

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТРАНСПОРТУ
КАФЕДРА АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

на тему:

**Оптимізація інтервалів руху транспортних засобів
при перевезенні пасажирів в умовах міста**

за спеціальністю: J8 «Автомобільний транспорт»

Виконав: студент групи АТ-24м _____ В.Ю. Федірко

Науковий керівник, доцент _____ О.С. Максимова

Допущений до захисту

«____»_____2025 р.

Зав. кафедрою АТ, професор _____ Ю.А. Монастирський/

Кривий Ріг - 2025 р.

Криворізький національний університет
Факультет _____ механічної інженерії та транспорту
Кафедра _____ автомобільного транспорту
Освітньо-кваліфікаційний рівень _____ магістр
Спеціальність _____ J8 «Автомобільний транспорт»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедрою АТ
_____ Ю.А. Монастирський
« _____ » _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ
на магістерську роботу студенту

Федірко Вікторії Юріївни

1. Тема роботи **Оптимізація інтервалів руху транспортних засобів при перевезенні пасажирів в умовах міста**

затверджено наказом по КНУ від « 17 » 09 2025 р. № 737 с

2. Строк подання студентом роботи « 08 » 12 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи статистичні дані міністерства інфраструктури України, статистичні дані транспортного відділу м. Кривий Ріг, дані про пасажирські автомобільні перевезення по м. Кривий Ріг, визначення переліку перевізників та маршрутів по місту, дані про обсяги перевезених пасажирів, інтервали руху транспортних засобів ПП«Одіум Престиж»

(перелік питань, які потрібно розробити) аналітичний огляд, постановка та обґрунтування задачі дослідження, теоретичні і експериментальні дослідження, узагальнення та оцінку результатів та їх практична реалізація, висновки

5. Перелік графічного матеріалу графічні схеми і залежності відповідно до етапів дослідження, отриманих результатів та встановлених зв'язків в програмі Microsoft Office Power Point, на компакт диску з шістьма екземплярами роздруковки презентації для членів ДЕК

6. Календарний план:

№	Етапи роботи	Термін виконання
1	Аналіз літературних джерел за темою магістерської роботи	17.09.2025
2	Підготовка I розділу роботи та подання його керівникові	08.10.2025
3	Підготовка II розділу роботи та подання його керівникові	22.10.2025
4	Підготовка III розділу роботи та подання його керівникові	12.11.2025
5	Підготовка IV розділу роботи та подання його керівникові	27.11.2025
6	Отримання відгуку керівника та рецензії	06.12.2025
7	Захист магістерської роботи у ДЕК	

Дата видачі завдання: « _____ » _____ 2025 р.

Студент _____

Керівник роботи _____

РЕФЕРАТ

магістерська робота на тему: **«Оптимізація інтервалів руху транспортних засобів при перевезенні пасажирів в умовах міста»**

77 с., 11 табл., 15 рис., 40 формул, 31 джерело

Основною метою написання дипломної роботи було визначення оптимальних інтервалів між рухом транспортних засобів в умовах великого міста, з метою підвищення якості пасажирських перевезень.

Основним предметом дослідження було визначено основні методи визначення оптимального інтервалу руху транспортних засобів, а об'єктом дослідження виступали транспортні засоби ПП«Одіум Престиж».

В роботі досліджено кількість перевезених пасажирів всіма видами транспорту України за період 2010-2023 рр. та зміну пасажирообігу за той же період, а також у місті Кривий Ріг.

В роботі проведено аналіз інтервалів руху на міських маршрутах, проаналізуємо різні показники для маршрутів 255, 264, 265 та 269, обрано математичну модель та критерії оцінки маршрутної мережі.

Для визначення оптимального режиму руху транспортних засобів, нами було проаналізовано пасажироперевезення за маршрутом 255.

З метою оптимізації інтервалу руху транспортного засобу, нами було обрано маршрут 255, де за запропонованою методикою нами було визначено оптимальний час відправлення маршруту 255 в будь-якому напрямку між 6:00 та 7:00 ранку. В результаті розрахунків отримано економічний ефект при впровадженні оптимального інтервалу складе 8,15 дол США, з яких економія для перевізника складе 8,1 дол/США, а для пасажирів – 0,05 дол. США на годину.

В роботі було запропоновано заходи щодо охорони праці водіїв та розроблено заходи щодо забезпечення безпеки водіїв і операторів автотранспортних засобів під час евакуації.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ПАСАЖИРСЬКІ ПЕРЕВЕЗЕННЯ, РУХОМИЙ СКЛАД, ПАСАЖИРОМІСТКІСТЬ, ОПТИМІЗАЦІЯ, ОПТИМАЛЬНИЙ ІНТЕРВАЛ, ОРГАНІЗАЦІЙНІ ЗАХОДИ, ОХОРОНА ПРАЦІ

ЗМІСТ:

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. ВИВЧЕННЯ ВПЛИВУ ЕФЕКТИВНОСТІ ОРГАНІЗАЦІЇ РУХУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ У МІСТІ.....	7
1.1. Дослідження методів визначення інтервалів руху транспортних засобів на міських маршрутах.....	7
1.2. Визначення критеріїв оцінки ефективності організації міських пасажирських перевезень.....	12
1.3. Аналіз використання пасажирського транспорту в Україні.....	16
1.4. Висновки до розділу	21
РОЗДІЛ 2. ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОРГАНІЗАЦІЇ РУХУ ПАСАЖИРОПЕРЕВЕЗЕНЬ У МІСТІ.....	23
2.1. Оцінка транспортної діяльності ПП «Одіум-Престиж».....	23
2.2. Визначення моделі комбінованого режиму руху транспортних засобів у міській транспортній мережі.....	26
2.3. Визначення основних параметрів руху за маршрутом 255 ПП «Одіум-Престиж».....	39
2.4. Висновки до розділу	50
РОЗДІЛ 3. УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ ОПТИМІЗАЦІЇ ГРАФІКІВ РУХУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ У МЕЖАХ МІСТА	
3.1. Визначення напрямків оптимізації руху транспортних засобів в умовах міста.....	52
3.2. Розробка методики оптимізації руху пасажирського транспорту у місті.....	54
3.3. Розрахунок оптимізації інтервалу руху транспортних засобів ПП «Одіум – Престиж».....	63
3.4. Висновки до розділу	66
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	68
4.1 Аналіз умов праці автомобільному транспорті.....	68
4.2. Класифікація небезпечних факторів, що утворюються під час роботи на автомобільному транспорті.....	69
4.3. Правила безпеки під час евакуації водіїв або операторів автотранспортних засобів.....	70
4.4. Висновки до розділу	72
ВИСНОВКИ.....	73
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	76

ВСТУП

У сучасних містах пасажирський транспорт відіграє ключову роль, забезпечуючи мобільність населення та формуючи основу соціальної інфраструктури. Ступінь задоволення транспортних потреб мешканців не лише визначає якість їхнього життя, але й суттєво впливає на темпи економічного розвитку міста та навіть усього регіону. Інтервали між відправленнями транспортних засобів на міських маршрутах є важливим критерієм, що визначає якість транспортних послуг та суттєво впливає на вартість експлуатації автопарку.

У ринковій економіці, коли на транспортному ринку одночасно працюють компанії з різною структурою власності, дуже важливою стає організація транспортних процесів з метою збалансування інтересів усіх сторін. Для пасажирів велике значення мають комфорт поїздок, доступність тарифів та передбачуваність маршрутів. Власники автомобілів орієнтуються на прибуток та зниження експлуатаційних витрат. Для суспільства в цілому велике значення має екологічна безпека, оскільки дорожній рух є одним з основних джерел забруднення повітря у великих містах.

Координація руху є одним з найважливіших показників вимірювання якості транспортного обслуговування. Збільшення безладдя руху призводить до тривалого часу очікування транспортних засобів, поганих транспортних умов і, як наслідок, зниження загального рівня обслуговування. Координація руху також важлива для автомобільних транспортних компаній, оскільки безпосередньо впливає на кількість фактичних поїздок, коефіцієнти завантаження транспортних засобів та різні економічні показники. Нерівномірний розподіл транспортних засобів на маршруті призводить до того, що одні транспортні засоби перевозять повні вантажі, а інші майже порожні. Це прискорює знос транспортних засобів, спричиняє втрату доходів та збільшує загальні витрати компанії.

Тому основною метою цієї роботи є розробка методу визначення оптимальних інтервалів руху транспортних засобів для транспортного маршруту на основі мінімізації загальних витрат перевізника та втрат часу пасажирів.

Це дослідження зосереджено на мережі пасажирського транспорту великого міста, метою якого є забезпечення рівного задоволення інтересів усіх учасників транспортного процесу шляхом оптимізації інтервалів. Об'єктом дослідження є процес організації автобусних пасажирських перевезень у м. Кривий Ріг.

Основні завдання цієї бакалаврської роботи включають:

- аналіз існуючих методів оцінки якості міських пасажирських транспортних послуг;
- визначення основних критеріїв оцінки ефективності транспортних послуг;
- дослідження методів покращення експлуатації міських транспортних засобів;

Це дослідження було проведено з метою демонстрації доцільності використання обраного методу оптимізації часу руху для покращення якості руху в місті Кривий Ріг.

У процесі дослідження ми використовували теорію процесів та систем руху транспорту, методи аналізу та моделювання систем транспортної мережі, інструменти дослідження транспортних операцій, прикладну математику та методи математичної статистики.

У сучасних містах пасажирський транспорт відіграє ключову роль, забезпечуючи мобільність населення та формуючи основу соціальної інфраструктури. Ступінь задоволення транспортних потреб мешканців не лише визначає якість їхнього життя, але й суттєво впливає на темпи економічного розвитку міста та навіть усього регіону. Інтервали між відправленнями транспортних засобів на міських маршрутах є важливим критерієм, що визначає якість транспортних послуг та суттєво впливає на вартість експлуатації автопарку.

У ринковій економіці, коли на транспортному ринку одночасно працюють компанії з різною структурою власності, дуже важливою стає організація транспортних процесів з метою збалансування інтересів усіх сторін. Для пасажирів велике значення мають комфорт поїздок, доступність тарифів та передбачуваність маршрутів. Власники автомобілів орієнтуються на прибуток та зниження експлуатаційних витрат. Для суспільства в цілому велике значення має екологічна безпека, оскільки дорожній рух є одним з основних джерел забруднення повітря у великих містах.

Координація руху є одним з найважливіших показників вимірювання якості транспортного обслуговування. Збільшення безладдя руху призводить до тривалого часу очікування транспортних засобів, поганих транспортних умов і, як наслідок, зниження загального рівня обслуговування. Координація руху також важлива для автомобільних транспортних компаній, оскільки безпосередньо впливає на кількість фактичних поїздок, коефіцієнти завантаження транспортних засобів та різні економічні показники. Нерівномірний розподіл транспортних засобів на маршруті призводить до того, що одні транспортні засоби перевозять повні вантажі, а інші майже порожні. Це прискорює знос транспортних засобів, спричиняє втрату доходів та збільшує загальні витрати компанії.

Тому основною метою цієї роботи є розробка методу визначення оптимальних інтервалів руху транспортних засобів для транспортного

маршруту на основі мінімізації загальних витрат перевізника та втрат часу пасажирів.

Це дослідження зосереджено на мережі пасажирського транспорту великого міста, метою якого є забезпечення рівного задоволення інтересів усіх учасників транспортного процесу шляхом оптимізації інтервалів. Об'єктом дослідження є процес організації автобусних пасажирських перевезень у м. Кривий Ріг.

Основні завдання цієї бакалаврської роботи включають:

- аналіз існуючих методів оцінки якості міських пасажирських транспортних послуг;
- визначення основних критеріїв оцінки ефективності транспортних послуг;
- дослідження методів покращення експлуатації міських транспортних засобів;

Це дослідження було проведено з метою демонстрації доцільності використання обраного методу оптимізації часу руху для покращення якості руху в місті Кривий Ріг.

У процесі дослідження ми використовували теорію процесів та систем руху транспорту, методи аналізу та моделювання систем транспортної мережі, інструменти дослідження транспортних операцій, прикладну математику та методи математичної статистики.

РОЗДІЛ 1. ВИВЧЕННЯ ВПЛИВУ ЕФЕКТИВНОСТІ ОРГАНІЗАЦІЇ РУХУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ У МІСТІ

1.3. Дослідження методів визначення інтервалів руху транспортних засобів на міських маршрутах

В місті існування високої концентрації міського населення, що призводить до постійного попиту на розвиток пасажирського автомобільного транспорту та збільшення його пропускної здатності. Водночас, надзвичайно важливо оперативно та в повному обсязі задовольняти потреби мешканців міста у пасажироперевезеннях, збільшувати швидкість доставки пасажирів до місця призначення, створювати необхідний комфорт, впроваджувати заходи щодо забезпечення безпеки поїздок та зменшення забруднення навколишнього середовища. Багато в чому, вирішення всіх перелічених проблем полягає у покращенні регулярності поїздок та оптимізація інтервалів руху транспортних засобів.

Організація експлуатації міських маршрутів включає вибір маршрутів транспортних засобів, організацію роботи водіїв, визначення кількості транспортних засобів та їх пропускної здатності для різних періодів часу, розробку розкладів руху, контроль за виконанням розкладу руху та влаштування зупинок. Ключ до вирішення цих проблем полягає у виборі відповідних маршрутів транспортних засобів, оскільки це впливає на якість послуг, що надаються мешканцям. Через технічні обмеження автомобільного транспорту, на одному маршруті можуть використовуватися різні види транспорту.

У пасажирських перевезеннях існує три основні режими руху транспорту між зупинками: звичайний, експрес та маршрутне таксі [71]. Рух за звичайним режимом полягає у тому, що транспортні засоби зупиняються на всіх станціях уздовж маршруту. Експрес – рух передбачає зупинки лише на деяких зупинках. Для маршрутних таксі передбачено рух від початкової зупинки до кінцевої за визначеним маршрутом, а зупинки здійснюються за

бажанням пасажирів. При цьому м'яся у транспортному засобі передбачено тільки для сидіння (рис. 2.5).

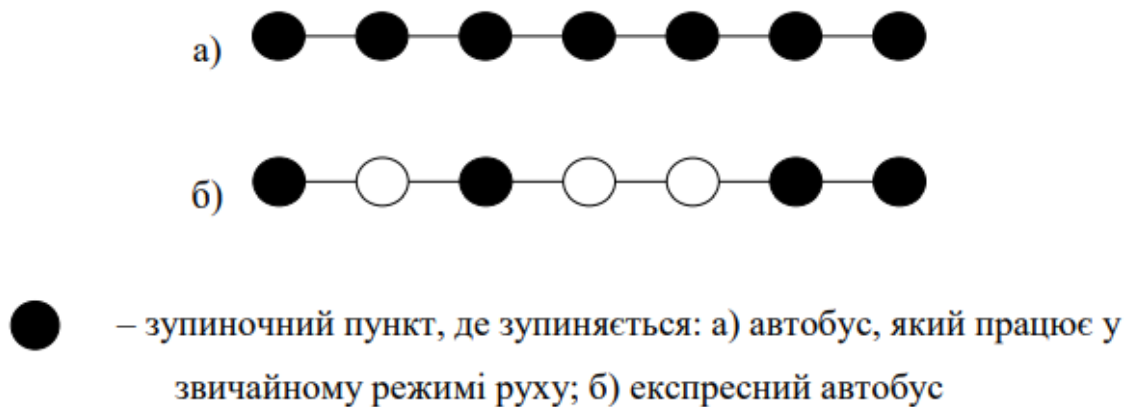


Рис.1.1. Режими руху транспортних засобів по маршрутах

Метою планування маршрутів швидкісного транспорту для міських пасажирських перевезень є підвищення ефективності використання транспортних засобів та водіїв, а також скорочення часу у поїзді для пасажирів. Тип планування швидкісного транспорту залежить від потреб пасажирів у перевезеннях, які з часом можуть змінюватись. Швидкісний транспорт може поєднуватися зі звичайним режимом транспортних засобів на існуючих маршрутах для формування комбінованого режиму, або це може бути окремий маршрут. Визначення умов руху на маршруті залежить від того, чи потрібен комбінований режим руху та від визначення його конкретного типу.

Завдання визначення комбінованого режиму руху полягає у пошуку ділянок маршруту з високим пасажиропотоком, яких достатньо, щоб забезпечити основу для різних режимів пересадки з точки зору ефективності транспорту.

З метою оптимізації руху транспортних засобів, на сьогодні використовують автоматизовані системи управління [19, 28]. Суть цих методів полягає у всебічному пошуку всіх можливих схем організації руху на

маршруті. Щоб зменшити кількість варіантів пошуку, автори застосували різні обмеження: такі як мінімальна швидкість, максимальна кількість пасажирів на зупиночних пунктах, максимальний час їздки тощо. Застосований принцип полягає в покращенні якості обслуговування без втрати ефективності перевезень. Недоліком цього підходу є те, що він використовує концепції вибору пасажирями транспортних маршрутів (з точки зору пасажиря, тобто типу послуги), та не повністю відображають фактичний вибір, який роблять пасажирі.

У роботі [9,18] було розроблено метод встановлення схем руху транспортних засобів на маршруті. На основі змін пасажиропотоку на зупиночних пунктах, автори формалізували та аналітично вирішили задачу визначення схеми руху автобусів по маршруту. В принципі, рішенням цієї задачі є частина транспортних засобів, призначених для заданого маршруту, які повинні зупинятися на кожній зупинці. У цьому випадку, загальний час очікування та подорожі пасажирів буде мінімізовано. Шляхом проведення спрямованого пошуку на основі критерію мінімізації загального часу їздки пасажирів, знаходиться початковий набір зупиночних станцій, який зрештою формує їх набір, що визначає схему руху автобусів. Недоліком цього методу є те, що відсутня можливість врахувати зв'язки між зупинками маршруту та пропускної здатності пасажиропотоку.

Автори роботи [16,17] застосували інший метод. Цей метод дозволяє вирішити задачу вибору початкового набору зупинок та зменшити концентрацію пасажиропотоку. Однак, концепція розподілу пасажиропотоку між розробленими маршрутами, яку використовують автори, може призвести до збоїв у розподілі транспортних засобів між маршрутами, а також відсутність чіткого формулювання необхідних та достатніх умов для використання комбінованого виду транспорту на запланованому маршруті. На основі висновків авторів щодо ідентифікації маршрутів руху [2], пропонується вдосконалений метод, який включає виявлення маршрутів, де можуть бути реалізовані комбіновані види транспорту. Автори встановили,

що комбіновані види транспорту застосовні до регулярних маршрутів у дорозі знаходяться менше [12, 18, 24].

Усі розглянуті маршрути базуються на припущенні, що транспортні засоби працюють за розкладом руху та мають однакову місткість. У праці [30] автори запропонували математичну основу для роботи міських пасажирських транспортних маршрутів, яка представлена як система моделювання, що містить два режими руху, що рухаються одночасно, один з яких є звичайним режимом. Ця основа дозволяє створити загальну систему в умовах змішаного руху та визначити раціональне використання різних типів транспортних засобів на основі якісного рівня обслуговування населення, ефективності транспорту та транспортних витрат.

Головною метою цього дослідження є перевірка доцільності використання повністю завантажених автобусів та експрес-автобусів для початку поїздок в умовах плавного руху. Недоліком цього дослідження є те, що воно зосереджено саме на маршрутах таксі та надає пріоритет транспортним засобам місткістю менше 30 пасажирів. З точки зору екологічної безпеки це може бути непрактичним. Рівень життя, економіка та культура будь-якого міста залежать від ефективності та розвитку системи громадського транспорту (СГТ). Однак не слід забувати, що діяльність з автомобільних пасажирських перевезень не обходиться без екологічного та соціального впливу. Шкідливі забруднювачі можуть призвести до забруднення навколишнього середовища, особливо у великих містах, що, у свою чергу, може завдати шкоди здоров'ю людей. Отже, окрім допомоги у вирішенні багатьох соціальних проблем, що стоять перед суспільством, пасажирські перевезення також повинні відповідати низці соціальних вимог (обмежень), серед яких особливо важливим є захист навколишнього середовища. Варто зазначити, що сучасні дискусії щодо негативного впливу транспорту на навколишнє середовище, особливо в засобах масової інформації, більше ґрунтуються на емоціях, ніж на наукових доказах.

