



ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

ФАКУЛЬТЕТ БУДІВНИЦТВА, ТРАНСПОРТУ ТА
ЕНЕРГЕТИКИ



КАФЕДРА «ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ МАШИН»

КВАЛІФІКАЦІЙНА БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

на тему:

«Удосконалення пасажирських перевезень на автобусному
маршруті №274 у ГП "Олікс", м. Кропивницький»

Виконав:

здобувач групи ТТ-21СКЗ
ПОСТОЛОВСЬКИЙ

(шифр групи)

(підпис)

Юрій

(ім'я та прізвище)

Керівник:

Д.Т.Н. , проф.
(науковий ступінь, вчене звання)

(підпис)

Віктор АУЛІН
(ім'я та прізвище)

«ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ»

Завідувач кафедри:

К.Т.Н. , доц.
(науковий ступінь, вчене звання)

(підпис)

Сергій МАГОПЕЦЬ
(ім'я та прізвище)

«__» _____ 2023 р.

Рецензент:

_____,
(науковий ступінь, вчене звання)

(підпис)

(ім'я та прізвище)

«__» _____ 2023 р.

Кропивницький – 2023 р.

ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ БУДІВНИЦТВА ТА ТРАНСПОРТУ
КАФЕДРА «ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА РЕМОНТУ МАШИН»

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський) рівень вищої освіти

Галузь знань: 27 – «Транспорт»

Спеціальність: 275 – «Транспортні технології (автомобільний транспорт)»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри «Експлуатації та
ремонту машин»

_____ Сергій МАГОПЕЦЬ
06 квітня 2023 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ АТЕСТАЦІЙНУ РОБОТУ

Постоловського Юрія Павловича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення пасажирських перевезень на автобусному маршруті №274 у ІПІ "Олікс", м. Кропивницький

керівник роботи _____ Аулін Віктор Васильович, д-р. техн. наук, проф.

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від "06"04 2023 року №151-02.

2. Строк подання здобувачем роботи 30 травня 2023р.

3. Вихідні дані до роботи 1. Матеріали переддипломної практики. 2. Методичні вказівки для виконання переддипломної практики. 3. Методичні вказівки для виконання випускної кваліфікаційної бакалаврської роботи.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) В першому розділі розглянути специфіку структури та функціонування підприємства з пасажирських перевезень. З'ясувати стан та навести характеристику проблем, пов'язаних з пасажирськими перевезеннями у місті Кропивницькому та на маршруті № 274. Дати характеристику системи пасажирських перевезень та існуючим методам її функціонування. Визначити методи обстеження пасажиропотоків на маршрутах міста. Обґрунтувати вибір теми бакалаврської роботи.

В другому розділі висвітлити теоретико-математичне обґрунтування удосконалення пасажирських перевезень на маршрутах міста Кропивницький. Розробити алгоритм моделювання процесу перевезень на маршруті № 274. З математичної точки зору розв'язати питання мінімізації часу очікування пасажирів на зупинках маршруту. Розробити модель функціонування маршруту в ринкових умовах.

В третьому розділі показати заходи удосконалення функціонування міського автобусного маршруту на основі дослідження пасажиропотоків на ньому. З'ясувати питання ефективності функціонування маршрутів і транспортної системи. Здійснити розрахунок

характеристик пасажиропотоків і показників використання транспортних засобів на маршруті. Побудувати діаграми розподілу пасажиропотоку на маршруті, пасажирообіг його зупинних пунктів та проаналізувати отримані результати.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Ілюстративний матеріал подати у вигляді мультимедійної презентації розробленої в програмі MS Power Point, яка буде складатися з наступних слайдів: 1. Мета і основні завдання бакалаврської роботи (А4). 2. Ефективність пасажирських перевезень на маршруті (А4). 3. Схема алгоритму математичного моделювання процесу пасажирських перевезень (А4). 4. Математична модель пасажиропотоку на маршруті (А4). 5. Моделювання мінімізації часу очікування пасажирів на зупинних пунктах маршруту (А4). 6. Модель функціонування маршруту пасажирських перевезень (А4). 7. Пасажиропотік за годинами доби на автобусному маршруті № 274 за результатами обстеження (А4). 8. Розподіл пасажиропотоку по маршруту «274 в прямому і зворотньому напрямках (А4). 9. Пасажирообіг зупинних пунктів в прямому і зворотньому напрямках на маршруті №274 (А4). 10. Висновки.

6. Дата видачі завдання 20 квітня 2023 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Підготовка та перевірка першого розділу роботи	05.05.2023	
2	Підготовка та перевірка другого розділу роботи	15.05.2023	
3	Підготовка та перевірка третього розділу роботи	29.05.2023	
5	Підготовка та перевірка ілюстративного матеріалу по бакалаврській роботі	30.05.2023	
6	Формування комплекту документів та зшити бакалаврську роботу	30.05.2023	

Здобувач вищої освіти

(підпис)

Юрій ПОСТОЛОВСЬКИЙ

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Віктор АУЛІН

(прізвище та ініціали)

[illegible]

Реферат

Бакалаврська робота складається з пояснювальної записки та ілюстративного матеріалу.

Пояснювальна записка має 39 сторінок тексту формату А4, 8 рисунків, 4 таблиці, 20 використаних джерел по переліку посилань.

Метою бакалаврської роботи є удосконалення організації пасажирських перевезень на автобусному маршруті № 274 та підвищення пасажиропотоку на основі критерію ефективності і використання оптимальної кількості транспортних засобів за результатами обстеження.

Для реалізації мети в роботі розв'язувалися наступні завдання:

- з'ясувати проблеми, пов'язані з пасажирськими перевезеннями на маршрутах, методи та методики обстеження пасажиропотоків;

- обґрунтувати з точки зору математичного моделювання удосконалення пасажирських перевезень на маршрутах міста, та розробити алгоритм розв'язання питань мінімізації очікування пасажирів на зупинних пунктах та оптимальної кількості транспортних засобів на маршруті;

- шляхом обстеження пасажиропотоку на маршруті №274 побудувати гістограми розподілу пасажиропотоку та пасажирообігу та інтервалів руху транспортних засобів;

- здійснити вибір оптимальної кількості транспортних засобів, що покращить організацію пасажирських перевезень на маршруті та підвищить їх надійність і забезпечить перевезення з мінімальними витратами.

В першому розділі розглянута специфіка структури та функціонування підприємства з пасажирських перевезень. З'ясовано стан та наведено характеристику проблем, пов'язаних з пасажирськими перевезеннями у місті Кропивницькому та на маршруті № 274. Дано характеристику системи пасажирських перевезень та існуючим методам її функціонування. Визначено методи обстеження пасажиропотоків на маршрутах міста. Обґрунтовано вибір теми бакалаврської роботи.

В другому розділі висвітлено теоретико-математичне обґрунтування удосконалення пасажирських перевезень на маршрутах міста Кропивницький. Розроблено алгоритм

модельовання процесу перевезень на маршруті № 274. З математичної точки зору розв'язано питання мінімізації часу очікування пасажирів на зупинках маршруту. Розроблено модель функціонування маршруту в ринкових умовах.

В третьому розділі показані заходи удосконалення функціонування міського автобусного маршруту на основі дослідження пасажиропотоків на ньому. З'ясовано питання ефективності функціонування маршрутів і транспортної системи. Здійснено розрахунок характеристик пасажиропотоків і показників використання транспортних засобів на маршруті. Побудовано діаграми розподілу пасажиропотоку на маршруті, пасажирообіг його зупинних пунктів та проаналізовано отримані результати.

ВСТУП

**РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ПРОБЛЕМ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НА
МАРШРУТАХ, МЕТОДИ ТА МЕТОДИКИ ОБСТЕЖЕННЯ
ПАСАЖИРОПОТОКІВ**

1.1 Специфіка структури та функціонування підприємства з
пасажирських перевезень

1.2. Характеристика проблем, що виникають в галузі пасажирських
перевезень у місті та безпосередньо на маршруті №274.

1.3 Аналіз існуючих методів функціонування систем пасажирських
перевезень

1.4 Методи обстеження пасажиропотоків на маршрутах міста

1.5 Обґрунтування вибору теми, мети та задачі бакалаврської роботи

**РОЗДІЛ 2 ТЕОРЕТИКО-МАТЕМАТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ
УДОСКОНАЛЕННЯ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НА МАРШРУТАХ
МІСТА КРОПИВНИЦЬКИЙ**

2.1. Ефективність процесу пасажирських перевезень на маршруті та
розробка методу алгоритму моделювання

2.2. Мінімізація часу очікування пасажирів на зупинних пунктах
маршруту

**РОЗДІЛ 3 УДОСКОНАЛЕННЯ ФУНКЦІОНУВАННЯ МІСЬКОГО
АВТОБУСНОГО МАРШРУТУ НА ОСНОВІ ДОСЛІДЖЕНЬ
ПАСАЖИРОПОТОКІВ**

3.1. Ефективність функціонування міського автобусного маршруту №
274 в сучасних умовах функціонування транспортної системи

3.2. Розрахунок характеристик пасажиропотоків і показників
використання транспортних засобів на маршруті на основі даних його
обстеження

3.3. Розробка моделі функціонування маршруту пасажирських
перевезень в ринкових умовах

ВИСНОВКИ

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

ВСТУП

Удосконалення організації та безпеки транспортного процесу пасажирських перевезень пасажирів має важливу соціальну аспектоспрямованість. При її вирішенні мають бути задіяні всі рівні структури міської влади.

Парки рухомого складу пасажирських автотранспортних підприємств (АТП) України поповнюються автобусами нової конструкції вітчизняного та зарубіжного виробництва. Ці транспортні засоби (ТЗ) можуть використовувати альтернативні види палива і потребують високоякісного технічного обслуговування і діагностування та технологій ремонту.

Незважаючи на різний ступінь досконалої конструкції автобусів, які не використовуються, впродовж терміну їх служби, в матеріалах спряжень деталей, механізмах та системах відбуваються закономірні природні процеси тертя та зношування. В результаті чого початкові експлуатаційні властивості ТЗ погіршуються. Знижуються показники їх експлуатаційної надійності.

Ефективне використання ТЗ на маршрутах пасажирських перевезень дають результати спостережень пасажиропотоком, пасажирообігом та іншими характеристиками. Важливим також є підвищення якості транспортного обслуговування пасажирів АТП. Система якісного обслуговування, сукупність показників якості та критеріїв якості пасажирських перевезень потребують комплексного підходу з розв'язання..

Питання технічної та технологічної ефективності використання ТЗ пов'язано передусім з економічною ефективністю. Це передусім залежить безпосередньо від експлуатаційних властивостей і характеристик ТЗ.

