

Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту
Кафедра автомобілів та транспортного менеджменту

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

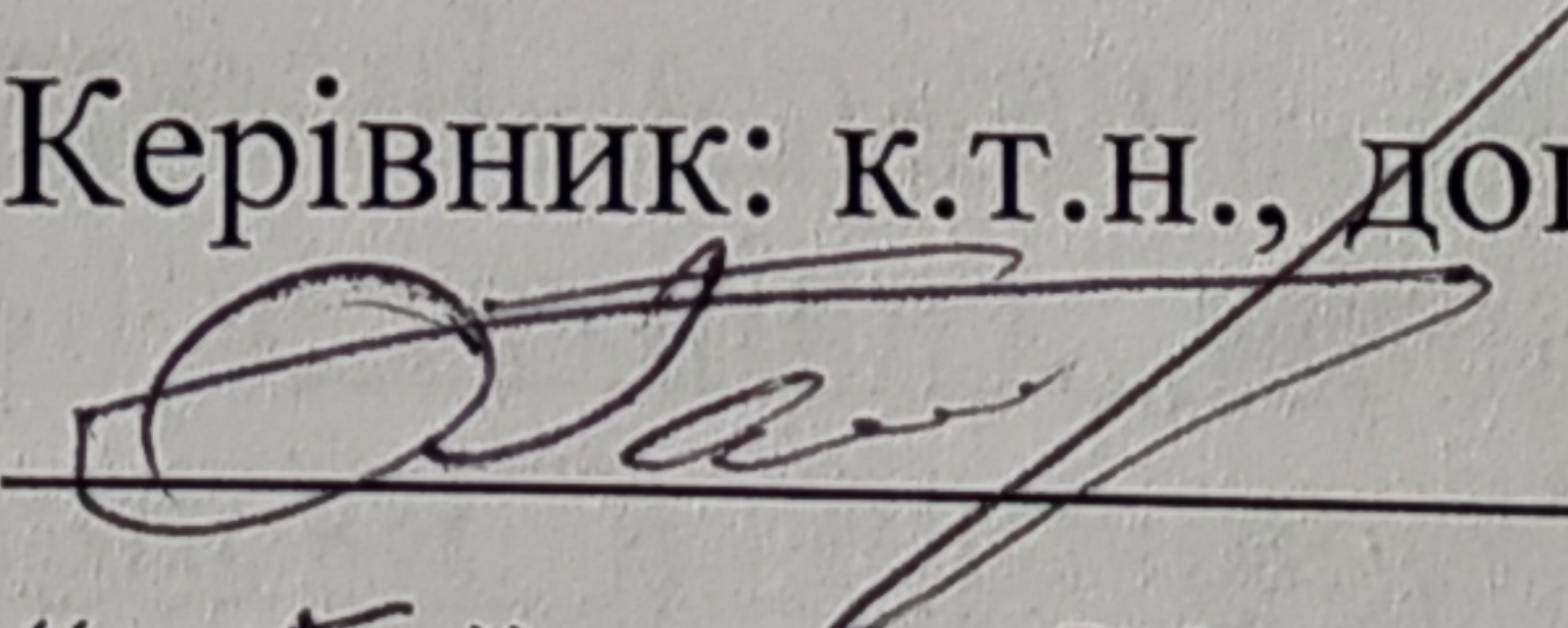
на тему:

«Поліпшення якості пасажирських перевезень автобусами комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія» раціональним вибором їх типу та класу»

Виконав: студент 2-го курсу, групи 1ТТ-22м
спеціальності 275 – Транспортні технології (за
видами), спеціалізація 275.03 – Транспортні
технології (на автомобільному транспорті)

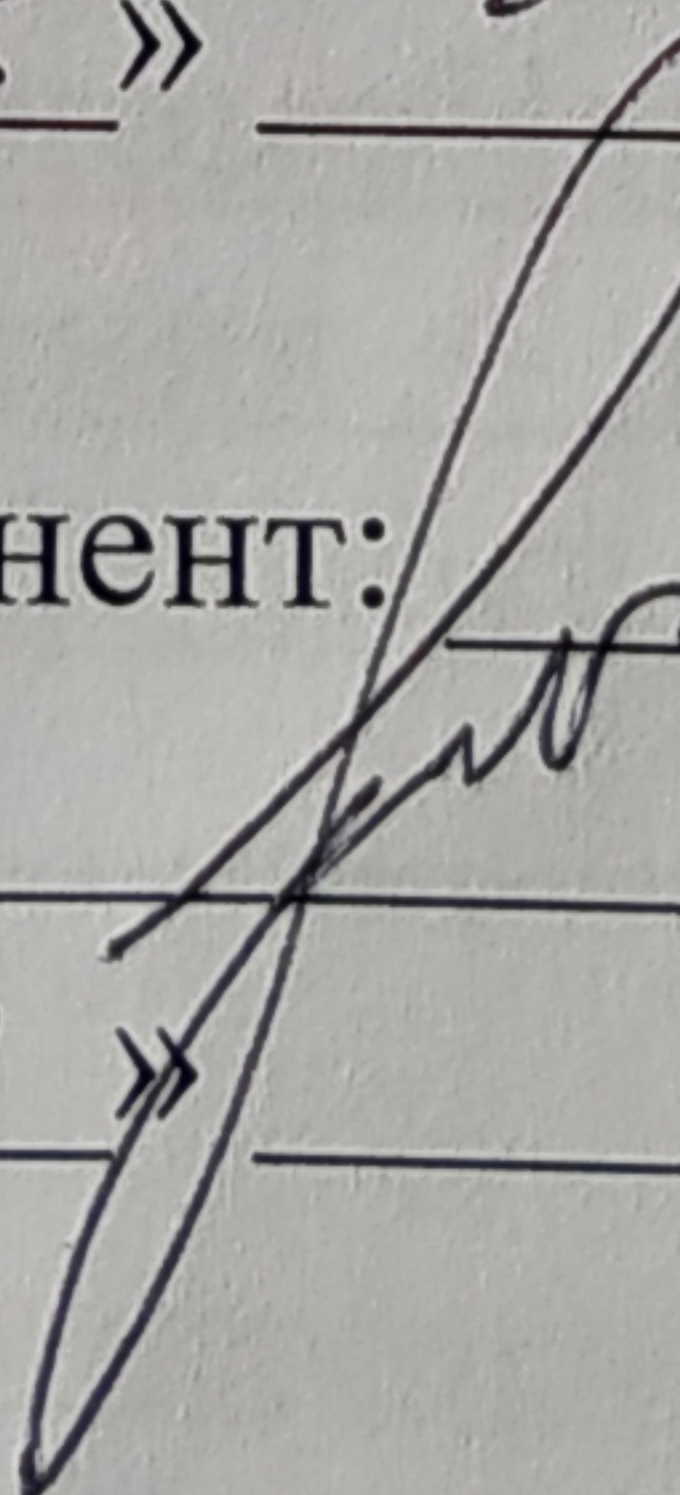

Гуменюк Д.А.

Керівник: к.т.н., доцент каф. АТМ


Галушак О.О.

« 5 » _____ 2023 р.

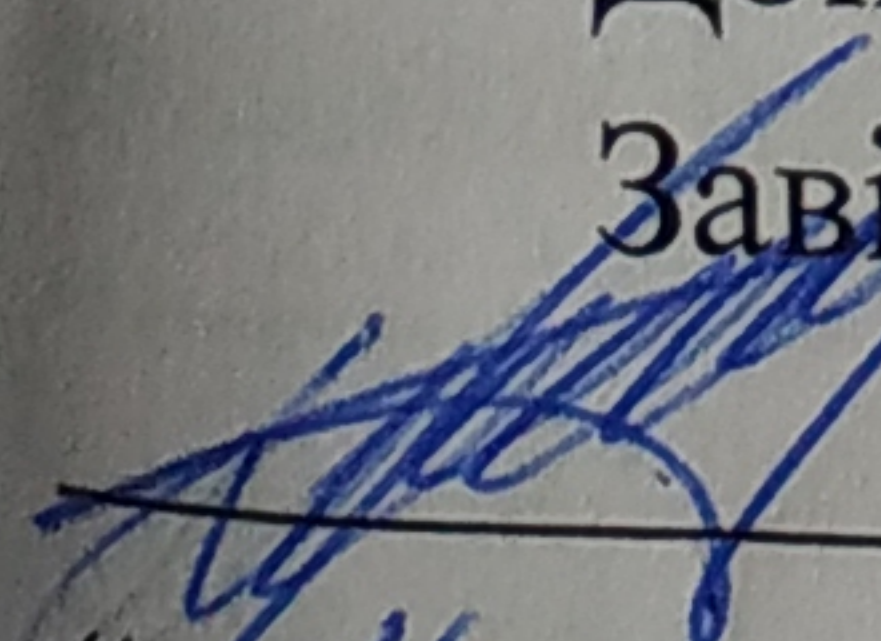
Опонент: к.т.н. доцент каф. АТМ


Серхарчук С.І.

« 8 » _____ 12 _____ 2023 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри АТМ


к.т.н., доц. Цимбал С.В.

« 11 » _____ грудня _____ 2023 р.

Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту
Кафедра автомобілів та транспортного менеджменту

Рівень вищої освіти II-й (магістерський)

Галузь знань – 27 – Транспорт

Спеціальність 275 – Транспортні технології (за видами)

Спеціалізація 275.03 – Транспортні технології (на автомобільному транспорті)

Освітньо-професійна програма – Транспортні технології на автомобільному транспорті

ЗАТВЕРДЖУЮ
завідувач кафедри АТМ
к.т.н., доцент Цимбал С.В.

«19» 2023 року

ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Денису Гуменюку

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Поліпшення якості пасажирських перевезень автобусами комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія» раціональним вибором їх типу та класу

керівник роботи Галушак Олександр Олександрович, к.т.н., доцент,
затверджені наказом ВНТУ від «18» вересня 2023 року № 247.

2. Строк подання студентом роботи: 04.12.2023 р.

3. Вихідні дані до роботи: Вимоги до конструкції та експлуатації автотранспортних засобів (діючі міжнародні, державні, галузеві стандарти та технічні умови заводів-виробників автомобільної техніки); законодавство України в галузі безпеки руху, охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях; структура автопарку України; район експлуатації автомобілів – Україна; досліджувані моделі АТЗ – міські автобуси; об'єкт дослідження – процес пасажирських перевезень міським громадським транспортом; похибка прогнозування досліджуваних показників не більше – 10%.

4. Зміст текстової частини:

1 Аналіз підходів щодо організації процесу перевезень пасажирів у містах.

2 Методика вибору класу муніципальних автобусів для обслуговування міських пасажирських перевезень.

3 Вибір раціонального класу автобусів для пасажирських перевезень в м. Вінниця.

4 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.

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

1-3 Тема, мета, завдання дослідження та новизна одержаних результатів.

4 Поняття якості перевезень пасажирів.

5 Критерії вибору класу автобусів для здійснення пасажирських перевезень на маршруті.

6 Алгоритм визначення раціонального класу автобусів.

7 Аналіз роботи маршруту №23А «Вул. Андрія Первозванного – Муніципальний ринок».