Сучасний міський рух характеризується одночасною експлуатацією різних типів транспортних засобів. У типовому транспортному потоці транспортні засоби з різними типами двигунів, витратою палива, терміном служби та технічним станом рухаються дорогою одночасно. Ці транспортні засоби керуються водіями з різним досвідом, кваліфікацією та стилем водіння. Найважливішим показником, що відображає справжній стан транспортного потоку, є час руху транспортного засобу на певній ділянці міської дороги (звіт про швидкість). Враховуючи міський дорожній цикл, середній час руху можна розглядати як суму середнього часу руху транспортного засобу в різних режимах руху: розгін, зупинка, рух з постійною швидкістю та робота на холостому ходу [12]. Багато показників екологічної безпеки транспортних засобів значною мірою залежать від співвідношення цих факторів. У міських умовах транспортні засоби витрачають в середньому до 18% свого часу на постійній швидкості, 40 % свого часу на розгін або обгін, 25% свого часу на уповільнення та 17% свого часу на роботу на холостому ходу [13]. Існуючі дослідження [14] показали, що найбільш енергоємною фазою роботи транспортного засобу є фаза розгону, а експерименти [15] також підтвердили цей теоретичний висновок, а саме, що найекономічнішим режимом споживання палива є режим руху з постійною швидкістю. Для будь-якого типу двигуна (карбюраторного чи дизельного), за інших рівних умов, загальна кількість забруднюючих речовин, що викидаються в атмосферу, пропорційна кількості спожитого палива. Отже, економія палива також означає зменшення викидів токсичних речовин [17].

Ефективне планування міських пасажирських перевезень та впровадження передових методів планування дорожнього руху може зменшити кількість зупинок та час зупинки, і, таким чином, зменшити споживання палива.

Аналіз літератури показує, що з розвитком автомобільного транспорту екологічні проблеми стають дедалі помітнішими. Раніше їм не приділялося

достатньої уваги, і зараз досліджень з цього приводу мало. Автори літератури [15] досліджували взаємозв'язок між споживанням палива повністю завантажених автобусів та пасажиромісткістю транспортних засобів. Вкрай важливо розумно розподілити частку транспортних засобів з різною пасажиромісткістю, оскільки широке використання транспортних засобів з малою пасажиромісткістю призведе до зниження екологічних показників дорожнього руху. Перспектива впровадження системи швидкісного режиму на міських дорогах залежить від таких аспектів:

- по-перше, забезпечення високошвидкісного транспортування з урахуванням часу роботи та відпочинку водіїв;
- по-друге, покращення пропускну здатності автомобільних перевезень;
- по-третє, зниження транспортних витрат;
- по-четверте, підвищення рівня транспортних послуг для мешканців;
- по-п'яте, зменшення забруднення міського навколишнього середовища.

Однак існують також деякі труднощі у сприянні покращенню міського пасажирського транспорту, такі як брак розуміння характеристик транспортного процесу, відсутність стандартів ефективності, що відповідають ринковим умовам, та відсутність теоретичної розробки планування швидкісного транзиту.

1.2. Визначення критеріїв оцінки ефективності організації міських пасажирських перевезень

Основне завдання функціонування пасажирського транспорту у місті полягає в задоволенні попиту пасажирів на певний рівень транспортних послуг. З розвитком суспільства, попит на міський пасажирський транспорт постійно змінюється. Тому критерії та показники вимірювання ефективності системи міського пасажирського транспорту також постійно розвиваються. Ці критерії можна використовувати для чіткої оцінки ступеня покращення

ефективності мережі автомобільного пасажирського транспорту. Наразі не існує загальноприйнятих критеріїв оцінки ефективності міського транспорту. Це пояснюється тим, що оптимізація мережі маршрутів вимагає одночасної роботи в кількох сферах, які мають свої власні критерії або показники ефективності. Через відсутність єдиної методології визначення великої кількості критеріїв оцінки є складним процесом. Тому спочатку необхідно визначити ряд критеріїв для вимірювання ефективності системи мережі маршрутів, а потім розробляють методологію підвищення ефективності мережі маршрутів пасажирського транспорту.

Спробуємо визначити критерії для оцінки ефективності та ступеня покращення маршрутної мережі міста та спробуємо врахувати потреби основних учасників транспортного руху, включаючи місцеві органи самоврядування, пасажирів та перевізників.

Згідно із працею [15], за однакових транспортних витрат основними критеріями оцінки рівня обслуговування пасажирів є час очікування автобусів та час подорожі.

Згідно з працею [16], під час планування інтегрованих видів транспорту оцінка ефективності АТП вимагає врахування як збільшення місткості автобусів, так і можливість економії палива.

У відповідності із постійно зростаючим попитом та перевезення та враховуючи проблеми, спричинені збільшенням кількості приватних автомобілів, першочерговим завданням місцевих органів влади є підвищення ефективності перевезень та зменшення кількості пасажирських автобусів. Розглядаючи критерії оцінки ефективності покращення мереж маршрутів громадського транспорту, під час виконання цієї роботи будуть враховані такі критерії:

- час у дорозі, включаючи час очікування пасажирів автобусів, який не повинен перевищувати 11 хвилин [16];

- економія палива, включаючи транспортні витрати та зменшення забруднення навколишнього середовища, спричиненого вихлопними газами;

- зменшення кількості автобусів, що курсують по маршруту, для забезпечення зменшення заторів на дорогах;

Інтервал руху пасажирського транспорту при комбінованому режимі руху визначається за такою формулою:

$$I_{\kappa} = \frac{I_{\text{зв.}} \cdot I_{\text{ек. (м.т.)}}}{I_{\text{зв.}} + I_{\text{ек. (м.т.)}}}, [\text{хв}] \quad (1.1.)$$

де $I_{\text{зв.}}$ – інтервал руху в звичайному режимі руху

$I_{\text{ек. (м.т.)}}$ – інтервал руху в експресному режимі руху, або в режимі руху маршрутного таксі.

Збільшення перевізної спроможності автобусів при комбінованому режимі руху обраховується за формулою:

Збільшення пасажиромісткості автобуса при комбінованому режимі руху розраховується за такою формулою:

$$\Delta ПВ = 100 \frac{A_{\text{зв.}} \cdot q_{\text{зв.}} + A_{\text{дод.}} \cdot q_{\text{дод.}} \cdot \left(\frac{\gamma_{\text{дод.}}}{\gamma_{\text{зв.}}} \right) \cdot \left(\frac{v_{\text{дод.}}}{v_{\text{зв.}}} \right)}{A_{\text{зв.}} \cdot q_{\text{зв.}} + A_{\text{дод.}} \cdot q_{\text{дод.}}}, [\%], \quad (1.2.)$$

де $A_{\text{зв.}}$ – число автобусів звичайного режиму руху, одиниць;

$A_{\text{дод.}}$ – число автобусів додаткового режиму руху (експресного або маршрутного таксі), одиниць;

$q_{\text{зв.}}$ – пасажиромісткість автобусів звичайного режиму руху;

$q_{\text{дод.}}$ – пасажиромісткість автобусів експресного режиму руху;

$\gamma_{\text{дод.}}$ – статичний коефіцієнт використання пасажиромісткості додаткового режиму руху автобусів;

$\gamma_{\text{зв.}}$ – статичний коефіцієнт використання пасажиромісткості звичайного режиму руху автобусів;

$v_{\text{дод.}}$ – експлуатаційна швидкість руху автобусів в додатковому режимі руху, км/год;

$$v_{\text{доп.}} = \frac{L_{\text{марш.}}}{t_{\text{об.}(\text{доп.})}} [\text{км} / \text{год}], \quad (1.3)$$

де $L_{\text{марш.}}$ – довжина маршруту, км;

$t_{\text{об.}(\text{доп.})}$ – час оберту додаткового режиму руху, год;

$v_{\text{зв.}}$ – експлуатаційна швидкість руху автобусів в звичайному режимі руху, км/год:

$$v_{\text{зв.}} = \frac{L_{\text{марш.}}}{t_{\text{об.}(\text{зв.})}} [\text{км} / \text{год}], \quad (1.4)$$

де $L_{\text{марш.}}$ – довжина маршруту, км;

$t_{\text{об.}(\text{зв.})}$ – час оберту звичайного режиму руху, год.

Згідно з роботою [17], за умов низького пасажиропотоку, витрати палива та шкідливі викиди на тисячу пасажиро-кілометрів різко зростуть, тоді як збільшення довжини маршруту позитивно впливає на збільшення середньої швидкості автобусів та зменшення витрати палива та шкідливих викидів. Рекомендується використовувати на цьому маршруті середні та великі автобуси, що також допоможе зменшити витрату палива та шкідливі викиди на тисячу кілометрів. Це демонструє, що високе співвідношення між кількістю пасажирів на маршруті та типом і кількістю автобусів є дуже важливим при плануванні перевезень.

1.3. Аналіз використання пасажирського транспорту в Україні

Щоб визначити ефективність пасажирських перевезень, ми проаналізуємо статистику автомобільного транспорту в Україні, оскільки він безпосередньо впливає на пасажиропотік.

На рис. 1.1 показано динамічні зміни обсягу пасажирських перевезень усіма видами транспорту в Україні (залізниці, включаючи міські

електрифіковані поїзди, автомобілі, водні шляхи, повітряний транспорт, трамваї, тролейбуси та метро) з 2010 по 2019 рік. Дані з 2014 по 2018 рік не включають тимчасово окуповані території Автономної Республіки Крим, міста Севастополя та частини Луганської та Донецької областей.

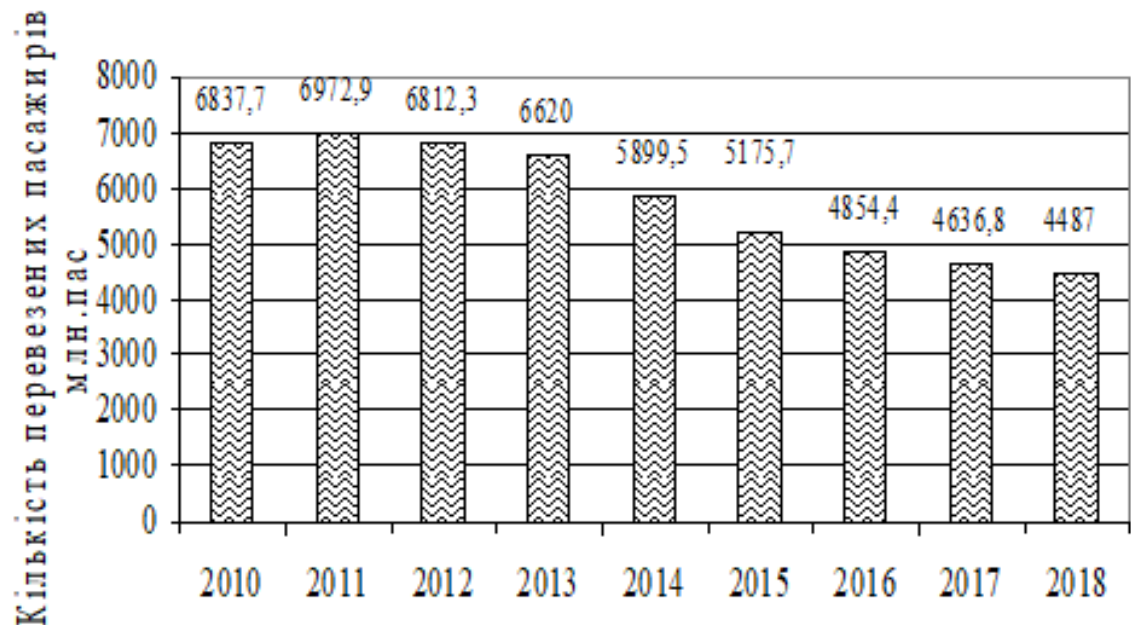


Рис. 1.1 Кількість перевезених пасажирів всіма видами транспорту України за період 2010-2018 рр.

Аналіз показує, що кількість пасажирських поїздок зменшилася на 35% через звуження області аналізу.

На рис 1.2 показано зміни пасажирообороту (загальна кількість перевезених пасажирів на задану відстань, розрахована шляхом множення кількості перевезених пасажирів на відстань, пройдену за поїздку (у пасажирокілометрах)) з 2010 по 2018 рік.

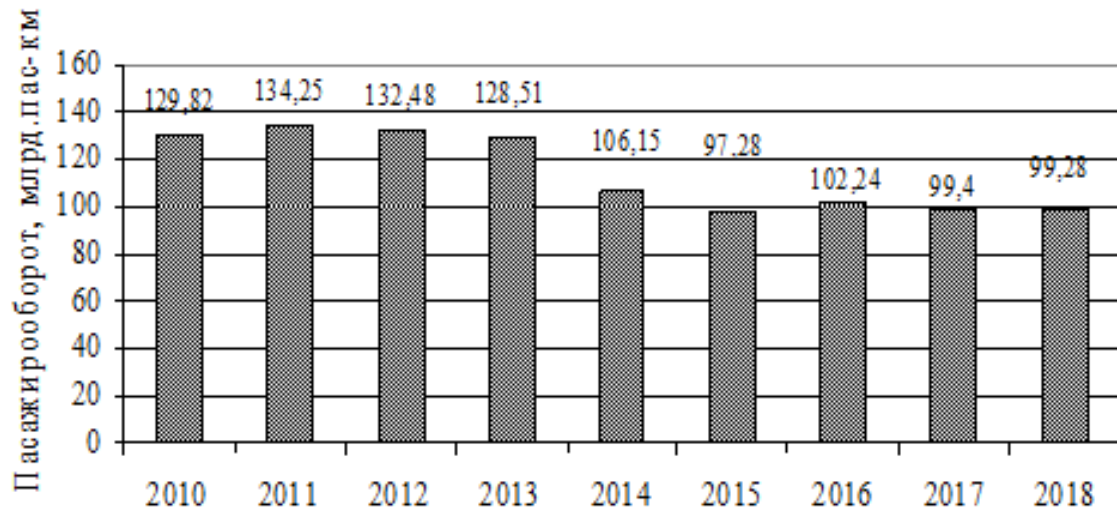


Рис. 1.2 Пасажирооборот, який виконаний всіма видами транспорту України за період 2010-2018 рр.

Як показано на рис. 1.2, пасажирообіг (безпосередньо пов'язаний з обсягом пасажиропотоку) також зменшився на 23,5%. Це зниження пов'язане зі зменшенням обсягу пасажиропотоку за той самий період.

Місто з населенням приблизно 650-700 тис. осіб, має довжину приблизно 120 кілометрів. Транспортна мережа міста обслуговує різноманітні види транспорту, такі як легкий рейковий транспорт, тролейбуси, автобуси, мікроавтобуси та таксі. Власність транспортних засобів на дорогах міста різноманітна, включаючи державні транспортні засоби, приватні транспортні засоби та транспортні засоби спільного користування. Усі типи пасажирських транспортних засобів належать державі, включаючи автобуси, мікроавтобуси та таксі, а також приватні та комунальні транспортні засоби.

На рис. 1.3 наведено дані про пасажиропотік різними видами громадського транспорту (автобуси, тролейбуси, трамваї та швидкісний трамвай) з 2010 по 2018 рік (Додаток А).

Найбільший пасажиропотік мали автобуси (маршрутні таксі), далі йшли швидкісний, громадські трамваї та тролейбуси.

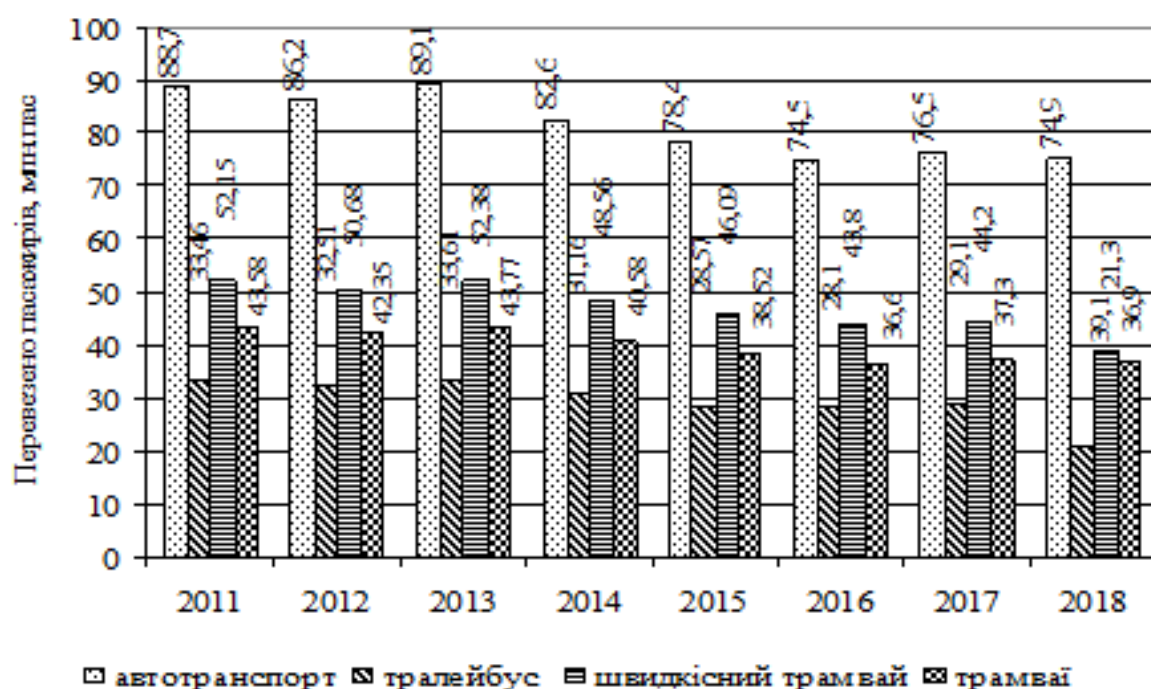


Рис.1.3. Кількість перевезених пасажирів всіма видами транспорту у м. Кривий Ріг за період 2011-2018 рр.

На рис. 1.4 наведено дані про пасажи́рообі́г усіх видів громадського транспорту у місті з 2010 по 2018 рік.

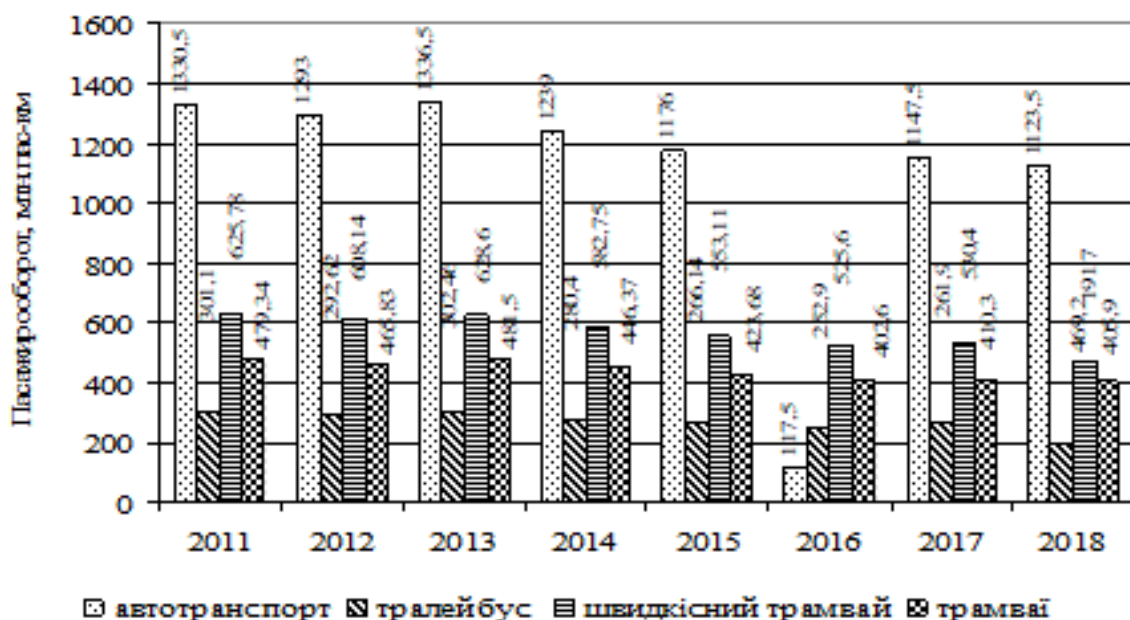


Рис.1.4. Пасажи́рообі́г, який виконаний всіма видами громадського транспорту у м. Кривий Ріг за період 2011-2018 рр.

