роботи перевізника.

Тому визначення величини пасажиропотоків і необхідної кількості автобусів має важливе значення для забезпечення раціональної організації перевезень, підвищення якості транспортного обслуговування населення та оптимізації витрат транспортного підприємства.

Отже, пасажиропотік за кожною годиною роботи маршруту визначається за формулою:

$$F_{i,j} = F_{\max} \cdot k_{ni}, \quad (2.2)$$

де  $F_{\max}$  – максимальний пасажиропотік на маршруті (620 пас./год.);

$k_{ni}$  – коефіцієнт нерівномірності пасажиропотоку для певної години роботи міського маршруту.

Отже, пасажиропотік маршруту з 5:00 до 6:00 години ранкового часу становить:

$$F_{5-6} = 620 \cdot 0,3 = 186 \text{ пас./год.}$$

Аналогічні розрахунки пасажиропотоку були виконані для інших часових періодів функціонування маршруту. Отримані результати щодо зміни

величини пасажиропотоків протягом роботи маршруту представлені на рис. 2.1.

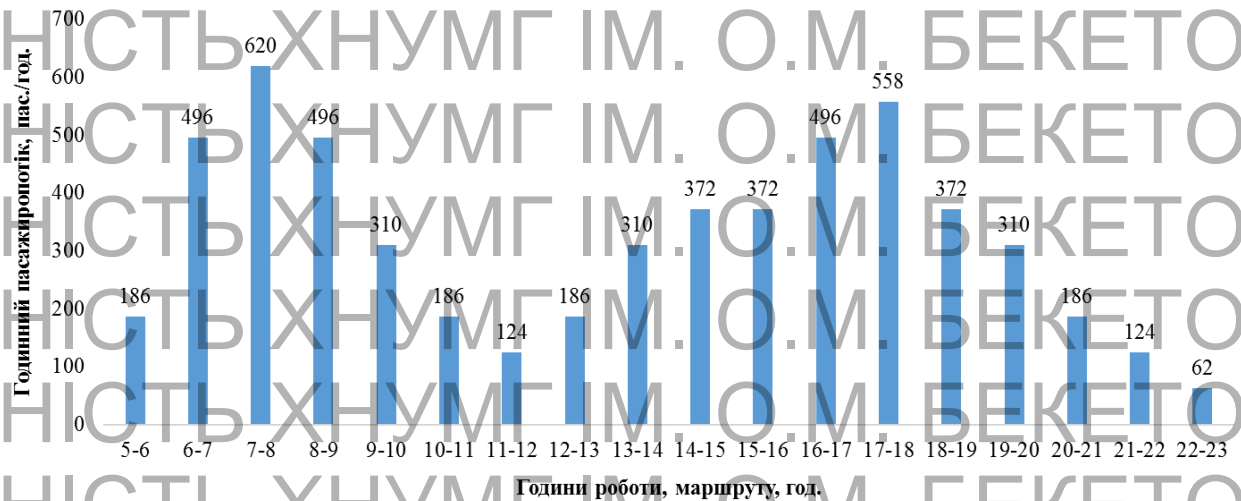


Рисунок 2.1 – Розподіл пасажиропотоку за годинами роботи маршруту

Найбільший пасажиропотік на маршруті спостерігається у годину «пік» та становить 620 пасажирів за годину. Для перевезення такої кількості пасажирів на маршруті доцільно використовувати автобуси місткістю приблизно 30–40 осіб [8].

У зв'язку з цим виникає необхідність визначення кількості транспортних засобів, яка забезпечить належне обслуговування пасажирів у кожний період роботи маршруту за залежністю:

$$A_i = \frac{F_{i-j} \cdot t_{об.}}{q_a}, \quad (2.3)$$

де  $F_{i-j}$  – пасажиропотік у  $i-j$  годину роботи маршруту, пас./год.;

$t_{об.}$  – маршрутний час обороту (0,73 год.);

$q_a$  – рекомендована пасажиромісткість автобусу (40 пас.);

Таким чином, для забезпечення перевезень пасажирів на маршруті у період з 5:00 до 6:00 необхідно визначити потрібну кількість автобусів, яка забезпечить своєчасне та якісне обслуговування наявного пасажиропотоку за формулою:

$$A_{5-6} = \frac{186 \cdot 0,73}{40} = 3 \text{ од.}$$

З урахуванням розрахованої потреби в автобусах для кожного періоду роботи маршруту визначається часовий інтервал руху між відправленнями транспортних засобів упродовж кожної години експлуатації маршруту:

$$I_i = \frac{t_{об.} \cdot 60}{A_i}. \quad (2.4)$$

Отже, інтервал руху автобусів для 5-ї та 6-ї годин ранку складатиме:

$$I_{5-6} = \frac{0,73 \cdot 60}{3} = 15 \text{ хв.}$$

Отримані результати розрахунків необхідної кількості автобусів та відповідних інтервалів руху транспортних засобів для кожного періоду роботи маршруту наведено в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Необхідна кількість автобусів та інтервали руху за періодами роботи маршруту

| Година роботи маршруту | Число автобусів, од. | Інтервал руху, хв. |
|------------------------|----------------------|--------------------|
| 5-6                    | 3                    | 15                 |
| 6-7                    | 9                    | 5                  |
| 7-8                    | 11                   | 4                  |
| 8-9                    | 9                    | 5                  |
| 9-10                   | 6                    | 7                  |
| 10-11                  | 3                    | 15                 |
| 11-12                  | 2                    | 22                 |
| 12-13                  | 3                    | 15                 |
| 13-14                  | 6                    | 7                  |
| 14-15                  | 7                    | 6                  |
| 15-16                  | 7                    | 6                  |
| 16-17                  | 9                    | 5                  |
| 17-18                  | 10                   | 4                  |
| 18-19                  | 7                    | 6                  |
| 19-20                  | 6                    | 7                  |
| 20-21                  | 3                    | 15                 |
| 21-22                  | 2                    | 22                 |
| 22-23                  | 1                    | 44                 |

На практиці забезпечити постійну наявність запланованої кількості автобусів на маршруті не завжди можливо через виникнення технічних несправностей рухомого складу, тимчасову непрацездатність водіїв або інших працівників підприємства, а також вплив різних організаційних факторів. З метою врахування зазначених обставин було визначено максимально можливу кількість автобусів, яка може бути випущена на маршрут в умовах часткового дефіциту рухомого складу, спричиненого наведеними причинами:

$$A_{def.} = A_{max} \cdot k_{\phi}, \quad (2.5)$$

де  $A_{\max}$  – максимальна кількість рухомого складу на маршруті (11 од.);

$k_o$  – коефіцієнт дефіциту (0,9).

Тоді фактична максимальна кількість автобусів:

$$A_{\text{def.}} = 11 \cdot 0,9 = 10 \text{ од.}$$

Таким чином, для забезпечення стабільної роботи маршруту та дотримання встановленого інтервалу руху необхідно визначити мінімальну кількість рухомого складу, яка повинна перебувати в експлуатації з урахуванням можливих технічних та організаційних обмежень:

$$A_{\min} = \frac{t_{\text{об.}}}{I_{\text{макс.}}}, \quad (2.6)$$

$I_{\text{макс.}}$  – максимально прийнятний інтервал руху на маршруті (15 хв.).

$$A_{\min} = \frac{44}{15} \approx 3 \text{ од.}$$

Після виконання необхідних розрахунків було побудовано графік зміни потреби в автобусах протягом доби з урахуванням скоригованої мінімальної та максимальної кількості рухомого складу, який наведено на рис. 2.2.

Лінія «максимум» відображає граничну кількість автобусів, що можуть бути випущені на маршрут упродовж доби з урахуванням можливого дефіциту рухомого складу. Такий дефіцит, як правило, становить 5–10 % від планової кількості транспортних засобів та виникає внаслідок технічних несправностей автобусів, тимчасової непрацездатності водіїв або інших організаційних причин.