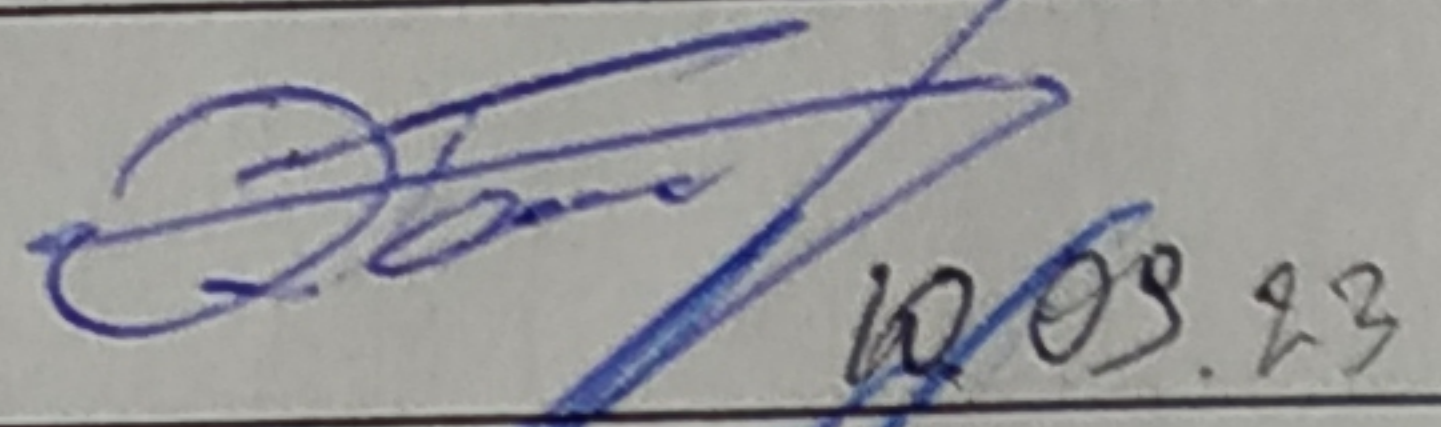
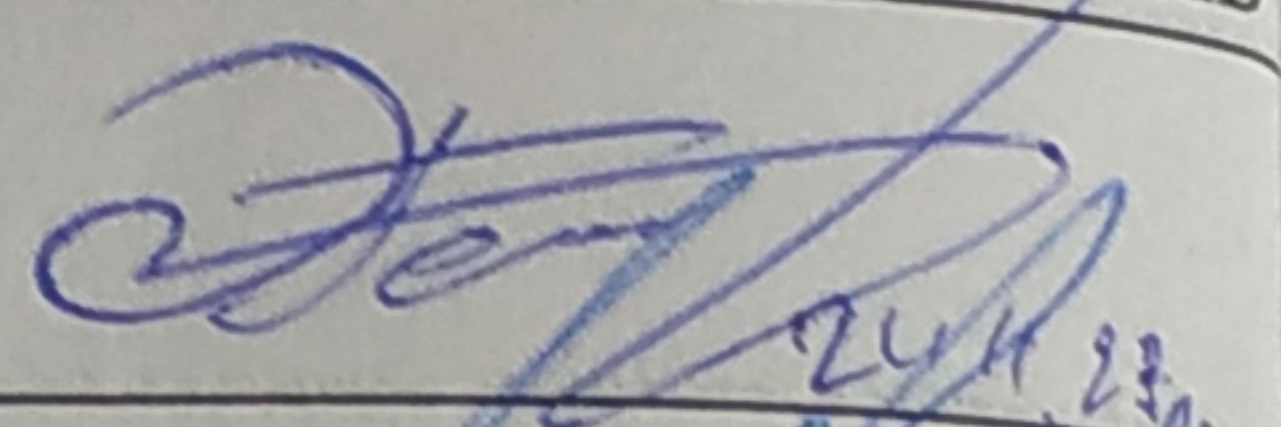
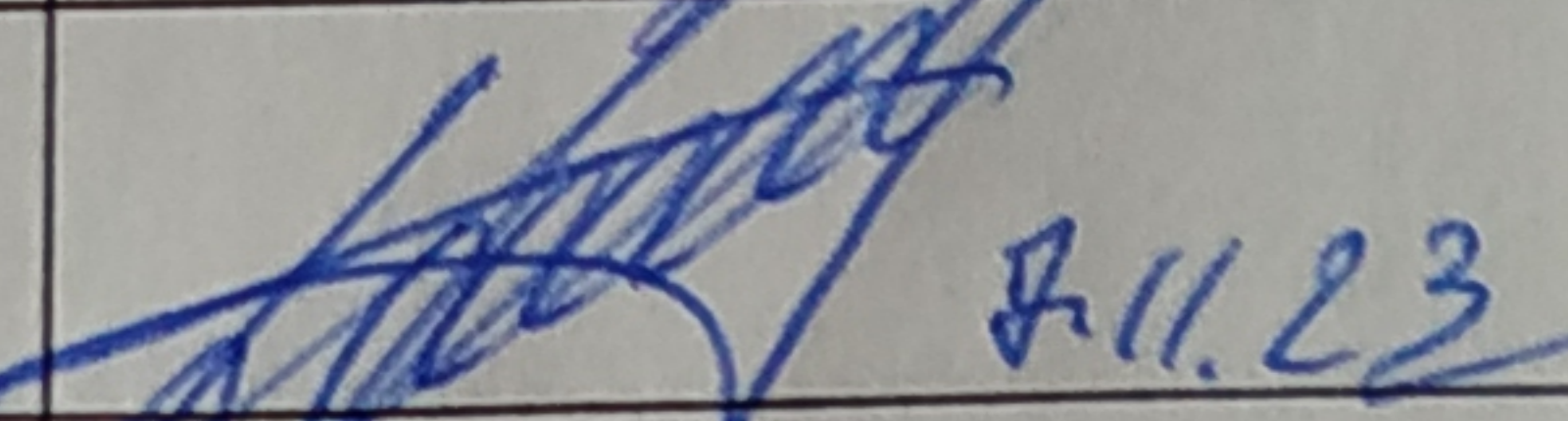
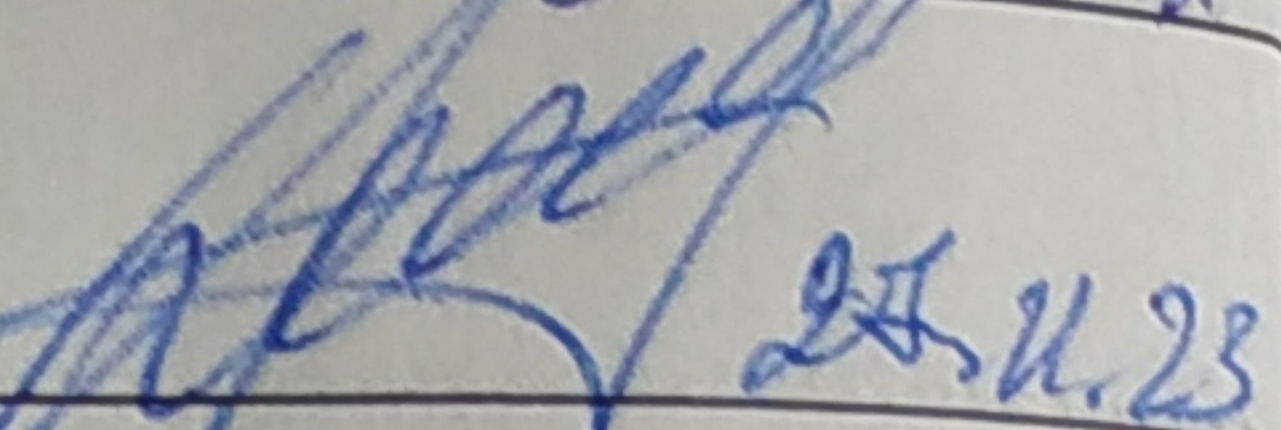
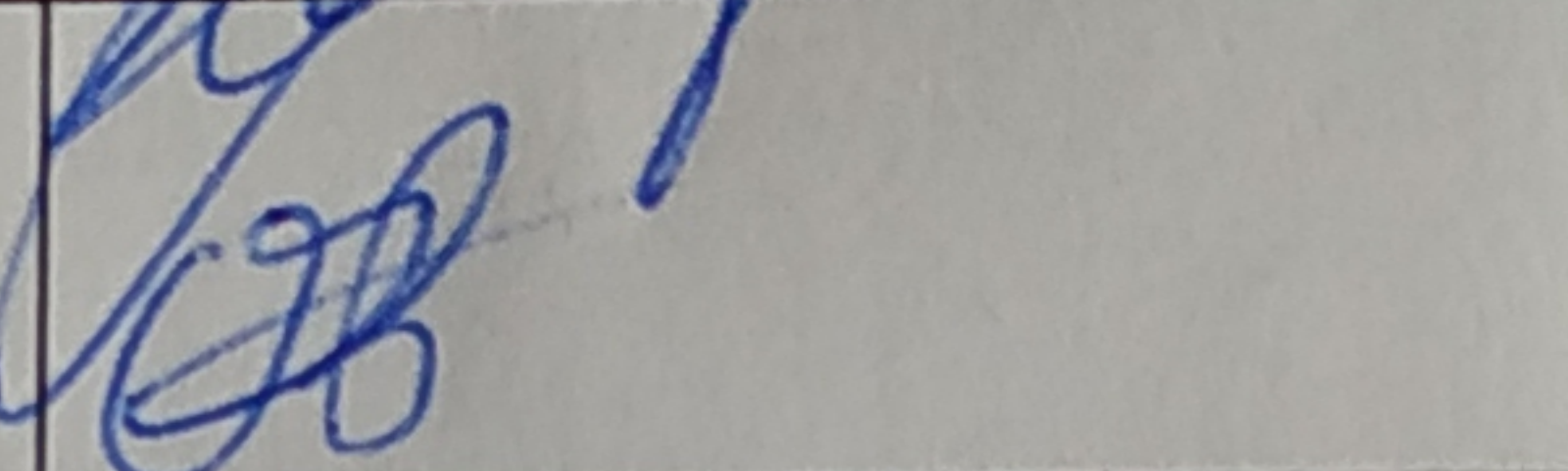
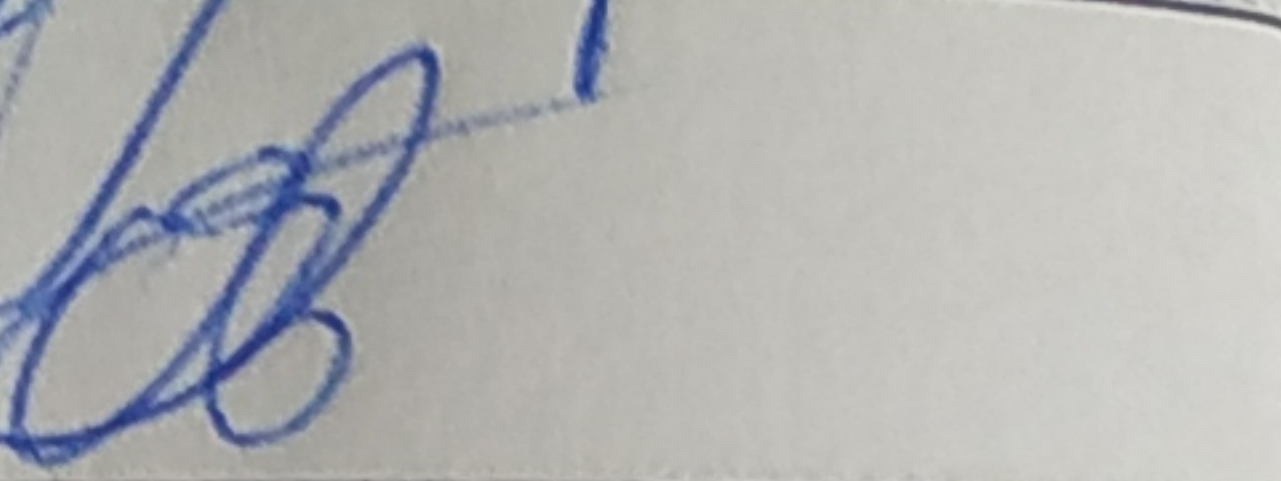
8 Альтернативний автобус для використання на маршруті 23А Вул. А. Первозванного – Муніципальний ринок.

9 Резервування та граничні стани елементів АТЗ.

10 Ефективності запропонованих рішень.