Результати аналізу показників виробничої діяльності операторів автомобільного транспорту повністю узгоджуються з попереднім аналізом пасажиропотоку. Виходячи з цих результатів, можна зробити висновок, що пасажиропотік зменшився на всіх видах транспорту. Це явище пов'язане зі зменшенням чисельності населення протягом періоду аналізу.

Як показано на рисунку, пасажирообіг також зменшився разом зі зменшенням кількості пасажирів. Рис. 1.5 ілюструє динаміку змін чисельності населення в місті протягом аналізованого періоду.

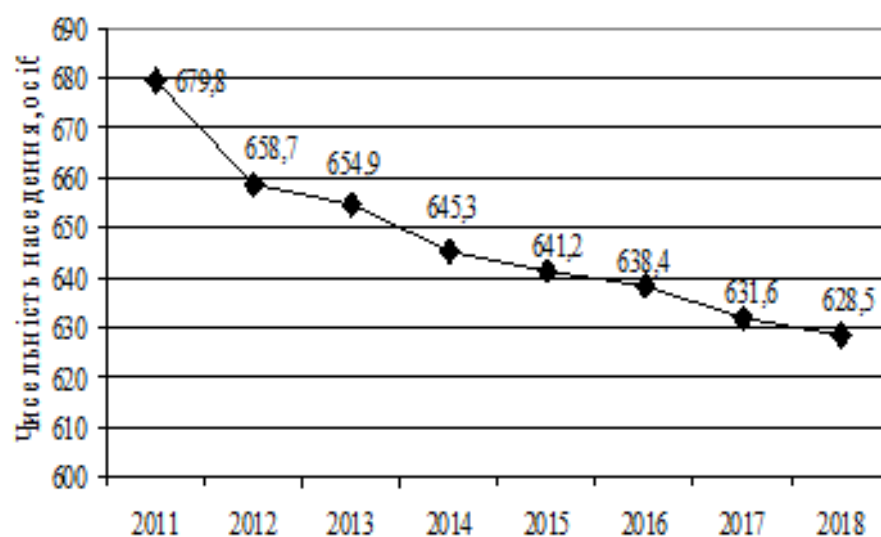


Рис. 1.5. Динаміка чисельності населення м. Кривий Ріг за період 2011-2018 рр.

На основі даних, отриманих на рис. 1.5, можна зробити висновок, що ці негативні тенденції спричинені міграцією населення до європейських країн та військовими операціями у східній частині цих країн.

1.4. Висновки до розділу

1. Аналіз літературних джерел з проблеми удосконалення міських автобусних перевезень визначив сучасний стан розвитку наукової думки в цій галузі. Виходячи з нього невирішеними залишаються питання організації

автобусного сполучення у великих містах, що пов'язано з недосконалістю існуючих моделей організації міських пасажирських перевезень.

2. Актуальність дослідження базується на реально сформованій потребі підвищення якості експлуатації автобусів з урахуванням впливу ринкових відносин, зростаючих вимог від населення та необхідністю покращення екологічного стану міст.

3. за даними аналізу літератури, обрано основні критерії ефективності міських пасажирських перевезень та повною мірою враховано потреби основних учасників транспорту, включаючи місцеві органи влади, пасажирів та перевізників. Дослідження показує, що природне поєднання транспортних маршрутів неможливе.

4. Проаналізовано зміни чисельності населення у м. Кривий Ріг та встановлено основні види транспорт, які використовуються у місті. Проаналізовано загальну чисельність населення перевезену різними видами транспорту за період 2011-2018 рр та розраховано пасажиропотік та пасажирооборот за основними видами транспорту (автотранспортні засоби, швидкісний трамвай, муніципальний трамвай та тролейбус).

РОЗДІЛ 2. ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОРГАНІЗАЦІЇ РУХУ ПАСАЖИРОПЕРЕВЕЗЕНЬ У МІСТІ

2.1. Оцінка транспортної діяльності ПП «Одіум-Престиж»

Транспортне підприємство ПП«Одіум Престиж», засноване у 2006 році, є приватним підприємством. Засновником та директором даного підприємства є Д.М. Омаров. Основним видом діяльності компанії є міські та приміські пасажирські перевезення, а також інші послуги, включаючи технічне обслуговування та ремонт рухомого складу підприємства.

Компанія надає послуги міських пасажирських перевезень автобусами на маршрутах 14, 246 та 247. Крім того, підприємство обслуговує міжміські маршрути 409, 420, 422 та 427 та надає послуги перевезень на маршрутах 255, 264, 265 та 269 з використанням маршрутних таксі.

Маршрути, що обслуговуються приватним підприємством «Одіум Престиж» наведено у табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Довжина, інтервал руху, час та кількість зупинок маршрутів

№ маршруту	Маршрут	У прямому напрямку			
		Довжина, км	Інтервал руху, хв	Час роботи, години	Кількість зупинок
Автобусні маршрути:					
14	Ц. Ринок – с. Авангард	14,38	45	06 ⁰⁰ -21 ⁰⁰	13
246	Ц. Ринок – Ж/м <u>Карнаватка</u>	7,59	60	06 ⁰⁰ -22 ⁰⁰	15
247	Ц. Ринок – ТЗ «Констар»	5,93	22	06 ⁰⁰ -22 ⁰⁰	11
Приміські маршрути:					
409	Ц. Ринок – с. <u>Лозуватка</u>	19,7	65	06 ⁰⁰ -21 ³⁰	18
420	Автостанція №2 – с. <u>Радущне</u>	19,61	90	05 ¹⁵ -19 ⁵⁰	16
422	Цирк – с. Веселе	44,39	45	06 ⁰⁰ -18 ⁰⁰	30
427	С. Кривий Ріг (Гол) – с. Широке	24,78	197	06 ⁰⁰ -22 ⁰⁰	5
Маршрутні таксі:					
265	Цирк – вул. Поповича	13,08	15	06 ⁰⁰ -21 ⁰⁰	23
255	<u>м-н</u> Індустріальний – ст. «Кривий Ріг»	15,9	7	06 ⁰⁰ -21 ⁰⁰	24
269	С. Кривий Ріг (Гол) – ст. Батуринська	6,98	25	06 ⁰⁰ -21 ⁰⁰	15
264	Державний цирк – дачі КЦРЗ	12,51	15	06 ⁰⁰ -21 ⁰⁰	20

Оскільки дане дослідження зосереджено дослідженні інтервалів руху на міських маршрутах, проаналізуємо різні показники для маршрутів 255, 264, 265 та 269 що обслуговуються підприємством. Проаналізуємо пасажиропотік на деяких маршрутах громадського транспорту ПП«Одіум-Престиж» (рис.2.1-2.4).

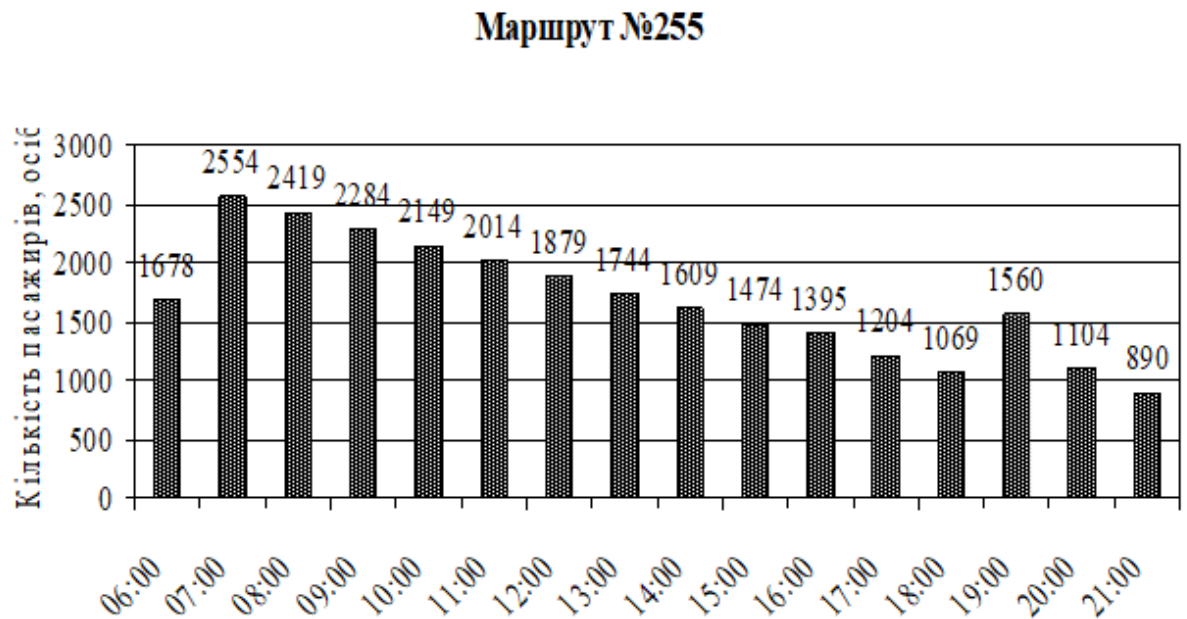


Рис. 2.1. Розподіл пасажиропотоку по годинах доби на маршруті № 255

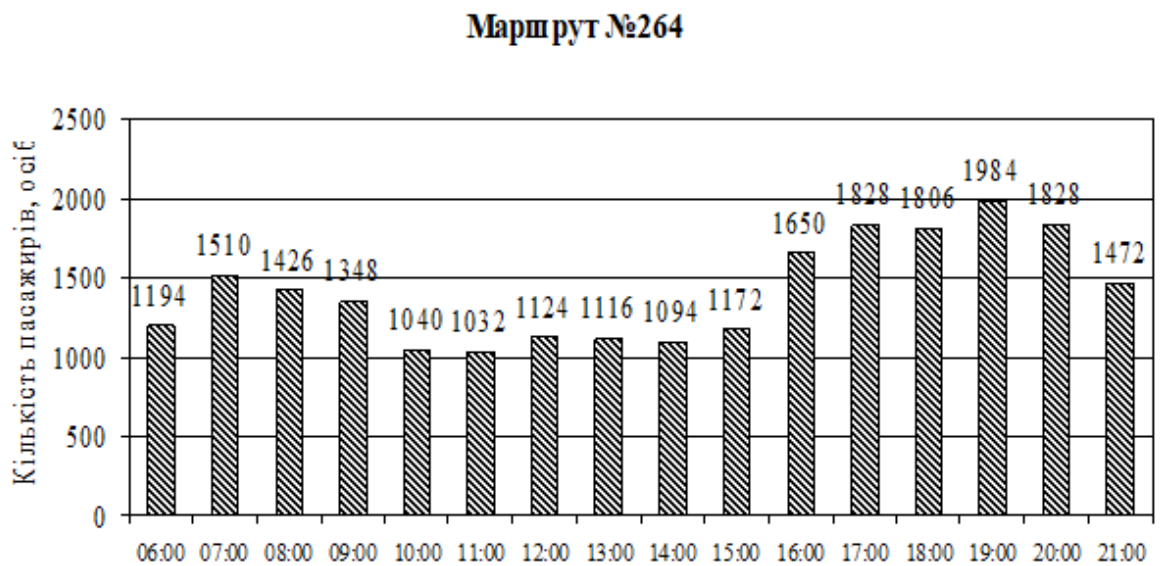


Рис. 2.2. Розподіл пасажиропотоку по годинах доби на маршруті № 264

Маршрут №265

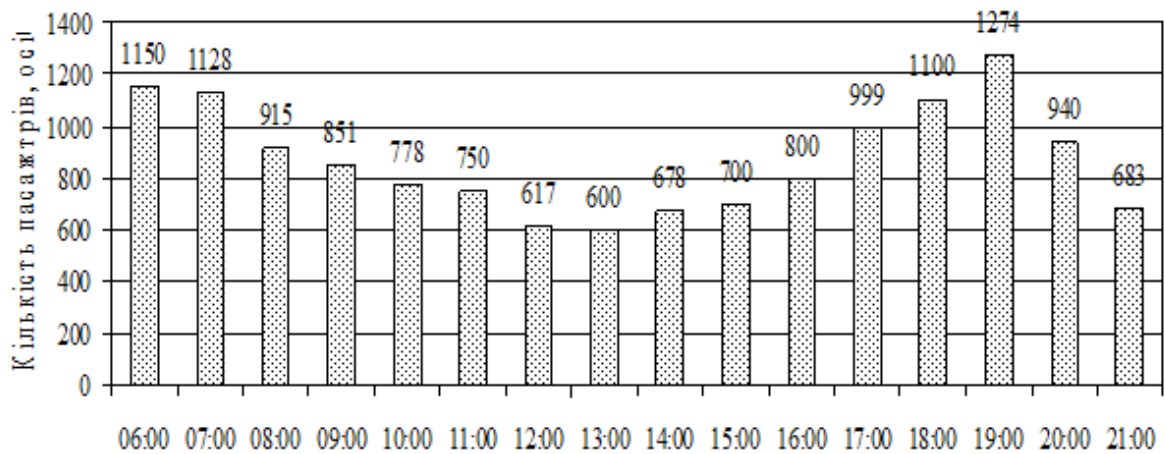


Рис. 2.3. Розподіл пасажиропотоку по годинах доби на маршруті №265

Маршрут №269

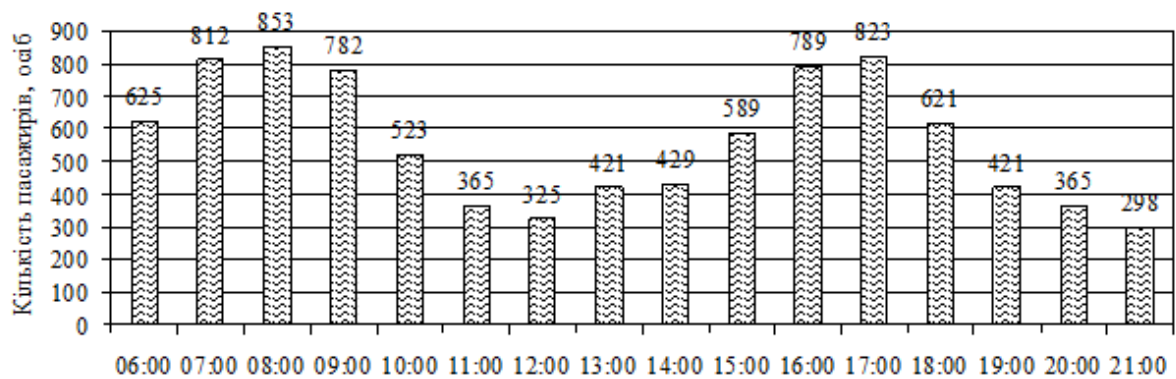


Рис. 2.4. Розподіл пасажиропотоку по годинах доби на маршруті № 269

Для проведення дослідження ефективності організації пасажирських перевезень в Кривому Розі «Одіум-Престиж», проаналізуємо максимальні та мінімальні піки пасажиропотоків за приведеними маршрутами підприємства.

Отримані результати приведено у табл. 2.2.

Таблиця 2.2

Режим роботи та граничні значення пасажиропотоки на маршрутах

№ маршруту	Початок	Кінець	Режим роботи маршруту	Обсяг пасажиропотоку	
				<u>min</u>	<u>max</u>
265	06 ⁰⁰	21 ⁰⁰	маршрутне таксі	600	1274
255	06 ⁰⁰	21 ⁰⁰	маршрутне таксі	890	2554
269	06 ⁰⁰	21 ⁰⁰	маршрутне таксі	325	853
264	06 ⁰⁰	21 ⁰⁰	маршрутне таксі	1032	1984

За отриманими результатами, можна побачити, що найбільші піки зафіксовано на маршруті 255 (2554 осіб), що викликано особливістю доставки працівників до підприємства ПрАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг». За тими ж причинами на маршруті 264 зафіксовано пасажиропотік у розмірі 1984 особи. Найменший пасажиропотік визначено на маршруті 269 (вд 325 осіб до 853 особи), що викликано невеликою кількістю протяжності маршруту та великими інтервалами у курсування транспортних засобів на маршруті.

2.2. Визначення моделі комбінованого режиму руху транспортних засобів у міській транспортній мережі

Враховуючи події, що відбулися в багатьох великих містах протягом останнього десятиліття, експлуатаційна ефективність мереж пасажирського транспорту терміново потребує оптимізації шляхом впровадження певних змін. Підвищення ефективності мережі може бути досягнуто шляхом оптимізації роботи різних режимів руху транспортних засобів на маршруті. Вкрай важливо ефективно організувати пасажирські перевезення, щоб різні режими руху можна було використовувати на одних маршрутах. Оскільки ми

не можемо штучно поєднувати різні маршрути руху, виникає необхідність використання математичної моделі.

Вибір необхідної математичної моделі є важливим етапом, так як вона повинна ефективно моделювати умови руху автобусів на маршрутах мережі та розраховувати основні показники для різних типів руху на різних маршрутах. Для перевірки ефективності розробленої математичної моделі, важливо обирати критерії оцінки маршрутної мережі, які відповідають потребам пасажирів, місцевої влади та перевізників.

Створення математичної моделі здійснюється в декількох етапах:

- визначення цілей моделювання;
- збір вихідних даних;
- розробка математичної моделі;
- визначення методів моделювання;
- перевірка моделі на адекватність та можливість корегування;
- проведення експериментів на основі моделей;
- аналіз результатів моделювання та визначення висновків.

Моделі можна класифікувати [19]:

- аналогові – базуються на використанні аналогій різних типів;
- графічні моделі у вигляді блок-схем, графів та таблиць;
- математичні – у вигляді математичних систем (цільова функція, критерії та обмеження);
- імітаційні – у вигляді програм ЕОМ.