Лінія «мінімум» характеризує найменшу допустиму кількість автобусів, необхідну для забезпечення нормативного інтервалу руху на маршруті. Під час визначення цього показника враховано необхідність підтримання комфортного часу очікування транспорту для пасажирів на зупинках. Практикою міських перевезень встановлено, що інтервал руху, який не перевищує 15 хвилин, є прийнятним для більшості пасажирів та не викликає негативного психологічного сприйняття тривалого очікування. Перевищення зазначеного інтервалу може призвести до зниження привабливості маршруту та переходу пасажирів до альтернативних способів пересування.

Розраховану відповідно до наведених умов необхідну кількість транспортних засобів для роботи на маршруті подано на рис. 2.2.



Рисунок 2.2 – Необхідна кількість транспортних одиниць за годинами роботи маршруту

Далі визначається кількість транспортних засобів, робота яких буде організована у двозмінному та перерваному режимах праці водіїв відповідно до режиму функціонування маршруту та величини пасажиропотоків у різні періоди доби [10]. Такий розподіл рухомого складу дозволяє забезпечити

ефективне використання автобусів, дотримання нормативної тривалості робочого часу водіїв та раціональну організацію перевізного процесу:

$$A_{23} = A_{\min}, \quad (2.7)$$

$$A_{\text{пер.}} = A_{\max} - A_{\min}. \quad (2.8)$$

Таким чином, одержуємо, що:

$$A_{23} = 3 \text{ од.},$$

$$A_{\text{пер.}} = 10 - 3 = 7 \text{ од.}$$

### **2.3 Графоаналітичне визначення раціонального режиму праці водіїв та автобусів**

Графоаналітичне визначення раціонального режиму праці водіїв та автобусів є важливим етапом організації роботи міського пасажирського транспорту. Даний метод дозволяє встановити найбільш ефективний порядок використання рухомого складу та робочого часу водіїв відповідно до нерівномірності пасажиропотоків упродовж доби.

Основною метою графоаналітичного методу є забезпечення необхідної кількості автобусів на маршруті в години найбільшого пасажиропотоку при одночасному скороченні надлишкового випуску рухомого складу у міжпікові періоди. Це дозволяє підвищити ефективність використання автобусів, зменшити експлуатаційні витрати та забезпечити дотримання вимог трудового законодавства щодо режимів праці та відпочинку водіїв.

За результатами побудови графіка визначаються автобуси, які працюватимуть: у двозмінному режимі – протягом усього часу роботи маршруту; у перерваному режимі – переважно у години «пік», коли спостерігається найбільша потреба у транспортних засобах.

При двозмінному режимі роботи автобус перебуває в експлуатації протягом усього часу функціонування маршруту, а керування транспортним засобом здійснюють два водії, які по чергово працюють у межах встановленої тривалості зміни. Тривалість однієї зміни водія, як правило, не повинна перевищувати 8–10 годин залежно від умов роботи та чинних нормативних вимог. Під час зміни водієві обов’язково надається перерва для відпочинку та харчування тривалістю не менше 30 хвилин і не більше 2 годин. Така перерва, як правило, надається через 4–5 годин після початку роботи.

Перерваний режим праці застосовується переважно на маршрутах із вираженими годинами «пік», коли найбільша кількість автобусів потрібна лише у певні періоди доби. У такому випадку робочий день водія поділяється на дві частини з тривалою перервою між ними. Загальна тривалість робочого часу водія за добу не повинна перевищувати 10 годин. Перерва між частинами зміни використовується для відпочинку водія та може становити 3–5 годин залежно від величини пасажиропотоків та потреби у рухомому складі на маршруті.

Застосування графоаналітичного методу дозволяє забезпечити раціональну організацію транспортного процесу, підвищити якість перевезень пасажирів та оптимізувати використання трудових і матеріальних ресурсів транспортного підприємства.

Результати графічного аналізу режимів роботи автобусів та водіїв наведено на рис. 2.3.

[illegible]

Умовні позначення: "Х" – година роботи; "П" – перерва; "В" – відстій; "Р" – резерв; "/" – перезміна.

Рисунок 2.3 – Графоаналітичний розрахунок раціональних режимів роботи автобусів і водіїв на маршруті

Після виконання графоаналітичної побудови доцільно здійснити оцінювання її ефективності шляхом визначення коефіцієнта ефективності, який характеризує рівень раціональності організації роботи автобусів та водіїв на маршруті:

$$k_{ef.} = \frac{A\Gamma_{неодх.}}{A\Gamma_{неодд.}} \geq 0,9, \quad (2.9)$$

де  $AG_{\text{необ.}}$  – сумарна кількість необхідних автомобіле-годин, год.;

$A_{\text{нобд}}$  – сумарна кількість отриманих автомобіле-годин, год.

$$k_{ef.} = \frac{108}{110} = 0,98.$$

Таким чином, отриманий розподіл рухомого складу можна вважати за раціональний як з позиції організації режимів праці водіїв, так і з точки зору забезпечення належного рівня транспортного обслуговування пасажирів.

## **2.4 Складення стрічкового графіку роботи автобусів на маршруті**

Складення стрічкового графіку роботи автобусів на маршруті є завершальним етапом організації транспортного процесу. Даний графік дозволяє наочно відобразити режими роботи кожного автобуса та водія протягом доби, а також забезпечити контроль за дотриманням встановлених інтервалів руху, тривалості змін і часу відпочинку персоналу.

Стрічковий графік формується на основі результатів розрахунків необхідної кількості автобусів, величини пасажиропотоків та визначених режимів праці водіїв. У графіку відображаються час виїзду автобусів на маршрут, тривалість роботи на лінії, перерви для відпочинку та харчування, а також час повернення рухомого складу до підприємства.

Основною метою побудови стрічкового графіку є забезпечення рівномірної роботи транспорту на маршруті впродовж усього часу його функціонування. Крім того, графік дозволяє:

- контролювати випуск автобусів на маршрут;
- забезпечити дотримання нормативних режимів праці та відпочинку водіїв;
- оптимізувати використання рухомого складу;
- уникнути надлишкового або недостатнього випуску автобусів у різні періоди доби;
- підвищити якість транспортного обслуговування пасажирів.

Рационально складений стрічковий графік сприяє підвищенню ефективності роботи транспортного підприємства, зменшенню експлуатаційних витрат та забезпеченню стабільного функціонування маршруту.

Під час побудови графіку було визначено інтервали руху автобусів для кожної години роботи маршруту з урахуванням зміни потреби у рухомому

складі — постійна мінімальна кількість складає 3 автобуси, а максимальної дорівнює 10 автобусів.

Результати виконаних розрахунків наведено у табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Скореговані кількість та інтервали руху транспортних засобів за годинами роботи

| Години роботи маршруту | Кількість автобусів, од. | Інтервал руху, хв. |
|------------------------|--------------------------|--------------------|
| 5-6                    | 3                        | 15                 |
| 6-7                    | 9                        | 5                  |
| 7-8                    | 11                       | 4                  |
| 8-9                    | 9                        | 5                  |
| 9-10                   | 6                        | 7                  |
| 10-11                  | 3                        | 15                 |
| 11-12                  | 3                        | 15                 |
| 12-13                  | 3                        | 15                 |
| 13-14                  | 6                        | 7                  |
| 14-15                  | 7                        | 6                  |
| 15-16                  | 7                        | 6                  |
| 16-17                  | 9                        | 5                  |
| 17-18                  | 10                       | 4                  |
| 18-19                  | 7                        | 6                  |
| 19-20                  | 6                        | 7                  |
| 20-21                  | 3                        | 15                 |
| 21-22                  | 3                        | 15                 |
| 22-23                  | 3                        | 15                 |

Стрічковий розкладу руху автобусів на маршруті наведено на рис. 2.4.



Рисунок 2.4 – Стрічковий графік роботи транспортних одиниць на маршруті

## 2.5 Розроблення розкладу руху автобусів на маршруті

Розроблення розкладу руху автобусів на маршруті належить до найважливіших етапів організації міських пасажирських перевезень. Рационально сформований розклад забезпечує стабільність роботи транспорту, дотримання встановлених інтервалів руху та належну якість обслуговування пасажирів.

Під час складання розкладу враховуються зміни пасажиропотоків протягом доби, тривалість оборту автобуса на маршруті, необхідна кількість рухомого складу, особливості режимів праці водіїв, а також допустимий час очікування транспорту пасажирями на зупинках.