В даній бакалаврській роботі наведено способи удосконалення пасажирських перевезень на автобусному маршруті, підвищення пасажиропотоку на основі критерію ефективності і використання оптимальної кількості з урахуванням ранкових і вечірніх годин «пік».

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ПРОБЛЕМ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НА МАРШРУТАХ, МЕТОДИ ТА МЕТОДИКИ ОБСТЕЖЕННЯ ПАСАЖИРОПОТОКІВ

1.1 Специфіка структури та функціонування підприємства з пасажирських перевезень

На ПП «Олікс» працює служба безпеки дорожнього руху та організації пасажирських перевезень, а також служба експлуатації.

«Підприємство обслуговує вісім міських (1ц, 3, 15, 21, 27, 44, 108, 274) маршрутів, три приміських (Кропивницький – Соколівське, Кропивницький – Вишняківка) та три міжміських (Кропивницький – Смоліне, Кропивницький – Бобринець, Кропивницький – Новомиргород). Для обслуговування вказаних маршрутів підприємство використовує автобуси марки: БАЗ 2215; РУТА 17; БАЗ А079; БАЗ А081.10, МАЗ 203.

ПП «Олікс» керує голова правління, в розпорядженні якого фінансові потоки. Він є юридично відповідальною особою. Йому підпорядковуються всі служби і відділи. Голова правління координує роботу всіх підрозділів та громадських організацій підприємства. Робота підприємства забезпечується функціонуванням різних служб та відділів, які входять до його складу.

Основною із служб, що забезпечує пасажирські перевезення є служба експлуатації, яка призначена для організації і виконання перевезень пасажирів. Вона керує роботою автобусів на лінії, складає їх раціональні маршрути, здійснює диспетчерське керівництво, ліквідує невикористані простоти й зменшує їх порожні пробіги. Служба експлуатації організує працю водіїв і впроваджує іновіаційні методи технології перевезення на лінії. Їй підпорядковані начальники бригад і водії. До її складу входить група безпеки руху (БР), яка займається розробкою та здійсненням заходів по попередженню дорожньо-транспортних пригод (ДТП), медичним контролем водіїв перед виїздом на лінію та профілактичним оглядом автомобілів, що випускаються.

Очолює службу експлуатації заступник голови правління підприємства по експлуатації. До складу служби експлуатації включена також група регулярності руху та диспетчерська служба.

До складу ПП «Олікс» входить технічна служба, яка забезпечує технічну готовність ТЗ до роботи на лінії своєчасним та якісним виконанням ТО і ПР, а також належним зберіганням ТЗ та постачанням експлуатаційними матеріалами. Крім того технічна служба здійснює заходи по економії паливно-мастильних матеріалів, запасних частин та шин, впроваджує механізацію й автоматизацію всіх гаражних процесів. Керівником служби є перший заступник голови правління – головний інженер. Технічна служба включає в собі наступні відділи: виробничо-технічний, гаражний, головного механіка, дільниць ТО і ПР, виробничі і гаражні дільниці.

Планово-економічний відділ займається плануванням виробничої роботи підприємства та обліком виконання плану по всіх показниках» [3-5].

1.2 Стан та характеристика проблем, що пов'язані з пасажирськими перевезеннями у місті та безпосередньо на маршруті №274.

Проблеми, пов'язані з міськими автотранспортними пасажирськими перевезеннями, можуть виникати через застарілу транспортну мережу та недосконалу організацію перевезень. Одні з них включають недостатнє використання інформаційних технологій у плануванні та організації перевезень, неузгодженість між учасниками процесу, конкуренцію між транспортними компаніями та недотримання графіків руху.

Для вирішення цих проблем в організації міських пасажирських перевезень необхідно приділити увагу таким питанням:

Підвищення ефективності та якості надання пасажирських транспортних послуг: використання сучасних інформаційних технологій для планування маршрутів, контролю за рухом транспорту та квітування пасажирів, впровадження електронної системи оплати проїзду, покращення комфорту і безпеки пасажирів.

Підвищення безпеки руху транспортних засобів на маршрутах: впровадження систем моніторингу швидкості, встановлення відеоспостереження в автобусах, навчання водіїв правилам безпеки та управління аварійними ситуаціями.

Розвиток транспортної системи міста, як комплексу інноваційної інфраструктури: будівництво нових маршрутів, розвиток системи громадського

транспорту, забезпечення інтеграції різних видів транспорту (автобуси, трамваї, метро, велосипеди), розширення пішохідних зон та розвиток велоінфраструктури.

Врахування цих аспектів може сприяти покращенню міських пасажирських перевезень, забезпечити зручність для пасажирів, покращити безпеку та зменшити негативний вплив на довкілля.

Впровадження інформаційних технологій у транспортну систему міста Кропивницького може допомогти вирішити багато зазначених проблем. Ось деякі можливі заходи:

Система моніторингу та управління міськими пасажирськими перевезеннями: Встановлення системи, що дозволяє в режимі реального часу відстежувати рух транспортних засобів, моніторити їх використання та заганяти дані про рух у централізовану систему. Це допоможе покращити контроль за графіком руху, забезпечити точність інформації про розклад та забезпечити оперативну реакцію на затримки та проблеми.

Система обліку пасажиропотоків та паспорти маршрутів: Встановлення засобів підрахунку пасажирів, наприклад, за допомогою електронних квитків або безконтактних карток, дозволить отримувати точну інформацію про пасажиропотоки на різних маршрутах. Також можна вести електронні паспорти маршрутів, що містять інформацію про розклади, тривалість руху та інші параметри, що сприятимуть покращенню організації перевезень.

Навігаційно-програмний апаратний комплекс: Розробка та встановлення системи навігації та контролю, яка допоможе пасажирам отримувати актуальну інформацію про розташування транспортних засобів, розклад руху та інші корисні дані. Це можна реалізувати через мобільні додатки, електронні табло на зупинках або інші інтерактивні інформаційні системи.

Контроль дотримання умов договору на перевезення: Застосування системи контролю, що дозволяє вести моніторинг дотримання перевізниками умов договору на перевезення пасажирів, наприклад, щодо частоти руху, технічного стану ТЗ та якості обслуговування. Це сприятиме поліпшенню якості надання послуг та забезпеченню виконання угоди з пасажирями.

Впровадження інформаційних технологій дозволить забезпечити більш точне планування, моніторинг та управління пасажирськими перевезеннями, покращити якість обслуговування та ефективність транспортної системи міста Кропивницького.

Аналіз структури міста Кропивницький свідчить, що основна частина населення проживає в центральному і житлових районах з високою густиною розселення. Зазначене пояснюється мікрорайонним способом забудови багатоповерховими будівлями, сформованими 60-90 роки ХХ століття. Дослідження пересувань населення міста свідчать, що майже 95 % пересувань населення здійснюються по трудовій і культурно-побутовій меті з використанням пасажирського транспорту.

Пересування населення в м. Кропивницькому забезпечується: автобусами, тролейбусами і маршрутними таксі. Ці ТЗ курсують по маршрутах, встановлених міськвиконкомом міста, відділом управління транспорту та зв'язку. Крім цього існують ТЗ, рух яких не регламентований міською або відомчою маршрутною мережею: легковими автомобілями і двоколісні ТЗ.

Маршрутна мережа міста налічує 11 автобусних, 8 тролейбусних і 18 маршрутів, які обслуговують в режимі маршрутного таксі. Не дивлячись на значне збільшення сумарної довжини маршрутів транспорту малої та особливо малої місткості, їх маршрутна мережа відрізняється від транспорту великої та середньої місткості (тролейбуси і автобуси). Маршрутні таксі дублюють маршрути автобусів великої та середньої місткості на 80%, при цьому тільки частина маршрутів відкриває альтернативні шляхи сполучення між пасажироутворюючими вузлами на маршрутах міста.

Аналіз структури і функціонування транспортної системи м. Кропивницького свідчить, що вона має інфраструктуру, що динамічно розвивається. Високі темпи зростання кількості ТЗ середньої, малої та особливо малої місткості при істотному зниженні ТЗ електротранспорту і автобусів великої місткості. Це вимагає більш зваженого підходу до формування соціально і економічно обґрунтованої маршрутної мережі МПТ, що забезпечує зацікавленість в першу чергу учасників пасажирських перевезень і першу чергу пасажирів, як споживачів.

1.3 Аналіз існуючих методів функціонування систем пасажирських перевезень

Аналіз проводиться з метою вибору найбільш ефективних методів удосконалювання організації перевезень на маршрутах обслуговуючих місто Кропивницький. Це дозволить підвищити результативність їхньої роботи.

Сполучення маршрутної системи автобусного транспорту з маршрутними системами тролейбусів і маршрутних таксі в місті Кропивницький складає комплексну маршрутну систему міського пасажирського транспорту. Напрямок і довжина транспортної мережі встановлюється з урахуванням забезпечення прямолінійного транспортного зв'язку між усіма районами міста і найголовніших пунктів масового пересування. Вибір і обґрунтування маршрутної системи залежать насамперед від характеру розподілу пасажирських потоків по маршрутах.

При розв'язанні питань раціональної організації руху ТЗ відділ експлуатації АТП повинен мати у своєму розпорядженні базу даних про характер і закономірності розподілу пасажиропотоків по маршрутах.

Пасажиропотоки мають певні потужності, що визначається кількістю пасажирів, що проїжджають у визначений час через заданий перетин маршруту в одному напрямку. Пасажиропотоки змінюються по годинах доби, дням тижня і сезонам року, по довжині маршруту і напрямкам руху. Зазначимо, що характер зміни на кожному маршруті і по місту в цілому має визначену періодичність. В зв'язку з чим систематичне вивчення і виявлення закономірностей у коливаннях пасажиропотоків. Це є найважливішим і повсякденним завданням кожного АТП, в тому числі і ПП «Олікс».

Маючи дані про розмір і характер змін пасажиропотоків можливо обґрунтувати і вибрати ефективні і раціональні маршрути, визначити потрібну кількість ТЗ, їхні типи й експлуатаційні характеристики, розрахувати раціональну організацію руху ТЗ по маршрутах й розробляти маршрутні розклади.

Вибрати раціональний режим руху ТЗ на маршруті дають дані про кореспонденцію пасажирів.

Обстеження закономірностей розподілу потужності пасажиропотоку по довжині маршруту, по напрямках руху автобуса і годинник доби, а також кореспонденцію пасажирів і середню дальність поїздки дають можливість встановити інтенсивність їх на основі проведення періодичних обстежень пасажиропотоків, обробки й аналізу даних обстежень по маршрутах і транспортній мережі в цілому.

Обстеження пасажиропотоків можуть бути суцільні – на усіх видах міського чи транспорту тільки на автобусному транспорті, і вибіркові – на окремих чи маршрутах групі маршрутів. Вибір найбільш доцільного методу обстеження залежить від конкретних завдань, що ставлять пасажирська експлуатаційна служба і відділи експлуатації АТП при вивченні пасажиропотоків.