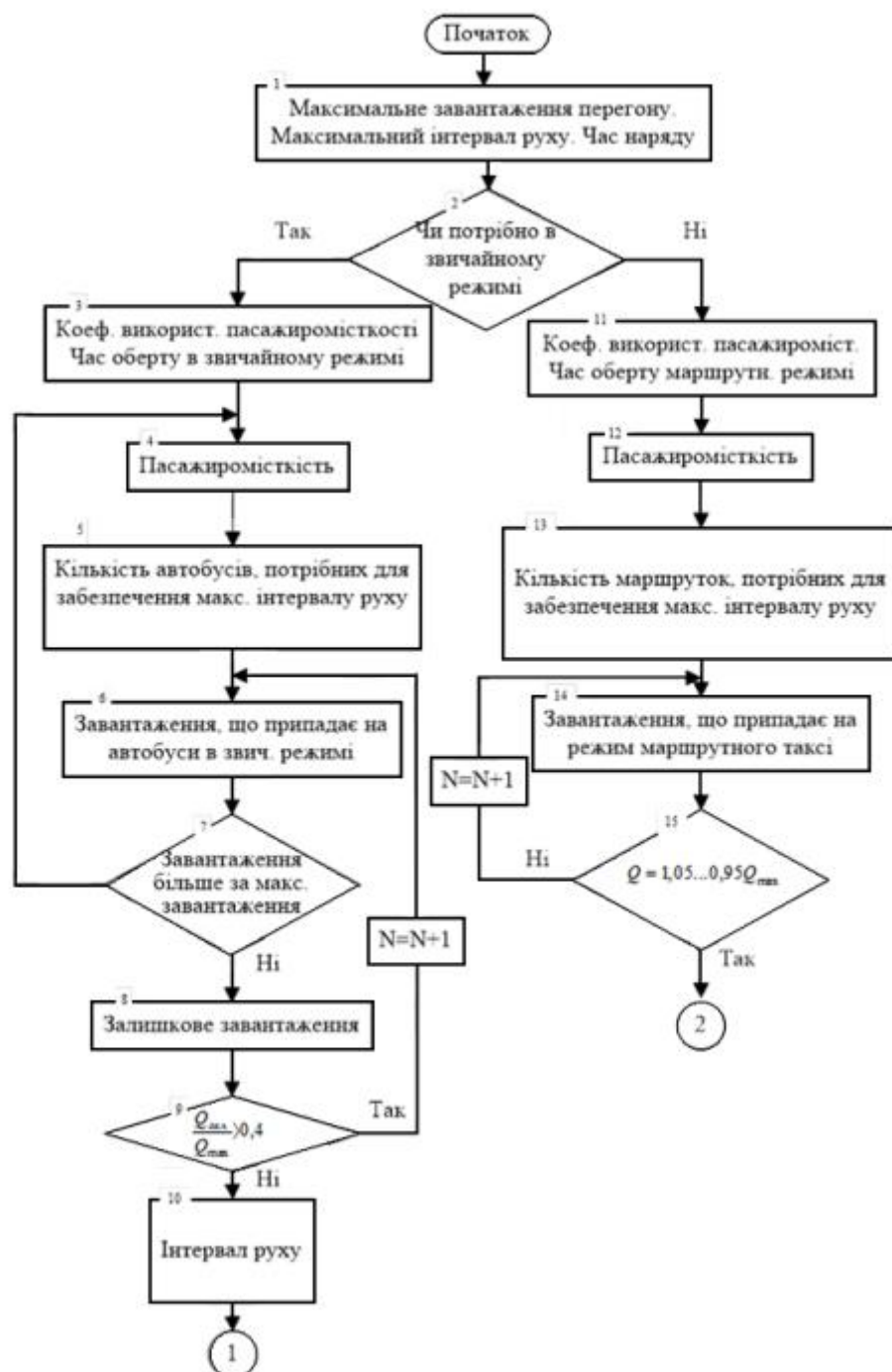
Метою імітаційного моделювання є проектування або побудова імітаційної моделі та її використання для проведення імітаційних експериментів для вивчення продуктивності та поведінки досліджуваної системи.

Основними перевагами імітаційного моделювання можна назвати:

- можливість експериментувати з моделями систем, які неможливо повністю протестувати з різних причин;

- дозволяє аналізувати всю роботу всієї системи;
- скорочує час, необхідний для прийняття проектних рішень та оцінки їх ефективності;
- дозволяє аналізувати проектні схеми для великих систем та їх поведінку під впливом певних факторів впливу.

Блок-схема реалізації алгоритму оптимізації руху автомобільного транспорту, приведена на рис. 2.5.



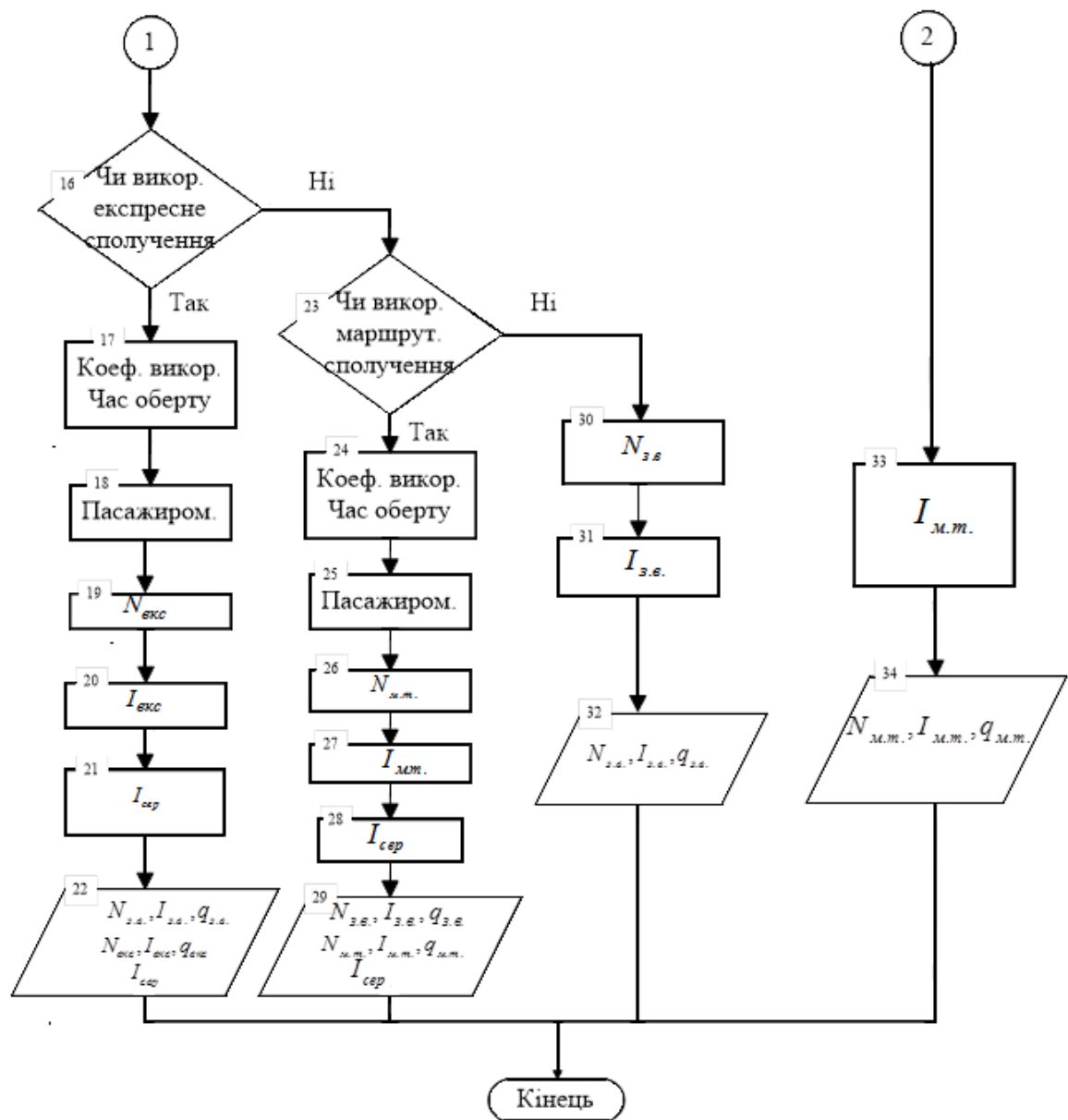


Рис.2.5. Алгоритм оптимізації інтервалів руху транспортних засобів у місті

При розв'язанні транспортних задач, для визначення кількості об'єктів спостереження, при імовірності $\alpha = 0,95$, з допустимою похибкою $\varepsilon = 0,05$ та при невідомому законі розподілу аналізованих величин, використовується мінімально-можлива кількість спостережень $N \geq 50$.

При впровадженні методу використання комбінованих режимів руху транспортних засобів, нами було використано дані про рух пасажирів на кожній зупинці маршруту. Він враховує ймовірнісний зв'язок між коефіцієнтом пасажирообігу на зупинках та між зупинками. Параметром, що

підлягає оптимізації, є частка автобусів (k_i), що зупиняються на кожній i -й зупинці.

Для забезпечення максимально допустимого часу руху автобусів у звичайному та режимі «експрес», повинна виконуватися нерівність $0,5 < k_i < 0,8$. Дослідження показало, що комбінований режим не може бути використаний, коли час руху в звичайному режимі перевищує 11 хвилин.

Запропонований у цій роботі алгоритм може генерувати такі схеми транспортного обслуговування на основі заданого маршруту та наступних вихідних даних:

- пасажирські перевезення у звичайному режимі;
- поєднання руху перевезень у звичайному режимі та в режимі маршрутного таксі;
- поєднання перевезень у звичайному режимі та у режимі «експрес»;
- перевезення в режимі маршрутного таксі.

Далі ми розглянемо роботу алгоритму в кожному випадку. Спочатку виберемо маршрут, який буде досліджуватися, а потім введемо його початкові дані у блок 1.

Ці початкові дані включають: максимальний час подорожі – I_{max} , максимальне завантаження на перегоні Q_{max} та час на маршруті – T_n .

Другий блок надає більш детальні варіанти розрахунку. На основі окремих аналізів максимальної пасажиромісткості маршруту, ширини проїзної частини, кількості зупинок визначається, чи підходить маршрут для роботи автобусів у звичайному режимі.

Якщо визначено, що пасажирські перевезення можуть працювати за звичайним режимом, наступним після другого блоку у схемі є третій блок. Якщо робота неможлива за звичайним режимом, маршрут перейде з другого блоку до блоку одинадцять.

При переході з 2 блоку до 3-го, коефіцієнт використання пасажиромісткості розраховується за такою формулою):

$$t_{об} = t_{п\text{ух}} + t_{з\text{п}} + t_{с\text{ідо}} \quad (2.1)$$

де $t_{п\text{ух}}$ – час руху транспортного засобу на маршруті у звичайному режимі, год:

$$t_{п\text{ух}} = \frac{l_{\text{м}}}{V_{\text{с}}}, \quad (2.2)$$

де $l_{\text{м}}$ – довжина маршруту, км; $V_{\text{с}}$ – середня технічна швидкість руху автобусу, км/год. $t_{з\text{п}}$ – час витрачений на зупинки, год:

$$t_{з\text{п}}(з\text{с.р}) = n_{з\text{п}}(з\text{с.р}) \cdot t_{с\text{ідо}} \quad (2.2)$$

$n_{з\text{п}}(з\text{с.р})$ – кількість зупинок при звичайному режимі руху; $t_{с\text{ідо}}$ – час відстою автобусу на кінцевих зупинках, год.

У 4-му блоці в якому вводимо транспортні засоби різної пасажиромісткості, які працюють у звичайному режимі. Тому пасажиромісткість вводяться в послідовності від більшого до меншого (табл. 2.1) [24].

Таблиця 2.1

Класифікація транспортних засобів за класами

Клас транспортного засобу за пасажиромісткістю	Пасажиромісткість ТЗ, осіб		Габарити (довжина), м
	Міське сполучення	Міжміське сполучення	
Особливо малі	9...14	-	До 5
Малі	15...45	До 34	6,0...7,5
Середні	46...80	35...44	8,0...9,0
Великі	81...115	45...59	10,5...12,0
Особливо великі	116...та більше	60 та більше	16,5 і більше

Спочатку за блок-схемою, програма вибирає максимальну пасажиромісткість автобусів, що працюють за звичайним режимом руху, для подальших розрахунків. Потім програма переходить до наступного блока 5.

На даному етапі визначається кількість автобусів, необхідну для заданої пасажиромісткості, щоб забезпечити максимально допустимий інтервал руху у звичайному режимі.

Для визначення необхідної кількості автобусів, використовуємо формулу:

$$N_{зв} = \frac{t_{об} \cdot 60}{I_{\max}}, \quad (2.3)$$

де $t_{об}$ – час оберту автобусів на маршруті, год.; 60 – перевідний коефіцієнт, враховує розмірність величин; $I_{\max}$ – максимально допустимий інтервал руху, хв.

У 6 блоці програма розраховує експлуатаційне навантаження, яке визначається кількістю автобусів, що працюють у звичайному режимі у блоці 5:

$$Q = \frac{N_{зв} \cdot q_{зв} \cdot \gamma_{зв} \cdot T_{n(зв)}}{t_{об(зв)}} \quad (2.4)$$

де $q_{зв}$ – пасажиромісткість автобусу, пас; $\gamma_{зв}$ – коефіцієнт використання пасажиромісткості автобусів звичайного режиму руху; $T_{n(зв)}$ – час перебування автобусу в наряді, год.

Сьомий модуль контролює пасажиромісткість транспортного засобу. Якщо розраховане навантаження не перевищує максимального значення, відбувається перехід до наступного 8 блоку. Якщо розраховане навантаження перевищує максимальне значення, здійснюється перехід від 7 блоку назад до 4 блоку, де зменшується пасажиромісткість та проводяться повторні розрахунки у 5 та 6 блоках. Цей цикл повторюється, доки не буде виконано умову 7 блоку.

У блоці 8 визначається залишкове завантаження за формулою:

$$Q_{\text{злт}} = Q_{\text{max}} - Q \quad (2.5)$$

де Q_{max} – максимальне завантаження на маршруті, пас; Q – завантаження транспортного засобу у звичайному режимі, пас.

У блоці 9 визначається залишкове завантаження із значеннями 40%:

$$\frac{Q_{\text{злт}}}{Q_{\text{max}}} > 0,4 \quad (2.6)$$

Якщо залишкова швидкість завантаження перевищує встановлену межу, потрібен додатковий автобус, і повертається до 6 блоку для повторних розрахунків. Кожен раз кількість уде збільшуватись на одиницю до тих пір, поки не буде виконуватись умова блоку 9.

У 10 блоці визначається інтервал руху автобусів, що працюють у звичайному режимі:

$$I_{\text{зв}} = \frac{t_{\text{об}} \cdot 60}{N_{\text{зв}}} \quad (2.7)$$

де $N_{\text{зв}}$ – кількість автобусів, які працюють у звичайному режимі, од.

У блоці 16 пропонується поєднання пасажирських перевезень за звичайного режиму руху з пасажирськими перевезеннями за режимом експрес руху. Якщо ця пропозиція відповідає нашим потребам, ми переходимо до блоку 17.

Можливість реалізації експрес-режиму залежить від двох параметрів, а кількість експрес-автобусів визначається за формулою:

$$A_{\text{е}} = A (1 - k_i) \quad (2.8)$$

де A – кількість автобусів у звичайному режимі, в одиницях транспортних засобів; k_i – частка автобусів, що зупиняються на кожній i -й зупинці.

Отже, вираз для першого параметра, що визначає можливість реалізації певного комбінованого режиму, має вигляд:

$$0,2A < A_e < 0,5A \quad (2.9)$$

Другий критерій повинен мати вигляд [16]:

$$I_e < T \cdot T_e \quad (2.10)$$

де I_e – інтервал між рухом в експрес-режимі, у хвилинах; T – час рейсу у звичайному режимі, у хвилинах; T_e – час подорожі в експрес-режимі, у хвилинах.

У 17 блоці потрібно ввести коефіцієнт використання пасажиромісткості та час обороту в експрес-режимі визначається за такою формулою:

$$t_{об(екс)} = t_{рух(ексн)} + t_{зуп(ексн)} + t_{відс} \quad (2.11)$$

де $t_{рух(ексн)}$ – час руху транспортного засобу на маршруті під час кожного обороту в експрес-режимі (2.2); $t_{зуп(ексн)}$ – час на зупинки в експрес-режимі, год.

$$t_{зуп(ексн)} = \frac{n_{зуп} \cdot \Pi \cdot t_{н-с}}{100\%} \quad (2.12)$$

де $n_{зуп}$ – кількість зупинок на маршруті, од; Π – відсоток зупинок в експрес-режимі до кількості зупинок у звичайному режимі, %; $t_{н-с}$ – час посадки та висадки пасажирів на одній зупинці, год;

У 18 блоці вводиться пасажиромісткість вибраного автобуса, які працюють у експрес-режимі, а у 19 - розраховується необхідна кількість експрес-автобусів, які працюють із транспортними засобами із звичайним режимом праці та розраховується за формулою:

$$N_{\text{енс}} = \frac{Q_{\text{згл}} \cdot t_{\text{об(енс)}}}{q_{\text{енс}} \cdot \gamma_{\text{енс}} \cdot T_{\text{т(енс)}}} \quad (2.13)$$

де $\gamma_{\text{енс}}$ – коефіцієнт використання пасажиромісткості ТЗ з експрес-режимом; $q_{\text{енс}}$ – Пасажиромісткість ТЗ з експрес-режимом, пас; $T_{\text{т(енс)}}$ - час руху ТЗ з експрес-режимом

У 20 блоці визначається інтервал руху в експрес-режимі, що визначається за такою формулою:

$$I_{\text{енс}} = \frac{t_{\text{об(енс)}} \cdot 60}{N_{\text{енс}}} \quad (2.14)$$

А у блоці 21 визначається середній інтервал руху транспортних засобів в комбінованому режимі, що включає звичайний та експрес-режими та визначається за такою формулою:

$$I_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{зс}} \cdot I_{\text{енс}}}{I_{\text{зс}} + I_{\text{енс}}} \quad (2.15)$$

В останньому блоці 22, метою якого є демонстрація результатів оптимізації кількості автобусів, пасажиромісткості, інтервалу руху та середнього часу руху автобуса в цьому комбінованому режимі.

Для завершення блок-схеми, необхідно повернутись до блоку 16, де згідно з обраними критеріями, неможливо поєднати експрес-режиму із звичайним режимом, необхідно повернутись до блоку 23, де пропонується поєднати звичайний режим із режимом маршрутного таксі.

При умові, якщо нас влаштовує використання комбінованого режиму, тоді переходимо до Розділу 24.

Розділ 24 має передбачає введення коефіцієнта пасажиромісткості та часу оберт у режимі маршрутного таксі. При цьому час оберт у режимі маршрутного таксі визначається за формулою:

$$t_{об(л,м)} = t_{пр(л,м)} + t_{зуп(л,м)} + t_{сідс}, \quad (2.16)$$

де $t_{пр(л,м)}$ - час руху автобуса по маршруту в режимі маршрутного таксі визначається за формулою (2.2); $t_{зуп(л,м)}$ - час перебування автобуса на кожній зупинці, год;

$$t_{зуп(л,м)} = n_{зуп(л,м)} \cdot t_{н-с}, \quad (2.17)$$

де $n_{зуп(л,м)}$ - Кількість зупинок автобуса в режимі маршрутного таксі; $t_{н-с}$ - час, який пасажир витрачає на посадку та висадку на одній зупинці, у годинах; $t_{сідс}$ - час перебування автобуса на останній зупинці, год.

У 25 блоці з'являється пасажиромісткість автобуса в режимі маршрутного таксі, а у 26 блоці обчислюється кількість автобусів, що працюють у режимі маршрутного таксі за такою формулою:

$$N_{л,м} = \frac{Q_{зал} \cdot t_{об(л,м)}}{q_{л,м} \cdot \gamma_{л,м} \cdot T_{н(л,м)}} \quad (2.18)$$

де $\gamma_{л,м}$ - коефіцієнт використання пасажиромісткості автобусів у режимі маршрутного таксі; $q_{л,м}$ - Пасажиромісткість автобусів у режимі маршрутного таксі, пас; $T_{н(л,м)}$ - час очікування автобусів у черзі, год;

У блоці 27 визначається інтервал руху транспортних засобів, які працюють в режимі маршрутного таксі та визначаються за формулою:

$$I_{л,м} = \frac{t_{об(л,м)} \cdot 60}{N_{л,м}}. \quad (2.19)$$

у

блоці 28 визначається середній інтервал руху транспортних засобів у комбінованому режимі, що включає звичайний режим та режим маршрутного таксі. Таким чином, середній інтервал за комбінованим режимом розраховується за формулою:

$$I_{сєр} = \frac{I_{зє} \cdot I_{л,м}}{I_{зє} + I_{л,м}} \quad (2.20)$$

Останній крок на даному етапі – це пункт 29, метою якого є визначення оптимальної кількості автобусів, пасажиромісткості, інтервалу руху та середнього інтервалу руху у комбінованому режимі (включаючи звичайний режим та режим маршруту таксі).