Головним завданням розробки розкладу є забезпечення рівномірного та своєчасного випуску автобусів на маршрут відповідно до потреб пасажирів у різні періоди доби. У години «пік» передбачається збільшення кількості автобусів та скорочення інтервалів руху, тоді як у періоди зниженого пасажиропотоку допускається зменшення кількості транспортних засобів на маршруті.

Рационально сформований розклад руху дає можливість: забезпечити безперебійну роботу маршруту; підвищити рівень комфорту та якості перевезень пасажирів; ефективно використовувати рухомий склад; забезпечити дотримання нормативних режимів праці та відпочинку водіїв; зменшити експлуатаційні витрати транспортного підприємства.

На основі проведених розрахунків та побудованого стрічкового графіка формується остаточний розклад руху автобусів на маршруті. Розклад руху міських автобусів може подаватися у різних формах залежно від особливостей організації перевезень та способу використання інформації. Найбільш поширеною є таблична форма представлення, у якій зазначаються часи відправлення автобусів із початкових і кінцевих зупинок, інтервали руху та періоди роботи маршруту протягом доби. Для більш наочного відображення роботи рухомого складу та водіїв застосовується стрічковий графік, який дозволяє простежити час виїзду автобусів на маршрут, тривалість їх роботи на лінії, перерви та завершення зміни. Також використовується графічна форма розкладу, що подається у вигляді графіка руху автобусів залежно від часу та відстані маршруту, що дає можливість оцінити рівномірність руху транспортних засобів і дотримання інтервалів. На маршрутах із високою інтенсивністю руху нерідко застосовується інтервальна форма розкладу, коли пасажирам повідомляються лише проміжки часу між прибуттям автобусів. Окрім традиційних способів представлення, у сучасних умовах широкого поширення набули електронні форми розкладу руху, що реалізуються через мобільні застосунки, електронні табло та системи GPS-моніторингу.

Використання різних форм подання розкладу руху сприяє підвищенню ефективності організації перевезень, покращенню диспетчерського контролю та забезпеченню зручності для пасажирів.

Таким чином, графік руху автобусів у табличний формі поданий у табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Розклад руху автобусів на маршруті

| 1 випуск |       | 2 випуск |       | 3 випуск |       | 4 випуск |       | 5 випуск |       |
|----------|-------|----------|-------|----------|-------|----------|-------|----------|-------|
| K31      | K32   | K31      | K32   | K31      | K32   | K31      | K32   | K31      | K32   |
| 5:28     | 5:50  | 5:14     | 5:36  | 5:00     | 5:22  | 6:53     | 7:15  | 6:48     | 7:10  |
| 6:12     | 6:34  | 5:58     | 6:20  | 5:44     | 6:06  | 7:37     | 7:59  | 7:32     | 7:54  |
| 6:56     | 7:18  | 6:42     | 7:04  | 6:28     | 6:50  | 8:21     | 8:43  | 8:16     | 8:38  |
| 7:40     | 8:02  | 7:26     | 7:48  | 7:12     | 7:34  | 9:05     | 9:27  | 9:00     | 9:22  |
| 8:24     | п     | 8:10     | 8:32  | 7:56     | 8:18  | 9:49     | в     | 9:44     | в     |
| 9:57     | 10:19 | 8:54     | 9:16  | 8:40     | 9:02  | 12:34    | 12:56 | 12:27    | 12:49 |
| 10:41    | 11:03 | 9:38     | 10:00 | 9:24     | 9:46  | 13:18    | 13:40 | 13:11    | 13:33 |
| 11:25    | 11:47 | 10:22    | п     | 10:08    | п     | 14:02    | 14:24 | 13:55    | 14:17 |
| 12:09    | 12:31 | 10:48    | 11:10 | 10:52    | 11:14 | 14:46    | 15:08 | 14:39    | 15:01 |
| 12:53    | 13:15 | 11:32    | 11:54 | 11:36    | 11:58 | 15:30    | 15:52 | 15:23    | 15:45 |
| 13:37    | 13:59 | 12:16    | 12:38 | 12:20    | 12:42 | 16:14    | 16:36 | 16:07    | 16:29 |
| 14:21    | 14:43 | 13:00    | 13:22 | 13:04    | 13:26 | 16:58    | 17:20 | 16:51    | 17:13 |
| 15:05    | 15:27 | 13:44    | 14:06 | 13:48    | 14:10 | 17:42    | 18:04 | 17:35    | 17:57 |
| 15:49    | 16:11 | 14:28    | 14:50 | 14:32    | 14:54 | 18:26    | к     | 18:19    | 18:41 |
| 16:33    | 16:55 | 15:12    | 15:34 | 15:16    | 15:38 |          |       | 19:03    | к     |
| 17:17    | 17:39 | 15:56    | 16:18 | 16:00    | 16:22 |          |       |          |       |
| 18:01    | 18:23 | 16:40    | 17:02 | 16:44    | 17:06 |          |       |          |       |
| 18:45    | п     | 17:24    | 17:46 | 17:28    | 17:50 |          |       |          |       |
| 19:10    | 19:32 | 18:08    | 18:30 | 18:12    | 18:34 |          |       |          |       |
| 19:54    | 20:16 | 18:52    | 19:14 | 18:56    | п     |          |       |          |       |
| 20:38    | 21:00 | 19:36    | п     | 19:10    | 19:32 |          |       |          |       |
| 21:22    | 21:44 | 20:24    | 20:46 | 20:52    | 21:14 |          |       |          |       |
| 22:06    | 22:28 | 21:08    | 21:30 | 21:36    | 21:58 |          |       |          |       |
| 22:50    | к     | 21:52    | 22:14 | 22:20    | 22:42 |          |       |          |       |

Продовження табл. 2.3

| 6 випуск |       | 7 випуск |       | 8 випуск |       | 9 випуск |       | 10 випуск |       |
|----------|-------|----------|-------|----------|-------|----------|-------|-----------|-------|
| K31      | K32   | K31      | K32   | K31      | K32   | K31      | K32   | K31       | K32   |
| 6:43     | 7:05  | 6:38     | 7:00  | 6:33     | 6:55  | 6:28     | 6:50  | 7:12      | 7:34  |
| 7:27     | 7:49  | 7:22     | 7:44  | 7:17     | 7:39  | 7:12     | 7:34  | 7:56      | 8:18  |
| 8:11     | 8:33  | 8:06     | 8:28  | 8:01     | 8:23  | 7:56     | 8:18  | 8:40      | 9:02  |
| 8:55     | 9:17  | 8:50     | 9:12  | 8:45     | 9:07  | 8:40     | 9:02  | 9:24      | 9:46  |
| 9:39     | в     | 9:34     | 9:56  | 9:29     | 9:51  | 9:24     | 9:46  | 10:08     | в     |
| 13:55    | 14:17 | 10:18    | в     | 10:13    | в     | 10:08    | в     | 16:44     | 17:06 |
| 14:39    | 15:01 | 13:48    | 14:10 | 16:05    | 16:27 | 16:00    | 16:22 | 17:28     | 17:50 |
| 15:23    | 15:45 | 14:32    | 14:54 | 16:49    | 17:11 | 16:50    | 17:12 | 18:12     | 18:34 |
| 16:07    | 16:29 | 15:16    | 15:38 | 17:33    | 17:55 | 17:34    | 17:56 | 18:56     | 19:18 |
| 16:51    | 17:13 | 16:00    | 16:22 | 18:17    | 18:39 | 18:18    | 18:40 | 19:40     | 20:02 |
| 17:35    | 17:57 | 16:44    | 17:06 | 19:01    | 19:23 | 19:02    | 19:24 | 20:24     | 20:46 |
| 18:19    | 18:41 | 17:28    | 17:50 | 19:47    | 20:09 | 19:40    | 20:02 | 19:36     | 19:58 |
| 19:03    | 19:25 | 18:12    | 18:34 | 20:31    | 20:53 | 20:24    | 20:46 | 20:20     | к     |
| 19:47    | к     | 18:56    | 19:18 | 21:15    | к     | 21:08    | к     |           |       |
|          |       | 19:54    | 20:16 |          |       |          |       |           |       |
|          |       | 20:38    | 21:00 |          |       |          |       |           |       |
|          |       | 21:22    | к     |          |       |          |       |           |       |

## 2.6 Розрахунок показників роботи автобусів і водіїв на маршруті

На основі побудованого графіка руху автобусів можна визначити час виїзду та повернення транспортних засобів до підприємства, кількість виконаних рейсів, а також тривалість роботи автобусів і водіїв на маршруті.