11 Висновки.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

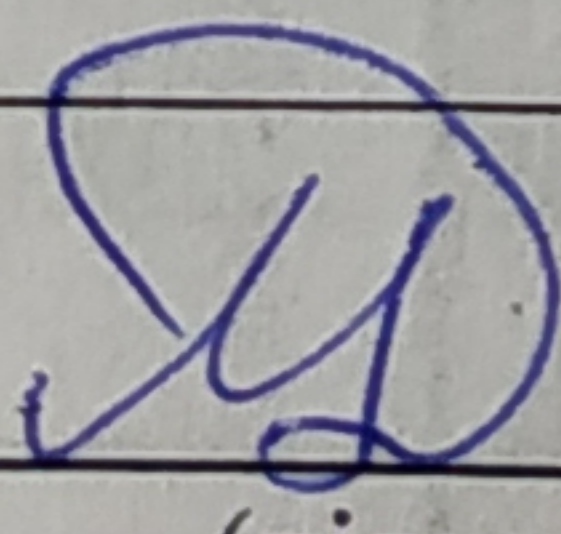
Розділ/підрозділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розв'язання основної задачі	Галушак О.О., доцент кафедри АТМ	 10.09.23	 21.11.23
Визначення ефективності запропонованих рішень	Цимбал С.В., доцент кафедри АТМ	 7.11.23	 25.11.23
Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	Березюк О.В., професор кафедри БЖДПБ	 07.11.23	 07.11.23

7. Дата видачі завдання « 19 » вересня 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

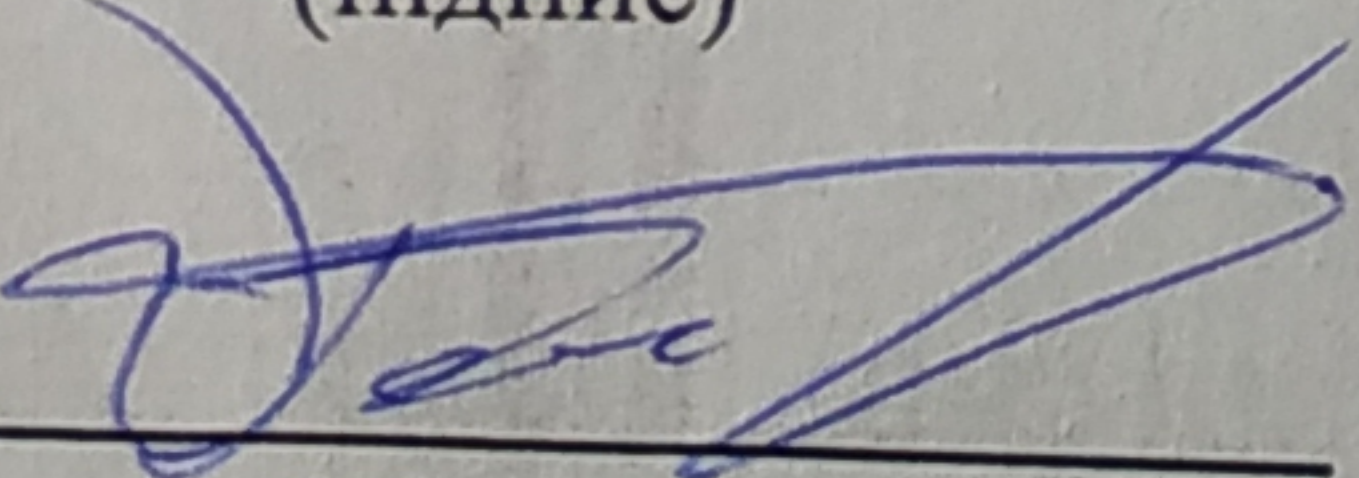
№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вивчення об'єкту та предмету дослідження	19.09-02.10.2023	виконано
2	Аналіз відомих рішень, постановка задач	19.09-02.10.2023	виконано
3	Обґрунтування методів досліджень	19.09-02.10.2023	виконано
4	Розв'язання поставлених задач	03.10-20.11.2023	виконано
5	Формування висновків по роботі, наукової новизни, практичної цінності результатів	21.11-29.11.2023	виконано
6	Виконання розділу/підрозділу «Визначення ефективності запропонованих рішень»	07.11-27.11.2023	виконано
7	Виконання розділу/підрозділу «Економічна частина»	07.11-27.11.2023	виконано
8	Нормоконтроль МКР	30.11-04.12.2023	виконано
9	Попередній захист МКР	05.12-07.12.2023	виконано
10	Рецензування МКР	08.12-11.12.2023	виконано
11	Захист МКР	12.12-22.12.2023	виконано

Студент


(підпис)

Гуменюк Д.А.

Керівник роботи


(підпис)

Галушак О.О.

АНОТАЦІЯ

УДК 629.113

Гуменюк Д.А. Поліпшення якості пасажирських перевезень автобусами комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія» раціональним вибором їх типу та класу. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 275 – Транспортні технології (за видами), спеціалізація 275.03 – Транспортні технології (на автомобільному транспорті). Вінниця: ВНТУ, 2023. 115 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 28 назв; рис.: 16; табл. 22.

У магістерській кваліфікаційній роботі вирішується науково-практична задача, яка полягає в аналізі підходів щодо організації процесу перевезень пасажирів у містах; виборі методики вибору класу муніципальних автобусів для обслуговування міських пасажирських перевезень; виборі раціонального класу автобусів для пасажирських перевезень в м. Вінниця;

Графічна частина складається з 11 плакатів.

У розділі охорони праці опрацьовано такі питання, як аналіз умов праці, питання виробничої санітарії, а саме були запропоновані Технічні рішення з безпеки при проведенні розробки процесу перевезення пасажирів міським транспортом

Ключові слова: пасажирські перевезення, автобус, муніципальний транспорт, електробус, пасажиропотік.

ABSTRACT

UDC 629.113

Humeniuk D.A. Improving the quality of passenger transportation by buses of the utility company "Vinnytsia Transport Company" by rational selection of their type and class. Master's qualification work on specialty 275 - Transport technologies (by types), specialization 275.03 - Transport technologies (on road transport). Vinnytsia: VNTU, 2023. 115 p.

In Ukrainian speech Bibliography: 28 titles; Fig.: 16; table 22.

In the master's qualification work, a scientific and practical task is solved, which consists in the analysis of approaches to the organization of the process of passenger transportation in cities; choosing the methodology for choosing the class of municipal buses for serving city passenger transportation; choosing a rational class of buses for passenger transportation in Vinnytsia;

The graphic part consists of 11 posters.

In the section on labor protection, such issues as the analysis of working conditions, issues of industrial sanitation were worked out, namely, technical solutions for safety during the development of the process of transporting passengers by city transport were proposed

Keywords: passenger transportation, bus, municipal transport, electric bus, passenger flow.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ПІДХОДІВ ЩОДО ОРГАНІЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ПАСАЖИРІВ У МІСТАХ	8
1.1 Характеристика комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія» та рухомий склад автобусного парку	8
1.2 Шляхи покращення процесу перевезень пасажирів пасажирським транспортом	10
1.3 Аналіз процесу дорожнього руху в містах	18
1.4 Характеристики маршрутів муніципального пасажирського транспорту	22
1.5 Висновки до розділу 1 та постановка завдань дослідження.....	30
РОЗДІЛ 2 МЕТОДИКА ВИБОРУ КЛАСУ МУНІЦИПАЛЬНИХ АВТОБУСІВ ДЛЯ ОБСЛУГОВУВАННЯ МІСЬКИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ	31
2.1 Дослідження процесу перевезення пасажирів	31
2.2 Методи вибору автобусів на маршрути міста.....	44
2.3 Моделювання дорожніх умов експлуатації автобуса.....	55
2.4 Алгоритм визначення раціонального класу автобусів.....	58
2.5 Висновки до розділу 2	61
РОЗДІЛ 3 ВИБІР РАЦІОНАЛЬНОГО КЛАСУ АВТОБУСІВ ДЛЯ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В М. ВІННИЦЯ	62
3.1 Загальна характеристика транспортної мережі м. Вінниця.....	62
3.2 Аналіз роботи транспортних засобів на маршруті №23А м. Вінниці	67
3.3 Вибір раціонального класу автобусів для роботи на маршруті №23А м. Вінниці.....	75
3.4 Визначення ефективності запропонованих рішень	83
3.5 Висновки до розділу 3	85
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ... 86	
4.1 Технічні рішення з виробничої санітарії та гігієни праці.....	86

4.1.1 Мікроклімат та склад повітря робочої зони	86
4.1.2 Виробниче освітлення	88
4.1.3 Виробничі віброакустичні коливання.....	89
4.1.4 Виробничі випромінювання.....	90
4.2 Технічні рішення з безпеки при проведенні розробки процесу перевезення пасажирів міським транспортом.....	91
4.2.1 Безпека перевезення пасажирів	91
4.2.2 Електробезпека.....	93
4.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях.....	94
4.4 Висновки до розділу 4	95
ВИСНОВКИ.....	96
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	98
ДОДАТКИ.....	101
ДОДАТОК А (ОБОВ'ЯЗКОВИЙ) ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА.....	102
ДОДАТОК Б. ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ	114

ВСТУП

Актуальність теми. Оптимізація організації транспортного процесу у містах, пов'язаного із перевезенням пасажирів, становить значущу соціальну проблему, яку слід розв'язувати на всіх рівнях влади. Збільшення кількості транспортних засобів, обмежена пропускна здатність дорожньо-транспортної інфраструктури та незадовільний стан транспортного парку призводять до зниження швидкості руху пасажирського транспорту у містах.

Велика кількість маршрутних таксі в містах призводить до насичення вулично-дорожньої мережі транспортними засобами, що в свою чергу призводить до збільшення аварійності та погіршення екологічної ситуації. Один із способів вирішення цього питання полягає у виборі раціонального класу автобусів для здійснення пасажирських перевезень у місті.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконувалась в рамках науково-дослідної тематики кафедри автомобілів та транспортного менеджменту Вінницького національного технічного університету. Робота виконана відповідно до Закону України «Про пріоритетні напрямки розвитку науки і техніки» № 2623-14 від 05.12.2012 р.; розпорядження Кабінету Міністрів України з виконання Програми діяльності Кабінету Міністрів України та Стратегії сталого розвитку «Україна-2030» № 722/2019. від 30.09.2019.

Мета і завдання дослідження. Метою дослідження є покращення якості пасажирських перевезень в місті раціональним вибором класу автобусів.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- дослідити стан автомобільних пасажирських перевезень в Україні;
- дослідити шляхи покращення процесу перевезень пасажирів пасажирським транспортом;
- дослідити процес перевезення пасажирів з точки зору постачальника, споживача послуг та суспільства;
- дослідити методи вибору автобусів на маршрути міста;

- розробити алгоритм визначення раціонального класу автобусів на маршруті;
- дослідити аналіз роботи транспортних засобів на маршруті №23А м. Вінниці
- здійснити вибір раціонального класу автобусів для міських пасажирських перевезень;
- розробити заходи щодо забезпечення необхідного рівня охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

Об'єкт дослідження – процес пасажирських перевезень міським громадським транспортом.

Предмет дослідження – показники якості пасажирських перевезень міським громадським транспортом.

Новизна одержаних результатів.

Вдосконалені підходи та принципи вибору раціонального класу автобусів на маршруті.

Розроблений алгоритм вибору раціонального класу автобусів для пасажирських перевезень на маршруті.

Рекомендації по вибору раціонального класу автобусів на маршруті №23А «Вул. Андрія Первозванного – Муніципальний ринок» м. Вінниці.

Апробація результатів роботи. Частина результатів роботи доповідались та обговорювались на Всеукраїнській науково-практичній Інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих науковців «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи» (Вінниця: ВНТУ, 2023).

Публікації. Основні положення та результати досліджень за участі автора опубліковані в одній публікації [1].