На наступному етапі досліджень, необхідно повернутись до пункту 23, де за визначеними критеріями не підходить комбіноване використання звичайного режиму та режиму маршрутного таксі, виконується перехід до 30 блоку. Спочатку, у блоці 30, визначається кількість автобусів, що працюють у звичайному режимі за такою формулою:

$$N_{30} = \frac{Q_{max} \cdot t_{об(30)}}{q_{30} \cdot \gamma_{30} \cdot T_{n(30)}} \quad (2.21)$$

У блоці 31 розраховує інтервал руху транспортних засобів у звичайному режимі за формулою:

$$I_{ек} = \frac{t_{об(30)} \cdot 60}{N_{30}} \quad (2.22)$$

32 блок відображує результати оптимізації кількості автобусів, пасажиромісткості та інтервал руху перевезення пасажирів (звичайний режим руху).

Для наступного етапу дослідження, повернемося до блоку 2 та розглянемо режимі маршрутного таксі, де у блоці 11 визначається коефіцієнт використання пасажиромісткості та інтервал руху в режимі маршрутного таксі. Таким чином, кількість транспортних засобів, що працюють у режимі маршрутног таксі здійснюється за допомогою формули

Час подорожі автобуса в режимі маршрутного таксі розраховується за формулою 2.18. У блоці 12 визначається пасажиромісткість транспортних засобів, які перевозять пасажирів у режимі маршрутного таксі, а у 13 блоці –

визначається кількість ТЗ для найбільшої пасажиромісткості для забезпечення максимального інтервалу руху автобусів за формулою

$$N_{\text{лм}} = \frac{t_{\text{об(лм)}} \cdot 60}{I_{\text{max}}} \quad (2.23)$$

де $t_{\text{об(лм)}}$ – час обороту транспортного засобу у годинах; 60 – перевідний коефіцієнт, що враховує розмірність години; I_{max} – максимально допустимий інтервал часу, хв.

У 14 блоці визначається завантаженість у режимі маршрутного таксі:

$$Q = \frac{N_{\text{лм}} \cdot q_{\text{лм}} \cdot \gamma_{\text{лм}} \cdot T_{\text{п(лм)}}}{t_{\text{об(лм)}}} \quad (2.23)$$

де $q_{\text{лм}}$ - пасажиромісткість транспортних засобів, пас; $\gamma_{\text{лм}}$ - коефіцієнт пасажиромісткості при русі у режимі маршрутного таксі; $T_{\text{п(лм)}}$ - час у рейсі при режимі маршрутного таксі, год

У 15 блоці відбувається контролювання вантажу в межах 0,95-1,05 $Q_{\text{пвх}}$ та переходить до блоку 33.

Якщо розрахована пасажиромісткість нижча за заданий діапазон, необхідно перейти до 14 блоку та збільшити кількість транспортних засобів на одиницю. Повертатись необхідно до тих пір, поки не буде виконуватись умова з 15 блоку.

В блоці 33 визначає інтервал руху в режимі маршрутного таксі за формулою:

$$I_{\text{лм}} = \frac{t_{\text{об(лм)}} \cdot 60}{N_{\text{лм}}} \quad (2.22)$$

Розрахунки у блоках 13-15 та 33 повторюється для всіх транспортних засобів, які працюють в режимі маршрутного таксі, що представлено у блоці 12.

У блоці 34 завершуються розрахунки, які встановлюють оптимальної кількості транспортних засобів, пасажиромісткості та визначають інтервал руху транспортних засобів в режимі маршрутних таксі.

2.3. Визначення основних параметрів руху за маршрутом 255 ПП «Одіум-Престиж»

Основними параметрами маршруту 255 представлені у табл. 2.2

Таблиця 2.2

Характеристика маршруту 255

Показники	Значення
Кількість автотранспортних засобів на маршруті, один.	15
Довжина маршруту в прямому напрямку, км	15,9
Розрахунковий час в дорозі в одному напрямку, хв.	60
Нульовий пробіг у прямому напрямку, км	5
Довжина маршруту в зворотньому напрямку, км	15,9
Розрахунковий час в дорозі у зворотньому напрямку, хв.	60
Нульовий пробіг у зворотньому напрямку, км	5

Визначення відстаней між зупинками на вибраному маршруті є вирішальним кроком у вивченні параметрів маршруту. Ми виявили, що відстані між зупинками впливають на швидкість транспортних засобів, комфорт пасажирів та загальну ефективність обслуговування маршруту. Ми використали веб-сайт «ESYWAY» для розрахунку відстаней між зупинками як для руху в прямому та зворотньому напрямках. Результати приведено у табл. 2.3. та 2.4.

Таблиця 2.3

Відстані між пунктами зупинок на прямому маршруті №255

№ зупинки	Назва зупинки	Довжина перегону, км
1	<u>М-н Індустріальний</u>	-
2	Пл. Праці	0,5
3	<u>М-н Гірницький</u>	0,5
4	На вимогу	0,45
5	Бульвар Маршала Василевського	0,6
6	Кафе «Степове»	0,7
7	вул. Едуарда <u>Фукса</u>	0,55
8	Магазин «Ясень»	1,1
9	Ювілейна	0,85
10	вул. Спаська	0,8
11	Пл. 30-річчя Перемоги	0,7
12	вул. Космонавтів	0,85
13	Готель «Київ»	0,75
14	Кінотеатр «Олімп»	0,6
15	Майдан О.Поля	0,7
16	вул. Філатова	0,6
17	Визволителів Кривого Рогу	0,65
18	Шахта « <u>Саксагань</u> »	0,6
19	95 квартал	0,7
20	<u>Соцмісто</u>	1,5
21	Стадіон «Металург»	0,6
22	Авторинок «Термінал»	0,5
23	3-я дільниця	0,6
24	Станція Кривий Ріг	0,5
Всього		15,9

Далі було визначено основні параметри пасажиропотоку на цьому маршруті та розраховано пасажиропотік на кожній зупинці. Для дослідження пасажиропотоку у будні та вихідні дні було використано метод таблиці. Результати наведено у табл. 2.5 та 2.6 відповідно.

Таблиця 2.4

Відстані між пунктами зупинок на зворотному маршруті №255

№ зупинки	Назва зупинки	Довжина перегону, км
1	Станція Кривий Ріг	-
2	3-я ділянка	0,5
3	Авторинок «Термінал»	0,6
4	Стадіон «Металург»	0,5
5	<u>Соцмісто</u>	0,6
6	95 квартал	1,5
7	Шахта « <u>Саксагань</u> »	0,7
8	Визволителів Кривого Рогу	0,6
9	вул. Філатова	0,65
10	Майдан О.Поля	0,6
11	Кінотеатр «Олімп»	0,7
12	Готель «Київ»	0,6
13	вул. Космонавтів	0,75
14	Пл. 30-річчя Перемоги	0,85
15	Вул. Спаська	0,7
16	Ювілейна	0,8
17	Магазин «Ясень»	0,85
18	вул. Едуарда <u>Фукса</u>	1,1
19	Кафе «Степове»	0,55
20	Бульвар Маршала Василевського	0,7
21	На вимогу	0,6
22	<u>М-н Гірницький</u>	0,45
23	Пл. Праці	0,5
24	<u>М-н Індустріальний</u>	0,5
Всього		15,9

Таблиця 2.5

Пасажиропотік в будній день в 1 транспортному засобі за маршрутом 255 у
прямому напрямку, осіб

№ з/п	Найменування зупинки	Час відправлення	Кількість пасажирів		
			зайшло	з них пільгових категорій	вийшло
1	М-н Індустріальний	7:15	26	1	
2	Пл. Праці	7:17	3	-	
3	М-н Гірницький	7:19	5	-	
4	На вимогу	7:21	2	-	
5	Бул Маршала Василевського	7:22	4	-	
6	Кафе «Степове»	7:24	1	-	
7	вул. Едуарда Фукса	7:25	1	-	
8	Магазин «Ясень»	7:28	1	-	1
9	Ювілейна	7:31	5	-	3
10	Вул. Спаська	7:33	2	-	
11	Пл. 30-річчя Перемоги	7:35	3	1	5
12	Вул. Космонавтів	7:39	3	-	3
13	Готель «Київ»	7:42	4	-	4
14	Кінотеатр «Олімп»	7:45	2	-	2
15	Майдан О.Поля	7:48	1	-	8
16	Вул. Філатова	7:50	-	-	1
17	Визволителів Кривого Рогу	7:53	1	-	2
18	Шахта «Саксагань»	7:55	1	-	1
19	95 квартал	7:57	3	-	-
20	Соцмісто	8:05	5	-	18
21	Стадіон «Металург»	8:08	1	1	8
22	Авторинок «Термінал»	8:10	-	-	10
23	3-я дільниця	8:13	-	-	2
24	Станція Кривий Ріг	8:15	-		5
			73	3	73

Таблиця 2.6

Пасажиропотік в будній день в 1 транспортному засобі за маршрутом 255 у
зворотньому напрямку, осіб

№ з/п	Найменування зупинки	Час відправлення	Кількість пасажирів		
			зайшло	з них пільгових категорій	вийшло
1	Станція Кривий Ріг	8:30	15	1	
2	3-я дільниця	8:32	5	-	
3	Авторинок «Термінал»	8:34	8	-	3
4	Стадіон «Металург»	8:37	7	-	2
5	Соцмісто	8:42	5	1	7
6	95 квартал	8:45	6	-	5
7	Шахта «Саксагань»	8:47	1	-	2
8	Визволителів Кривого Рогу	8:50	1	-	1
9	вул. Філатова	8:52	-	-	-
10	Майдан О.Поля	8:55	5	-	5

№ з/п	Найменування зупинки	Час відправлення	Кількість пасажирів		
			зайшло	з них пільгових категорій	вийшло
11	Кінотеатр «Олімп»	8:57	3	1	5
12	Готель «Київ»	9:00	5	-	6
13	вул. Космонавтів	9:03	6	-	3
14	Пл. 30-річчя Перемоги	9:06	3	-	2
15	Вул. Спаська	9:09	2	1	2
16	Ювілейна	9:12	3	-	8
17	Магазин «Ясень»	9:18	1	-	3
18	вул. Едуарда Фукса	9:20	-	-	2
19	Кафе «Степове»	9:22	-	-	2
20	Бульвар Маршала Василевського	9:24	1	-	5
21	На вимогу	9:26		-	2
22	М-н Гірницький	9:27	-	-	5
23	Пл. Праці	9:29	-	-	3
24	М-н Індустріальний	9:30	-	-	4
			77	4	77

Для повноти досліджень, розраховується пасажиропотік у вихідні дні у «години пік» як у прямому (Табл. 2.7), так і у зворотному (Табл. 2.8) напрямках.

Таблиця 2.7

Пасажиропотік в вихідний день (неділя) в 1 транспортному засобі за маршрутом 255 у прямому напрямку, осіб



№ з/п	Найменування зупинки	Час відправлення	Кількість пасажирів		
			зайшло	з них пільгових категорій	вийшло
1	М-н Індустріальний	11:15	8	1	-
2	Пл. Праці	11:17	4	-	-
3	М-н Гірницький	11:19	5	-	-
4	На вимогу	11:21	3	-	-
5	Бул Маршала Василевського	11:22	2	-	1
6	Кафе «Степове»	11:24	2	-	-
7	вул. Едуарда Фукса	11:25	1	-	-
8	Магазин «Ясень»	11:28	1	1	2
9	Ювілейна	11:31	5	-	8
10	Вул. Спаська	11:33	4	-	2
11	Пл. 30-річчя Перемоги	11:35	5	-	3
12	Вул. Космонавтів	11:39	5	1	5
13	Готель «Київ»	11:42	3	-	3
14	Кінотеатр «Олімп»	11:45	5	-	2
15	Майдан О.Поля	11:48	4	-	2
16	Вул. Філатова	11:50	1	-	-
17	Визволителів Кривого Рогу	11:53	-	-	-
18	Шахта «Саксагань»	11:55	1	-	-



№ з/п	Найменування зупинки	Час відправлення	Кількість пасажирів		
			зайшло	з них пільгових категорій	вийшло
19	95 квартал	11:57	3	1	8
20	Соцмісто	12:05	2	-	10
21	Стадіон «Металург»	12:08	1	-	6
22	Авторинок «Термінал»	12:10	-	-	5
23	3-я дільниця	12:13	-	-	2
24	Станція Кривий Ріг	12:15	-		7
			65	4	-

Таблиця 2.8

Пасажиропотік в вихідний день (неділя) в 1 транспортному засобі за маршрутом 255 у зворотньому напрямку, осіб

№ з/п	Найменування зупинки	Час відправлення	Кількість пасажирів		
			зайшло	з них пільгових категорій	вийшло
1	Станція Кривий Ріг	12:30	5	1	-
2	3-я дільниця	12:32	3	-	-
3	Авторинок «Термінал»	12:34	8	-	2
4	Стадіон «Металург»	12:37	5	-	1
5	Соцмісто	12:42	12	-	3
6	95 квартал	12:45	8	1	5
7	Шахта «Саксагань»	12:47	1	-	-
8	Визволителів Кривого Рогу	12:50	-	-	-
9	вул. Філатова	12:52	-	-	-
10	Майдан О.Поля	12:55	3	-	7
11	Кінотеатр «Олімп»	12:57	4	-	6
12	Готель «Київ»	13:00	5	1	8
13	вул. Космонавтів	13:03	3	-	5
14	Пл. 30-річчя Перемоги	13:06	1	-	1
15	Вул. Спаська	13:09	1		1
16	Ювілейна	13:12	7	-	8
17	Магазин «Ясень»	13:18	1	-	3
18	вул. Едуарда Фукса	13:20	2	-	2
19	Кафе «Степове»	13:22	-	-	1
20	Бульвар Маршала Василевського	13:24	1	-	2
21	На вимогу	13:26	-	-	3
22	М-н Гірницький	13:27	-	-	5
23	Пл. Праці	13:29	-	-	2
24	М-н Індустріальний	13:30	-	-	7
			72	3	72

Довжина маршруту визначається за допомогою окремих досліджень з контролю руху в кожному напрямку. Ця довжина маршруту є основою для

контролю швидкості руху, планування пробігу маршрутного таксі та контролю витрати палива.

Очікувані години роботи міських маршрутів змінюватимуться залежно від денного пасажиропотоку. Розклад руху можна коригувати, змінюючи кількість транспортних засобів, що рухаються в кожному напрямку.

Для визначення ефективності роботи маршрутних таксі на маршруті № 255, розрахуємо техніко-експлуатаційні показники, до яких можна віднести:

1. Довжина маршруту, км:

$$L_M = \sum_{i=1}^n l_i \quad (2.23)$$

де l_i – довжина i -го перегону, км; n – кількість перегонів на маршруті.

В нашому випадку, довжина маршруту складає $L_M = 15,9$ км.

2. Час обороту, хв.:

$$t_{об} = 2 \cdot t_{рейс} + t_{п.к.з.}, год \quad (2.24)$$

де $t_{рейс}$ – час рейсу, хв; $t_{п.к.з.}$ - час простою на кінцевій зупинці, хв.

3. Технічна швидкість руху автобусів визначимо за формулою:

$$V_m = \frac{2 \cdot L_M}{t_{рух}} = \frac{2 \cdot L_M}{t_{об} - \frac{2 \cdot t_{п.п.з.} \cdot n_{зуп} - 2 \cdot t_{п.к.з.}}{60}}, \quad (2.25)$$

де V_m – технічна швидкість руху автобусів, км/год.; $t_{п.п.з.}$ - час простою на проміжних зупинках, сек.; $t_{п.к.з.}$ - час простою на кінцевій зупинці, хв.; $n_{зуп}$ - кількість зупинок на маршруті, од.; $t_{об}$ – час обороту автобусу, год.; $t_{рух}$ – час руху автобусу протягом оборотного рейсу, год.

4. Середня довжина перегону ($\bar{L}_n$), км:

$$\bar{L}_n = \frac{L_M}{n_{зуп}}, \quad (2.26)$$

Отримані результати проведених розрахунків у табл. 2.9.

Таблиця 2.9

Вихідні дані для розрахунків маршруту 255

Показники	Значення
час простою на проміжних зупинках, хв. ($t_{п.п.з.}$)	0,8
час простою на кінцевій зупинці, хв. ($t_{п.к.з.}$)	15
кількість зупинок на маршруті, од ($n_{зуп}$)	24
довжина і-го перегону, км ($L_{п}$)	15,9

Таким чином, можна зробити розрахунки технологічної швидкості

$$V_m = \frac{2 \cdot 15,9}{1 - \frac{2 \cdot 0,7 \cdot 24 + 2 \cdot 15}{60}} = \frac{31,8}{0,96} = 33,1 \text{ км/год}$$

Час автобусу в обороті:

$$t_{об} = 2 \cdot t_{рейс} + t_{п.к.з.} = 2 \cdot 60 + 15 = 135 \text{ хв} = 2,25 \text{ год}$$

Середня довжина перегону між остановками складе:

$$\overline{L_n} = \frac{15,9}{24} = 0,66 \text{ км}$$

Розрахуємо середню відстань поїздки пасажирів $L_{ср}$, км:

$$L_{ср} = \frac{P_p}{Q_p}, \text{ км} \quad (2.27)$$

де Q_p - обсяг перевезень пасажирів за рейс, пас; P_p - виконана транспортна робота за рейс, пас-км.

Транспортну роботу за рейс можна визначити за формулою:

$$P_p = \sum_{i=1}^n H_i \cdot l_i, \quad (2.28)$$

де l_i – довжина і-го перегону, км; n – кількість перегонів на маршруті.

За даними, отриманими у табл. 2.3 та 2.6, визначимо середній обсяг транспортних робіт:

$$P_p = 26 \cdot 0,5 + 29 \cdot 0,5 + 34 \cdot 0,45 + 36 \cdot 0,6 + 40 \cdot 0,7 + 41 \cdot 0,55 + 42 \cdot 1,1 + 42 \cdot 0,85 + 44 \cdot 0,8 + 46 \cdot 0,7 + 44 \cdot 0,85 + 44 \cdot 0,75 + 44 \cdot 0,6 + 44 \cdot 0,7 + 37 \cdot 0,6 + 36 \cdot 0,65 + 35 \cdot 0,35 + 35 \cdot 0,7 + 38 \cdot 1,5 + 25 \cdot 0,6 + 18 \cdot 0,5 + 8 \cdot 0,6 + 5 \cdot 0,5 = 573 \text{ пас-км}$$

Таким чином, загальний обсяг перевезених пасажирів складе $Q_p = 73$ пас.

Визначимо середню відстань, що проїздить пасажир за обраним маршрутом:

$$L_{cp} = \frac{573}{73} = 7,85 \text{ км}$$

Коефіцієнт змінюваності пасажирів за рейс (k_{zm}) розрахуємо за формулою:

$$k_{zm} = \frac{L_m}{L_{cp}}, \quad (2.29)$$

де L_m – довжина маршруту, км.

Таким чином, коефіцієнт змінюваності буде становити:

$$k_{zm} = \frac{15,9}{7,85} = 2,03$$

Визначення статичного (γ_c) та динамічного (γ_d) коефіцієнтів заповнення салону маршрутного таксі за рейс можна розрахувати за формулою:

$$\gamma_c = \frac{\sum_{i=1}^n H_i}{q_n \cdot n}, \quad (2.30)$$

де q_n – номінальна пасажиромісткість автобуса, пас. $q_n = 26$ осіб

$$\gamma_d = \frac{P_p}{q_n \cdot L_m}. \quad (2.31)$$

Використовуючи дані табл. 2.6, розрахуємо статистичний та динамічний коефіцієнти

$$\gamma_c = \frac{26 + 29 + 34 + 36 + 40 + 41 + 42 + 42 + 44 + 46 + 44 + 44 + 44 + 44 + 37 + 36 + 35 + 35 + 38 + 25 + 18 + 8 + 5}{20 \cdot 24} =$$

$$\gamma_c = \frac{793}{624} = 1,27$$

$$\gamma_o = \frac{573}{20 \cdot 15,9} = 1,39.$$

Розрахунок пасажиропотоку та його основних параметрів приведено у табл. 2.11.