Час виїзду та час заїзду:

$$T_{\text{виїзду}} = T_{\text{від. K31}} - T_0, \quad (2.10)$$

$$T_{\text{заїзду}} = T_{\text{приб. K31}} + T_0, \quad (2.11)$$

де  $T_0$  – час на нульовий пробіг (10 хв.).

Час в наряді визначимо як:

$$T_n = T_{\text{заїзду}} - T_{\text{виїзду}} - T_{\text{обіду(відстою)}}. \quad (2.12)$$

Для автобусу 1-го випуску:

$$T_{n1} = 23:00 - 5:18 - 1:58 = 15:44 \text{ год.:хв.}$$

Час виїзду та заїзду автобусів з (в) підприємства подано у табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Час виїзду та заїзду автобусів з (в) АТП

| Випуск                | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Час виїзду, год.: хв. | 5:18  | 5:04  | 4:50  | 6:43  | 6:38  | 6:33  | 6:28  | 6:23  | 6:18  | 7:02  |
| Час заїзду, год.: хв. | 23:00 | 22:46 | 23:14 | 18:36 | 19:13 | 19:57 | 21:32 | 21:25 | 21:18 | 20:30 |

Показники роботи водіїв та автобусів на міському маршруті надано у табл. 2.5.

Таблиця 2.5 – Показники роботи водіїв та автобусів на маршруті

| Випуски                         |          | 1     | 2     | 3     | 4    | 5     | 6    | 7     | 8    | 9     | 10   |
|---------------------------------|----------|-------|-------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|
| Кількість обертів, од.          | 1 зміна  | 12    | 11    | 11    | 14   | 14    | 13   | 16    | 13   | 13    | 12   |
|                                 | 2 зміна  | 12    | 11    | 11    |      |       |      |       |      |       |      |
| Час обіду або відстою, год.:хв. |          | 1:58  | 1:32  | 1:28  | 2:48 | 2:53  | 4:16 | 4:14  | 4:57 | 4:52  | 4:36 |
| Час в наряді, год.:хв.          | автобуса | 15:44 | 16:10 | 16:56 | 9:08 | 9:52  | 9:08 | 9:50  | 9:10 | 10:08 | 7:56 |
|                                 | водія    | 16:11 | 16:33 | 17:19 | 9:31 | 10:15 | 9:31 | 10:13 | 9:33 | 10:31 | 8:19 |

## 2.7 Складання місячного графіка роботи водіїв

Розробка графіка роботи водіїв на місяць є важливим етапом організації діяльності транспортного підприємства та забезпечення стабільної роботи автобусного маршруту. Рационально складений графік дозволяє забезпечити безперервне транспортне обслуговування пасажирів, ефективне використання трудових ресурсів та дотримання вимог чинного трудового законодавства щодо режимів праці та відпочинку водіїв.

Під час складання місячного графіка враховуються режими роботи автобусів на маршруті, тривалість робочих змін, кількість робочих і вихідних днів, час відпочинку між змінами, а також особливості організації двозмінного та перерваного режимів праці. Крім того, графік повинен забезпечувати рівномірний розподіл робочого навантаження між водіями та створювати умови для підтримання належного рівня безпеки перевезень.

Правильно розроблений графік роботи водіїв сприяє підвищенню ефективності роботи транспортного підприємства, зменшенню перевтоми персоналу, покращенню трудової дисципліни та забезпеченню стабільного функціонування маршруту протягом усього розрахункового періоду.

Відповідно до нормативних вимог [1], тривалість робочого часу водія протягом тижня не повинна перевищувати 40 годин. При цьому стандартна тривалість робочої зміни становить не більше 8 годин за п'ятиденного робочого тижня та 7 годин — за шестиденного режиму роботи.

Складання графіка роботи водіїв здійснюється на основі місячного фонду робочого часу та планової кількості годин, які мають бути відпрацьовані персоналом.

У результаті визначається загальна фактична тривалість робочого часу, відпрацьованого всіма водіями протягом розрахункового періоду:

$$\Phi P \mathcal{C}_{\phi}^{\text{міс.}} = T_n^{\text{зм}} \cdot D_p, \quad (2.15)$$

де  $T_{\mu}^{зм}$  – загальний час праці водіїв за зміну (117,7 год.);

$D_p$  – дні роботи на місяць (30 дн.).

$$\Phi P \mathcal{U}_{\phi}^{mic} = 117,7 \cdot 30 = 3531 \text{ год.}$$

Для забезпечення ефективного графіка роботи водіїв необхідно розрахувати їх оптимальну кількість на місяць:

$$N_{\varepsilon} = \frac{\sum \Phi P \mathcal{U}_{\phi}^{mic.}}{\Phi P \mathcal{U}_n^{mic.}}, \quad (2.13)$$

де  $\Phi P \mathcal{U}$  – фонд робочого часу водія за планом на місяць (176 год.).

$$N_{\varepsilon} = \frac{3531}{176} \approx 20 \text{ вод.}$$

Щомісячний графік роботи водіїв, сформований відповідно до наведених вище вимог та нормативів щодо режимів праці і відпочинку, подано на рис. 2.5.