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ПІДХОДІВ ЩОДО ОРГАНІЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ПАСАЖИРІВ У МІСТАХ

1.1 Характеристика комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія» та рухомий склад автобусного парку

На сьогоднішній день КП "Вінницька транспортна компанія" є провідним транспортним підприємством міста з чисельністю працівників понад 2000 осіб. У їхньому розпорядженні 74 трамвайні вагони, 131 тролейбус, 72 автобуси. Підприємство забезпечує функціонування 5 трамвайних, 14 тролейбусних та 20 автобусних маршрутів. Завдяки розвиненій ремонтній базі, КП "Вінницька транспортна компанія" самостійно проводить всі види ремонтів транспортних засобів, зокрема капітальні ремонти трамваїв, тролейбусів, автобусів, трамвайних колій та тролейбусних ліній. Основне завдання колективу полягає у надійному забезпеченні пасажирських перевезень. Підприємство "Вінницька транспортна компанія" протягом багатьох років утримує лідерські позиції серед подібних підприємств.

У 2014 році було відкрито муніципальний автобусний парк КП «Вінницька транспортна компанія», який знаходиться за адресою: м. Вінниця, вул. Сабарівське шосе, 19.

Щорічно автобусний парк КП оновлює свій рухомий склад та технічну базу. Наприклад, у 2015 році було придбано шиномонтажне обладнання та підйомник для автобусів, виконано капітальний ремонт приміщення контрольно-пропускного пункту, відремонтовано зовнішнє освітлення тощо.

У 2017 році було побудовано сучасну автоматичну порталну мийку для рухомого складу «Kärcher». Це єдина така мийка в Україні для муніципального транспорту. Повністю автоматизована, використовує систему очищення води для повторного її використання та розрахована для муніципальних автобусів як великих, так і малих.

Після повномасштабного вторгнення російської федерації комунальне підприємство «Вінницька транспортна компанія» передала частину автобусів для потреб армії та містам, які постраждали від дій агресора. Зокрема в м. Дніпро було передано три автобуси: два ЛАЗ-А183 D1 та один Богдан А70110.

На сьогоднішній в автобусному парку комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія» наявні 72 автобуси, які здійснюють перевезення пасажирів в м. Вінниця. Серед них автобуси великого класу: Богдан А70132 (рис 1.1 а), Богдан А70130, Богдан А70110, ЛАЗ- А183 D1 (рис 1.1 б), Otokar Kent С CNG (рис 1.1 в) та електробус Skywell (рис 1.1 г).



а



б



в



г

Рисунок 1.1 – Автобуси великого класу КП «ВТК»

Також є 8 автобусів середнього класу АТАМАН (ISUZU) A092G6 (рис. 1.2)



Рисунок 1.2 – Автобуси середнього класу АТАМАН (ISUZU) A092G6

Переважна більшість муніципальних автобусів відповідають екологічним стандартам «Євро - 5», а автобуси Otokar Kent C CNG відповідає екологічним стандартам «Євро - 6». Всі муніципальні автобуси мають понижений рівень підлоги та спеціальний пандус для людей на візках.

1.2 Шляхи покращення процесу перевезень пасажирів пасажирським транспортом

Умови перевезення пасажирів міським пасажирським транспортом впливають на їх фізичний і психологічний стан, продуктивність праці та відпочинок. Вдосконалення організації перевезень має велике соціальне значення.

Мета підвищення рівня обслуговування в міському пасажирському транспорті охоплює всіх учасників транспортного процесу, таких як пасажирів, перевізники та суспільство. Комплексними заходами слід досягати зручності подорожей для пасажирів та різнопланового скорочення витрат транспортних підприємств [2]. Тому є необхідність використовувати нові рішення в галузі техніки, технологій, організації та економіки. Учасники ринкових відносин повинні

самостійно та цілеспрямовано формувати та реалізовувати науково-технічну політику для забезпечення конкурентоспроможності транспортних послуг.

Методи удосконалення міських пасажирських перевезень [2-5] можна розділити на три основні групи. Містобудівні фактори визначають напрямок і обсяг пересувань пасажирів, формуючи матрицю кореспонденцій. Організаційні фактори впливають на час подорожей мешканців міста, установлюючи вихідні параметри для організації перевізного процесу - обсяг перевезень і час пересування пасажирів. Це пояснюється тим, що пасажир одночасно є об'єктами перевезень та споживачами транспортних послуг.

Наведений перелік методів удосконалення перевезень пасажирів може бути доповнений апробованими в різних країнах методами організації за разовими і довгостроковими заявками громадян на спеціальні маршрути автобусів різної пасажиромісткості, використанням системи повідомлення пасажирів про режими руху транспортних засобів, наданням додаткових послуг під час їх пересування тощо [6].

Соціальна мета удосконалення міських пасажирських перевезень включає в себе урахування інтересів пасажирів як споживачів транспортних послуг і відображення суспільних інтересів. Пріоритетом є розгляд таких характеристик якості перевезень, як безпека для життя і здоров'я пасажирів і персоналу, комфорт, екологічна придатність та збереження майна.

Економічна мета удосконалення міських пасажирських перевезень повинна відповідати економічному механізму, застосовуваному у міському пасажирському транспорті. Цей механізм дозволяє вдосконалювати економічні відносини з урахуванням ресурсних можливостей, які стоять в розпорядженні транспортних підприємств, і сприяє розвитку конкуренції серед перевізників на ринку транспортних послуг. Це має призвести до створення економічної переваги для перевізників.

Якість, безпека та екологічність пасажирських перевезень

На сучасному етапі, вдосконалення якості обслуговування пасажирів визначається як пріоритетний напрямок у процесі надання транспортних послуг населенню. Показники якості перевезень пасажирів [3, 4] включають:

- коефіцієнт наповнення транспортних засобів;
- витрати часу, які пасажир витрачає на пересування;
- регулярність руху транспорту;
- тяжкість дорожньо-транспортних пригод.

Під удосконаленням якості перевезень пасажирів розуміють комплекс заходів, спрямованих на скорочення часу, який населення витрачає на пересування, та поліпшення комфорту поїздок.

Одним із ключових критеріїв оцінки якості транспортного обслуговування населення є загальні витрати часу, які населення витрачає на пересування від початкового до кінцевого пункту. Цей показник включає швидкість сполучення, щільність транспортної мережі, кількість транспортних засобів на лінії та інші фактори.

Загальні витрати часу пасажирів складаються із часу на підхід до зупинки, очікування транспортного засобу, посадки, подорожі та підходу до кінцевого пункту. Комфортність поїздки часто оцінюється за коефіцієнтом наповнення транспортного засобу (γ) [5].

Ще одним важливим критерієм транспортного обслуговування населення є регулярність руху транспортних засобів, яка впливає на час очікування транспортного засобу. Згідно з дослідженням [5], рейси автобусів вважаються регулярними, якщо коефіцієнт варіації знаходиться в межах $0,2 \cdot \sigma / t_{i\text{cp}}$, де $t_{i\text{cp}}$ – середній інтервал руху між транспортними засобами. Рейси з відхиленнями, які перевищують ці значення, вважаються нерегулярними. Таким чином, важливо, щоб перевізники дотримувалися розкладу руху транспортних засобів.

У дослідженні [5] рекомендується оцінювати якість транспортного обслуговування населення за допомогою коефіцієнта якості k_y , який визначається як відношення розрахункових витрат часу на пересування $t_{пер_роз}$ при заданих умовах до розрахункових витрат часу на пересування в реальних умовах $t_{пер_реал}$:

$$k_y = \frac{t_{пер_роз}}{t_{пер_реал}}. \quad (1.1)$$

Провести оцінювання якості транспортного обслуговування пасажирів можна з використанням коефіцієнту K_n , який визначається за формулою:

$$K_n = \frac{\sum_i^n K_i \cdot P_i}{\sum_i^n P_i}, \quad (1.2)$$

де P_i - відносна статистична вага різних показників;

K_i - показник якості.

Ця методика дозволяє враховувати різноманітні фактори при оцінці якості перевезень. Наприклад, враховуються такі аспекти, як "наповнення автобусів", "витрати часу пасажирів на поїздки", "тип автобуса на маршруті", "регулярність руху автобусів" та "обслуговування пасажирів на автовокзалі". Проте, основним недоліком є складність, оскільки потрібно визначати відносну статистичну вагу показників через таблиці, що складаються на основі анкетних обстежень.

Оцінку якості роботи маршрутних таксі можна проводити за такими показниками:

- коефіцієнт виїзду автобусів на лінію;
- коефіцієнт наповнення;

- коефіцієнт використання часу в наряді;
- швидкість сполучення;
- інтенсивність руху;
- інтервал руху автобусів;
- коефіцієнт регулярності;
- показник ефективності обслуговування;
- коефіцієнт ефективності витрат;
- узагальнений показник якості роботи маршрутних таксі.

Визначаються наступні параметри оцінки якості перевезень:

Надійність - забезпечення перевезення пасажирів від пункту відправлення до пункту призначення за графіком (час поїздки).

Комфортність - забезпечення фізичного комфорту пасажирів під час поїздки, оглядовості тощо.

Безпека - забезпечення безпечного проїзду в громадському транспорті.

Ввічливість - високий стандарт обслуговування, включаючи поведінку та контакт обслуговуючого персоналу.

Доступність - частота руху громадського транспорту.

Взаєморозуміння - врахування інтересів пасажирів та їх вимог при формуванні графіка руху транспорту.

Комунікбельність - здатність ефективного спілкування системи громадського транспорту.

У цьому випадку запропоновано вимірювати та оцінювати параметри якості, а також мінімізувати розбіжності між планованими та фактичними показниками якості. Для досягнення цього можна використовувати різні методи оцінок, такі як статистичний метод, метод експертних оцінок та інші. Однак складність цього методу полягає в тому, що переважна більшість параметрів якості не можна виміряти кількісно, щоб отримати об'єктивну оцінку.

У дослідженні [6] вказується, що ефективність транспортного обслуговування слід оцінювати за ступенем рівномірності інтервалів руху

автобусів, при цьому не враховується той факт, що жоден з учасників перевезень не зацікавлений в дотриманні рівномірного інтервалу.

При оцінці перевезень пасажирів враховуються такі аспекти:

- мінімізація часу пересування при обмеженні витрат;
- витрати на перевезення при обмеженні часу пересування пасажирів;
- психофізіологічний критерій.

Для повноцінного уявлення про перевізний процес слід враховувати й інші фактори, такі як транспортна рухливість населення, очікуваний пасажиропотік, безперервність перевізного процесу, розподіл пасажиропотоку між різними маршрутами, соціальна приналежність пасажирів, витрачений час на подорож, ціна за проїзд тощо.

Правильне прогнозування обсягу пасажирообороту та знання транспортної рухливості населення дозволяє раціонально розподілити перевезення між різними видами транспорту, адекватно визначити потребу в рухомому складі, поліпшити транспортне обслуговування населення та інші аспекти.

Якість транспортних послуг для пасажирів напряму залежить від рівня їх безпеки, що є ключовим експлуатаційним критерієм для транспортних засобів. Безпека впливає на життя та здоров'я пасажирів, збереження рухомого складу та багажу, час у дорозі та гарантію безпечного прибуття до пункту призначення. Це комплексний показник, що визначається конструктивними характеристиками автомобіля (стійкість, надійність механізмів управління, гальмівні властивості і т. д.) і поділяється на активну, пасивну та екологічну безпеку. Всі ці аспекти безпеки сприяють зниженню ймовірності дорожньо-транспортної пригоди (ДТП), а також зменшенню тяжкості її наслідків та можливості ефективного ліквідування.

Для оцінки безпеки руху на перехрестях можна застосовувати метод, який базується на використанні статистичних даних про ДТП. Цей метод полягає в тому, що кожна конфліктна точка на перехресті визначає рівень небезпеки для руху, пропорційний інтенсивності потоків, які перетинаються.