Перевезення пасажирів у містах здійснюються автобусами різної місткості. Володіючи даними обстеження пасажиропотоків на кожному маршруті, приступають до вибору раціонального типу ТЗ і визначають їх необхідну кількість по періодах доби.

Звичайно на кожному маршруті використовуються ТЗ одного типу. При різких коливаннях пасажиропотоків по годинах доби доцільно використовувати на маршруті зчленовані чи автобуси різної місткості

«При виборі транспортних засобів необхідної місткості для визначеного маршруту насамперед враховують:

- потужність пасажиропотоку в одному напрямку на найбільш завантаженій ділянці в годину “пік”;
- нерівномірність розподілу пасажиропотоків по годинам доби і ділянкам маршруту;
- доцільний інтервал проходження ТЗ по годинам доби;
- дорожні умови руху ТЗ і пропускну здатність вулиці;

- провізну спроможність, тобто максимальна кількість пасажирів, що може бути перевезено ТЗ за 1 годину в одному напрямку;
- собівартість пасажирських перевезень на маршруті» [7-9].

Використання ТЗ малої місткості при великій потужності пасажиропотоків збільшує необхідна кількість ТЗ і водіїв, а також підвищує завантаження вулиць. Навпаки, експлуатація ТЗ великої місткості на напрямках з пасажиропотоком малої потужності приводить до занадто великих інтервалів руху, та до зайвих витрат часу пасажирями на очікування ТЗ і в зв'язку з цим до великих незручностей для населення.

Основним критерієм вибору раціональної місткості ТЗ для того чи іншого маршруту є доцільний інтервал руху, що визначають даними обстеження пасажиропотоку.

Визначено час пробігу ТЗ по маршруту, тобто час рейсу, є істотно важливим, тому що воно являє собою основну вихідну частину загальних даних, необхідних для розробки і складання маршрутних розкладів.

Обґрунтовано встановлений час рейсу не тільки визначає раціональну швидкість руху ТЗ, але і значно впливає на регулярність і безпеку руху. У практичних умовах час рейсу визначають методом хронометражних спостережень руху ТЗ по маршруту в дійсних умовах.

Хронометражні спостереження і розрахунок часу рейсу проводить технік відділу експлуатації. Хронометражем визначають мінімально можливий час рейсу за кращими результатами спостережень на кожній контрольній ділянці і максимальний час рейсу по максимальних витратах часу на пробіг по перегонах і контрольних ділянках. На підставі отриманих даних технік готує хронометражні графіки руху ТЗ. Такі графіки будують для кожного періоду доби.

Оскільки транспортний процес підлеглий точному графіку, а виконання кожного рейсу - строгому розкладу, організація праці в пасажирських АТП повинна бути простою і чіткою.

1.4 Методи обстеження пасажиропотоків на маршрутах міста

Раціональна організація обслуговування населення ТЗ базується на інформації про їх використання в перевезеннях.

Основним способом отримання цієї інформації є обстеження безпосередньо на маршрутній мережі. Обстеженням пасажиропотоків на існуючих маршрутах отримують інформацію для уточнення маршрутної мережі, розробки раціональних графіків випуску ТЗ на лінію та повернення з неї. Це забезпечує найбільш високу якість обслуговування населення та ефективне використання ТЗ.

Досвід роботи ТЗ в різних містах показує, що раціональна організація можлива тільки при наявності бази даних на сервері АТП, яка дозволяє встановити кореспонденції пасажирів на розглянутих напрямках.

При обстеженні пасажиропотоків на маршрутах, які обслуговуються ТЗ, використовуються широко відомі методи отримання аналогічної інформації як в ручному, так і автоматизованому режимах .

На практиці найбільш поширеними методами обстеження пасажиропотоків є: звітно - статичний, табличний, рахунково-табличний, анкетний, талонний, візуальний та автоматизованого обстеження пасажиропотоків.

Звітно-статичний метод дає можливість визначати число перевезених пасажирів, з використанням даних про продані квитки на маршрутах. Ці дані повинні доповнюватись даними, які визначають частку пасажирів, які мають право на безкоштовний проїзд або мають інші види квитків, які сплачені на певний календарний рядків.

Табличний метод, заснувань на опитуванні пасажирів, дає найбільш повні дані про пасажиропотоки, характеризує розподіл поїздок пасажирів між зупинними пунктами маршруту, пересадження пасажирів та своєчасність виконання перевезень. Табличний метод дає дані про пересадження на інші види транспорту або інші маршрути того ж виду транспорту.

Матеріали обстеження табличним методом дозволяють визначити об'єм перевезень по окремим ділянках, напрямкам, рейсам та маршрутам. А після цього на зазначених елементах транспортної системи: об'єм перевезень пасажирів,

пасажиروобіг, пасажиروобмін, зупинних пунктів, кореспонденцію поїздок пасажирів між зупинними пунктами, середню дальність поїздки пасажирів, використання місткості ТЗ та інші дані для подальшого вдосконалення перевезень по всій транспортній мережі.

Рахунково-табличний метод заснований на підрахунку пасажирів обліковцями, які знаходяться на зупинних пунктах або всередині ТЗ. У першому випадку обліковці орієнтовно визначають пасажируобмін основних зупинних пунктів. В іншому випадку обліковці підраховують число пасажирів які входять та виходять по кожному зупинному пункті. Число обліковців повинно відповідати кількості дверей ТЗ.

Анкетний метод обстеження пасажиропотоків заснувань на заповненні населенням, пасажирами або обліковцями спеціальних анкет про поїздку, яку виконують. Звісно, що цей метод має велику трудомісткість, але його використання може надати уявлення про бажання пасажирів по удосконаленню організації перевезень.

При талонному методі обстеження кожному пасажиру видають талон при вході в автобус (у талоні вказується зупинка посадки). При виході пасажир повертає талон обліковцю, який помічає в ньому зупинний пункт виходу пасажирів.

Візуальний метод засновано на врахуванні водієм автобусу ступеня заповнення салону автобуса пасажирами та оцінки її по п'ятибальній системі. Оцінка помічається в заготовленій для цього карточці з позначенням зупинних пунктів.

Насьогодні методи автоматизованого обстеження отримують все більші використання. Вони дозволяють підрахувати число пасажирів, які входять та виходять з ТЗ. Методи автоматизованого обстеження поділяються на неконтактні та контактні.

При обстеженні було використано рахунково-табличний, анкетний та візуальний методи, тому що за їх допомогою отримується необхідна інформація і її найбільша доступність.

1.5 Обґрунтування вибору теми, мети та задачі бакалаврської роботи

На сучасному етапі розвитку підприємств, приватного бізнесу та муніципальних підприємств необхідність в перевезенні пасажирів стає пріоритетним напрямом. В залежності від замовлень на перевезення і покращення їх організації та якості надання послуг, поліпшення техніко-економічних показників розробляється дана тема бакалаврської роботи.

Необхідність в розробці даної теми полягає в тому, що є ряд невирішених питань, які можливо вирішити в процесі виконання роботи:

- провести аналіз сучасного стану питань організації роботи міського пасажирського транспорту;
- шляхом експериментальних досліджень пасажиропотоку, на прикладі автобусного маршруту загального користування № 274 в м. Кропивницькому побудувати гістограми об'ємів пасажирських перевезень та інтервалів руху транспортних засобів;
- здійснити вибір оптимального рухомого складу, що покращить організацію пасажирських перевезень на маршруті, підвищить їх надійність та забезпечить перевезення з меншими витратами;

Вибір вихідних даних для розв'язання зазначених завдань здійснюють на основі обстежень маршрутної мережі, аналізують та приводять характеристику маршруту у вигляді схеми, оформлюють дані у вигляді таблиць та будують графіки пасажиропотоків. На прикладі маршруту №274 дано показники роботи ТЗ на маршруті, що є необхідними вихідними даними для виконання розрахунків та побудови графіків.

РОЗДІЛ 2

ТЕОРЕТИКО-МАТЕМАТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ УДОСКОНАЛЕННЯ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НА МАРШРУТАХ МІСТА КРОПИВНИЦЬКИЙ

2.1. Ефективність процесу пасажирських перевезень на маршруті та розробка методу алгоритму моделювання

Розробка та впровадження заходів, спрямованих на поєднання інтересів учасників пасажирських перевезень, може допомогти відповісти на поставлені питання та поліпшити функціонування маршрутної мережі. Ось деякі можливі заходи:

Аналіз та оптимізація маршрутної мережі: Проведення детального аналізу і оцінки маршрутної мережі з урахуванням потреб населення в перевезеннях. Це може включати перегляд і коригування існуючих маршрутів, врахування потоків пасажирів, підвищення частоти руху транспорту на популярних напрямках та інші заходи для покращення оптимальності маршрутної мережі.

Задоволення потреб населення в перевезеннях: Розробка механізмів збору та аналізу даних про потреби населення в перевезеннях. Це може включати проведення опитувань, аналіз статистичних даних про пасажиропотоки, вивчення демографічних та соціально-економічних характеристик населення. На основі цих даних можна виробляти рекомендації щодо розширення або коригування транспортних послуг для задоволення потреб населення.

Оцінка рівня обслуговування населення: Встановлення системи оцінки рівня обслуговування, яка дозволить оцінити якість та задоволеність пасажирів транспортними послугами. Це може включати збір відгуків пасажирів, проведення пасажирських опитувань та моніторингу якості обслуговування. Отримані дані можуть бути використані для вдосконалення транспортної системи та забезпечення кращого обслуговування населення.

Врахування суспільних інтересів: Забезпечення балансу між соціальними вимогами населення та рентабельністю роботи транспортних підприємств. Це може

бути досягнуто через встановлення ефективних механізмів державного регулювання, стимулювання ефективності та рентабельності перевезень, а також розробку програм підтримки для пасажирського транспорту.

Впровадження цих заходів допоможе забезпечити більш оптимальну маршрутну мережу, задовольнити потреби населення в перевезеннях та оцінити рівень обслуговування населення.

«В якості показника ефективності пасажирських перевезень на маршруті прийнято критерій, що враховує як дохідну, так і витратну складові процесу транспортного обслуговування населення:

$$E_i = \frac{D_i - C_i}{C_i} \quad (2.1)$$

де E_i - ефективність системи пасажирських перевезень на маршруті, грн./грн.;

D_i - доходи АТП на маршруті за розрахунковий період, грн.;

C_i - експлуатаційні витрати системи пасажирських перевезень на маршруті за розрахунковий період, грн.