| Водій    | День місяця |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | Фонд<br>робочого<br>часу, год. |
|----------|-------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------------------------------|
|          | 1           | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |                                |
| Водій 1  | Р           | Р | В | Р | Р | В | Р | Р | В | Р  | Р  | В  | Р  | Р  | В  | Р  | Р  | В  | Р  | Р  | В  | Р  | Р  | В  | Р  | Р  | В  | Р  | Р  | В  | 167                            |
| Водій 2  | Р           | В | Р | Р | В | Р | Р | В | Р | Р  | В  | Р  | Р  | В  | Р  | Р  | В  | Р  | Р  | В  | Р  | Р  | В  | Р  | Р  | В  | Р  | Р  | В  | Р  | 165                            |
| Водій 3  | В           | Р | Р | В | Р | Р | В | Р | Р | В  | Р  | Р  | В  | Р  | Р  | В  | Р  | Р  | В  | Р  | Р  | В  | Р  | Р  | В  | Р  | Р  | В  | Р  | Р  | 161                            |
| Водій 4  | Р           | Р | В | Р | В | Р | Р | В | Р | В  | Р  | Р  | В  | Р  | В  | Р  | Р  | В  | Р  | В  | Р  | Р  | В  | Р  | В  | Р  | Р  | В  | Р  | Р  | 180                            |
| Водій 5  | Р           | В | Р | Р | В | Р | В | Р | Р | В  | Р  | В  | Р  | Р  | В  | Р  | В  | Р  | Р  | В  | Р  | В  | Р  | Р  | В  | Р  | В  | Р  | Р  | В  | 169                            |
| Водій 6  | В           | Р | В | Р | Р | В | Р | В | Р | Р  | В  | Р  | В  | Р  | Р  | В  | Р  | В  | Р  | Р  | В  | Р  | В  | Р  | Р  | В  | Р  | В  | Р  | Р  | 168                            |
| Водій 7  | Р           | Р | В | Р | Р | В | Р | Р | В | Р  | Р  | В  | Р  | Р  | В  | Р  | Р  | В  | Р  | Р  | В  | Р  | Р  | В  | Р  | Р  | В  | Р  | Р  | В  | 176                            |
| Водій 8  | Р           | В | Р | Р | В | Р | Р | В | Р | Р  | В  | Р  | Р  | В  | Р  | Р  | В  | Р  | Р  | В  | Р  | Р  | В  | Р  | Р  | В  | Р  | Р  | В  | Р  | 174                            |
| Водій 9  | В           | Р | Р | В | Р | Р | В | Р | Р | В  | Р  | Р  | В  | Р  | Р  | В  | Р  | Р  | В  | Р  | Р  | В  | Р  | Р  | В  | Р  | Р  | В  | Р  | Р  | 178                            |
| Водій 10 | Р           | Р | В | Р | В | Р | Р | В | Р | В  | Р  | Р  | В  | Р  | В  | Р  | Р  | В  | Р  | В  | Р  | Р  | В  | Р  | В  | Р  | Р  | В  | Р  | Р  | 168                            |
| Водій 11 | Р           | В | Р | Р | В | Р | В | Р | Р | В  | Р  | В  | Р  | Р  | В  | Р  | В  | Р  | Р  | В  | Р  | В  | Р  | Р  | В  | Р  | В  | Р  | Р  | В  | 171                            |
| Водій 12 | В           | Р | В | Р | Р | В | Р | В | Р | Р  | В  | Р  | В  | Р  | Р  | В  | Р  | В  | Р  | Р  | В  | Р  | В  | Р  | Р  | В  | Р  | В  | Р  | Р  | 171                            |
| Водій 13 | Р           | Р | В | Р | Р | В | Р | Р | В | Р  | Р  | В  | Р  | Р  | В  | Р  | Р  | В  | Р  | Р  | В  | Р  | Р  | В  | Р  | Р  | В  | Р  | Р  | В  | 178                            |
| Водій 14 | Р           | В | Р | Р | В | Р | Р | В | Р | Р  | В  | Р  | Р  | В  | Р  | Р  | В  | Р  | Р  | В  | Р  | Р  | В  | Р  | Р  | В  | Р  | Р  | В  | Р  | 172                            |
| Водій 15 | В           | Р | Р | В | Р | Р | В | Р | Р | В  | Р  | Р  | В  | Р  | Р  | В  | Р  | Р  | В  | Р  | Р  | В  | Р  | Р  | В  | Р  | Р  | В  | Р  | Р  | 175                            |
| Водій 16 | Р           | Р | В | Р | В | Р | Р | В | Р | В  | Р  | Р  | В  | Р  | В  | Р  | Р  | В  | Р  | В  | Р  | Р  | В  | Р  | В  | Р  | Р  | В  | Р  | Р  | 163                            |
| Водій 17 | Р           | В | Р | Р | В | Р | В | Р | Р | В  | Р  | В  | Р  | Р  | В  | Р  | В  | Р  | Р  | В  | Р  | В  | Р  | Р  | В  | Р  | В  | Р  | Р  | В  | 172                            |
| Водій 18 | В           | Р | В | Р | Р | В | Р | В | Р | Р  | В  | Р  | В  | Р  | Р  | В  | Р  | В  | Р  | Р  | В  | Р  | В  | Р  | Р  | В  | Р  | В  | Р  | Р  | 169                            |
| Водій 19 | Р           | Р | В | Р | Р | В | Р | Р | В | Р  | Р  | В  | Р  | Р  | В  | Р  | Р  | В  | Р  | Р  | В  | Р  | Р  | В  | Р  | Р  | В  | Р  | Р  | В  | 162                            |
| Водій 20 | Р           | В | Р | Р | В | Р | Р | В | Р | Р  | В  | Р  | Р  | В  | Р  | Р  | В  | Р  | Р  | В  | Р  | Р  | В  | Р  | Р  | Р  | В  | Р  | Р  | Р  | 164                            |

Рисунок 2.5 – Місячний графік роботи водіїв

## 2.8 Висновки за розділом

У даному розділі було виконано проектування міських пасажирських перевезень на автобусному маршруті із добовим обсягом перевезень 5200 пасажирів. У ході роботи проведено вибір марки рухомого складу, визначено величину пасажиропотоків, необхідну кількість автобусів для роботи на маршруті, а також розроблено режими праці водіїв і графіки руху транспортних засобів. За результатами аналізу встановлено, що максимальний пасажиропотік на маршруті становить 620 пас./год., що обумовило доцільність використання автобусів місткістю близько 40 пасажирів. Для порівняння було розглянуто автобуси Богдан А092 та БАЗ А079.04 «Еталон». Виконане порівняння за критерієм експлуатаційних витрат за зміну показало, що використання автобуса БАЗ А079.04 є більш економічно ефективним, оскільки

дозволяє зменшити витрати на 855 грн за зміну, або приблизно на 9,1 % у порівнянні з автобусом Богдан А092.

У процесі дослідження визначено розподіл пасажиропотоків за годинами роботи маршруту та встановлено необхідну кількість автобусів у різні періоди доби. Максимальна потреба у рухомому складі становить 10 автобусів у години найбільшого пасажиропотоку, тоді як мінімальна кількість автобусів на маршруті складає 3 одиниці. На основі отриманих результатів було визначено інтервали руху транспортних засобів та побудовано графік зміни потреби у рухомому складі протягом доби.

Також у розділі виконано графоаналітичне визначення раціональних режимів праці водіїв та автобусів. Проведені розрахунки дозволили організувати роботу рухомого складу у двозмінному та перерваному режимах відповідно до нерівномірності пасажиропотоків. Отриманий коефіцієнт ефективності підтвердив раціональність побудованих режимів роботи автобусів і водіїв на маршруті.

На завершальному етапі було складено стрічковий графік роботи автобусів, розроблено розклад руху транспортних засобів та сформовано місячний графік роботи для 20 водіїв відповідно до вимог чинного трудового законодавства. Запропоновані заходи забезпечують стабільність роботи маршруту, дотримання нормативних інтервалів руху, підвищення якості транспортного обслуговування пасажирів та ефективне використання рухомого складу і трудових ресурсів транспортного підприємства.

### **РОЗДІЛ 3**

## **ОРГАНІЗАЦІЯ ДОРОЖНЬОГО РУХУ НА ПЕРЕХРЕСТІ ТРАСИ АВТОБУСНОГО МАРШРУТУ**

### **3.1 Аналіз інтенсивностей транспортних та пішохідних потоків на перехресті**

Досліджуване перехрестя є чотиристороннім регульованим перехрестям міських вулиць з інтенсивним рухом транспортних та пішохідних потоків. Перехрестя розташоване у зоні активної міської забудови, де спостерігається значна транспортна та пішохідна активність протягом усього дня.

За результатами обстеження було встановлено, що найбільша інтенсивність транспортного руху спостерігається на напрямку «північ – південь», який є основною магістраллю та забезпечує зв'язок між житловими районами і центральною частиною міста. Інтенсивність руху на даному напрямку становить близько 850–900 авт./год у кожному напрямку в години «пік». На другорядному напрямку «схід – захід» інтенсивність руху дещо менша та складає приблизно 500–650 авт./год.

Сумарна інтенсивність руху транспортних засобів на перехресті перевищує 2000 авт./год, що свідчить про високий рівень транспортного навантаження. При цьому значна частина транспортного потоку виконує маневри повороту ліворуч та праворуч, що створює додаткові конфліктні точки та ускладнює проїзд через перехрестя.

Інтенсивність пішохідного руху також є достатньо високою. Найбільші пішохідні потоки спостерігаються на переходах через головну магістраль, де інтенсивність руху пішоходів досягає 250–320 піш./год. Це пов'язано з наявністю поблизу зупинок громадського транспорту, торговельних об'єктів та громадських установ. На інших пішохідних переходах інтенсивність

складає близько 120–180 піш./год. Схему перехрестя та розподілу потоків наведено на рис. 3.1.