Таблиця 2.10

Розрахунковий пасажиропотік в рік, осіб

Показник	Значення
Кількість машин на маршруті, од	15
Кількість їздок у прямому напрямку	7
Кількість їздок у зворотньому напрямку	7
Кількість робочих днів на рік, днів	116
Кількість святкових днів на рік, днів	250
Середня кількість пасажирів за 1 їздки, осіб у робочий день у прямому напрямку, пас	73
Середня кількість пасажирів за 1 їздки, осіб у робочий день у зворотньому напрямку, пас	77
Середня кількість пасажирів за 1 їздки, осіб у вихідний день у прямому напрямку, пас	65
Середня кількість пасажирів за 1 їздки, осіб у робочий день у зворотньому напрямку, пас	72
Пасажиропотік на 1 машину у прямому напрямку у робочий день, пас	7665
Пасажиропотік на 1 машину у зворотньому напрямку у робочий день, пас	8085
Пасажиропотік на 1 машину у прямому напрямку у святковий день, пас	6825
Пасажиропотік на 1 машину у зворотньому напрямку у святковий день, пас	7560
Середній пасажиропотік на 1 машину на рік, пас	361550
Середній середній пасажиропотік на рік, пас	5423250
Середній середній пасажиропотік у день, пас	14818

Визначення показника значення середньо арифметичної інтенсивності пасажиропотоку у різних напрямках маршруту розраховується за формулою:

$$N_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n N_i}{n}, \text{ пас;} \quad (2.32)$$

де i – умовний номер перегону на маршруті ($i = 1; n$); n – кількість перегонів на маршруті

Середньо арифметичне значення інтенсивності пасажиропотоку за маршрутом № 255 приведено у табл. 2.11.

Таблиця 2.11

Фактичний обсяг перевезених пасажирів на маршруті 255, осіб

Години	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	Всього	Середня
Перевезено, пас	1678	2554	2419	2284	2149	2014	1879	1744	1609	1474	1395	1204	1069	1560	1104	890	27026	1802

Коефіцієнт нерівномірності пасажиропотоку - це показник, який визначає, наскільки рівномірно пасажир розподілений в часі або просторі (між станціями або протягом дня), що дозволяє оцінити стабільність пасажиропотоку та виявити години пік, перевантажені ділянки або нерівномірне транспортне навантаження:

$$k_{\text{нерівн.пас}} = \frac{Q_{\text{max}}}{Q_{\text{ср}}}, \quad (2.33)$$

де Q_{max} - максимальна інтенсивність пасажиропотоку; пас $Q_{\text{ср}}$ - середньоарифметична інтенсивність пасажиропотоку на різних перегонах маршруту; пас

таким чином коефіцієнт нерівномірності пасажиропотоку буде становити:

$$k_{\text{нерівн.пас}} = \frac{2554}{1802} = 1,42$$

Коефіцієнт нерівномірності пасажиропотоку за годинами доби розраховується за формулою:

$$k_{\text{доб}} = \frac{Q_{\text{max}}}{Q_{\text{min}}}, \quad (2.34)$$

де Q_{max} - обсяг перевезень у годину «пік» пас. Q_{min} - обсяг перевезень у період найменшого попиту на перевезення пас;

$$k_{\text{доб}} = \frac{2554}{890} = 2,87$$

Транспортну роботу (пасажирооборот) на маршруті за добу у певному напрямку можна визначити за формулою:

$$P_i = Q_i \cdot l_i \text{ пас} \cdot \text{км} \quad (2.35)$$

де l_i – довжина перегону маршруту;

Загальний пасажиропотік на добу розраховується за формулою:

$$Q_{\text{доб/1}} = \frac{Q_{\text{річ/1}}}{D}, \text{пас} \quad (2.36)$$

де $Q_{\text{річ/1}}$ – річний пасажиропотік на 1 машину, пас; D – кількість днів на рік (у 2024 році 366 днів).

$$Q_{\text{доб/1}} = \frac{361550}{366} = 1004 \text{ пас}$$

Таким чином, обсяг транспортних робіт на 1 транспортних засіб на добу складе

$$P_{\text{доб/1}} = 1004 \cdot 15,9 = 15968 \text{ пас} \cdot \text{км}$$

Отримані результати розрахунків занесемо до табл. 2.12.

Таблиця 2.12

Зведена таблиця техніко-економічних показників			
п/п	Показники	Ум позн.	Значення
1	Довжина маршруту, км	L_m	15,9
2	Кількість зупинок на маршруті, од	$P_{\text{зуп}}$	24
3	Час простою на проміжних зупинках, хв.	$t_{\text{п.п.з.}}$	0,8
4	Час простою на кінцевій зупинці, хв.	$t_{\text{п.к.з.}}$	15
5	Технологічна швидкість, км/год	V_T	33,1
6	Час автобусу в обороті, год	$t_{\text{об}}$	2,25
7	Середня довжина перегону між <u>остановками</u> , км	L_n	0,66
8	Середня відстань поїздки <u>пасажир</u> , км	$L_{\text{сп}}$	7,85
9	Транспортна робота за рейс, пас-км	P_n	573
10	Обсяг перевезень <u>пасажирів</u> за рейс, пас	Q_n	73
11	Статистичний коефіцієнт заповнення салону автобуса протягом рейсу	γ_c	1,27
12	Динамічний коефіцієнт заповнення салону автобуса протягом рейсу	γ_d	1,39
13	Номинальна <u>пасажиромісткість</u> автобуса	q_n	20
14	Коефіцієнт змінюваності <u>пасажирів</u> за рейс	$k_{\text{зм}}$	2,03

□

п/п	Показники	Ум.позн.	Значення
15	Кількість машин на маршруті, од	п	15
16	Кількість їздок у прямому напрямку	$\Pi_{\text{із.д}}$	7
17	Кількість їздок у зворотньому напрямку	$\Pi_{\text{із.зв}}$	7
18	Кількість робочих днів на рік, днів	$\Pi_{\text{р}}$	116
19	Кількість святкових днів на рік, днів	$\Pi_{\text{св}}$	250
20	Середня кількість пасажирів за 1 їздки, осіб у робочий день у прямому напрямку, пас	$\Pi_{\text{пас.д}}$	73
21	Середня кількість пасажирів за 1 їздки, осіб у робочий день у зворотньому напрямку, пас	$\Pi_{\text{пас.зв}}$	77
22	Середня кількість пасажирів за 1 їздки, осіб у вихідний день у прямому напрямку, пас	$\Pi_{\text{пас.д}}$	65
23	Середня кількість пасажирів за 1 їздки, осіб у робочий день у зворотньому напрямку, пас	$\Pi_{\text{пас.зв}}$	72
24	Пасажиропотік на 1 машину у прямому напрямку у робочий день, осіб, пас		7665
25	Пасажиропотік на 1 машину у зворотньому напрямку у робочий день, пас		8085
26	Пасажиропотік на 1 машину у прямому напрямку у святковий день, пас		6825
27	Пасажиропотік на 1 машину у зворотньому напрямку у святковий день, пас		7560
28	Середній пасажиропотік на 1 машину на рік, пас		361550
29	Середній пасажиропотік на рік, пас		5423250
30	Середній пасажиропотік у день, пас		14818
31	Середньозважене значення інтенсивності пасажиропотоку, пас		1802
32	Коефіцієнт нерівномірності пасажиропотоку по довжині маршруту	$k_{\text{нерівн.пас}}$	1,42
33	Коефіцієнт нерівномірності пасажиропотоку по годинам доби	$k_{\text{доб}}$	2,87
34	Середній пасажиропотік на день на 1 машину, пас	$Q_{\text{доб/1}}$	1004
35	Середній обсяг транспортних робіт на 1 машину на добу, пас-км	$P_{\text{доб/1}}$	15968

РОЗДІЛ 3. УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ ОПТИМІЗАЦІЇ ГРАФІКІВ РУХУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ У МЕЖАХ МІСТА

3.1. Визначення напрямків оптимізації руху транспортних засобів в умовах міста

Одним з ключових показників якості послуг міського громадського транспорту є стабільність графіків перевезення, яка безпосередньо залежить від якісного розкладу. Аналіз літератури показав, що стабільні інтервали руху транспортних засобів є важливою рисою систем пасажирського транспорту регулярного сполучення, які забезпечують надійне та високоякісне обслуговування пасажирів [1,2,5,7]. Нерівномірні інтервали призводять до накопичення транспортних засобів у групи (тобто транспортних засобів не рухаються послідовно) [8,9]. У працях наковців також описано негативні наслідки таких порушень:

- збільшення часу очікування пасажирів [1];
- збільшення пасажирських заторів, що призводить до зниження якості транспортного обслуговування [12];
- збільшення ймовірності відмови пасажирів у посадці [8];
- збільшення часу перебування пасажирів на зупинках [9] та тривалий час очікування в чергах поблизу станцій [10], що збільшує час поїздки.
- збільшення маневрів на транспортних засобах, що збільшує ризик аварій під час перевезення.

Для зменшення цих негативних наслідків під час розробки розкладів міського громадського транспорту рекомендується враховувати спільні маршрути для транспортних засобів на різних лініях [11, 12]. Якщо в одній частині транспортної мережі працює кілька автобусних маршрутів, щоб уникнути зупинок, необхідно узгодити розклади руху різних маршрутів таким чином, щоб вони рухалися спільними (перекриваючими) ділянками та скоригувати час відправлення для кожного маршруту.

Таким чином, перекриваюча ділянка – це ділянка дороги, якою користуються транспортні засоби з різних маршрутів.

Оптимізація руху пасажирського транспорту на регулярних сполученнях маршрутної сіті присвячено багато робіт. У роботі [13] досліджувалася проблема дублювання маршрутів. Дослідження показало, що надмірне дублювання маршрутів може призвести до некоординованої роботи різних транспортних маршрутів, що призводить до заторів на зупинках, зниження швидкості та, зрештою, зниження якості перевезення пасажирів. Автори запропонували встановити незалежний окремий маршрут на даній ділянці. Однак, цей захід може значно збільшити коефіцієнт пересадки, що може негативно вплинути на якість послуг пасажирських перевезень.

У роботі [14] також досліджувалася проблема дублювання маршрутів для різних видів пасажирського транспорту регулярного сполучення. Якщо маршрути автобусів перетинаються з тролейбусами, рекомендується скасувати автобусні маршрути, оскільки експлуатаційні витрати автобусів вищі. Однак слід зазначити, що швидкість автобусів значно більша, що знижує час знаходження пасажирів у поїзді. Тому, деякі пасажирів віддають перевагу автобусам замість тролейбусів. Важливо зазначити, що припинення автобусних перевезень негативно вплине на фінансовий стан автотранспортних підприємств, які надають ці послуги, що не відповідає політиці розвитку економічних відносин в Україні.

У роботі [15] було висвітлено проблему дублювання автобусних маршрутів, де автор пропонує алгоритм оптимізації розкладу за рахунок зменшення часу перебування пасажирів на зупинці. Даний підхід має певні пропозиції:

1. Цей метод пропонує коригувати час прибуття автобусів лише на одному маршруті. Звичайно, коригування часу прибуття всіх маршрутів було б простішим підходом.

2. Не враховується можливість виконання фіксованих цих розкладів, які не підлягають коригуванню, так як можуть бути спеціально під лаштовані під розклад поїздів, літаків або компаній, що відправляються з роботи.

3. Запропоновано коригування розкладу призведуть до більш раннього або пізнішого часу відправлення з відправного пункту, а також відповідно зміниться час прибуття до кінцевого пункту призначення, що може бути несумісне з графіками роботи та відпочинку водіїв.

4. Не запропонована система корегування тих дублюючих маршрутів, які можуть на деяких ділянках дублювати різні маршрути.

У роботі [16] досліджується концепція перекриття маршрутів. Автор стверджує, що це не завжди негативно, і класифікує маршрути за ступенем перекриття. У роботі [17] автори запропонували концепцію кластерів маршрутів — набору маршрутів, які можна перебудовувати протягом заданого періоду часу, не змінюючи всю мережу маршрутів міста/регіону.

Автори припускають, що такі кластери маршрутів можуть працювати незалежно та вимагають інтеграції розкладів маршрутів у кластері.

3.2. Розробка методики оптимізації руху пасажирського транспорту у місті

Основним методом визначення часу руху автобуса на заданому маршруті (I) полягає в наступній формулі:

$$I = \frac{t_o}{A_M}, \quad (3.1)$$

де t_o — час обороту маршруту за годину; A_M — кількість автобусів, необхідних для роботи на маршруті; t_a — кількість автобусів на маршруті.

$$A_M = \frac{Q t_o k}{q \gamma \eta_{зм}} \quad (3.2)$$

де Q – погодинний пасажиропотік протягом розрахункового періоду обслуговування, у пасажирів/годину. Він визначає погодинний пасажиропотік відповідно до карти пасажиропотоку; k – коефіцієнт варіації пасажиропотоку протягом години (рис.3.1). Він визначається як відношення максимальної пасажиромісткості на поїздку протягом розглянутого періоду до середньої пасажиромісткості на поїздку протягом того ж періоду; q – місткість транспортних засобів, у пасажирів; γ – коефіцієнт використання місткості транспортного засобу; $\eta_{зм}$ – коефіцієнт змінності пасажирів.

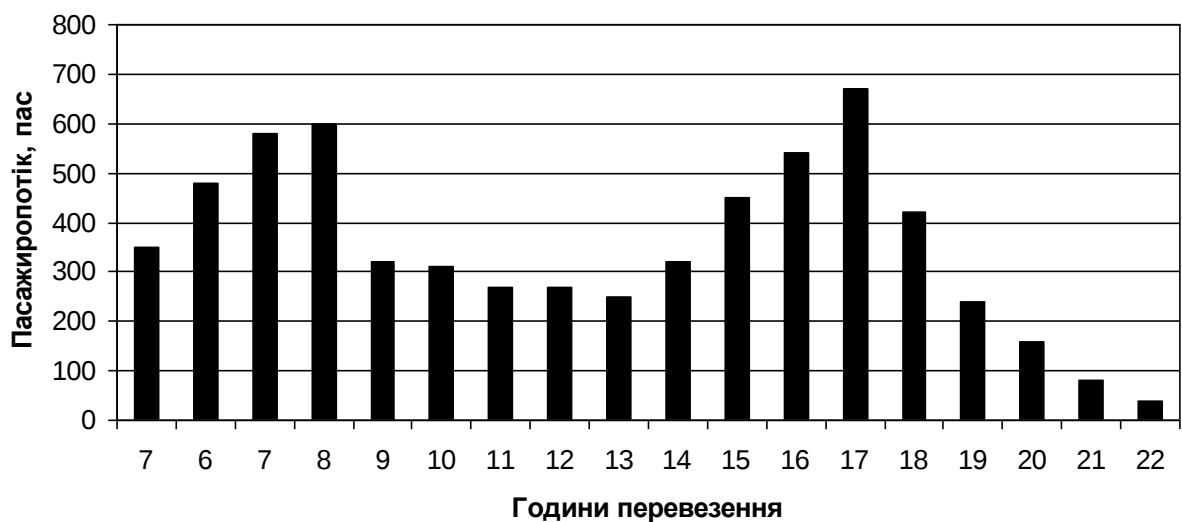


Рис.3.1. Середній перерозподіл пасажиропотоку у м. Кривий Ріг за годинами перевезень

Коефіцієнт використання місткості транспортних засобів (γ) на одну поїздку можна розрахувати за формулою:

$$\gamma = \frac{Q}{q\eta_{зм}}. \quad (3.2)$$

Коефіцієнт змінності пасажироперевезення ($\eta_{зм}$) можна визначити як відношення довжини маршруту до середньої відстані перевезення одного пасажирів:

$$\eta_{зм} = \frac{l_{м}}{l_{ср}}, \quad (3.3)$$

де l_m – довжина маршруту, у кілометрах; l_{ep} – середня відстань пасажирських перевезень на маршруті, у кілометрах.

Середня відстань пасажирських перевезень на маршруті визначається як відношення кількості пасажиро-км за поїздки (щодня) до кількості перевезених пасажирів протягом того ж періоду часу:

$$l_{ep} = \frac{P_M}{Q_M} \quad (3.4)$$

З рівнянь (3.1) та (3.2) виходить, що даний метод визначення інтервалів руху автобусів на маршруті базується на визначенні мінімальної кількості автобусів, необхідної для забезпечення пасажиропотоку на певному маршруті. Однак, у приведеній методиці не враховуються такі важливі показники, як транспортні витрати та економія часу для пасажирів, що витрачається на подорожі.

За аналізом проаналізованої літератури, враховуючи обсяг руху та місткість транспортних засобів, експлуатація маршруту необхідно прагнути досягнення мінімізувати витрати перевізника на забезпечення процесу перевезення пасажирів ($B_{пер}$) та витрати часу пасажирів на поїздки ($B_{ч.пас}$), тобто

$$B_{пер} + B_{ч.пас} \rightarrow \min \quad (3.5)$$

Однак, встановлена кількість транспортних засобів повинна охоплювати заданий обсяг пасажирських перевезень Q .

Витрати перевізника на забезпечення транспортного процесу відповідає встановленим нормативам та представлені формулами:

$$B_{пер} = n_p (S_{зм} \cdot l_p + S_{пост} \cdot t_p), \quad (3.5)$$

де n_p – кількість поїздок, здійснених протягом певного періоду часу;
 $S_{зм}$ – змінна частина витрат за перевезення пасажирів у розрахунку на кілометр, грн/км; l_p – протяжність поїздки, км; $S_{пост}$ – постійна частина витрат за перевезення пасажирів у розрахунку на кілометр, грн/км; t_p – час,

необхідний для виконання поїздки, включаючи час простою на кінцевих зупинках, год.

Відомо, що кількість рейсів протягом певного періоду доби (n_p) мають вигляд:

$$n_p = \frac{t_p}{I}. \quad (3.6)$$

Таким чином, витрати перевізника з урахуванням кількості рейсів складе:

$$B_{пер} = \frac{t_p}{I} (S_{зм} \cdot l_p + S_{пост} \cdot t_p). \quad (3.7)$$

Час, який пасажир проводить у поїзді (T) можна представити за формулою:

$$T = t_{підх} + t_{відх} (t_{оч} + t_{пук}) k_n, \quad (3.7)$$

де $t_{підх}$ - час (у годинах), який потрібен пасажиру, щоб дістатися до місця посадки; $t_{оч}$ - час (у годинах), який пасажиру потрібен, щоб очікувати транспорт; $t_{пук}$ - час подорожі пасажирів (у годинах); $t_{відх}$ - час (у годинах), який пасажиру потрібен, щоб дістатися до місця призначення від місця висадки; k_n - коефіцієнт пересадки.

За формулою (3.7) час очікування залежить від часу перебування транспортного засобу на маршруті. Припустимо, що час очікування є випадковою величиною, яка рівномірно розподіляється на інтервалі $[0, I]$, середній час очікування для кожного пасажирів буде дорівнювати половині інтервалу руху транспортного засобу:

$$t_{оч} = I / 2. \quad (3.8)$$

Час знаходження пасажирів у русі ($t_{пук}$) залежить від довжини поїздки та швидкості транспортних засобів на маршруті:

$$t_{\text{рух}} = \frac{l_{\text{ср}}}{v}. \quad (3.9)$$

Час на підходу та відходження від місця зупинки визначають через вираз:

$$t_{\text{підх}} = t_{\text{відх}} = \frac{1}{4} \left(\frac{1}{3\delta} + \frac{l_n}{4} \right), \quad (3.10)$$

де δ – щільність мережі маршрутів у км/км²; l_n – середня довжина маршруту в км.