Якщо врахувати параметри технологій перевезень пасажирів на маршруті, то цільова функція ефективності системи пасажирських перевезень, матиме вигляд:

$$E = \frac{\sum_{i=1}^n (Q_i(A_i, q_i) \cdot T_i) - \sum_{i=1}^n \left(T_i \cdot \dot{A}_i \cdot R_0 \cdot (A_i, q_i) \cdot \left(C_{ci}(A_i, q_i) \cdot L_i(A_i, q_i) + C_{ind}(A_i, q_i) \cdot \frac{L_i(A_i, q_i)}{V_e} \right) \right)}{\sum_{i=1}^n \left(T_i \cdot \dot{A}_i \cdot R_0 \cdot (A_i, q_i) \cdot \left(C_{ci}(A_i, q_i) \cdot L_i(A_i, q_i) + C_{ind}(A_i, q_i) \cdot \frac{L_i(A_i, q_i)}{V_e} \right) \right)} \rightarrow \max_{A_i, q_i \in \Omega}, \quad (2.2)$$

при обмеженнях Ω :

$$A_i, q_i > 0; \quad (2.3)$$

$$A_i, q_i = \text{int}; \quad (2.4)$$

$$\sum_{i=1}^n Q_i(A_i, q_i) = \sum_{k=1}^{N_{\max}} \sum_{l=1}^{N_{\max}} H_{kl} \quad (2.5)$$

$$\sum_{i=1}^n L_i(A_i, q_i) = L_{MM} \quad (2.6)$$

де $Q_i(A, g)$ - обсяг перевезень на маршруті за розрахунковий період, пас.;

T_i - тариф на маршруті, грн.;

T_H - тривалість розрахункового періоду, год.;

A_i - кількість ТЗ на маршруті, од.;

g_i – пасажиромісткість i -го ТЗ, задіяного на перевезеннях пасажирів, од.;

$R_O(A_i, g_i)$ - кількість оборотних рейсів за розрахунковий період;

$C_{3M}(A_i, g_i)$ - змінна складова витрат, грн./км;

$C_{пост}(A_i, g_i)$ - постійна складова витрат, грн./год.;

$L_i(A_i, g_i)$ - довжина i -го маршруту, км;

V_{ei} - експлуатаційна швидкість, км/год.;

H_{kl} - максимальна сумарна реалізована кореспонденція пасажирів з k -го населеного пункту в l -й за розрахунковий період, пас.;

L_{MM_i} - сумарна довжина i -го маршруту при охопленні максимальної кількості пасажироутворюючих пунктів міським сполученням, км; i - кількість пасажироутворюючих пунктів;

N_{max} - максимальна складова пасажироутворюючих пунктів, охоплених транспортним сполученням» [7-9].

Зазначимо, що забезпечення соціальної складової ефективності пасажирської транспортної системи міського сполучення вже закладені в обмеженнях: сумарні реалізовані кореспонденції між населеними пунктами, що включені до пасажирської транспортної системи міського сполучення, досягають максимального значення при повному охопленні населених пунктів транспортним сполученням. Це можливо при збільшенні сумарної довжини маршрутної мережі міського пасажирського сполучення.

Визначальним етапом у процесі моделювання пасажирської транспортної системи міського сполучення є модель самої маршрутної мережі. Модель являє собою траси маршрутів з відповідними провізними здатностями. В роботі розроблено алгоритм моделювання процесу функціонування маршрутної мережі, у вигляді схеми послідовності виконуваних операцій (рис. 2.1).



Рисунок 2.1 - Схема алгоритму математичного моделювання процесу пасажирських перевезень на маршруті

Для забезпечення ефективної роботи транспортної системи у цілому доцільно зв'язати параметри геометрії трас маршрутів і пасажиропотоки на цих маршрутах з їх провізною здатністю.

Зазначене дає можливість використовувати модель при перерозподілі пасажиропотоків на маршрутній мережі. На підставі даних про величину пасажиропотоків на маршруті розраховується раціональна кількість ТЗ, техніко-економічні й техніко-експлуатаційні показники роботи на маршруті. Зміна цих показників дозволяє домогтися очікуваних показників ефективності функціонування пасажирської транспортної системи міського сполучення. Процес моделювання має ітераційний характер, що дозволяє використати його при розгляді нових альтернативних маршрутів міського сполучення регіону.

«В якості критерію моделювання пасажиропотоку використано такий показник, як потенціал послуг. За своїм змістом він дорівнює максимально можливому пасажирообігу, що здійснюється з належним рівнем комфортності поїздок пасажирів при повному використанні нормативної місткості ТЗ протягом тривалості всього пробігу на маршруті.

При цьому сумарні експлуатаційні витрати пасажирської транспортної системи міського сполучення повинні бути мінімальними:

$$Z = Z_e + Z_c + S \rightarrow \min, \quad (2.7)$$

де Z_i - сумарні експлуатаційні витрати на i -му маршруті, грн.;

Z_e - витрати виробника транспортних послуг (перевізника), грн.;

Z_c - витрати споживача послуг (пасажира), грн.;

S - розмір адресних субсидій споживачу (виробнику), грн.

Сумарні витрати виробника (перевізника) дорівнюють:

$$C_a = \left[\tilde{N}_{\text{ind}} \left(\frac{L_i}{v_m} + T_{ia} \right) + \tilde{N}_{ci} L_i \right] \frac{R_0}{Q_{ij}}, \quad (2.8)$$

де $C_{\text{номст}}$ - постійні витрати на одну годину роботи, грн./год.;

C_{3m} - змінні витрати на один кілометр пробігу, грн./км;

L_m - довжина маршруту, км;

R_0 - кількість оборотних рейсів;

$T_{ПВ}$ - сумарний час простою ТЗ на зупинках за один рейс, год.; Q_{ij} – кількість пасажирів, перевезених між пунктами i та j , пас.;

v_m - технічна швидкість, км/год.

Відносні сумарні витрати пасажирів становлять:

$$C_{\tilde{n}} = \tilde{N}_{\tilde{a}\tilde{b}} \left[\frac{k_n}{\delta} + \frac{\alpha_n L_i}{N_{\tilde{c}\tilde{d}}} + k_{\tilde{a}\tilde{b}} \left(\frac{1}{2} + \frac{l_n}{v_c} \right) \right], \quad (2.9)$$

де $C_{\tilde{a}\tilde{b}\tilde{c}\tilde{d}}$ - питома оцінка відносних витрат пасажирів за час користування послугою, грн./год;

δ_i - щільність маршрутної мережі, що охоплює даний маршрут км/км²;

k_n, α_n - константи, що визначають витрати часу на переміщення до (від) транспортної мережі, год./км²;

$N_{зуп}$ - кількість зупинних пунктів на маршруті;

I - середній інтервал руху на ділянці маршруту, год.;

l_n - середня дальність поїздки пасажирів на маршруті, км;

$k_{пер}$ - коефіцієнт пересадочності;

v_c - швидкість сполучення, км/год.

Складові моделі враховують фактори, що визначають індивідуальні переваги споживачів при оцінці потенціалу транспортних районів з чисельністю населення $N_i(j)$, зміна об'ємів dQ визначена зміною кількості жителів dN , рівня добробуту dP і якості послуг dY , обумовлені моделлю виду: $dQ = dN \cdot dP \cdot dY^2$., якщо урахувати променеву модель формування пасажиропотоків, то площа транспортного обслуговування, що тяжіє до маршруту, визначається залежністю:

$$F = \sqrt{\left[C_{\tilde{a}\tilde{b}\tilde{c}\tilde{d}} \left(\frac{L_i}{v_m} + T_{\tilde{a}\tilde{b}} \right) + \tilde{N}_{\tilde{c}\tilde{d}} L_i \right] \frac{R_0}{h_F N_T} \cdot \frac{L_{ii}}{\tilde{N}_{\tilde{a}\tilde{b}} k_n}}, \quad (2.10)$$

де N_T - показник транспортної рухомості населення, поїздок/рік;

h_F - щільність населення вдовж траси проходження маршруту міського сполучення, чол./км².

Цей показник дозволяє встановити „потенціал послуг” і визначити пасажиропотоки в маршрутній мережі міського сполучення, але при цьому необхідно враховувати закономірності розселення жителів приміських зон.

Аналіз часових характеристик функціонування маршруту дав можливість сформулювати завдання знаходження таких значень змінних $x_{kl}^{(i,j)}$, що забезпечують оптимальну (найменшу) величину середнього часу сполучення в мережі. В такому разі постановка завдання є наступною:

За відомими топологічною структурою маршруту, матрицею вхідних потоків - $\{\gamma_{ij}\}$, провізними спроможностями ділянок маршрутної мережі - $\{d_{kl}\}$, параметру обслуговування - $1/\mu$, визначити змінні $x_{kl}^{(i,j)}$, тобто, пасажиропотоки на ділянках маршрутної мережі f_{kl} , які мінімізують цільову функцію:

$$T = \frac{1}{\gamma} \sum_{k=1}^N \sum_{l=1}^N \frac{f_{kl}}{d_{kl} - f_{kl}} \quad (2.11)$$

за наступних обмежень:

$$f_{kl} = \frac{1}{\mu} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \gamma_{ij} \cdot x_{kl}^{(i,j)}; \quad k, l = 1, 2, \dots, N; \quad (2.12)$$

$$f_{kl} < d_{kl}; \quad k, l = 1, 2, \dots, N; \quad (2.13)$$

$$\sum_{k=1}^N x_{kl}^{(i,j)} - \sum_{k=1}^N x_{lk}^{(i,j)} = \begin{cases} -1, l = i \\ 0, l \neq i, j; \\ 1, l = j \end{cases} \quad (2.14)$$

$$0 \leq x_{kl}^{(i,j)} \leq 1; \quad k, l = 1, 2, \dots, N. \quad (2.15)$$

Поставлене завдання (2.11) – (2.15) є завданням вибору оптимальних потоків і визначення оптимального маршруту за критерієм середньої затримки сполучення з використанням методу множників Лагранжа» [10-12].

2.2. Мінімізація часу очікування пасажирів на зупинних пунктах маршруту

В постановці завдання, за відсутності накладення маршрутних схем, у даного маршруту є свій пасажиропотік. Основними параметрами моделі завдання є наступні:

λ_k – інтенсивність пасажиропотоку, що перевозиться ТЗ на маршруті;

μ_k – інтенсивність потоку ТЗ на маршруті;

α_k – собівартість одного рейсу ТЗ на маршруті.