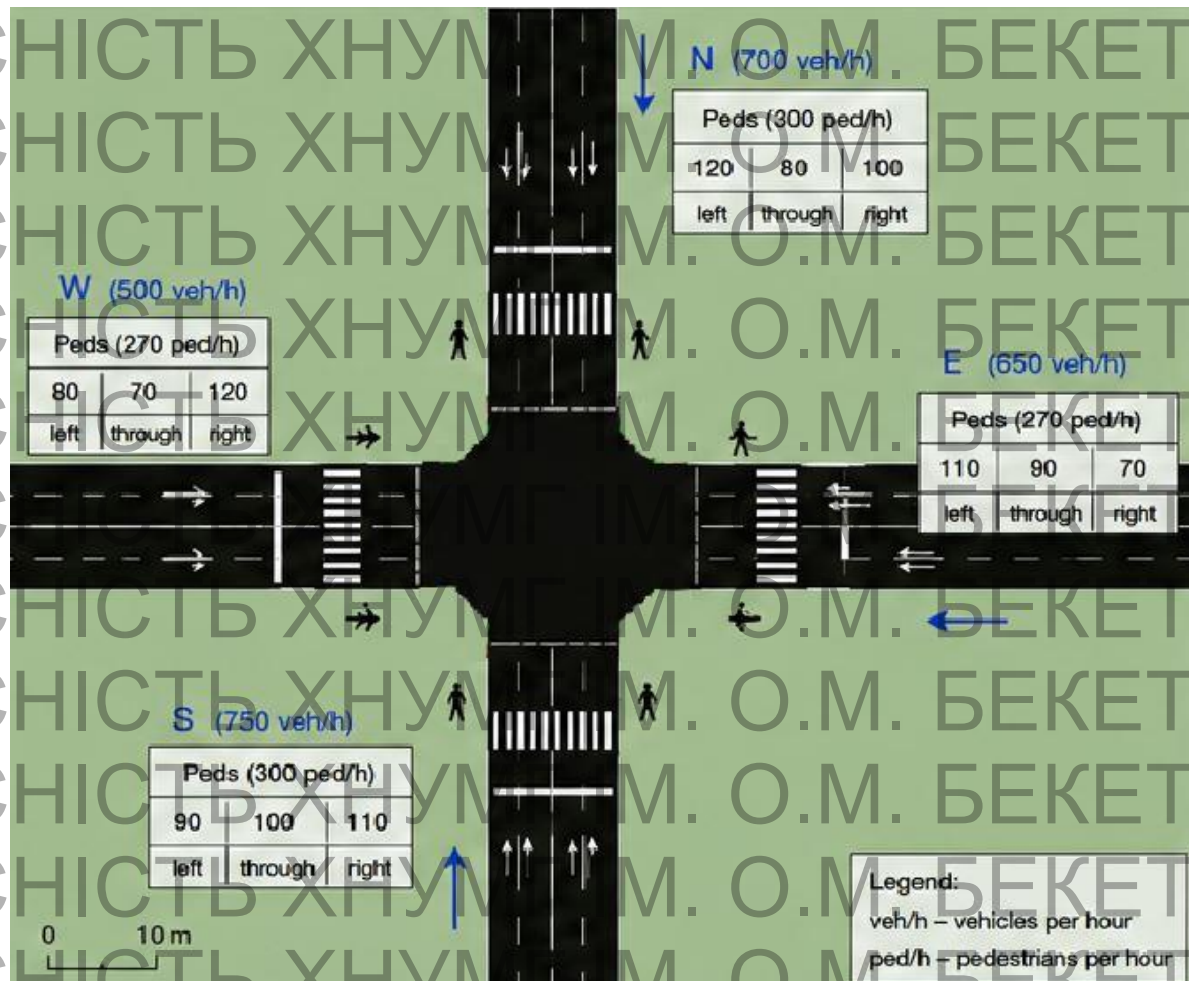


Рисунок 3.1 – Схема перехрестя та інтенсивності транспортних та пішохідних потоків

За умов відсутності світлофорного регулювання на перехресті виникає значна кількість конфліктних ситуацій між транспортними та пішохідними потоками. Особливо небезпечними є маневри лівого повороту та нерегульований рух пішоходів через проїзну частину. Через високу інтенсивність транспортного руху пішоходи мають обмежені можливості для

безпечного переходу дороги, що призводить до збільшення затримок та підвищення ризику виникнення дорожньо-транспортних пригод.

Крім того, при нерегульованому русі на другорядних напрямках утворюються значні черги транспортних засобів. Водії змушені тривалий час очікувати можливості виїзду на перехрестя, що збільшує транспортні затримки, витрати пального та рівень шкідливих викидів у навколишнє середовище.

Для оцінки ефективності організації дорожнього руху було проведено моделювання транспортних потоків у програмному середовищі SUMO (Simulation of Urban Mobility), версія 1.19.0. За результатами моделювання встановлено, що впровадження двофазного світлофорного регулювання дозволяє суттєво знизити середні транспортні затримки, скоротити довжину черг та впорядкувати рух транспортних і пішохідних потоків.

### **3.2 Моделювання параметрів дорожнього руху на перехресті у програмному середовищі SUMO**

Для оцінки ефективності організації дорожнього руху на досліджуваному перехресті було виконано транспортне моделювання у програмному середовищі SUMO. Дане програмне забезпечення дозволяє здійснювати мікроскопічне моделювання транспортних і пішохідних потоків, аналізувати параметри руху та оцінювати ефективність організації дорожнього руху.

На першому етапі моделювання було створено геометричну схему перехрестя. У середовищі SUMO за допомогою редактора мережі NetEdit було побудовано чотиристороннє перехрестя міських вулиць із двостороннім рухом транспортних засобів. Для кожного підходу до перехрестя було задано кількість смуг руху, ширину проїзної частини, дозволені напрямки руху та параметри швидкісного режиму.

Після побудови геометрії перехрестя було виконано формування транспортних потоків. Для кожного напрямку руху задавались значення інтенсивності транспортних потоків у відповідності до результатів транспортного обстеження. Інтенсивності руху визначались окремо для прямого напрямку, правих та лівих поворотів. Також у модель були внесені параметри руху пішоходів на кожному пішохідному переході.

На наступному етапі було сформовано маршрути руху транспортних засобів через перехрестя. У моделі використовувались легкові автомобілі, автобуси та вантажний транспорт - із відповідними динамічними характеристиками. Для пішоходів були задані траєкторії руху через регульовані переходи.

Після створення транспортної мережі та маршрутів руху було виконано моделювання нерегульованого режиму роботи перехрестя. У процесі моделювання визначались основні показники ефективності функціонування перехрестя: середня затримка транспортних засобів; сумарний час затримок; середня швидкість руху; довжина транспортних черг; сумарний час перебування транспортних засобів у мережі; кількість зупинок; параметри руху пішоходів.

Результати моделювання показали, що при нерегульованому русі на другорядних напрямках утворюються значні транспортні черги, а середні затримки транспортних засобів суттєво зростають у години «пік». Крім того, спостерігалася велика кількість конфліктних ситуацій між транспортними та пішохідними потоками.

Для покращення умов руху у модель було впроваджено двофазне світлофорне регулювання. На першій фазі забезпечувався рух транспортних засобів у напрямку «північ – південь» та рух пішоходів через другорядну вулицю. На другій фазі організовувався рух у напрямку «схід – захід» та рух пішоходів через головну магістраль.

Тривалість фаз світлофорного циклу визначалась на основі інтенсивностей транспортних потоків та пропускної здатності підходів до перехрестя. Загальна тривалість циклу світлофорного регулювання склала 80 с.

Після введення світлофорного регулювання було проведено повторне моделювання транспортних потоків та виконано порівняння отриманих результатів.

### **3.3 Аналіз результатів моделювання параметрів дорожнього руху на перехресті у програмному середовищі SUMO**

Після виконання моделювання дорожнього руху у програмному середовищі SUMO було проведено аналіз основних техніко-експлуатаційних показників функціонування досліджуваного перехрестя. Оцінювання ефективності організації дорожнього руху здійснювалось шляхом порівняння параметрів роботи перехрестя до та після впровадження світлофорного регулювання.

У процесі моделювання були визначені такі показники: сумарний час затримок транспортних засобів; сумарний час перебування транспортних засобів у мережі; середня швидкість руху; довжина транспортних черг; кількість зупинок транспортних засобів; показники руху пішоходів; екологічні параметри транспортного потоку.

Результати моделювання показали, що при нерегульованому русі на перехресті виникають значні транспортні затримки, особливо на другорядних напрямках руху. Через високу інтенсивність транспортного потоку на головній вулиці транспортні засоби на другорядних підходах були змушені тривалий час очікувати можливості проїзду через перехрестя. Це призводило до формування транспортних черг та збільшення часу поїздки.

Крім того, при нерегульованому режимі руху спостерігалася значна кількість конфліктних ситуацій між транспортними та пішохідними потоками.

Висока інтенсивність руху транспорту ускладнювала безпечний перехід проїзної частини пішоходами та збільшувала ймовірність виникнення дорожньо-транспортних пригод.