Коефіцієнт пересадки пасажирів (k_n) у містах з населенням від 500 тис. до 1 млн осіб коливається в межах 1,23-1,3 [21, с. 173].

Таким чином, вираження (3.8-3.10) при коефіцієнт пересадки $k_n = 1,23$ буде мати вигляд:

$$T = \frac{1}{2} + \left(\frac{1}{3\delta} + \frac{l_n}{4} \right) \left(\frac{l_{\text{ср}}}{v} + \frac{I}{2} \right) \cdot 1,23, \quad (3.10)$$

У грошовому вираженні, витрати часу пасажирями буде становити:

$$B_{\text{час}} = Q B_{\text{пер}} \left(\frac{1}{2} + \left(\frac{1}{3\delta} + \frac{l_n}{4} \right) \left(\frac{l_{\text{ср}}}{v} + \frac{I}{2} \right) \cdot 1,23 \right), \quad (3.11)$$

де $B_{\text{пер}}$ – вартість однієї пасажиро-години, грн/пас-год.

Враховуючи вищесказане, отримуємо наступну задачу оптимізації для інтервалу руху (I):

$$f(I) = B_{\text{пер}} + B_{\text{час}} \rightarrow \min \quad (3.12)$$

$$0 \leq I \leq \frac{Q}{q\eta_{\text{зм}}} \quad (3.13)$$

Праву частину граничної умови (3.13) можна отримати при зміні часу інтервалу руху, яка забезпечує $\min$ цільової функції (3.12), а у виразі (3.1), необхідно забезпечити, щоб кількість транспортних засобів (A_M) була не меншою за значення, отримане у виразі (3.2).

З вираження (3.7), мінімальне значення функції $y=f(x)$, що диференційовна на інтервалі $[a, b]$, або досягається у точці мінімуму або в граничній точці інтервалу $[a, b]$. У цьому випадку, умову досягнення мінімуму можна сформулювати як функцію $f(x)$ диференційовна в певній точці x_0 та $f'(x) = 0$, а при перетині точки x_0 знак похідної змінюється з мінуса на плюс, та точка x_0 є точкою мінімуму.

Функція (3.12) диференційовна на інтервалі (3.13), за винятком точки $I = 0$, у якій функція дорівнює $+\infty$. Тому для пошуку мінімуму функції (3.12), необхідно знайти точки мінімуму та порівняти їх зі значеннями у точці $I = \frac{q\gamma\eta_{zm}}{Q_k}$.

Для визначення min для функції, визначимо похідну по I :

$$f'(I) = 0,615 Q_{C_{n-2}} - \frac{t_p(S_{zm} \cdot l_p + S_{пост} \cdot t_p)}{I^2}. \quad (3.14)$$

Нехай умова (3.14) дорівнює нулю та розв'яжемо отримане рівняння відносно I , знайдемо можливі точки екстремуму. Таким чином, отримаємо два корені з різними знаками. Так як інтервал руху транспортного засобу не може мати негативних значення, вираження (3.13) буде мати вигляд:

$$I_{min} = \sqrt{\frac{t_p(S_{zm} \cdot l_p + S_{пост} \cdot t_p)}{0,615 Q_{B_{n-2}}}}. \quad (3.15)$$

При проведенні перевірки, значення I_{min} - це точка мінімуму.

Перевіримо ще два можливих варіанти:

1) якщо $I_{min} \geq I = \frac{q\gamma\eta_{zm}}{Q_k}$, то мінімум цільової функції буде досягнутий

у на $I = \frac{q\gamma\eta_{zm}}{Q_k}$. Дана величина - це інтервалі руху транспортних засобів,

який забезпечує мінімальну кількість автобусів, які зможуть забезпечити заданий пасажиропотік;

2) якщо $I_{min} \leq I = \frac{q\gamma\eta_{зм}}{Q_k}$, то мінімум може бути досягнутим у точці

I_{min} . За даною умовою, якщо цільова функція (3.12) є випуклою до низу ($f''(x) > 0$), то вона співпадає із точкою мінімуму на даному відрізку.

До основних показників у випаденні (3.15) відносяться пасажиропотік (Q), змінна частина витрат при перевезення на 1 км пробігу ($S_{зм}$) та постійна частина витрат на 1 годину роботи ($S_{пост}$), протяжність рейсу (l_p), витрати на 1 пас-годину ($B_{п-г}$).

Змінна частина витрат на 1 км перевезень та постійна частина витрат на годину роботи встановлюється у відповідності до діючих нормативів у відповідності до місткості транспортних засобів. Так на ПП «Одіум Престиж» були визначені залежності змінної та постійної частин витрат із місткістю транспортних засобів, які працюють на підприємстві.

Так у табл. 3.1 приведено розрахунок зміни величини змінних витрат на паливо, шини, ТО, мастильні та інші витрати у залежності від зміни пасажиромісткості транспортного засобу.

Таблиця 3.1

Розрахунок зміни величини змінних витрат у залежності від класу транспортного засобу

Клас автобуса	Пасажиро- місткість, місць	Витрата палива, л/100 км	Ціна палива, грн/л	Інші змінні витрати* (шини, ТО, мастила тощо), грн/км	Витрати палива на 1 км, грн/км	Змінні витрати грн/км
Малий (мікроавтобус)	20	15	60	2,00	$(15 \times 60) / 100 = 9.0$	11,00
Середній	40	22	60	2,80	$(22 \times 60) / 100 = 13.2$	16,00
Великий	80	30	60	3,50	$(30 \times 60) / 100 = 18.0$	21,50

Графічно залежність змінних витрат від пасажиромісткості транспортного засобу приведено на рис.3.1.

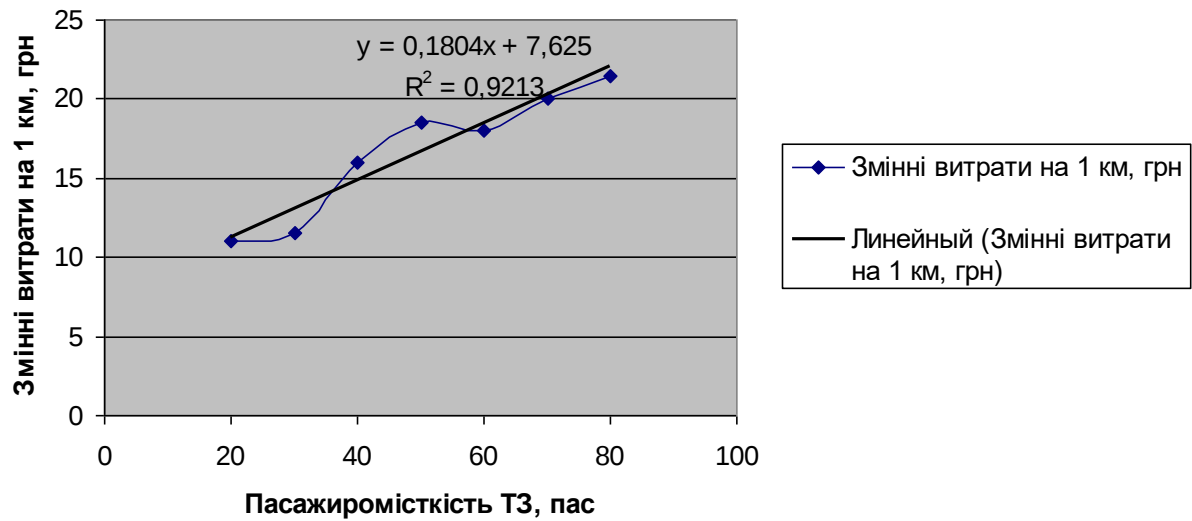


Рис.3.1. Визначення залежності змінних витрат на км від пасажиромісткості транспортного засобу

За отриманими результатами, з рис.3.1. ми бачимо, що величина змінних витрат становить $S_{зм} = 7,625 + 0,1804x$ та залежить від зміни пасажиромісткості транспортного засобу, так як коефіцієнт апроксимації $R^2 = 0,9213$, що говорить про велику ймовірність зв'язку між факторами.

Таблиця 3.1

Розрахунок зміни величини змінних витрат у залежності від класу транспортного засобу

Пасажиромісткість (місць)	Річні постійні витрати, тис. грн	Пост. витрати, грн/год
12 (мікроавтобус)	200	$200\ 000 / 2500 = 80$
30 (середній автобус)	300	$300\ 000 / 2500 = 120$
50 (великий автобус)	400	$400\ 000 / 2500 = 160$
80 (міський автобус великої місткості)	500	$500\ 000 / 2500 = 200$

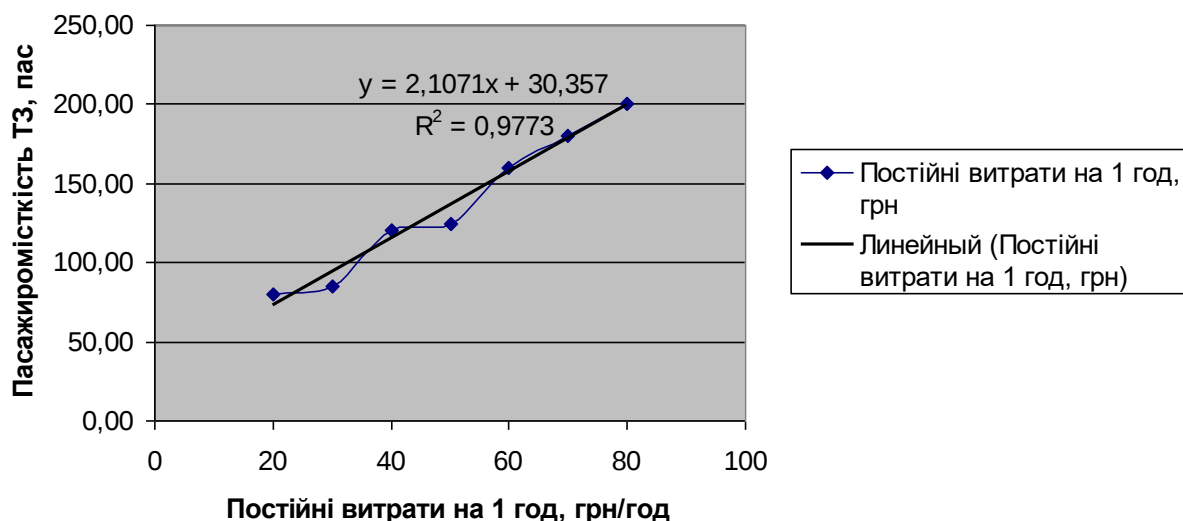


Рис.3.2. Визначення залежності постійних витрат на 1 год від пасажиромісткості транспортного засобу

При дослідженні впливу постійних витрат на 1 год транспортної роботи від пасажиромісткості транспортного засобу, ми отримали рівняння $S_{зм} = 30,357 + 2,1071x$, а коефіцієнт апроксимації $R^2 = 0,9773$, що говорить про велику ймовірність зв'язку між даними параметрами.

Однак, через стрімку інфляцію та девальвацію гривні з 2014 року (рис.3.3), рекомендовано корегувати зміну величини витрат з урахуванням зміни курсу доларів США.

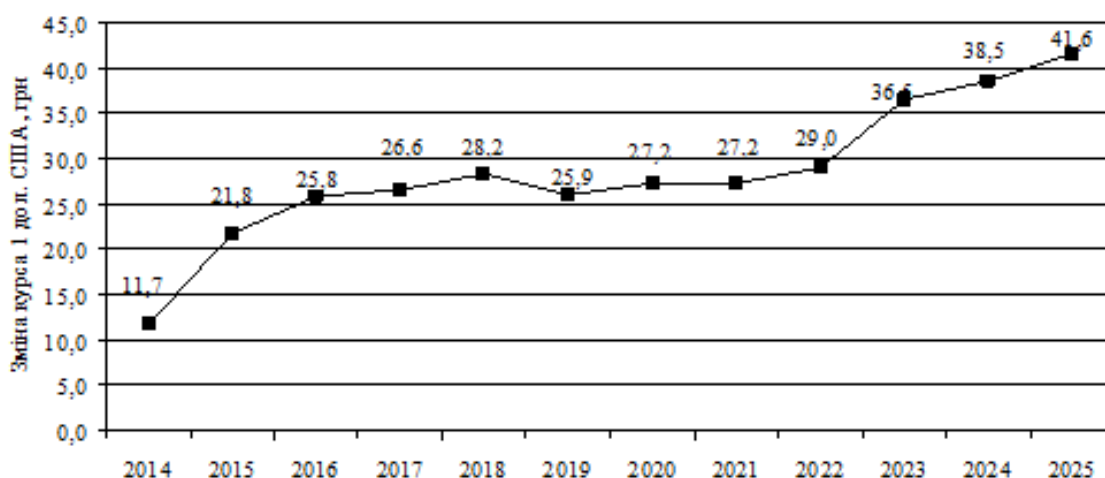


Рис.3.3 Динаміка зміни курсу дол. США за період 2013-2025 рр.

Визначення вартості 1 пас-год ($B_{\text{пас-год}}$) можна визначити різними методами:

- з урахуванням доходу або кількості транспортної роботи у розрахунку на 1 працівника;
- середнього динної оплати праці;
- за рахунок суб'єктивної оцінки пасажиром часу пересування.

3.3. Розрахунок оптимізації інтервалу руху транспортних засобів ПП «Одіум – Престиж»

Т.С. Хачатуров у своєму дослідженні [16] стверджує, що лише 20% зекономленого часу можна використати для збільшення продуктивного робочого часу, тоді як витрати на 1 пасажиро-годину ($B_{\text{пас-год}}$) визначається за наступною формулою:

$$B_{\text{пас-год}} = a_{\text{вб}} \cdot K_{\text{н}} \quad (3.16)$$

де $a_{\text{вб}}$ - відношення зекономленого часу до загального зекономленого часу; $K_{\text{н}}$ - фактичний обсяг виробництва за годину.

А.О. Аррак [14] розділив коефіцієнт $a_{\text{вб}}$ на кілька складових.

$$a'_{\text{вб}} = a'_1 \cdot a'_2 \cdot a'_3 \quad (3.17)$$

де a'_1 - відношення часу, зекономленого працівниками для збільшення їхнього робочого часу; a'_2 - оптимальне співвідношення робочого часу, витраченого на повний особистісний розвиток та підвищення продуктивності праці; a'_3 - відношення працівників у секторі виробництва обладнання до загального пасажиропотоку.

Розрахуємо інтервали руху, виходячи із спостережень, проведених на маршруті 255 ПП «Одіум-Престиж». Отримані результати приведено у табл. 3.3.

Таблиця 3.3

Визначення середніх інтервалів руху маршруту 255 за періодами доби

Прямий напрямок		Зворотній напрямок	
Час доби	Середній інтервал руху, хв	Час доби	Середній інтервал руху, хв
6:00 – 9:00	15	6:00 – 10:00	15
9:00 – 14:00	26	10:00 – 15:00	25
14:00-18:00	15	15:00-19:00	15
18:00-19:00	21	19:00-21:00	25
19:00-21:00	25		

Маршрутне таксі 255 обслуговується переважно автобусами, кожен з яких перевозить в середньому 20 пасажирів. Було досліджено різні методики розрахунку 1 пасажиро-години, але серед науковців немає єдиного визначення даного показника. Тому приймаємо середнє значення по Україні у 2025 році за значеннями, приведеними у табл. 3.4.

Таблиця 3.4.

Вихідні дані для визначення 1 пас-год у 2025 році

Показник	Позначення	Середнє значення
Середній тариф за проїзд у міському автобусі	T	15 <u>грн/пасажир</u>
Середня тривалість поїздки	$t_{до}$	25 <u>хв</u> = 0,42 год
Середня <u>пасажиромісткість</u> автобуса	N	70 пасажирів
Середній коефіцієнт заповнення салону	k	0,6 (≈ 42 пасажирів у середньому)

Вартість пасажиро-години (економічно — скільки гривень отримує перевізник за 1 годину перевезення одного пасажирів):

$$B_{\text{пас-год}} = \frac{T}{t_{до}} \quad (3.18)$$

Таким чином

$$B_{\text{пас-год}} = \frac{15}{0,42} = 35,7 \approx 36 \text{ грн} \text{ або } B_{\text{пас-год}} = \frac{36}{41,6} = 0,87 \text{ дол. США}$$

Довжина маршруту 255 становить 15,9 км ($L_{\text{м}} = 15,9$ км). Враховуючи час перебування на зупинках, час, необхідний для завершення цієї поїздки, становить $t_{\text{зб}} = 2,25$ години. Отже, вираз (3.14) набуває вигляду:

$$f'(I) = 0,615 \cdot QC_{\text{п-з}} - \frac{t_p (S_{\text{зм}} \cdot l_p + S_{\text{пост}} \cdot t_p)}{I^2} = 0,615 \cdot 20 \cdot 0,87 - \frac{(11 \cdot 15,9 + 80 \cdot 2,25)}{I^2} \quad (3.14)$$

Розв'язуючи рівень відносно I у наведеному вище рівнянні, ми можемо отримати два корені: $\pm 0,294$ години. Враховуючи невід'ємне обмеження, оптимальний час відправлення маршруту 255 в будь-якому напрямку між 6:00 та 7:00 ранку у будні дні становить $0,294 \times 60 = 17$ хвилин. Фактичний час відправлення становить 15 хвилин (див. Табл. 3.3).

З табл. 3.1. визначимо змінні витрати у розрахунку на мікроавтобус місткістю 20 ос. $S_{\text{зм}} = 11 \text{ грн/км}$ або $S_{\text{зм}} = 11 / 41,6 = 0,26 \text{ дол. США}$ (рис.3.1), а постійні витрати складуть $S_{\text{пост}} = 80 \text{ грн/год}$ або $S_{\text{пост}} = 80 / 41,6 = 1,92 \text{ дол. США}$.

Таким чином, вартість перевезення за існуючого часу відправлення [див. вираз (3.5)]:

$$B_{\text{пер}} = \frac{2,25}{15 / 60} (0,26 \cdot 15,9 + 1,92 \cdot 2,25) = 76 \text{ дол. США}$$

Вартість часу пасажирів при існуючому інтервалі часу визначимо за вираженням [див. вираз (3.11)]:

$$B_{\text{час}} = 20 \cdot 0,87 \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot \left(\frac{1}{3 \cdot 2,3} + \frac{0,6}{4} \right) \left(\frac{4,71}{2} + 15 / (60 \cdot 2) \right) \cdot 1,23 \right) = 10,68 \text{ дол. США}$$

Отже, загальна вартість за поточний період 15 хвилин складе

$$B_{15} = 76 + 10,68 = 86,68 \text{ дол. США}$$

Вартість перевізника при визначенні оптимального інтервалу у 17 хв складе [див. вираз (3.5)]

$$B_{пер}' = \frac{2,25}{17/60} (0,26 \cdot 15,9 + 1,92 \cdot 2,25) = 67,9 \text{ дол США}$$

Вартість часу пасажирів (оптимальний інтервал) [див. вираз (3.11)]

$$B_{час}' = 20 \cdot 0,87 \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot \left(\frac{1}{3 \cdot 2,3} + \frac{0,6}{4} \right) \left(\frac{4,71}{2} + 17 / (60 \cdot 2) \right) \cdot 1,23 \right) = 10,63 \text{ дол США}$$

Отже, загальна вартість за оптимального інтервалу у 17 хвилин становить:

$$B_{17} = 67,9 + 10,63 = 78,53 \text{ дол США}$$

Таким чином, економічний ефект від впровадження оптимального інтервалу становитиме:

Для перевізників:

$$E = B_{пер} - B_{пер}' = 76 - 67,9 = 8,1 \text{ дол США}$$

Для пасажирів:

$$E = B_{час} - B_{час}' = 10,68 - 10,63 = 0,05 \text{ дол США}$$

$$E = B_{15} - B_{17} = 86,68 - 78,53 = 8,15 \text{ дол США}$$

Таким чином, за отриманими результатами, можна зробити висновки, що економічний ефект при впровадженні оптимального інтервалу складе 8,15 дол США, з яких економія для перевізника складе 8,1 дол/США, а для пасажирів – 0,05 дол США на годину.