Середній час очікування на зупинних пунктах маршруту являє собою зворотну функцію інтенсивності руху ТЗ. Помножимо середній час очікування на кількість пасажирів та отримаємо втрати часу пасажирями (Φ). Цю функцію необхідно мінімізувати:

$$\Phi(\{\mu_k\}_{k=1, \overline{K}}) = \sum_{k=1}^K \frac{\lambda_k}{\mu_k} \rightarrow \min, \quad (2.16)$$

при існуючому обмеженні

$$\sum_{k=1}^K \alpha_k \mu_k \leq C. \quad (2.17)$$

Методом множників Лагранжа вирішимо завдання для одного маршруту:

$$\Phi(\{\mu_k\}_{k=1, \overline{K}}) = \sum_{k=1}^K \frac{\lambda_k}{\mu_k} + \theta \left(\sum_{k=1}^K \alpha_k \mu_k - C \right) \rightarrow \min,$$

де θ – множник Лагранжа.

Рішення знаходиться з рівності нулю часткових похідних функції $\Phi(\{\mu_k\})$:

$$\frac{\partial \Phi}{\partial \mu_k} = -\frac{\lambda_k}{(\mu_k)^2} + \theta \alpha_k = 0, \quad k = \overline{1, K};$$

$$\sum_{k=1}^K \alpha_k \mu_k = C,$$

звідки:

$$\hat{\mu}_k = \sqrt{\frac{\lambda_k}{\theta \alpha_k}}, \quad k = \overline{1, K};$$

$$\sum_{k=1}^K \alpha_k \sqrt{\frac{\lambda_k}{\theta \alpha_k}} = C \Rightarrow \theta = \frac{1}{C^2} \left(\sum_{k=1}^K \sqrt{\lambda_k \alpha_k} \right)^2 \Rightarrow \hat{\mu}_k = \frac{C}{\sqrt{\sum_{l=1}^K \lambda_{l=1} \alpha_l}} \sqrt{\frac{\lambda_k}{\alpha_k}}$$

Для порівняльного ефекту розглянемо завдання оптимізації інтенсивності ТЗ на маршруті з урахуванням втрат часу пасажирів. Нехай δ - збиток (втрати) міському середовищу від роботи пасажирського транспорту, тоді втрати системи дорівнюватимуть:

$$F(\{\mu_k\}_{k=1, \overline{K}}) = \sum_{k=1}^K \frac{\gamma \lambda_k}{\mu_k} + \sum_{k=1}^K \delta_k \mu_k \rightarrow \min. \quad (2.18)$$

Змінні не впливають один на одного, і для маршруту враховуємо оптимальну інтенсивність руху ТЗ:

$$\tilde{\mu}_k = \sqrt{\frac{\gamma \lambda_k}{\delta_k}}, \quad k = \overline{1, K}$$

Правдоподібно припустити, що чим вище транспортні витрати, тим більше збиток міському середовищу, тому можна записати $\delta_k = x \alpha_k$. Це означає, що розв'язки співпадають при дотриманні умови:

$$\gamma = \frac{x C^2}{\left(\sum_{k=1}^K \sqrt{\lambda_k \alpha_k} \right)^2}.$$

У випадку відсутності обмеження при деякій вартості пасажиро-години γ_0 , маємо:

$$F(\{\mu_k\}_{k=1, \overline{K}}) = \sum_{k=1}^K \frac{\gamma_0 \lambda_k}{\mu_k} + \sum_{k=1}^K \delta_k \mu_k \rightarrow \min$$

Якщо C_0 – оптимальні транспортні витрати при вартості пасажиро-години γ_0 , то в цьому випадку необхідно пропорційно змінити інтенсивність руху ТЗ:

$$\tilde{\mu}_k = \tilde{\mu}_k \frac{\tilde{N}}{\tilde{N}_0}.$$

Розглянемо узагальнення моделі на випадок накладення маршрутних схем:

$$\Phi = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \frac{\lambda_{ij}}{\sum_{k=1}^N A_{ij}^k \mu_k} \rightarrow \min, \quad (2.19)$$

при обмеженні:

$$\sum_{k=1}^K \alpha_k \mu_k = C. \quad (2.20)$$

В даному випадку функція Лагранжа має вигляд:

$$\Phi = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \frac{\lambda_{ij}}{\sum_{k=1}^N A_{ij}^k \mu_k} + \theta \left(\sum_{k=1}^K \alpha_k \mu_k - C \right) \rightarrow \min, \quad (2.21)$$

Якщо транспортні витрати пропорційні збитку, що наноситься міському середовищу $\delta_k = x\alpha_k (k=\overline{1,K})$ то існує вартість часу γ при якій рішення завдання (2.21) співпадає з попереднім рішенням завдання.

Рішення (2.21) знаходиться з системи рівнянь:

$$\frac{\partial F}{\partial \mu_k} = - \sum_{i,j=1}^N \frac{A_{i,j}^k \lambda_{i,j}}{\left(\sum_{K=1}^K A_{i,j}^k \mu_k \right)^2} + \theta \alpha_k = 0, \quad k = \overline{1,K}; \quad (2.22)$$

$$\sum_{k=1}^K \alpha_k \mu_k = C$$

При $\theta = \frac{\delta_k}{\gamma \alpha_k} = \frac{x}{\gamma}$ система рівнянь (3.22) трансформується і завдання оптимізації

інтенсивності руху ТЗ при обмеженні транспортних витрат зводиться до завдання оптимізації без обмеження, але із зміненою вартістю пасажиро-години.

Проведені в м. Кропивницькому дослідження показали, що застосування спрощеної моделі дозволяє скоротити час очікування пасажирів на маршруті на 43 % при тій же кількості рухомого складу.

2.3 Розробка моделі функціонування маршруту пасажирських перевезень в ринкових умовах

Метод вирішення полягає в тому, що замість вихідного завдання вирішується двоїста задача, у якій деякі обмеження включаються у функцію Лагранжа з відповідними невизначеними множниками, тобто піддаються лагранжевому ослабленню. Такий підхід використовує ослаблення меншого числа обмежень, що підвищує точність рішення завдання. Аналогічно моделі ізольованого маршруту розглядається один із двох напрямків руху й використовуються дані про кількість вхідних і вихідних пасажирів на зупинних пунктах. Зазначимо, що міжзупиночна матриця кореспонденцій X представляється трикутною матрицею з нульовою діагоналлю:

$$\begin{array}{ccccccc}
0 & \tilde{\alpha}_{12} & \tilde{\alpha}_{13} & \dots & \tilde{\alpha}_{1,n} & & \\
& 0 & x_{23} & \dots & \tilde{\alpha}_{2,n} & & \\
& & 0 & \dots & \dots & & \\
& & & 0 & \tilde{\alpha}_{n-1,n} & & \\
& & & & 0 & &
\end{array}, \quad (2.23)$$

$$a_i = \sum_{j=i}^n x_{ij} \quad b_j = \sum_{i=i}^j x_{ij} \quad i, j = 1, \dots, n \quad \sum_{i=1}^n a_i = \sum_{j=1}^n b_j, \quad (2.24)$$

де x_{ij} – кількість пасажирів, що проїхали між i та j ЗП, $x_{ij} \geq 0$, $i \leq j$;

a_i – кількість пасажирів, що вийшли на i - му ЗП;

b_j – кількість пасажирів, що вийшли на j – му ЗП.

Для матриці X , що максимізує зважену ентропію та задовольняє умову:

$$H(x) = \sum_{ij} x_{ij} \ln \frac{\alpha_i}{x_{ij}} \rightarrow \max, \quad (2.25)$$

оптимальний розподіл пасажиропотоку і ТЗ дорівнює:

$$\begin{aligned}
x_{12} &= b_2; \\
x_{ij} &= \begin{cases} \frac{\alpha_{j-1} \cdot b_j}{C_{j-1}}, & \text{якщо } C_{j-1} > 0; \\ 0, & \text{якщо } C_{j-1} = 0 \end{cases} \quad (2.26)
\end{aligned}$$

де

$$C_{j-1} = \sum_{k=1}^{j-2} \left(\alpha_k - \sum_{r=k+1}^{j-1} x_{kr} \right) + \alpha_{j-1}.$$

РОЗДІЛ 3

УДОСКОНАЛЕННЯ ФУНКЦІОНУВАННЯ МІСЬКОГО АВТОБУСНОГО МАРШРУТУ НА ОСНОВІ ДОСЛІДЖЕНЬ ПАСАЖИРОПОТОКІВ

3.1. Ефективність функціонування міського автобусного маршруту № 274 в сучасних умовах функціонування транспортної системи

Вирішення проблеми забезпечення збалансованого розвитку інженерно-транспортної інфраструктури як системоутворюючого елемента сталого функціонування виробничої і соціальної сфер м. Кропивницького має велике значення.

Аналізується, що існують значні резерви щодо удосконалення системи управління транспортним комплексом в місті. Для вирішення цих проблем та покращення функціонування пасажирської транспортної системи міського сполучення, рекомендується проведення наступних дій:

Збір та аналіз інформації: Забезпечення більш повної та точної інформації про процеси, що відбуваються в системі. Це може включати збір даних про пасажиропотоки, використання технологій для моніторингу руху транспорту, впровадження електронної системи квитування та збір даних від пасажирів.

Дослідження попиту та структури переміщень: Проведення більш детального дослідження факторів, що визначають попит на послуги громадського пасажирського транспорту, а також структуру переміщень населення. Це може включати аналіз соціально-економічних характеристик міста, дослідження транспортних зв'язків та потоків пасажирів.

Розробка кількісних оцінок: Розробка методик та показників для кількісної оцінки впливу керуючих факторів на результати функціонування пасажирської транспортної системи. Це допоможе ефективніше управляти системою та приймати обґрунтовані рішення щодо змін маршрутних систем.

Урахування соціально-економічних наслідків: Прийняття рішень про зміну маршрутних систем повинно враховувати соціально-економічні наслідки. Це означає

врахування інтересів населення, транспортних підприємств та міських влад у процесі прийняття рішень.

Побудова математичної моделі: Розробка математичної моделі, яка враховує вимоги різних учасників пасажирських перевезень і оцінює соціально-економічні наслідки функціонування міського автобусного маршруту. Це дозволить здійснювати прогнозування та оцінку ефективності системи з точки зору різних критеріїв.

Реалізація цих заходів допоможе вдосконалити систему управління транспортним комплексом, забезпечити більш ефективне функціонування пасажирської транспортної системи та зробити прийняття рішень щодо змін маршрутних систем більш обґрунтованими.

3.2 Розрахунок характеристик пасажиропотоків і показників використання транспортних засобів на маршруті на основі даних його обстеження

Дані про об'єм і характер пасажиропотоку на маршруті є необхідною умовою для вирішення наступних завдань: планування перевезень, коректування маршрутної схеми, вибору типу і кількості ТЗ, організації руху з урахуванням підвищення якості перевезень і ефективного використання ТЗ.

Перевезення пасажирів в ТЗ на маршруті характеризуються об'ємом перевезень і пасажирооборотом.