Після впровадження двофазного світлофорного регулювання у моделі SUMO було зафіксовано покращення основних параметрів роботи перехрестя. Організований розподіл транспортних потоків за фазами дозволив зменшити кількість конфліктних точок та впорядкувати рух транспортних засобів і пішоходів.

За результатами моделювання встановлено, що після введення світлофорного регулювання: зменшилась середня затримка транспортних засобів; скоротилась довжина транспортних черг; знизилась кількість вимушених зупинок; підвищилась середня швидкість руху; покращились умови руху пішоходів; підвищився рівень безпеки дорожнього руху.

Основним показником ефективності було прийнято сумарні транспортні затримки – Total Delay (Загальна затримка). Аналіз результатів моделювання показав, що після впровадження світлофорного регулювання сумарні затримки транспортних засобів суттєво зменшились. Це свідчить про скорочення втрат часу учасників дорожнього руху та підвищення ефективності функціонування перехрестя.

Також у результаті моделювання було встановлено зменшення кількості зупинок транспортних засобів та більш рівномірний розподіл транспортних потоків між напрямками руху. Зниження кількості розгонів та гальмувань позитивно вплинуло на екологічні показники транспортного потоку, зокрема на рівень викидів шкідливих речовин та витрату пального.

Інтерфейс програми з результатами моделювання наведено на рис. 3.2.

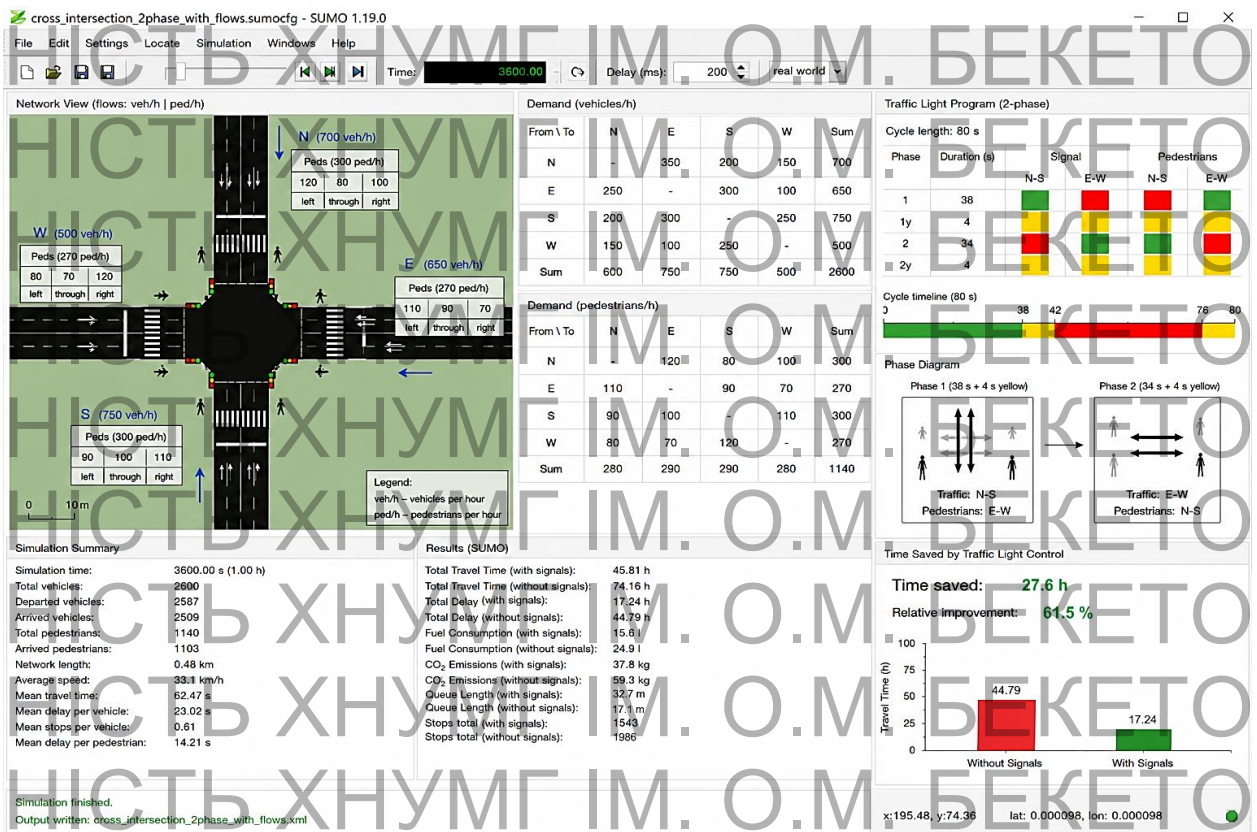


Рисунок 3.2 – Результати моделювання у середовищі SUMO

Отримані результати підтверджують, що впровадження світлофорного регулювання на досліджуваному перехресті є технічно доцільним та ефективним заходом організації дорожнього руху. Запропоноване рішення дозволяє підвищити пропускну здатність перехрестя, покращити умови руху транспортних засобів і пішоходів, а також зменшити транспортні затримки та рівень аварійності.

Основні показники функціонування перехрестя перед та після оптимізації подано у табл. 3.1.

Таблиця 3.1. – Основні показники функціонування перехрестя перед та після введення світлофорного регулювання

| Назва показника                                       | Значення до введення світлофорного регулювання | Значення після введення світлофорного регулювання | Зміна, натуральні одиниці | Зміна, % |
|-------------------------------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------|----------|
| Загальна затримка транспортних засобів, год.          | 44,79                                          | 17,24                                             | 27,55                     | 61,51    |
| Загальний час проїзду зони перехрестя (0,48 км), год. | 74,16                                          | 45,81                                             | 28,35                     | 38,23    |
| Довжина черги транспортних засобів, м                 | 32,7                                           | 17,1                                              | 15,6                      | 47,78    |
| Споживання палива, л                                  | 24,9                                           | 15,6                                              | 9,3                       | 37,35    |
| Викиди вуглекислого газу, кг                          | 59,3                                           | 37,8                                              | 21,5                      | 36,26    |
| Кількість зупинок ТЗ перед перехрестям, од.           | 1986                                           | 1543                                              | 443                       | 22,31    |

Аналіз даних табл. 3.1 показав, що загальний час проїзду зони перехрестя зменшився з 74,16 год до 45,81 год. Абсолютне скорочення склало 28,35 год., або 38,23 %. Це свідчить про зменшення втрат часу транспортних засобів при проходженні перехрестя та підвищення ефективності організації руху.

Найбільше покращення спостерігається за показником загальної затримки транспортних засобів. Після впровадження світлофорного регулювання сумарні затримки зменшилися з 44,79 год. до 17,24 год за 1 годину симуляції дорожнього руху (або 181 тис. год./рік). Скорочення склало 27,55 год. або 61,51 %. Отриманий результат підтверджує, що введення світлофорного регулювання дозволило суттєво знизити непродуктивні втрати часу транспортних засобів та впорядкувати транспортні потоки на перехресті.

Довжина черг транспортних засобів також значно скоротилася — з 32,7 м до 17,1 м. Зменшення довжини черг на 15,6 м, або 47,78 %, свідчить про підвищення пропускної здатності перехрестя та покращення умов руху на підходах до нього. Скорочення черг позитивно впливає на безпеку руху та

знижує ймовірність утворення заторів на суміжних ділянках вулично-дорожньої мережі.

Важливим результатом є також зниження споживання палива транспортними засобами. Після впровадження світлофорного регулювання витрати пального зменшилися з 24,9 л до 15,6 л, тобто на 9,3 л або 37,35 %. Це пояснюється скороченням кількості вимушених зупинок, більш рівномірним режимом руху транспортних засобів та зменшенням часу роботи двигунів на холостому ходу.

Позитивні зміни спостерігаються й щодо екологічних показників. Викиди вуглекислого газу скоротилися з 59,3 кг до 37,8 кг. Зниження викидів на 21,5 кг, або 36,26 %, свідчить про покращення екологічної ситуації в районі перехрестя та зменшення негативного впливу транспортних потоків на навколишнє середовище.