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Аналіз умов праці автомобільному транспорті

Міністерство інфраструктури України відповідає за реалізацію національної політики охорони праці, метою якої є забезпечення безпечних умов праці для працівників автотранспортних компаній та регулювання організації, управління та методів охорони праці.

Незалежно від форми власності, управління заходами охорони праці в автотранспортних компаніях є обов'язком керівництва компанії.

Підприємства повинні наймати кваліфікованих фахівців, які відповідають за впровадження та контроль за дотриманням заходів охорони праці. До їхніх обов'язків входить впровадження заходів щодо запобігання нещасним випадкам та зменшення виробничого травматизму виходячи з конкретних виробничих умов.

Нагляд за впровадженням заходів охорони праці є обов'язком керівництва автотранспортного підприємства (АТП), профспілки, а також державних органів та наглядових органів.

Основні види нагляду в автотранспортних компаніях включають:

- Оперативний нагляд з боку керівників виробничих дільниць, цехів, сервісних відділів та різних відділів;
- Адміністративний нагляд;
- Нагляд та послуги, пов'язані з охороною праці на підприємстві;
- Нагляд з боку державних регуляторних органів;
- Відомчий нагляд;
- Нагляд з боку профспілок, представлених відповідними органами та уповноваженими особами.

Належне та однакове виконання законів України про охорону праці та інших нормативно-правових документів контролюється державними

органами, органами місцевого самоврядування, самими підприємствами, уповноваженими органами та громадянами.

4.2. Класифікація небезпечних факторів, що утворюються під час роботи на автомобільному транспорті

Класифікація різних небезпечних факторів, що утворюються під час виробництва, базується на стандарті ГОСТ 12.0.003-74 SSBT. Метод класифікації такий:

1) небезпечні фізичні фактори:

- рухомі машини та обладнання;
- будь-яке підйомне обладнання та транспортні вантажі;
- незахищені частини рухомого та обертового виробничого обладнання;
- летючі уламки від пошкоджених обробних матеріалів та інструментів тощо.

До фізичних факторів, шкідливих для здоров'я, належать:

- підвищення або зниження температури повітря на робочому місці;
- підвищена вологість та швидкість вітру;
- підвищений рівень шуму, вібрації, ультразвуку та будь-якого випромінювання (теплове випромінювання, іонізуюче випромінювання, інфрачервоне випромінювання тощо);
- підвищена концентрація пилу та газів у повітрі на робочому місці;
- нерівномірне освітлення на робочих місцях, дорогах та маршрутах;
- підвищений світловий потік та імпульсний світловий потік;

2) Небезпечні виробничі фактори та хімічні речовини можна класифікувати за їх впливом на організм людини наступним чином:

- загальнотоксичні речовини, подразники, сенсibiliзуючі речовини (що викликають алергічні захворювання),
- канцерогенні речовини (що викликають пухлини) та мутагенні речовини (що діють на мікробні клітини).

До цих речовин належать багато парів і газів: бензол, оксиди азоту, чадний газ, толуол, діоксид сірки, аерозолі свинцю та інші пари, а також токсичний пил, що утворюється під час використання свинцю, берилію, міді та деяких видів пластмас. Крім того, до них належать агресивні рідини (кислоти, луги), які можуть спричинити хімічні опіки при контакті зі шкірою.

3) Шкідливі та біологічно небезпечні виробничі фактори: мікроорганізми (бактерії, віруси тощо) та мікроорганізми (рослини та тварини), що завдають шкоди або завдають захворювань працівникам;

4) Виробничі фактори зі шкідливим фізіологічним та психологічним впливом: надмірне фізичне навантаження (статичне та динамічне) та надмірне нерве навантаження (аналіз надмірного розумового навантаження).

4.3. Правила безпеки під час евакуації водіїв або операторів автотранспортних засобів

Забезпечення безпеки водіїв та операторів транспортних засобів під час евакуації є вирішальним компонентом реагування на надзвичайні ситуації. Дорожньо-транспортні пригоди характеризуються раптовими зупинками, різкими змінами напрямку руху та раптовим грюканням дверима. Аварії часто супроводжуються вибухами, пожежами або витокami токсичних речовин.

Дорожньо-транспортні пригоди зазвичай призводять до травм різного ступеня: від саден та переломів до серцевих нападів, пошкоджень внутрішніх органів або опіків внаслідок зіткнень, пожеж або вибухів. Аварії, пов'язані з перевезенням спеціалізованого обладнання, що містить токсичні, вибухові або легкозаймисті матеріали, є особливо небезпечними, оскільки вони становлять загрозу не лише для людей, а й для навколишнього середовища.

Заходи безпеки автомобілів зазвичай поділяються на заходи активної та пасивної безпеки. Заходи активної безпеки спрямовані на запобігання

аваріям, тоді як заходи пасивної безпеки спрямовані на пом'якшення наслідків аварій.

Заходи пасивної безпеки спрямовані на захист пасажирів після зіткнення, включаючи ремені безпеки та подушки безпеки, функціональні підголівники, крихку обробку салону, армовані склопластиком та енергопоглинаючі компоненти кузова.

Системи активної безпеки спрямовані на запобігання втраті керування транспортним засобом або зіткненням. До найпоширеніших засобів безпеки належать антиблокувальна система гальм (ABS), система контролю тяги, електронна система контролю стійкості, система розподілу гальмівних зусиль, система екстреного гальмування та електронне блокування диференціала.

У разі аварії, коли технічні заходи безпеки не можуть запобігти наслідкам, втручаються аварійно-рятувальні служби. Вони рятують постраждалих, що опинилися в замкненому просторі пошкодженого транспортного засобу. Спочатку рятувальники допомагають тим, хто може самотійно або з мінімальною допомогою вийти з транспортного засобу через вікна, двері або люки. Якщо це неможливо, рятувальники розрізають, затискають або розбирають частини кузова. Для цього вони використовують гідравлічні інструменти та, за необхідності, саморобні інструменти.

Якщо хтось опинився в замкненому просторі під транспортним засобом, рятувальники використовують домкрати, крани або підйомники, щоб підняти транспортний засіб або витягнути замкнену людину.

Автоспорт, як правило, пов'язаний з підвищеними ризиками, тому вимоги до його безпеки є суворішими. Рівень травматизму значно знизився завдяки впровадженню систем HANS, композитних шоломів, вогнестійких матеріалів та сучасних ременів безпеки.

У разі надзвичайної ситуації спеціалізовані служби, такі як рятувальні та пожежні служби, оснащені відповідним спорядженням, швидко прибудуть на місце події.

Залежно від типу, кожен транспортний засіб повинен бути оснащений аптечкою першої допомоги, аварійними гальмівними вогнями, вогнегасниками та додатковим обладнанням для перевезення вантажів та негабаритних вантажів, таким як дроселі та аварійні вогні. Транспортні засоби для далекобійних перевезень також потребують додаткового обладнання безпеки та технічної підтримки.

Як один з основних видів громадського транспорту, автобуси також оснащені аварійно-рятувальним обладнанням. Це обладнання включає аварійні виходи, легковідкриваючі двері з кермовим керуванням та спеціальні молотки для розбиття вікон. У складніших ситуаціях використовуватиметься зовнішнє рятувальне обладнання, таке як висувні драбини, рятувальні платформи та мотузкові системи. Коли життю пасажирів загрожує небезпека, професійні рятувальники негайно розпочнуть рятувальну операцію.

ВИСНОВКИ

Основною метою написання дипломної роботи було визначення оптимальних інтервалів між рухом транспортних засобів в умовах великого міста, з метою підвищення якості пасажирських перевезень.

Основним предметом дослідження було визначено основні методи визначення оптимального інтервалу руху транспортних засобів, а об'єктом дослідження виступали транспортні засоби ПП«Одіум Престиж».

На першому етапі, нами було проведено дослідження теоретичного матеріалу, щодо дослідження існуючих методів оцінки якості руху транспортних засобів в умовах міста. Нами було визначено, що тривалість часу, проведеного в транспортному засобі пасажиром, є одним з важливіших критеріїв оцінки якості транспортної послуги. ,

На наступному етапі, нами було досліджено кількість перевезених пасажирів всіма видами транспорту України за період 2010-2023 рр. та зміну пасажирообігу за той же період. Ми визначили, що кількість пасажирських поїздок зменшилася на 70% через те, що за період 2015-2018 рр не було враховано даних щодо Донецької та Луганської областей та Криму. Пасажирообіг (безпосередньо пов'язаний з обсягом пасажиропотоку) також зменшився на 69,9%. Це зниження пов'язане зі зменшенням обсягу пасажиропотоку за той самий період.

Також за той же період нами було досліджено дані по перевезенню пасажирів у місті Кривий Ріг, де нами було визначено, що населення міста за період 2018-2023 рр складало приблизно 650-700 тис. осіб, а місто має довжину приблизно 120 кілометрів. Транспортна мережа міста обслуговує різноманітні види транспорту, такі як легкий рейковий транспорт, швидкісний трамвай, тролейбуси, автобуси, мікроавтобуси та таксі.

За результатами дослідження, ми визначили, що за аналізований період зменшилась чисельність населення міста, а відповідно зменшилась кількість перевезених пасажирів та зменшився пасажирооборот.

З метою оптимізації руху пасажирського транспорту у Кривому розі, об'єктом аналізу було обрано підприємство ПП«Одіум Престиж», яке надає послуги міських пасажирських перевезень автобусами на маршрутах 14, 246 та 247. Крім того, підприємство обслуговує міжміські маршрути 409, 420, 422 та 427 та надає послуги перевезень на маршрутах 255, 264, 265 та 269 з використанням маршрутних таксі.

Оскільки дане дослідження зосереджено дослідженні інтервалів руху на міських маршрутах, проаналізуємо різні показники для маршрутів 255, 264, 265 та 269 що обслуговуються підприємством.

Вибір необхідної математичної моделі є важливим етапом, так як вона повинна ефективно моделювати умови руху автобусів на маршрутах мережі та розраховувати основні показники для різних типів руху на різних маршрутах. Для перевірки ефективності розробленої математичної моделі, важливо обирати критерії оцінки маршрутної мережі, які відповідають потребам пасажирів, місцевої влади та перевізників.

Запропонований у цій роботі алгоритм може генерувати такі схеми транспортного обслуговування на основі заданого маршруту та наступних вихідних даних:

- пасажирські перевезення у звичайному режимі;
- поєднання руху перевезень у звичайному режимі та в режимі маршрутного таксі;
- поєднання перевезень у звичайному режимі та у режимі «експрес»;
- перевезення в режимі маршрутного таксі.

Для визначення оптимального режиму руху транспортних засобів, нами було проаналізовано пасажироперевезення за маршрутом 255.

Одним з ключових показників якості послуг міського громадського транспорту є стабільність графіків перевезення, яка безпосередньо залежить від якісного розкладу. Аналіз літератури показав, що стабільні інтервали руху транспортних засобів є важливою рисою систем пасажирського транспорту регулярного сполучення, які забезпечують надійне та

високоякісне обслуговування пасажирів. Нерівномірні інтервали призводять до накопичення транспортних засобів у групи (тобто транспортних засобів не рухаються послідовно).

За аналізом проаналізованої літератури, враховуючи обсяг руху та місткість транспортних засобів, експлуатація маршруту необхідно прагнути досягнення мінімізувати витрати перевізника на забезпечення процесу перевезення пасажирів та витрати часу пасажирів на поїздку, а встановлена кількість транспортних засобів повинна охоплювати заданий обсяг пасажирських перевезень. Нами було також доказано залежність змінних витрат на км від пасажиромісткості транспортного засобу, а також залежності постійних витрат на 1 год від пасажиромісткості транспортного засобу.

З метою оптимізації інтервалу руху транспортного засобу, нами було обрано маршрут 255, де за запропонованою методикою нами було визначено оптимальний час відправлення маршруту 255 в будь-якому напрямку між 6:00 та 7:00 ранку у будні дні становить $0,294 \times 60 = 17$ хвилин. Фактичний час відправлення становить 15 хвилин.

Нами було розраховано вартість перевезення та вартість часу пасажирів при інтервалах часу у 15 та 17 хвилин. Таким чином, за отриманими результатами, можна зробити висновки, що економічний ефект при впровадженні оптимального інтервалу складе 8,15 дол США, з яких економія для перевізника складе 8,1 дол/США, а для пасажирів – 0,05 дол. США на годину.

В роботі було запропоновано заходи щодо охорони праці водіїв та розроблено заходи щодо забезпечення безпеки водіїв і операторів автотransпортних засобів під час евакуації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Аулін В.В., Голуб В.В. Якість перевезень пасажирів як невід’ємна частина транспортного процесу. Вісник КДПУ імені Михайла Остроградського. 2008. № 5 (52). С. 80–84.
2. Буренніков Ю.А. Проблеми та перспективи організації пасажирських перевезень у місті Вінниця / Ю.А. Буренніков, В.В. Біліченко, Ю.І. Іорданов // в зб.: “Тези доповідей XXXVII науковотехнічної конференції професорськовикладацького складу, співробітників та студентів університету з участю працівників науководослідних організацій та інженернотехнічних працівників підприємств м. Вінниця та області (Секція автомобілебудування, експлуатації та транспортного менеджменту)” Збірник тез доповідей. – Вінниця, 2008 – 63с.
3. Вартість автогазу на АЗС України [Електронний ресурс] // Мінфін.– 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://index.minfin.com.ua/markets/fuel/lpg/>.
4. Вартість дизельного палива на АЗС України [Електронний ресурс] // Мінфін. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://index.minfin.com.ua/ua/markets/fuel/dt/>.
5. Вільковський Є.К. Системні аспекти формування автобусної маршрутної мережі м. Львова / Є.К. Вільковський, Ю.С. Рахубовський // Наукові праці національного університету Львівська політехніка – №4. – Київ: Національна бібліотека ім.. В.І. Вернадського. – 2007, – 7с.
6. Вініченко В.С., Тарасюк І.Ю. Аналіз факторів і умов, які впливають на якість пасажирських перевезень на міському пасажирському транспорті. Комунальне господарство міст. 2011. № 99. С. 369–374.
7. Визначення емпіричних закономірностей [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://stud.wiki/mathematics/3c0a65635a3ad78b5c53b88421316d27_0.html???hi_story=0&pfid=1&sample=54&ref=0.
8. Галик Н.М. Удосконалення державного регулювання міського пасажирського транспорту / М.Н. Галик // Матеріали VIII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій», 27-28 листопада 2019 року. – Т. : ТНТУ, 2019. – Том 1. – С. 164. – (Сучасні технології на транспорті)
9. Гілевська К. Ю. Удосконалення організації перевезень пасажирів міським громадським транспортом за критеріями якості: дис. канд. техн. наук : 05.22.01. Київ, 2017. 193 с.

10. Гульчак О. Д. Підвищення ефективності міських пасажирських перевезень на основі удосконалення організації руху автобусів: автореф. дис. на здобуття наук. ступення канд. техн. наук / Гульчак Оксана Дмитрівна. – Київ: 2005. – 25с.
11. Доля В. К. Пасажирські перевезення / В. К. Доля. – Харків : Форт, 2011. – 504 с.
12. Ігнатенко О.С. Організація автобусних перевезень у містах / О.С. Ігнатенко, В.С. Маруни – К. УТУ, 1998. – 196с. 14. Дмитрієв О.М. Розробка методів і моделей організації маршрутних перевезень таксомоторів: автореф. дис. на здобуття наук. ступення канд. техн. наук / О.М. Дмитрієв – Д., 2002. 23 с. укр.
13. Коп'як Н. В. Основні напрямки розвитку приміських пасажирських перевезень [Електронний ресурс] / Н. В. Коп'як // Вісник НТУ. – 2009. –№ 19. – Режим доступу : http://archive.nbuv.gov.ua/portal/natural/vntu2009_19_2pdf26.
14. Крейсман Е.А. Удосконалення методики організації автобусних перевезень в транспортній системі міст: автореф. дис. на здобуття наук. ступення канд. техн. наук / Крейсман Едуард Августович. – Київ: 2005. – 21с.
15. Кристопчук М. Є. Приміські пасажирські перевезення/ М. Є. Кристопчук, О. О. Лобашов. – Харків :НТМТ. – 2012. – 223 с.
16. Кужель В.П., Іщенко А.П., Бишко М.О. Визначення рівня якості пасажирських перевезень з позиції пассажира. Вісник СНУ ім. В. Даля. 2013. № 15 (204). С. 12–16.
17. Лженева О.І. Ефективність експресних маршрутних перевезень пасажирів у найбільших містах: автореф. дис. на здобуття наук. ступення канд. техн. наук / О.І. Леженева – Харків, 2007. – 20с.
18. Мельник О.В. Вдосконалення функціонування маршрутної мережі пасажирського автомобільного транспорту / О.В. Мельник // в зб.: “Тези доповідей XXXVII науковотехнічної конференції професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів університету з участю працівників науководослідних організацій та інженернотехнічних працівників підприємств м. Вінниця та області (Секція автомобілебудування, експлуатації та транспортного менеджменту)” Збірник тез доповідей. – Вінниця, 2008 – 63с.
19. Методи прогнозування [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://stud.com.ua/40990/ekonomika/modeli_trendiv???history=0&pfid=1&sample=9&ref=0.
20. Назаренко Я.Я. Формування критеріїв якості послуг пасажирського транспорту в умовах європейської інтеграції України. Економіка та управління на транспорті. 2017. Вип. 4. С. 72–79.

21. Никитюк М., Стригунова М. Пасажирські автотранспортні послуги: класифікація показників якості. Стандартизація. Сертифікація. Якість. 2011. № 5. С. 53–55.
22. Организация перевозок пассажиров автомобильным транспортом / [В. Ф. Штанов, Г. А. Поберезкин, В. И. Ищенко, А. И. Чумаченко]. – Киев : Техника, 1988. – 94 с.
23. Пасажирські перевезення. Методичні рекомендації до практичних робіт для студентів денної форми навчання напряму підготовки 0701 Транспортні технології / І.О. Таран, В.В. Литвин, О.В. Новицький. – Д.: Національний гірничий університет, 2010. – 30 с.
24. Порядок класифікації автобусів за комфортністю та визначення сфери їхнього використання: Наказ 12.04.2007 № 285. – Офіц. вид. – К.: ГРІФНЕ: Міністерство транспорту та зв'язку України, 2007. – 32с.
25. Про затвердження Правил надання послуг пасажирським автомобільним транспортом : Постанова Кабінета Міністрів України від 18.02.1997 № 176 / Кабінет Міністрів України. URL: <https://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/176-97-п> (дата звернення: 5.04.2019).
26. Про затвердження Порядку організації перевезень пасажирів та багажу автомобільним транспортом: Наказ Міністерства інфраструктури України 15.07.2013 № 480 / Міністерство інфраструктури України. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z1282-13> (дата звернення: 5.04.2019).
27. Продукція Львівського автобусного заводу [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.laz.ua/production/suburb
28. Статистичні дані по галузі автомобільного транспорту [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://mtu.gov.ua/content/statistichnidani-po-galuzi-avtomobilnogo-transportu.html>.
29. Удосконалення процесу перевезень пасажирів у міжміському сполученні [Електронний ресурс]. – 1511. – Режим доступу до ресурсу: <https://knowledge.allbest.ru/transport/d3c0a65635a3bd78b4d43a88521316c36.html>.
30. Филимонова І.Ю., Василенко Т.Є., Фесенко Д.В. Теоретичні аспекти оцінки якості роботи автобусів. Вісті Автомобільно-дорожнього інституту. 2011. Вип. 2(13). С. 15–20.
31. Яновський П. О. Пасажирські перевезення / П. О. Яновський. – Київ : НАУ, 2008. – 469 с.