«Об'єм перевезень визначається загальною кількістю перевезених за рейс пасажирів і розраховується як сума пасажирів, що увійшли (або що вийшли), по кожному зупинному пункту:

$$Q_i^{\partial} = \sum_{i=1}^n \hat{A}_i = \sum_{i=1}^n C_i, \quad (3.1)$$

де n – кількість зупинних пунктів на маршруті.

Пасажирооборот визначається кількістю виконаних пасажиро-кілометрів і характеризує об'єм виконаних пасажирських перевезень з урахуванням відстаней, на які були перевезені пасажирів. Пасажирообіг на маршруті за рейс дорівнює:

$$D_1^{\delta} = \sum I_{i-(i+1)} \cdot l_{i-(i+1)}, \quad (3.2)$$

де $l_{i-(i+1)}$ – довжина перегону між зупинними пунктами i і $(i + 1)$ маршруту.

Об'єм перевезень і пасажирооборот розраховують окремо для прямого, зворотного напрямів, а також сумарний пасажиропотік.

За наслідками обробки матеріалів обстеження пасажиропотоків визначають: середню дальність поїздки пасажирів, коефіцієнт змінності пасажирів і ступінь наповнення рухомого складу.

Середня дальність поїздки пасажирів – відношення виконаних пасажиро-кілометрів за рейс (за добу) до об'єму перевезених пасажирів за той же проміжок часу:

$$l_{\text{н\delta}} = \frac{D_1}{Q_1}. \quad (3.3)$$

Для аналізу ефективності використання ТЗ на маршруті визначають коефіцієнт змінності, який показує, скільки разів в середньому змінялися пасажирів в автобусі протягом одного рейсу. При використанні єдиного тарифу рентабельність маршруту тим вище, чим вище коефіцієнт змінності.

Коефіцієнт змінності - відношення довжини маршруту до середньої дальності поїздки пасажирів:

$$\eta_{\text{н\delta}} = \frac{l_i}{l_{\text{н\delta}}}. \quad (3.4)$$

Ступінь наповнення рухомого складу характеризується коефіцієнтом використання місткості ТЗ.

Статичний коефіцієнт використання місткості рухомого складу:

$$\text{- за рейс} \quad \gamma_{\text{ст}_p} = \frac{Q_m^p}{q_n \eta_{\text{см}_p}}; \quad (3.5)$$

$$\text{- на маршруті} \quad \gamma_{\text{ст}_m} = \frac{Q_m}{q_n \eta_{\text{см}_m} z_p}, \quad (3.6)$$

де q_i – номінальна місткість ТЗ, пас.;

z_{δ} – число рейсів, виконаних на маршруті за добу» [15-16].

Динамічний коефіцієнт використання місткості ТЗ визначається по формулах:

- за рейс
$$\gamma_{\ddot{a}_\delta} = \frac{D_i^\delta}{q_i l_i}; \quad (3.7)$$

- на маршруті
$$\gamma_{\ddot{a}_i} = \frac{D_i^{\ddot{a}\delta\delta}}{q_i l_i z_\delta}. \quad (3.8)$$

Експериментально визначений пасажиропотік наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Пасажиропотік за годинами доби на автобусному маршруті №274: пл. Б. Хмельницького – с. Нове

Години руху	Напрямок руху		Всього	Частка перевезених пасажирів у відсотках
	Прямий	Зворотній		
6:00-7:00	1440	4561	6001	4,59
7:00-8:00	4851	12979	17830	13,64
8:00-9:00	4019	7962	11981	9,17
9:00-10:00	4969	6769	11738	8,98
10:00-11:00	4259	4535	8794	6,73
11:00-12:00	3252	4932	8184	6,26
12:00-13:00	4527	3102	7629	5,84
13:00-14:00	3768	3828	7596	5,81
14:00-15:00	6127	3249	9376	7,18
15:00-16:00	5692	3316	9008	6,89
16:00-17:00	7215	2231	9446	7,23
17:00-18:00	5200	2844	8044	6,16
18:00-19:00	4396	2405	6801	5,20
19:00-20:00	3435	970	4405	3,37
20:00-21:00	2586	594	3180	2,43
21:00-22:00	311	347	658	0,50
Доба	66047	64624	130671	100,00

Можна бачити, що у прямому напрямку пасажиропотік більше ніж у зворотньому, це пояснюється тим, що основна частина пасажирів мешкає у с. Новому.

Розподіл пасажиропотоку за години роботи транспорту в прямому напрямку наведено на Рис. 3.1, а в зворотньому на рис.3.2.

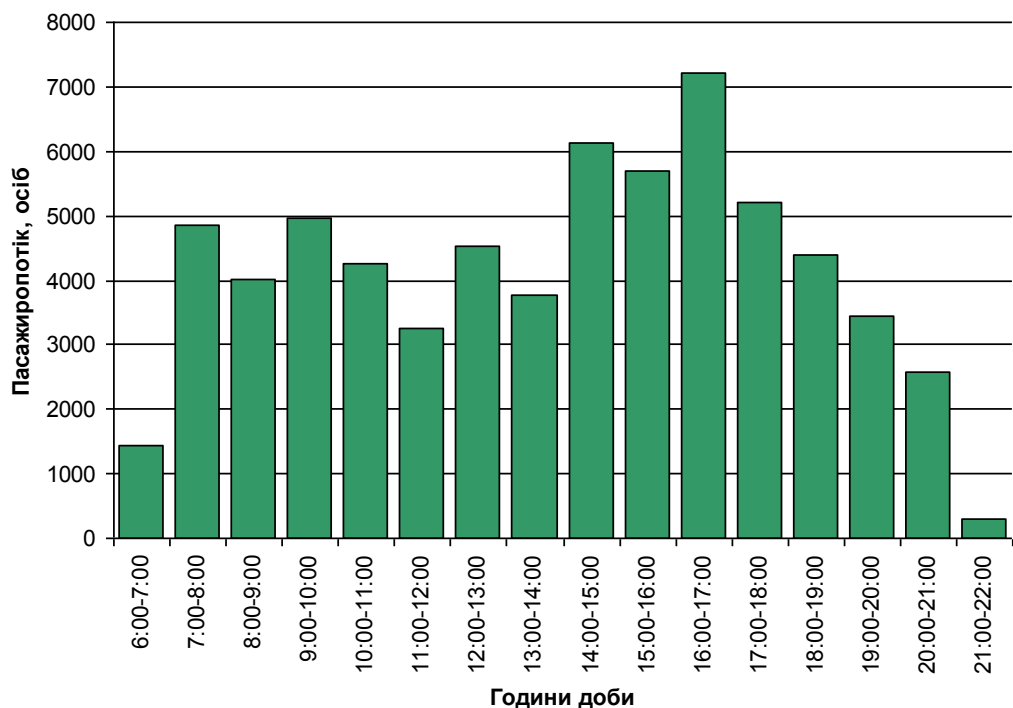


Рисунок 3.1 - Розподіл пасажиропотоку за годинами доби в прямому напрямку на автобусному маршруті №274: пл. Б. Хмельницького – с. Нове

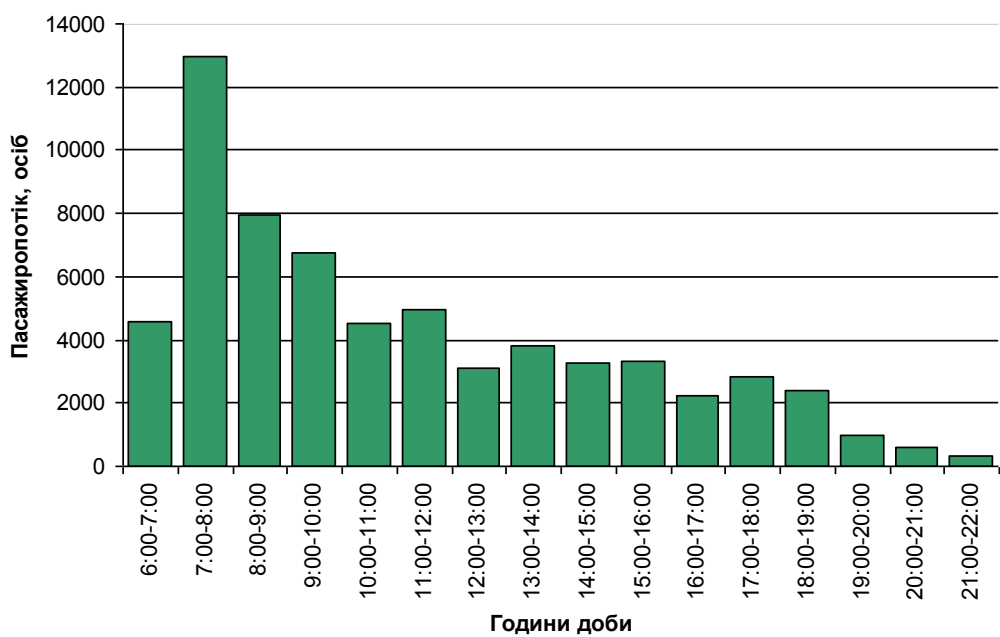


Рисунок 3.2 - Розподіл пасажиропотоку за годинами доби в зворотному напрямку на автобусному маршруті №274: пл. Б. Хмельницького – с. Нове

Сумарний розподіл по годинам доби наведено на Рис. 3.23.