Небезпека кожної конфліктної точки q_i визначається за формулою:

$$q_i = \frac{K_i \cdot M_i \cdot N_i \cdot 25 \cdot 10^{-7}}{K_p}, \quad (1.3)$$

де M_i, N_i - інтенсивності потоків, які пересікаються в конфліктній точці, авт/доб;

K_i – відносна аварійність конфліктної точки;

K_p – коефіцієнт річної нерівномірності руху.

Отже, загальна небезпека G :

$$G = \sum_{i=1}^n q_i, \quad (1.4)$$

де n – кількість конфліктних точок.

Рівень безпеки руху на перехрестях, як правило, оцінюють показником аварійності K_a :

$$K_a = \frac{G \cdot K_p \cdot 10^7}{25 \cdot (M_s + N_s)}, \quad (1.5)$$

де M_s, N_s - інтенсивності руху дорогах, які пересікаються, авт/доб;

Ця методика дозволяє враховувати вплив різних факторів, проте недоліком є велика об'ємність розрахунків. Найбільш поширеною є методика аналізу конфліктних точок [7], тобто місць, де траєкторії руху транспортних засобів або транспортних засобів і пішоходів перетинаються на одному рівні, а також там, де відбувається розгалуження або об'єднання транспортних потоків.

Складність m (умовна небезпека) будь-якого перетину визначається:

$$m = n_0 + 3 \cdot n_c + 5n_n, \quad (1.6)$$

де n_0 ; n_c ; n_n - число точок поєднання, розгалуження і перетину, відповідно.

Прийнято вважати вузол (перехрестя) малої складності (простим) за умови $m < 40$, середньої складності за умови $m = 40 \dots 80$, складним за умови $m = 80 \dots 150$ і дуже складним за умови $m > 150$.

Отже, Виникає можливість оцінювати потенційну небезпеку різних ділянок вулично-дорожньої мережі (ВДМ) за кількістю конфліктних точок. З використанням запропонованої технології можна оцінювати ступінь небезпеки всього маршруту.

Питання екологічності пасажирських перевезень також отримує значну увагу [9, 10, 11, 12]. Роботи орієнтовані на розробку методики обмеження кількості транспортних засобів, з урахуванням екологічної складової. У цьому дослідженні передбачається, що інтенсивність викидів токсичних речовин транспортним потоком буде складатися з інтенсивностей викидів токсичних речовин від транспортних засобів у потоці, оснащених ДВЗ: індивідуальних автомобілів (Q_u), маршрутних таксі (Q_m) і автобусів (Q_a). При цьому загальна інтенсивність викидів токсичних речовин від транспортного потоку не повинна перевищувати максимально допустимого значення:

$$Q_u + Q_m + Q_a \leq Q_{доп}, \quad (1.7)$$

де $Q_{доп}$ – максимально допустиме значення викидів токсичних речовин.

Після цього, знаючи довжину екологічно небезпечної ділянки магістралі, можна перерахувати рекомендовану кількість транспортних одиниць, що знаходяться в русі.

Недоліком даного підходу є те, що розглядається лише одна конкретна ділянка магістралі, а не маршрут в цілому. Крім того, відсутня залежність впливу

технічного стану транспортного засобу та дорожніх умов на витрату палива, а, отже, і на викиди шкідливих речовин. Всі викиди шкідливих речовин беруться в розмірності г/км. Це справедливо з точки зору оцінки екологічної ситуації в місті, проте при цьому не враховується кількість перевезених пасажирів, що не дозволяє порівнювати екологічні характеристики транспортних засобів різного класу за кількістю викидів шкідливих речовин, що припадають на одного перевезеного пасажирів на одиницю транспортної роботи.

Таким чином, при оцінці якості перевезень пасажирів, необхідно, крім усього іншого, враховувати складність і небезпеку маршруту, що залежить від інтенсивності руху та безпосередньо від організації дорожнього руху, а також фактори, що впливають на витрату палива і викиди шкідливих речовин.

1.3 Аналіз процесу дорожнього руху в містах

На процес дорожнього руху в містах впливає значна кількість факторів, які можна класифікувати за такими групами: характеристики транспортних засобів, учасники дорожнього руху та дорожні умови.

Характеристики транспортних засобів також можна умовно розділити на дві категорії - статичні та динамічні [13]. До статичних аспектів належать габарити транспортних засобів, їх вага, рівень оглядовості, конструкція та розташування органів управління, тормозної системи, підвіски, потужність двигуна та інші параметри. Габарити транспортних засобів визначають ширину полоси руху, розміри стоянок і т. д., а вага впливає на тип дорожнього покриття, витрату палива, швидкість руху, рівень забруднення та шумові емісії в місті.

До динамічних характеристик відносять потужність двигуна, тип та передаточне число трансмісії, гальмівні властивості, тип шин і т. д. Ці параметри визначають інтенсивність розгону та гальмування, а в кінцевому підсумку формують динамічні характеристики автомобіля. У зв'язку з умовами безпеки дорожнього руху, динамічні характеристики двох автомобілів, що рухаються послідовно, не повинні контактувати, що визначає пропускну здатність смуги руху.

Відхилення траєкторії руху від планової визначає ширину смуги руху та залежить від психофізіологічних властивостей водіїв.

Отже, параметри, що характеризують технічні характеристики транспортних засобів, впливають на режим руху транспортних потоків та в значній мірі визначають умови дорожнього руху. Ступінь небезпеки та кількість конфліктних ситуацій, які виникають під час дорожнього руху, в більшості випадків залежать від дій учасників руху - водіїв та пішоходів. Різноманітність дорожніх умов вимагає розгляду стану дорожнього руху в конкретних умовах, на певній ділянці міської вулично-дорожньої мережі, що має конкретні геометричні параметри, стан і тип дорожнього покриття, ступінь ізольованості пішохідних потоків від транспортних, умови видимості та інше.

Умови дорожнього руху також значно залежать від методів організації дорожнього руху з використанням інженерних засобів, які застосовуються на конкретній ділянці, таких як регулювання перехресть транспортних і пішохідних потоків, обмеження швидкості, обгонів, поворотів, розворотів, одностороннього руху, руху з пріоритетом, обмеження в'їзду для певних категорій транспортних засобів в різні міські зони.

Основні параметри геометрії вулиць та доріг, такі як ширина проїжджої частини, смуги руху, тротуари, пішохідні переходи, смуги для паркування, частота перехресть та інші, мають значущий вплив на умови та режими дорожнього руху.

Задача процесу дорожнього руху визначається комплексними показниками ефективності, такими як час, безпека для учасників руху та завантаження вулично-дорожньої мережі. Для досягнення цієї мети приймаються рішення, спрямовані на поліпшення умов руху в конкретному місці.

Аналіз проводиться шляхом порівняння даних про режим руху пішоходів, транспортних засобів та паркування, а також аналізу ДТП. Оцінка якості організації руху включає порівняння фактичних параметрів дорожнього руху з еталонними показниками, представленими у нормативно-довідковій літературі. На основі цього порівняння приймаються рішення, спрямовані на покращення умов дорожнього руху.

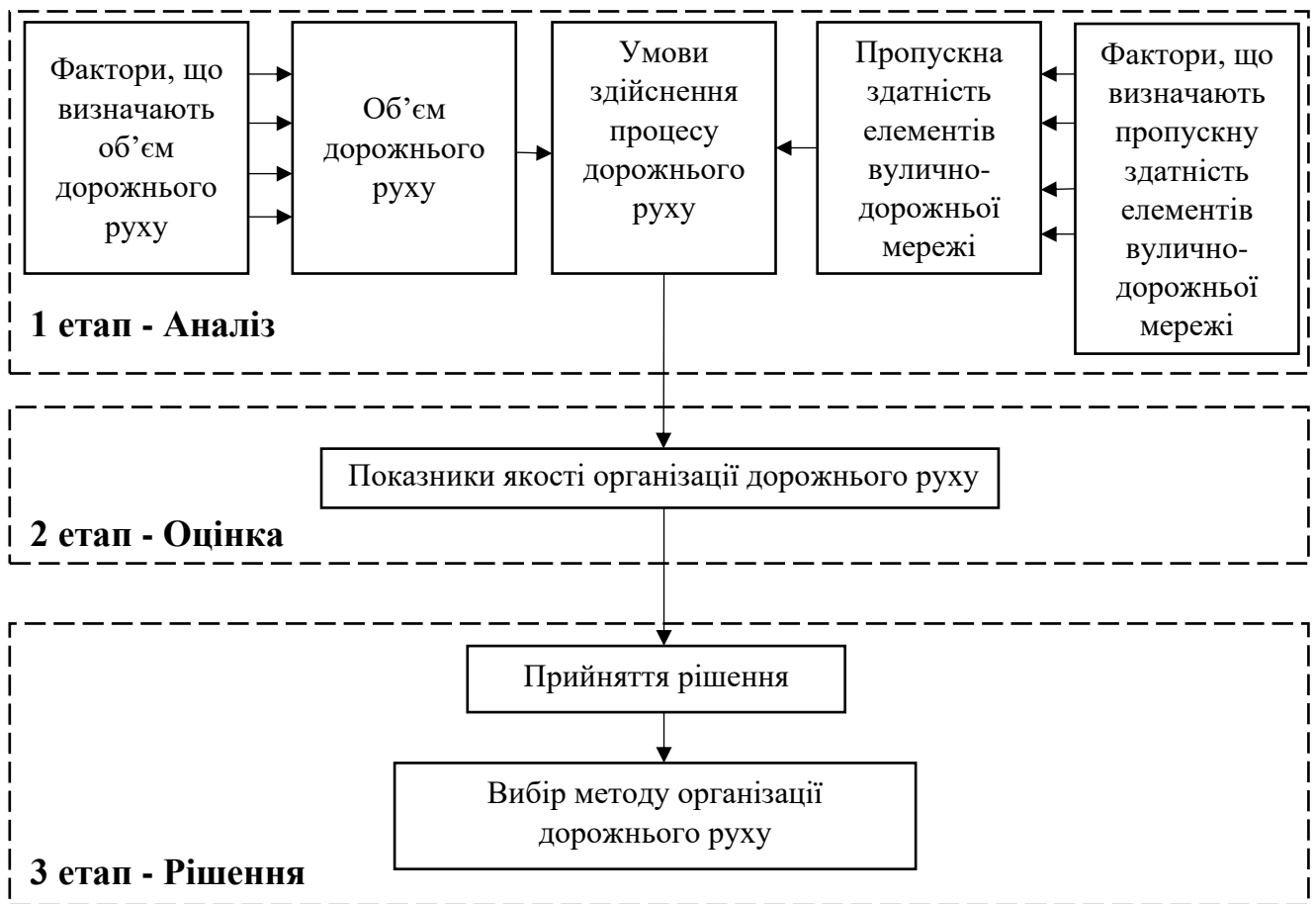


Рисунок 1.3 – Алгоритм прийняття рішення по організації дорожнього руху

Для оцінки умов дорожнього руху в містах використовують різноманітні кількісні показники, такі як тривалість затримок, швидкість руху, швидкість сполучення, пропускна здатність, тривалість паркування, ймовірність наявності вільних місць на стоянках, та інші показники безпеки руху. Проте частіше за все використовується комплекс показників, що оцінюють якість і безпеку руху, а також пропускна здатність мережі. Для цих показників встановлюється ряд вимог, зокрема, вони повинні кількісно визначати цільову функцію конкретного процесу дорожнього руху. Такий показник повинен бути універсальним, повним, мати фізичний сенс і бути легким у визначенні.

В якості прикладу можна розглядати центральний район великого міста. Особливість використання вулиць у цьому районі визначає такі показники якості організації: швидкість руху транспорту та пішоходів, а також час обслуговування

(тривалість стоянки). У даному контексті ці показники можна розглядати як відповідь на вплив факторів, що визначають поведінку системи дорожнього руху.