Кількість зупинок транспортних засобів перед перехрестям після впровадження світлофорного регулювання також суттєво зменшилася — з 1986 до 1543 зупинок. Скорочення на 443 зупинки, або 22,31 %, свідчить про більш стабільний та рівномірний режим руху транспортного потоку.

### **3.4 Висновки за розділом**

У даному розділі було виконано дослідження умов організації дорожнього руху на перехресті траси автобусного маршруту та проведено оцінку ефективності впровадження світлофорного регулювання за допомогою програмного середовища SUMO.

У результаті аналізу інтенсивностей транспортних та пішохідних потоків встановлено, що досліджуване перехрестя характеризується високим рівнем транспортного навантаження та значною кількістю конфліктних точок між транспортними і пішохідними потоками. Сумарна інтенсивність руху перевищує 2000 авт./год, а найбільш завантаженим є напрямок «північ —

південь». Також встановлено високі показники інтенсивності пішохідного руху, особливо на переходах через головну магістраль.

Для оцінки ефективності організації дорожнього руху було виконано транспортне моделювання у програмному середовищі SUMO версії 1.19.0. У процесі моделювання було створено геометричну модель перехрестя, сформовано транспортні та пішохідні потоки, а також реалізовано двофазне світлофорне регулювання із загальною тривалістю циклу 80 с.

Аналіз результатів моделювання показав, що впровадження світлофорного регулювання дозволило суттєво покращити умови руху на перехресті. Загальний час проїзду зони перехрестя зменшився на 38,23 %, а сумарні транспортні затримки скоротилися на 61,51 %. Також було зафіксовано зменшення довжини транспортних черг на 47,78 % та скорочення кількості вимушених зупинок транспортних засобів на 22,31 %. Позитивний ефект спостерігається й щодо екологічних показників. Після впровадження світлофорного регулювання споживання палива зменшилося на 37,35 %, а викиди вуглекислого газу скоротилися на 36,26 %, що свідчить про покращення екологічної ситуації в районі досліджуваного перехрестя.

Отже, отримані результати підтверджують, що впровадження двофазного світлофорного регулювання є технічно та економічно доцільним заходом організації дорожнього руху. Запропоноване рішення дозволяє підвищити пропускну здатність перехрестя, знизити транспортні затримки, покращити умови руху транспортних засобів і пішоходів, а також підвищити рівень безпеки дорожнього руху.

## ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі було розроблено заходи щодо удосконалення організації перевезень пасажирів на міському автобусному маршруті з добовим обсягом перевезень 5200 пасажирів. У ході дослідження проведено аналіз сучасного стану міських пасажирських перевезень, визначено основні проблеми функціонування громадського транспорту та обґрунтовано необхідність підвищення ефективності організації транспортного процесу. У першому розділі досліджено основні характеристики проектного маршруту, визначено параметри пасажиропотоків та виконано прогнозування зміни обсягів перевезень.

Встановлено, що максимальний пасажиропотік на маршруті становить 620 пас./год., а коефіцієнт нерівномірності пасажиропотоків дорівнює 1,85, що свідчить про значні коливання навантаження на маршрут упродовж доби. Також виконано прогнозування обсягів перевезень на 2026 рік, результати якого показали тенденцію до скорочення пасажиропотоку приблизно на 20,5 % порівняно з 2023 роком.

У другому розділі виконано проектування організації перевезень на автобусному маршруті. На основі аналізу характеристик рухомого складу та експлуатаційних витрат обґрунтовано доцільність використання автобуса БАЗ А079.04 «Еталон», який забезпечує зниження експлуатаційних витрат на 855 грн за зміну у порівнянні з автобусом Богдан А092. Визначено необхідну кількість автобусів для роботи на маршруті у різні періоди доби, розраховано інтервали руху транспортних засобів, а також розроблено режими праці водіїв і графіки роботи автобусів. Запропоновані рішення дозволяють забезпечити стабільне функціонування маршруту, дотримання нормативних інтервалів руху та ефективне використання рухомого складу.

У третьому розділі розглянуто питання організації дорожнього руху на перехрестях траси автобусного маршруту. Проведено аналіз умов руху транспортних і пішохідних потоків, визначено найбільш небезпечні ділянки та запропоновано заходи щодо підвищення безпеки дорожнього руху. Реалізація запропонованих заходів дозволить зменшити кількість конфліктних точок, покращити умови руху транспортних засобів і пішоходів, а також підвищити рівень безпеки перевезень пасажирів.

Отже, виконані у роботі розрахунки та запропоновані організаційні заходи забезпечують підвищення ефективності функціонування міського автобусного маршруту, покращення якості транспортного обслуговування населення та раціональне використання рухомого складу і трудових ресурсів транспортного підприємства. Результати роботи можуть бути використані під час удосконалення організації пасажирських перевезень у містах та при проектуванні міських автобусних маршрутів.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Автомобільні перевезення: організація та облік. – Харків: Фактор, 2007. – 592 с.
2. Єпіфанов В. В. Розробка заходів щодо підвищення якості перевезень на міському пасажирському автомобільному транспорті. – Рівне: РДУ, 2017. – 115 с.
3. Ільїна І.Є. Дорожня та психофізіологічна експертиза дорожньо-транспортних пригод. Дорожня експертиза: навчальний посібник. – Дніпро: ДНУ, 2015. – 152 с.
4. Управління пасажирським автотранспортом: довідковий посібник / Рева В.М., Лігум Ю.С., Вайншток М.А. та ін.; За ред. Лігума Ю.С. – Київ: Техніка, 1995 р. – 124 с.
5. Булавина Л.В. Обґрунтування схеми та оптимального режиму світлофорного регулювання на вулично-дорожній мережі. – Ужгород: УДУ, 2009. – 74 с.
6. Гудкова В.А. Технологія, організація та управління пасажирськими автомобільними перевезеннями. – Житомир: Вид-во «Тетерев», 1997. – 254 с.
7. Доля В.К. Методи організації перевезень пасажирів у містах. – Х.: Основа, 1992. – 215 с.
8. Коновалов С.І. Організація перевізних послуг та безпека транспортного процесу. – Дніпро: Академічна книга, 2008. – 352 с.
9. Логістика: громадський пасажирський транспорт / За заг. ред. Л.О. Паньківа. – Черкаси: Іспит, 2003. – 224 с.
10. Максимов В. Н. Управління якістю перевезень пасажирів міськими автобусами. – К.: Державний університет управління, 2008. – 37 с.
11. Організація перевезень пасажирів автомобільним транспортом. // За заг. ред. С. Л. Голованя. – К.: Техніка, 1995. – 167 с.

12. Пасажи́рські авто́мобільні пере́везення / За ред. В.А. Гука. — К.: Лінія, 2004. — 448 с.
13. Пасажи́рські авто́мобільні пере́везення / За ред. Б.М. Решетнікова. — Х.: Фактор-друк, 1996. — 138 с.
14. Шанін І.В. Міські автобусні перевезення. — К.: Лебідь, 2001. — 178 с.
15. Таранов А.Т. Перевезення пасажирів автомобільним транспортом. — К.: Перша типографія, 2002. — 116 с.
16. Дивний О.С. Оцінка соціально-економічної ефективності заходів з організації дорожнього руху. — Луцьк: Вид-во ЛНУ, 2008. — 157 с.
17. Лобашов О.О. Моделювання впливу мережі наркування на транспортні потоки в містах. — Х.: ХНАМГ, 2010. — 170 с.
18. Управління міським пасажирським транспортом : навч. посібник / К. Є. Вакулєнко, К. В. Доля. — ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. — 257 с.
19. Пасажи́рські пере́везення : підручник / О. С. Ігнатенко, В. С. Маруніч. — К.: Національний транспортний університет, 2017. — 283 с.
20. Пасажи́рські пере́везення (на авто́мобільному транспорті) : посі́бник / Бондарєв С. І., Бондарєва Л. М. — Київ : Компринт, 2017. — 525 с.
21. Хом'як Я.В. Організація дорожнього руху. - К.: Вища школа, 1996. — 276 с.
22. Ніколайчук Р.В. Проектування світлофорів на перехресті. — К: КІСІ, 2003. — 86 с.