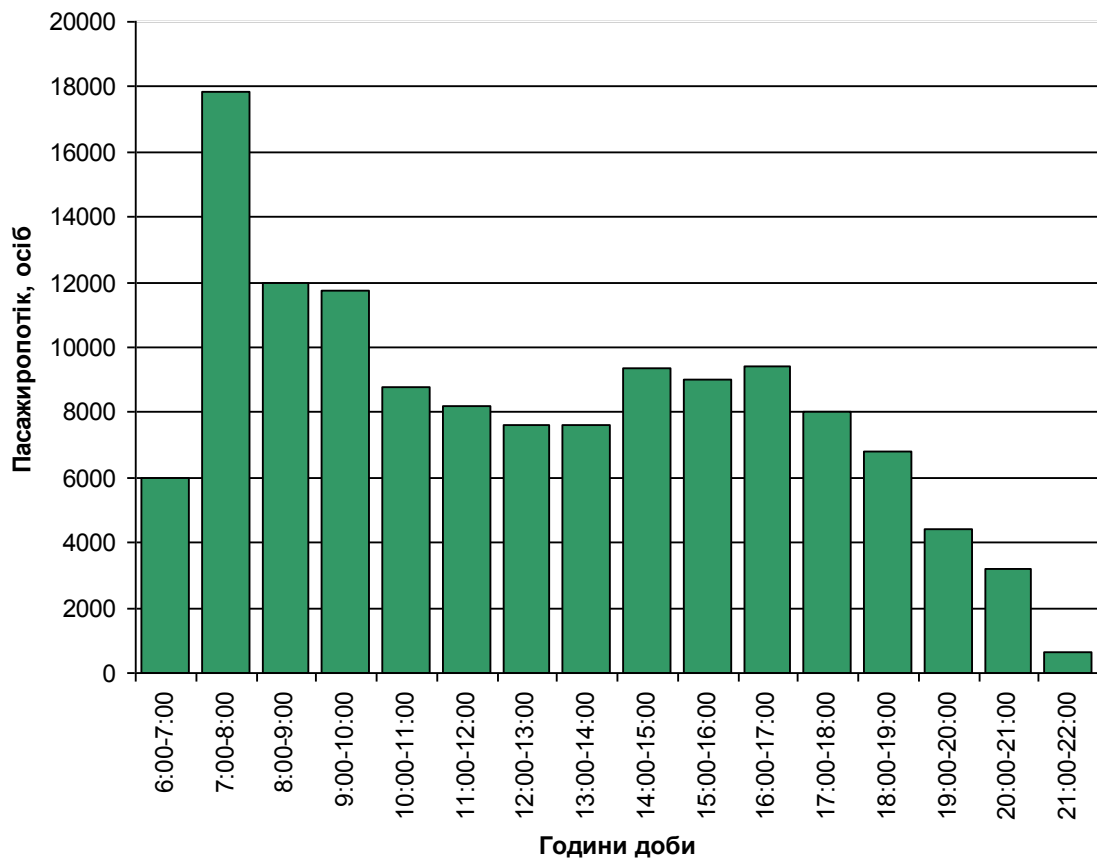


Рисунок 3.3 - Розподіл пасажиропотоку за годинами доби в обох напрямках на автобусному маршруті №274: пл. Б. Хмельницького – с. Нове

Обстеження маршруту виявило пасажиропотік на перегонах (Табл. 3.2)

Таблиця 3.2 – Пасажиропотік на найбільш завантаженому перегоні за годинами доби на автобусному маршруті №274: пл. Б. Хмельницького – с. Нове

Години руху	Напрямок руху		Всього	Частка перевезених пасажирів у відсотках
	Прямий	Зворотній		
6:00-7:00	76	263	339	4,39
7:00-8:00	313	743	1056	13,68
8:00-9:00	281	434	715	9,26
9:00-10:00	285	395	680	8,81
10:00-11:00	266	253	519	6,72
11:00-12:00	190	274	464	6,01
12:00-13:00	256	157	413	5,35
13:00-14:00	257	207	464	6,01
14:00-15:00	345	174	519	6,72
15:00-16:00	361	185	546	7,07
16:00-17:00	402	132	534	6,92
17:00-18:00	364	189	553	7,16
18:00-19:00	240	156	396	5,13
19:00-20:00	235	50	285	3,69
20:00-21:00	134	32	166	2,15
21:00-22:00	48	22	70	0,91
Доба	4053	3666	7719	100,00

Щоб визначити частку пільгових пасажирів в прямому напрямку в результаті обстеження представлені в таблиці 3.3, а у зворотньому – в таблиці 3.4.

Таблиця 3.3 – Кількість платних та пільгових пасажирів, перевезених в прямому напрямку за добу (6:00-22:00) на автобусному маршруті №274: пл. Б. Хмельницького – с. Нове, завантаження його перегонів та пасажирообіг зупинок

Найменування зупинок	№ п/п	Кількість пасажирів		Зайшло	Вийшло	Завантаження перегону	Пасажирообіг зупинок
		Зайшло					
		Платних	Пільгових				
пл. Б. Хмельницького	1	844	415	1259	0	1259	1259
Пенсійний фонд	2	210	125	335	31	1563	366
Друкарня	3	165	92	257	53	1767	310
Критий ринок	4	222	149	371	90	2048	461
АС № 2	5	245	193	438	94	2392	532
Дендропарк	6	75	52	127	49	2470	176
13-а школа	7	107	60	167	84	2553	251
Обласна лікарня	8	178	98	276	62	2767	338
КНТУ	9	118	59	177	35	2909	212
Гуртожиток	10	34	25	59	27	2941	86
просп. Інженерів	11	110	43	153	118	2976	271
Завод "Креатив"	12	57	27	84	44	3016	128
Сонола	13	28	28	56	96	2976	152
Завод продтоварів	14	52	17	69	91	2954	160
Виставковий центр	15	18	10	28	106	2876	134
Газ. заправка (за вимогою)	16	27	22	49	104	2821	153
14-а автобаза	17	35	7	42	108	2755	150
Очисні споруди	18	33	28	61	185	2631	246
ЧЛЗ	19	28	7	35	247	2419	282
Облпсихлікарня	20	35	39	74	441	2052	515
Центр	21	30	35	65	1072	1045	1137
Гуртожиток	22	12	23	35	455	625	490
с. Нове	23	0	0	0	625	0	625
	Σ	2663	1554	4217	4217		

Таблиця 3.4 – Кількість платних та пільгових пасажирів, перевезених в зворотньому напрямку за добу (6:00-22:00) на автобусному маршруті №274: пл. Б. Хмельницького – с. Нове, завантаження його перегонів та пасажирообіг зупинок

Найменування зупинок	№ п/п	Кількість пасажирів		Зайшло	Вийшло	Завантаження перегону	Пасажирообіг зупинок
		Зайшло					
		Платних	Пільгових				
с. Нове (вул. Кільцева)	1	712	274	986	0	986	986
Гуртожиток	2	434	104	538	15	1509	553
Центр	3	656	237	893	41	2361	934
Облпсихлікарня	4	270	169	439	51	2749	490
ЧЛЗ	5	62	56	118	37	2830	155
Очисні споруди	6	33	25	58	37	2851	95
14-а автобаза	7	42	29	71	34	2888	105
Газ. заправка (вимог)	8	25	23	48	48	2888	96

Виставковий центр	9	64	39	103	50	2941	153
Завод продтоварів	10	70	32	102	62	2981	164
Сонола	11	28	35	63	60	2984	123
Завод "Креатив"	12	27	24	51	97	2938	148
просп. Інженерів	13	34	53	87	191	2834	278
Гуртожиток	14	13	10	23	102	2755	125
КНТУ	15	22	26	48	264	2539	312
Обласна лікарня	16	39	45	84	320	2303	404
13-а школа	17	24	41	65	220	2148	285
Дендропарк	18	13	30	43	230	1961	273
АС № 2	19	32	77	109	371	1699	480
Критий ринок	20	46	92	138	330	1507	468
Друкарня	21	12	47	59	213	1353	272
Пенсійний фонд	22	11	14	25	223	1155	248
ДЮСШ	23	7	10	17	312	860	329
пл. Б. Хмельницького	24	0	0	0	860	0	860
	Σ	2676	1492	4168	4168		

Завантаженість перегонів за добу в прямому напрямку наведена на Рис. 3.4, а у зворотньому – на Рис. 3.5.

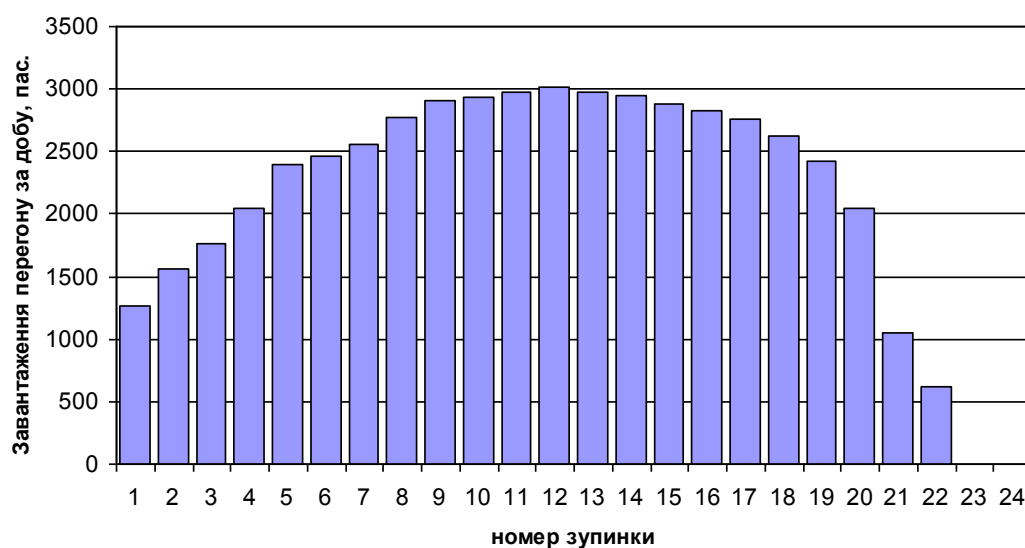


Рисунок 3.4 - Завантаження перегонів в прямому напрямку за добу на автобусному маршруті №274: пл. Б. Хмельницького – с. Нове

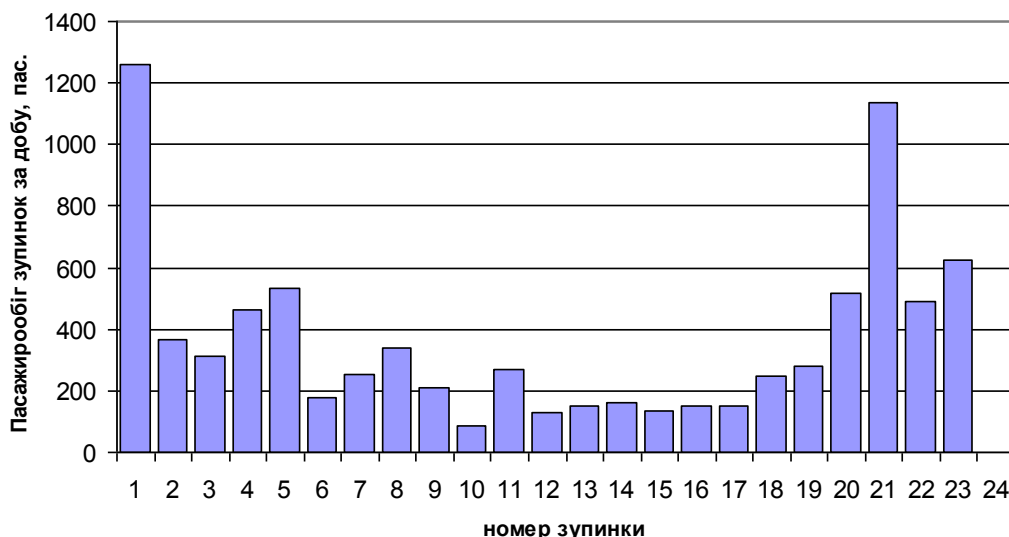


Рисунок 3.5 - Пасажирообіг зупинок в прямому напрямку за добу на автобусному маршруті №274: пл. Б. Хмельницького – с. Нове

Результат розподілу пасажирообігу у прямому напрямку представлено на Рис. 3.6, а у зворотньому на Рис. 3.7.