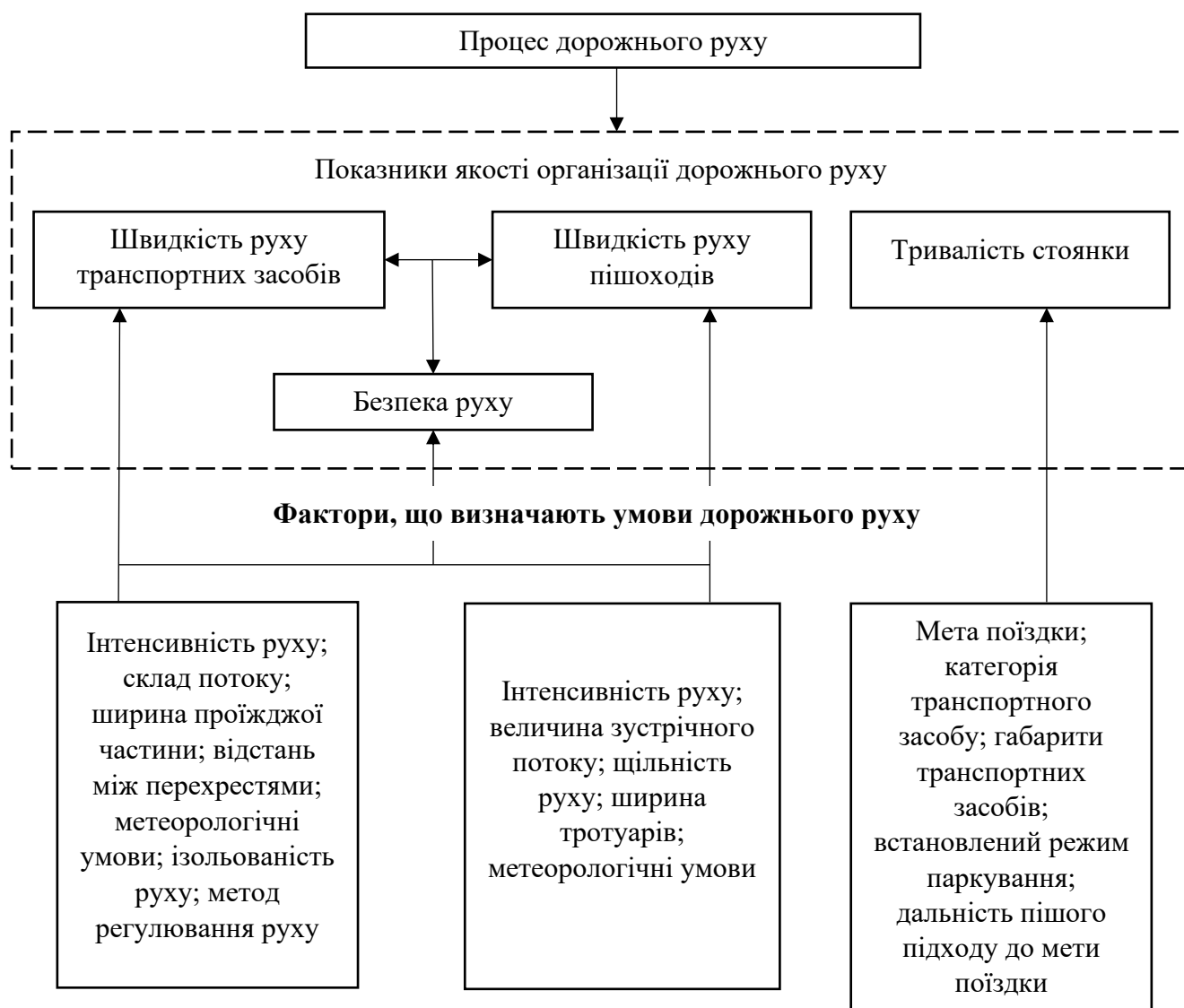


Рисунок 1.4 – Фактори, що визначають умови дорожнього руху

Ці показники виявляються ефективними для досягнення поставленої мети, мають чіткий фізичний зміст, легко і просто вимірюються, універсальні, кількісно виражаються одним числом, статистично ефективні і застосовні для всіх умов. Таким чином, ці показники відображають чутливість до характеру протікання процесу дорожнього руху (відносно зовнішніх умов) і визначають пропускну

здатність елементів вулиці, що використовуються різними категоріями учасників руху.

1.4 Характеристики маршрутів муніципального пасажирського транспорту

З усього комплексу системи міського пасажирського транспорту, маршрутна система є найбільш динамічною і може зазнавати значних змін. Ці зміни можуть бути викликані різними чинниками, такими як ріст міста, зміни в режимі трудової та культурно-побутової діяльності населення та інші фактори. Однак, не дивлячись на це, основна частина маршрутної мережі залишається стабільною.

Маршрути відрізняються за рядом характеристик, серед яких можна виділити такі [6, 14]:

- обсяг пасажироперевезень A ;
- обсяг транспортної роботи (пасажирооборот) Q ;
- протяжність маршруту;
- середня довжина поїздки L_{cp} ;
- пасажиропотік;
- коефіцієнт нерівномірності k_n ;
- коефіцієнт нерівномірності по довжині;
- коефіцієнт нерівномірності у напрямку;
- коефіцієнт годинного максимуму;
- коефіцієнт нерівномірності в часі;
- частота або інтервали руху;
- епюра пасажиропотоків.

Об'єм пасажироперевезень A визначає кількість пасажирів, які перевозяться на конкретному маршруті, ділянці мережі або в мережі певного виду транспорту за певний проміжок часу (година, доба, місяць, квартал, рік). Кількість пасажирів, перевезених за період спостереження T , є еквівалентною кількості маршрутних поїздок, виконаних протягом цього часу., отже:

$$A = \sum_{i,j} \frac{A_{ij}}{T} \quad (1.8)$$

j - пункт прибуття;

A_{ij} - кількість поїздок з пункту i в пункт j ;

i – пункт відправлення;

T - період спостереження.

Кількість кореспонденції A_{ij} з i в j , дорівнює кількості посадок, виконаних в пункті i на напрямку j , або висадок в пункті j з напрямку i . Тому об'єм пасажироперевезень A (пас/добу., пас/год., пас/рік і т.д.) може визначатись як сума пасажирів, які зайшли в маршрутний транспортний засіб в пунктах посадки ($A_{вх}$) або вийшли в пунктах висадки ($A_{вих}$) за одиницю часу (добу, місяць, годину, квартал, рік):

$$A = \sum_i \frac{A_{вх}}{T} = \sum_j \frac{A_{вих}}{T} \quad (1.9)$$

Об'ємом транспортної роботи, або пасажирообігом, (пас-км/доб., пас-км/год, Пас-км/год і т.п.) називається кількість освоєних транспортом на всій мережі, ділянці мережі чи маршруті, за одиницю часу (місяць, годину, добу, квартал, рік) пасажиро-кілометрів або, суму довжин усіх поїздок за одиницю часу:

$$Q = \sum_{ij} \frac{A_{ij} l_{ij}}{T} \quad (1.10)$$

де l_{ij} - відстань пасажирської кореспонденції.

Протяжність маршрутів переважно налаштовується для забезпечення зв'язку між точками походження та напрямом пасажирських потоків. Однак це не обов'язково означає, що довжина маршруту повинна точно відповідати прямій

відстані між вказаними пунктами. Маршрут може з'єднувати два чи більше пункти, що призводить до багаторазового обміну пасажирів протягом всього маршруту.

Також, важливою характеристикою перевезень є середня довжина поїздки L_{cp} . Цей показник визначається як середнє значення довжини всіх поїздок пасажирів на конкретному маршруті або в мережі в цілому:

$$L_{cp} = \sum_{ij} \frac{l_{ij}}{n} \quad (1.11)$$

де n - загальна кількість поїздок.

Визначення середньої довжини поїздки за формулою 1.11 дуже затратний по часу, тому є альтернативний спосіб розрахунку:

$$L_{cp} = \frac{Q}{A} \quad (1.12)$$

З формули (1.12) видно, що середня довжина поїздок напряму впливає на показники діяльності підприємств, які здійснюють пасажирські перевезення. Навіть при однаковому обсязі пасажироперевезень (A) різні значення середньої довжини поїздок (L_{cp}) можуть значно варіювати обсяг транспортної роботи підприємства (пасажирообіг). Основні визначальні фактори для середньої довжини поїздки включають територіальні розміри міста, мережу маршрутів та планувальну структуру міста, включаючи розташування житлових зон, промислових районів і культурно-побутових центрів. Збільшення територіальних розмірів міста призводить до зростання середньої довжини поїздок, що часто характерне для великих міст. Неправильний вибір мережі маршрутів також може збільшити середню довжину поїздок.

У випадку змішаного планування міст, де промислові та культурно-побутові центри рівномірно розподілені між житловими зонами, середня довжина поїздок суттєво менша, ніж у випадку розміщення промислових зон за межами міста.

Наприклад, винесення промислових зон за межі міста згідно з санітарно-гігієнічними нормами може призвести до збільшення чисельності населення міста та обсягу пасажироперевезень (A) через зростання частки населення, що скористалося транспортом. З іншого боку, у містах із змішаним плануванням значна частина переміщень може здійснюватися пішки, не зважаючи на менший обсяг пасажироперевезень. Навіть за умови меншого обсягу перевезень, економічні показники діяльності підприємств, які здійснюють пасажирські перевезення в містах із змішаним плануванням, можуть бути значно вищими порівняно з містами, де є окремі промислові зони, через зменшення відносної частки транспортної роботи на одного пасажирів.

Вивчення руху пасажирів дозволяє виявити основні закономірності їхнього колювання, щоб використовувати ці результати при плануванні та організації перевезень. Іншими словами, зміна обсягу пасажиропотоків на маршрутах і загалом у певному населеному пункті підпорядкована певним закономірностям, тому регулярне визначення розподілу пасажиропотоків за часом, довжиною маршрутів і напрямками є ключовим завданням транспортних підприємств або центрів координації, таких як центральний диспетчерський або логістичний центр.

Пасажиропотоки описують навантаження на транспортну мережу в різних напрямках переміщень протягом певного періоду (години, доби, місяця). Як було зазначено раніше, пасажиропотоки зображаються у вигляді епюрів, які вказують на навантаженість маршрутів, ділянок доріг чи ліній. Характер змін пасажиропотоків, наприклад за годинами доби, представлений на рисунку 1.5.