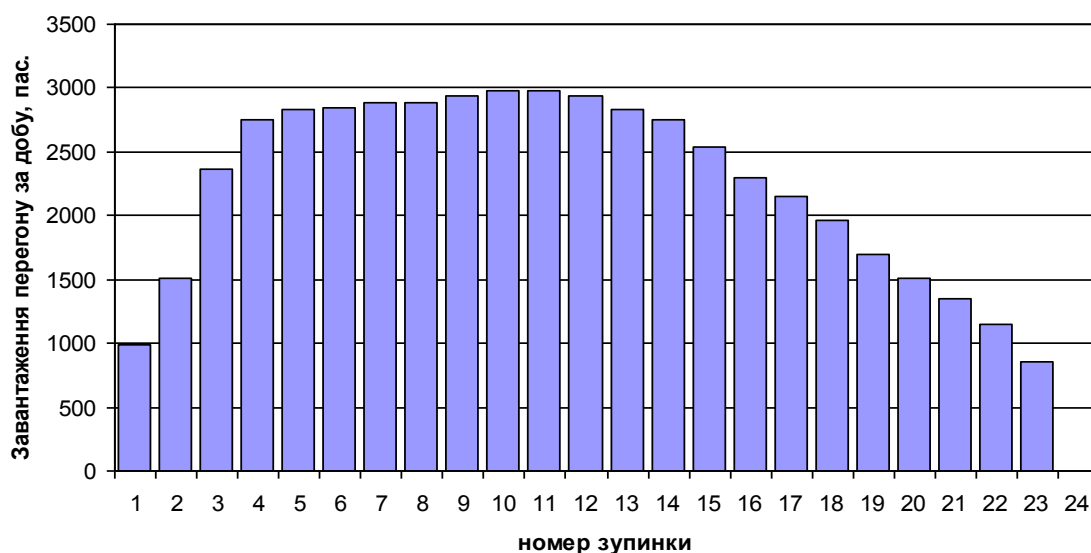


Рисунок 3.6 - Завантаження перегонів в зворотньому напрямку за добу на автобусному маршруті №274: пл. Б. Хмельницького – с. Нове

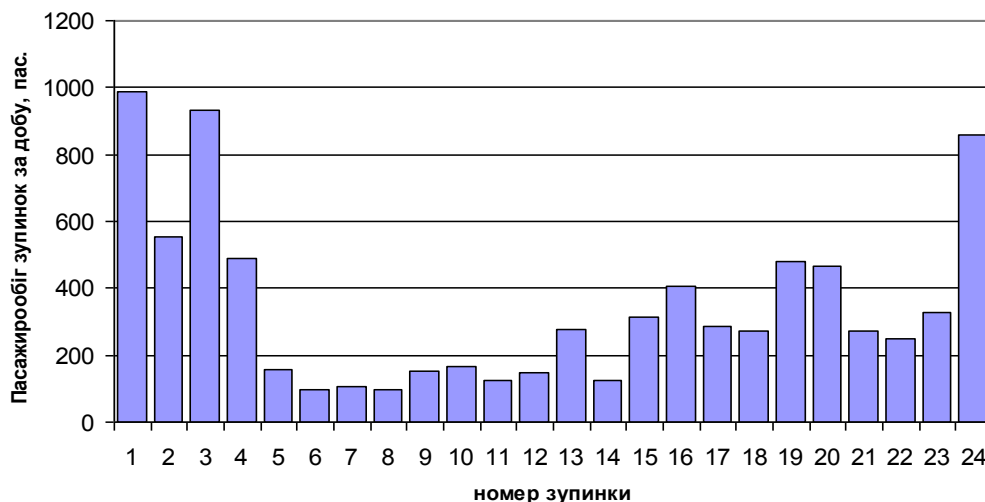


Рисунок 3.7 - Пасажирообіг зупинок в зворотньому напрямку за добу на автобусному маршруті №274: пл. Б. Хмельницького – с. Нове

Аналізуючи результати досліджень можна бачити, що максимальний пасажиропотік за добу (6:00-22:00) дорівнює 7719 пасажирів з них 4053 перевезено в прямому напрямку та 3666 – в зворотному.

Відповідно перший "вранішній пік" пасажиропотоку на маршруті припадає в інтервалі часу з 7:00 до 8:00, а другий "вечірній пік" – 16:00 – 17:00.

Найбільший пасажирообіг спостерігається на зупинках пл. Б. Хмельницького та Центр в прямому напрямку, а також с. Нове, Центр, пл. Б. Хмельницького в зворотному напрямку.

ВИСНОВКИ

1. Дано характеристику стану та проблем, пов'язаних з пасажирськими перевезеннями у місті Кропивницький та на маршруті №274. Показано щоб збільшити пасажиропотік на маршруті і упорядкувати пасажирообіг зупинних пунктів необхідно провести обстеження транспортного процесу, змінити тривалість часу очікування пасажирів та здійснити оптимізацію кількості транспортних засобів на маршруті.

2. Розглянуто ефективність систем пасажирських перевезень на маршруті як цільової функції. Виявлено, що ця функція залежить від пасажиропотоку і розподілу транспортних засобів на маршруті. Розроблено алгоритм математичного моделювання процесу пасажирських перевезень на маршруті. Визначені основні сумарні експлуатаційні витрати, які повинні бути мінімальними.

3. Проведене математичне моделювання мінімізації часу очікування пасажирів на зупинних пунктах маршруту та побудована модель функціонування маршруту пасажирських перевезень в ринкових умовах.

4. Проведено обстеження пасажиропотоку на маршруті №274 і показників використання на ньому транспортних засобів та розроблено ряд заходів удосконалення функціонування маршруту.

Список використаних джерел

1. Методичні вказівки для виконання випускної кваліфікаційної роботи: для студентів за освітньо-професійної програми "Транспортні технології (автомобільний транспорт)" першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 275 – Транспортні технології (автомобільний транспорт) / уклад.: В.В. Аулін, С.В. Лисенко, Д.В. Голуб, А.В. Гриньків, Голованов А.П.; М-во освіти і науки Укр., Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. – Кропивницький: ЦНТУ, 2019. – 44 с.
2. Аулін В.В., Голуб Д.В., Гриньків А.В., Лисенко С.В., Рябцев Н.О. Обґрунтування рівня конкуренції на міських пасажирських маршрутах. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2022. Вип. 6(37) ч.ІІ. С.89-98.
3. Аулін В.В., Голуб Д.В., Замуренко А.С., Гриньків А.В., Лисенко С.В., Дьяченко В.О. Теоретичний системно-спрямований підхід до визначення інтегрального показника ефективності реалізації операцій в транспортних системах // Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2021. Вип. 4(35). С.232-247.
4. Формування показників оцінки ефективності транспортного процесу перевезень / В. В. Аулін, Д. В. Голуб, В. В. Біліченко, А. С. Замуренко // Вісник машинобудування та транспорту. - Вінниця : ВНТУ, 2020. - № 1(11). - С. 4-10.
6. Аулін В.В. Оптимізація і управління ресурсами в транспортно-логістичній системі АПК / В.В. Аулін, Д.О. Великодний, В.О. Дьяченко // Міжвузівський збірник "Наукові нотатки". – Луцьк: Луцький НТУ, 2018. – №62. – С.8-11.
7. Методологія оптимізації транспортних технологій: метод. рекомендації до практ. занять для здобувачів вищої освіти другого (освітнього) рівня спеціальності 275 – Транспортні технології / уклад. : В.В. Аулін, С.В. Лисенко, А.В. Гриньків, А.О. Головатий; М-во освіти і науки Укр., Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. - Кропивницький : ЦНТУ, 2020. – 68 с.
8. Управління транспортними системами: метод. рекомендації до практ. занять для здобувачів вищої освіти другого (освітнього) рівня спеціальності 275 – Транспортні технології / уклад. : В.В. Аулін, С.В. Лисенко, А.В. Гриньків, А.О.

Головатий; М-во освіти і науки Укр., Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. - Кропивницький : ЦНТУ, 2020. – 56 с.

9. Плекан У.М., Ляшук О.Л., Аулін В.В., Цьонь О.П., Матвійшин А.Й. Логістична стратегія автотранспортного підприємства. Організаційні аспекти формування Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2022. Вип. 6(37) ч.ІІ. С.75-82.

10. Аулін В. В., Лисенко С. В., Гриньків А. В., Голуб Д. В., Головатий А. О. Логістика постачання транспортних і виробничих підприємств, фірм, компаній: Навчальний посібник під заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В.В. – Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2022. – 325 с.

11. Аулін В.В., Гриньків А.В., Лисенко С.В., Головатий А.О., Голуб Д.В. Теоретичні і методологічні основи логістики транспортних і виробничих систем / монографія під заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В.В. – Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2021. – 503 с.

13. Методологічні основи проектування та функціонування інтелектуальних транспортних і виробничих систем : монографія / В. В. Аулін, А. В. Гриньків, А. О. Головатий [та ін.] ; під заг. ред. В. В. Ауліна. - Кропивницький : Лисенко В. Ф., 2020. - 428с.

15. Аулін В.В. Критерії реалізації процесів забезпечення та підвищення надійності і ефективності функціонування транспортних систем / В.В. Аулін, Д.В. Голуб, А.В. Гриньків // Міжвузівський збірник "Наукові нотатки". – Луцьк: Луцький НТУ, 2018. – №62. – С.12-16.

16. Аулін В.В., Гриньків А.В., Головатий А.О. Кіберфізичний підхід при створенні, функціонуванні та удосконаленні транспортно-виробничих систем // Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2020. Вип. 3(34). С.331-343.

17. Аулін В.В., Гриньків А.В., Лисенко С.В., Лівіцький О.М., Чернай А.Є., Голуб Д.В., Головатий А.О. Теоретичне обґрунтування управління функціонуванням технічними та транспортними системами на основі методів системної теорії інформації // Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2021. Вип. 4(35). С.178-189.

18. Аулін В.В. Використання методів теорії сенситивів при розв'язанні завдань технічних, транспортних і виробничих систем і процесів. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2022. Вип. 5(36) ч.І. С.299-310.

19. Аулін В.В. Тектологічний підхід формування логістичних систем на транспортних і виробничих підприємствах Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2022. Вип. 5(36) ч.ІІ. С.313-324.

20. Аулін В.В., Голуб Д.В., Лисенко С.В., Гриньків А.В., Дьяченко В.О., Замуренко А.С. Теоретичний підхід до оцінки ймовірностей безвідмовної роботи транспортних та виробничих систем і ланцюгів постачань на основі їх логічних структурних схем надійності // Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2020. Вип. 3(34). С.290-304.