Ступінь нерівномірності пасажиропотоків оцінюється коефіцієнтом нерівномірності k_n , це відношення максимальної потужності пасажиропотоку Q_{max} за період часу до середньої потужності пасажиропотоку Q_{cp} за той же час:

$$k_n = \frac{Q_{max}}{Q_{cp}} \quad (1.13)$$

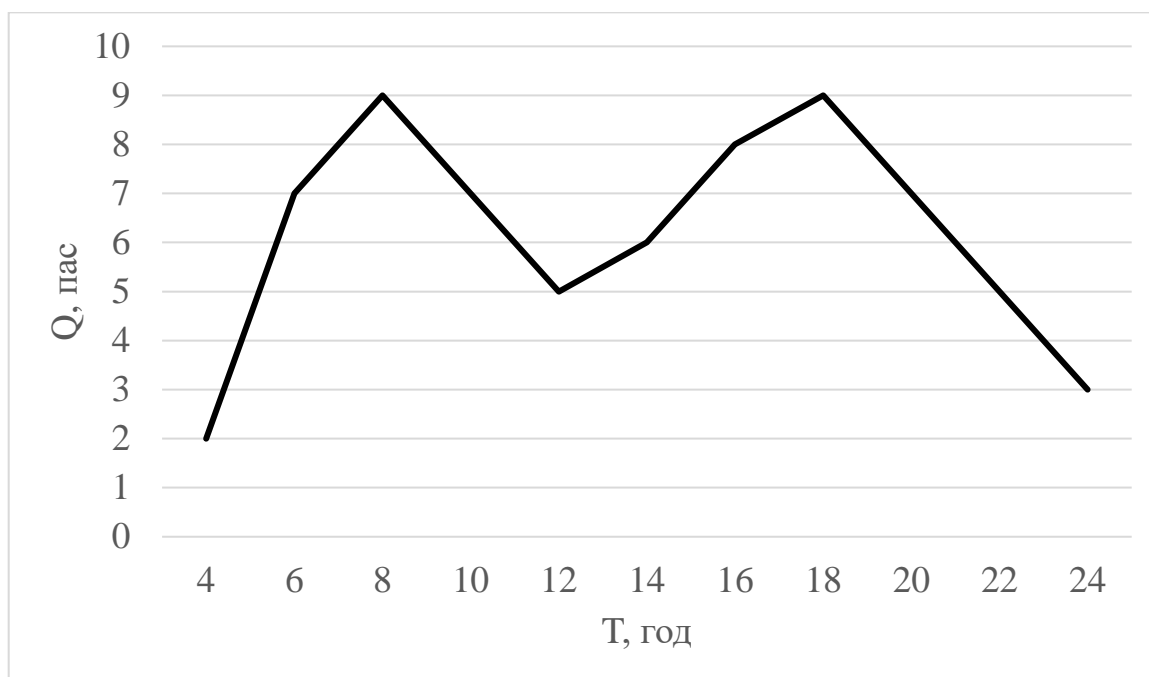


Рисунок 1.5 – Зміна пасажиропотоків

Існують різні коефіцієнти нерівномірності, такі як за годинами доби, днями тижня, місяцями року, а також для окремих ділянок маршруту та за різними напрямками руху. Коефіцієнт нерівномірності за напрямками визначається як відношення максимальної щільності пасажирського потоку за годину у найбільш завантаженому напрямку до середньої щільності пасажирського потоку в зворотному напрямку.

Нерівномірний розподіл пасажирських потоків по транспортній мережі призводить до нерівномірного розподілу по довжині маршрутів. Залежно від характеру розподілу потоків, маршрути можуть бути рівномірно завантажені по всій довжині, максимально завантажені в середині, максимально завантажені по обох кінцях і максимально завантажені з одного кінця. Велика нерівномірність потоків по довжині маршрутів спостерігається особливо в години пік.

Добова нерівномірність розподілу потоків зазвичай менша, ніж пікова. Нерівномірність розподілу потоків на ділянках маршрутів підсилюється нерівномірністю розподілу потоків у напрямку. У містах з концентрованим розміщенням промислових підприємств в години пік виникають виражені

односторонні пасажирські потоки: в ранковій годині пасажирів направляються на роботу, а ввечері - з роботи.

Ступінь нерівномірності розподілу пасажирських потоків по довжині маршрутів характеризується коефіцієнтом нерівномірності, який розраховується за наступною формулою:

$$k_{\partial} = \frac{Q_{\max}}{Q} \quad (1.14)$$

де Q_{\max} - пасажиропотік по найбільш завантаженому перегону;

Q - середній пасажиропотік на маршруті.

Нерівномірність пасажиропотоків за напрямками можна характеризувати коефіцієнтом, який визначається відношення середнього пасажиропотоку на маршруті \bar{Q}' по найнавантаженишому напрямку до середнього потоку по всьому маршруту \bar{Q}'' :

$$k_{\text{напр}} = \frac{\bar{Q}'}{\bar{Q}''} \quad (1.15)$$

Пасажиропотоки також неоднорідно розподіляються у часі, враховуючи сезонні, щоденні та годинні варіації. Зміни в пасажиропотоках за сезонами року та годинами доби впливають на вибір транспорту, потребу в рухомому складі, розклад руху та організацію перевезень.

Сезонні коливання пасажиропотоків є типовими для багатьох міст. Особливо великі зміни спостерігаються в курортних містах і тих, де є історичні об'єкти. Обсяг пасажирських перевезень значно зростає влітку, перевищуючи середньорічні значення. Сезонні варіації можуть стосуватися як загального обсягу перевезень по місту, так і окремих напрямків чи маршрутів. Особливо значні зміни

спостерігаються на маршрутах, які сполучають житлові райони з туристичними місцями чи історичними об'єктами (стадіони, велотреки тощо).

Щоденні зміни в пасажиропотоках пов'язані з розміром трудових і побутових поїздок, що здійснюються населенням міста та його околиць. Максимальний обсяг перевезень спостерігається перед вихідними днями, коли до трудових поїздок додається значна кількість подорожей культурно-побутового характеру. У вихідні дні, коли подорожі на роботу обмежені, обсяг перевезень визначається переважно погодними умовами та сезоном. Зимовий період та негода можуть значно зменшити перевезення в неділю. Розподіл пасажиропотоків протягом доби повинен бути врахований при виборі днів для проведення обстеження та організації технічного обслуговування транспортних засобів.

Часові зміни пасажиропотоків спостерігаються у всіх містах і визначаються в основному робочою діяльністю населення та графіком роботи підприємств та установ. Міста з великими промисловими підприємствами характеризуються значними змінами обсягів перевезень протягом доби. Під час пікового часу пасажиропотоки можуть досягати 12-13% від добового обсягу. Ранкові години піку, зазвичай, коротші за вечірні, і їх характер може бути визначений меншою кількістю трудових поїздок, ніж вечірні. У вечірні години піку пасажиропотоки часто більші, оскільки трудові та побутові подорожі збігаються в цей період.

Годинна нерівномірність взагалі по місту та окремих напрямках характеризується коефіцієнтом часового піку:

$$p = \frac{A_{\max}}{A_{\text{год}}}, \quad (1.16)$$

де A_{\max} - кількість пасажирів, в час пік;

$A_{\text{год}}$ – кількість пасажирів, в середньому за 1 год роботи транспорту.

Інформація про обсяг перевезень у різні години доби використовується при формуванні графіку виходу транспортних засобів на маршрути, розкладів руху на маршрутах, а також встановленні режиму роботи підприємств та установ міста.

Нерівномірність пасажиропотоків у напрямку, визначена як співвідношення потоку пасажирів на найбільш завантаженому напрямку до потоку в обох напрямках, є характерною лише для годин доби. Для середньодобового потоку цей коефіцієнт нерівномірності майже дорівнює 1.

Коливання пасажиропотоків на маршрутах у часі спостерігаються у всіх містах та майже на всіх маршрутах. Основним розрахунковим періодом для проектування транспортної системи міста є година пік. Зазвичай цей період із максимальним обсягом перевезень виражається у відсотках до середньодобових перевезень. За результатами обстежень в містах встановлено, що в середньому відсоток перевезень в годину пік становить 7-14% від добових. При цьому на окремих маршрутах міст може бути відмінною динаміка відсотка перевезень.

Частота руху або інтервали пов'язані з обсягами перевезень і повинні відображати закономірності їх розподілу. Результати обстежень пасажиропотоків використовуються як для удосконалення організації перевезень на існуючих маршрутах, так і для переосмислення транспортної мережі в цілому. Ці дані є основою для визначення основних техніко-експлуатаційних параметрів роботи автобусів, таких як обсяг перевезень, пасажирооборот, середня дальність поїздки пасажирів, наповненість автобусів, їх кількість на маршрутах, тривалість рейсів та число змін роботи, швидкість, інтервали та частота руху, пробіг за час роботи. Отримані дані є основою для вдосконалення системи маршрутів загалом, а також для оптимізації руху та роботи автобусів на кожному конкретному маршруті.

1.5 Висновки до розділу 1 та постановка завдань дослідження

1. Проведено аналіз поточного стану автомобільних пасажирських перевезень в Україні, розглянуті різноманітні підходи до організації пасажирських перевезень та вивчені аспекти екологічної безпеки та безпеки дорожнього руху.

2. Завданням роботи є розробка методики, яка дозволить обґрунтовано вибирати оптимальний клас автобусів для задоволення потреб міського пасажирського транспорту.

Головною метою дослідження є підвищення якості перевезень пасажирів за допомогою розумного вибору класу автобусів.

Для досягнення цієї мети передбачено вирішення наступних завдань:

- ідентифікувати основні фактори, що впливають на структуру міського пасажирського транспорту;
- визначити показники, які оцінюють якість транспортних послуг для обґрунтованого вибору класу автобусів на конкретному маршруті;
- розробити алгоритм визначення оптимального класу автобусів для конкретного міського маршруту;
- провести відбір оптимального класу автобусів для міських пасажирських перевезень;
- розробити заходи для забезпечення необхідного рівня охорони праці та безпеки праці у надзвичайних ситуаціях.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИКА ВИБОРУ КЛАСУ МУНІЦИПАЛЬНИХ АВТОБУСІВ ДЛЯ ОБСЛУГОВУВАННЯ МІСЬКИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

2.1 Дослідження процесу перевезення пасажирів

Перевезення пасажирів представляє собою складний процес, організація якого вимагає урахування численних факторів, які впливають на нього різноманітним чином. На додаток до цього слід враховувати, що в цьому процесі задіяні три "сторони": пасажир, транспортне підприємство і суспільство.

Кожен учасник транспортного процесу має власне уявлення про перевезення, і ці уявлення можуть значно розходитися, але в деяких аспектах вони також можуть збігатися.

Наприклад, для пасажирів важливими є фактори, які впливають на час подорожі, комфорт, надійність обслуговування і безпеку, а також вартість проїзду (рис. 2.1). З іншого боку, транспортне підприємство при плануванні перевезень враховує протяжність маршруту, кількість зупинок і відстань між ними, чисельність населення, яке користується перевезенням, наявність конкуруючих маршрутів інших видів транспорту, прибутковість перевезень тощо. Для суспільства важливі соціальні аспекти, розвиток транспортної інфраструктури, екологічні та безпекові питання.

Всі учасники процесу перевезення спільно цікавляться питанням вартості проїзду, проте в цьому спільному аспекті існують протиріччя: пасажирів виражають бажання, щоб вартість проїзду була як найменшою; підприємство прагне знизити собівартість надання послуг, зокрема, перевезень, але водночас ставить ціни на проїзд, максимально можливі для максимізації прибутку; суспільство, в принципі, зацікавлене в розумних, середніх цінах на проїзд, оскільки це дозволяє підприємствам здобувати прибуток і вносити відрахування на користь суспільства.

Інтереси пасажирів

- Ціна
- Час
- Надійність
- Комфорт
- Безпека

Інтереси транспортного підприємства

- Дохід
- Регулярність
- Навнюваність
- Пасажиропотік
- Протяжність маршруту

Інтереси суспільства

- Екологія
- Безпека
- Трудова зайнятість
- Податки

Рисунок 2.1 – Інтереси учасників процесу перевезень

Процес перевезення з точки зору постачальника послуг

Надзвичайно важливим для підприємства є досягнення прибутку, який прямо залежить від обсягу перевезень пасажирів і, отже, кількості транспортних засобів на маршруті. Визначення необхідної кількості рухомого складу для маршруту може бути здійснене кількома різними методами.

В одному із способів запропоновано визначати кількість транспортних засобів (A_a) зі співвідношення:

$$A_a = \frac{Q_p \cdot l_{cp} \cdot K_c \cdot K_H \cdot K_K}{365 \cdot q_c \cdot \gamma_m \cdot \alpha_v \cdot V_e \cdot T_H \cdot \beta}, \quad (2.1)$$

де Q_p - річний об'єм перевезень, пас;

K_c, K_H - коефіцієнти нерівномірності перевезень по годинами доби і за напрямками маршрутів, відповідно;

l_{cp} - середня дальність поїздки пасажира, км;

γ_m - коефіцієнт місткості транспортного засобу;

q_c - середня місткість транспортного засобу, пас;

V_e - експлуатаційна швидкість, км/год;

α_e - коефіцієнт випуску транспортних засобів на лінію;

β - коефіцієнт використання пробігу транспортного засобу;

T_n - тривалість перебування транспортного засобу в наряді, год;

K_K - коефіцієнт підвищення якості транспортного обслуговування внаслідок поліпшення техніко-експлуатаційних показників використання транспортних засобів, що визначається за формулою:

$$K_K = \sqrt[4]{\frac{\alpha_{ec} \cdot \beta_c \cdot T_{nc} \cdot R_{dc}}{\alpha_{en} \cdot \beta_n \cdot T_{nn} \cdot R_{dn}}}, \quad (2.2)$$

де α_{ec} - списочний коефіцієнт випуску транспортних засобів на лінію;

β_c - списочний коефіцієнт використання пробігу транспортного засобу;

α_{en} - планований коефіцієнт випуску транспортних засобів на лінію;

T_{nc} - списочна тривалість перебування транспортного засобу в наряді, год;

β_n - планований коефіцієнт використання пробігу транспортного засобу;

R_{dc} - списочна регулярність руху на маршрутній мережі;

T_{nn} - планована тривалість перебування транспортного засобу в наряді, год;

R_{dn} - планована регулярність руху на маршрутній мережі.

Отже, враховуючи формулу 2.1, можна враховувати поліпшення якості транспортного обслуговування за рахунок вдосконалення техніко-експлуатаційних показників використання автобусів.

Для визначення необхідної кількості транспортних засобів для здійснення запланованого обсягу перевезень на маршруті використовується формула:

$$A_a = \frac{N_{\text{пас.доб.}} \cdot l_{\text{cp}}}{q_c \cdot \gamma_m \cdot V_e \cdot T_n \cdot \beta}, \quad (2.3)$$

де $N_{\text{пас.доб.}}$ - добовий пасажиропотік;

l_{cp} - середня дальність поїздки пасажира, км;

q_c - середня місткість транспортного засобу, пас;

γ_m - коефіцієнт місткості транспортного засобу;

V_e - експлуатаційна швидкість, км/год;

T_n - тривалість перебування транспортного засобу в наряді, год;

β - коефіцієнт використання пробігу транспортного засобу.

Існує ще одна, простіша формула по визначенню необхідної кількості рухомого складу:

$$A_{\text{роз}} = \frac{Q_{\text{роз}} \cdot t_0 \cdot k_T}{q \cdot T \cdot \gamma_n \cdot \eta_n}, \quad (2.4)$$

де $Q_{\text{роз}}$ - розрахунковий пасажиропотік, пас/год;

t_0 - час обороту автобуса на маршруті, хв;

k_T - коефіцієнт часової нерівномірності руху;

q - пасажиромісткість автобуса, пас;

T - період часу надання інформації (1 год);

γ_n - розрахункове значення коефіцієнта наповнення, %;

η_n - коефіцієнт нерівномірності по напрямку руху.

Важливо враховувати, що при застосуванні формул (2.1-2.4) пасажир не має можливості обирати конкретний вид транспорту.

З метою формалізації показників пасажирських послуг запропоновано використовувати комплексний показник рівня пасажирського сервісу S , який обчислюється за допомогою формули:

$$S = S_1^{k_1} \cdot S_2^{k_2} \cdot S_3^{k_3} \cdot S_4^{k_4} \cdot S_5^{k_5} \cdot S_6^{k_6}, \quad (2.5)$$

де S_1 - надійність руху точно за графіком (час поїздки);

S_4 - комфортність (якість поїздки);

S_5 - вартісний показник (величина транспортного тарифу);

S_2 - доступність (частота руху громадського транспорту);

S_3 - безпека (ймовірність безвідмовної роботи громадського транспорту);

S_6 - показник інформаційного сервісу (рівень інформаційного забезпечення);

$k_1 \dots k_2$ - показники степеню, що характеризують вагомість відповідного показника рівня сервісу.

У роботах [5, 19, 20] запропонований коефіцієнт, використовуючи який можна визначити рівень транспортного обслуговування населення:

$$K_{\text{обсл}} = \sqrt[12]{\frac{Q_i}{Q_{\text{заг}}} \cdot \alpha_v \cdot \gamma \cdot \frac{T_{\text{норм}}}{T_{\text{факт}}} \cdot \frac{\Delta \tau_{il}^{\phi}}{\Delta \tau_{il}^{\text{ном}}} \cdot \frac{\omega_{il}^{\phi}}{\omega_{il}^{\text{ном}}} \cdot \frac{Y_{il}}{Y_l} \cdot R_o \cdot \frac{Q_{il}^{\phi}(\Delta T)}{Q_{il}^{\text{ном}}(\Delta T)} \cdot K_{il} \cdot \frac{C_{\text{min}l}}{C_{il}} \cdot P_{\text{cmi}}}, \quad (2.6)$$

де Q_i – кількість пасажирів, перевезених i -тим видом транспорту;

$\Delta \tau_{il}^{\phi}$ - фактичний час поїздки за маршрутом l ;

$Q_{\text{заг}}$ - загальний пасажиропотік;

ω_{il}^{ϕ} - фактична частота руху громадського транспорту;

$\Delta \tau_{il}^{\text{ном}}$ - оптимальний час поїздки за маршрутом l ;

$\omega_{il}^{\text{ном}}$ - оптимальна частота руху громадського транспорту;

Y_l - максимально можливий рівень інформаційного забезпечення;

Y_{il} - рівень інформаційного забезпечення i -го виду громадського транспорту;

$Q_{il}^{ном}(\Delta T)$ - номінальна ймовірність безвідмовної роботи i -го виду громадського транспорту на маршруті l за певний період ΔT ;

$Q_{il}^ф(\Delta T)$ - фактична ймовірність безвідмовної роботи i -го виду громадського транспорту на маршруті l за певний період ΔT ;

C_{il} - вартість проїзду (тариф) i -м видом транспорту на маршруті l ;

Π_{cmi} - споживча вартість i -го виду транспорту (визначається за результатами експертних оцінок);

C_{minl} - мінімальна вартість проїзду (тариф) на різних видах транспорту, що функціонують за маршрутом l ;

K_{il} - показник комфортності, який визначається зі співвідношення:

$$K_{il} = \sqrt[4]{\frac{l_1}{h_c} \cdot \frac{l_3}{l_2} \cdot \frac{\alpha_2}{b_c} \cdot \sigma_a}, \quad (2.7)$$

де l_1 – глибина сидіння;

l_2 – шаг між сидіннями;

l_3 – розмір місця для ніг;

b_c – ширина сидіння;

h_c – висота сидіння;

α_2 - нахил спинки (відстань по прямій від крайньої верхньої точки крісла до кромки сидіння);

σ_a – коефіцієнт, що враховує шум прискорення транспортного засобу.

Необхідно враховувати, що відношення (2.7) слід застосовувати для оцінки обслуговування пасажирів маршрутними мікроавтобусами. У разі використання міського громадського пасажирського транспорту це відношення слід вважати одиницею, оскільки в міських умовах використання автобуса або електротранспорту головною є кількість пасажирів, які наповнюють салон.

Процес перевезення з точки зору споживача послуг

Всі вищезазначені аспекти відображають підхід до перевезення з погляду "постачальника послуг", що означає автотранспортне підприємство. Проте для повноцінного розуміння транспортного процесу важливо також враховувати точку зору "споживача послуг", а саме пасажирів. Інтенсифікація громадського транспорту, який обслуговує пасажирів, залежить від реалізації комплексу факторів, що впливають на час подорожей, комфортність поїздок, надійність обслуговування і безпеку руху, а також витрати пасажирів на проїзд у грошовому еквіваленті. Ці фактори можна відобразити у вигляді схеми, представленої на рисунку 2.2.

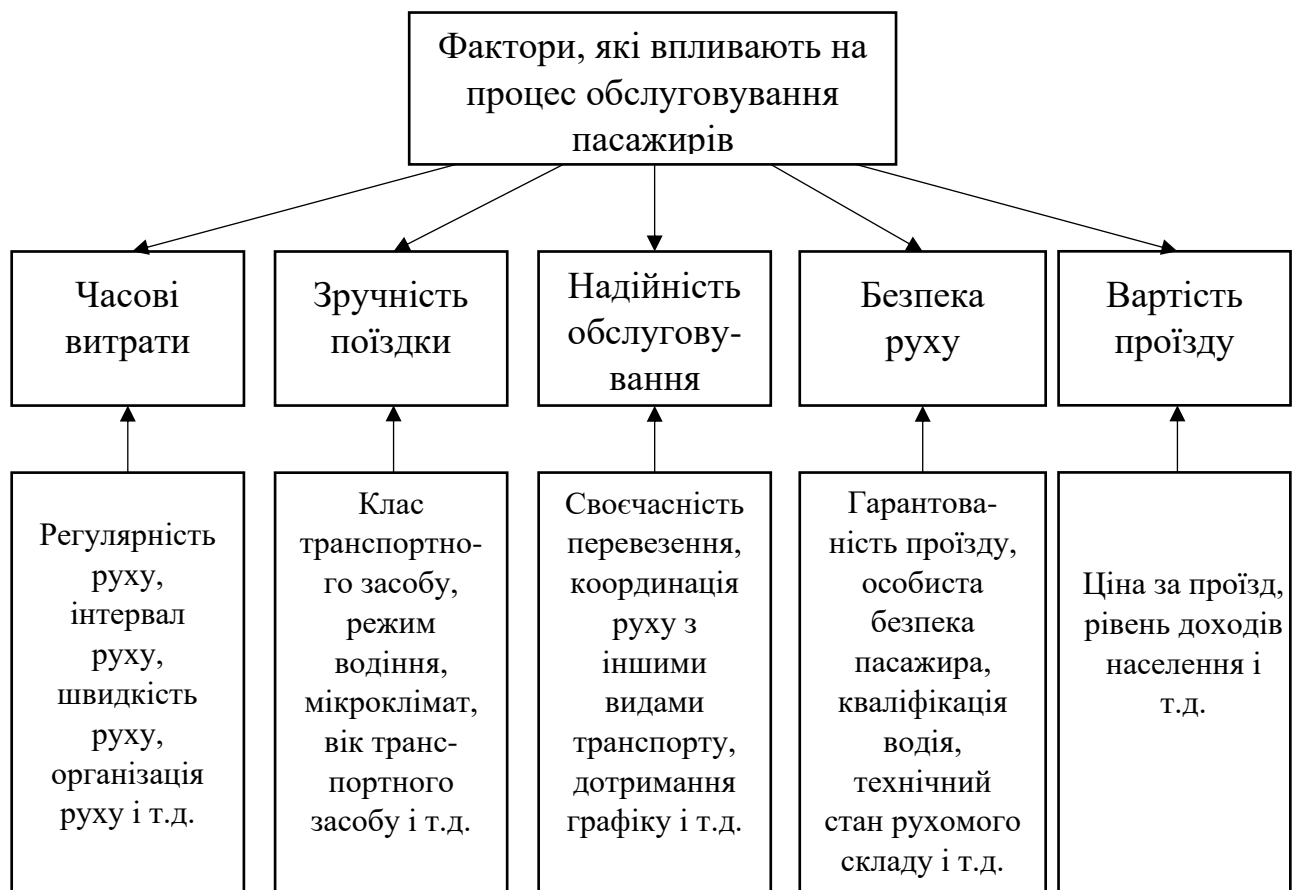


Рисунок 2.2 – Фактори, що впливають на процес обслуговування пасажирів

Кожен з вказаних факторів включає в себе різноманітні елементи, які визначають якість пасажирських перевезень.

Витрати часу пасажирів на поїздку охоплюють наступні аспекти: час очікування на зупинці, час очікування транспортного засобу, час, витрачений на пересадку, простій на зупинках, час переміщення транспортним засобом, і час, витрачений на переміщення від зупинки до пункту призначення. На кожний з цих аспектів впливають різноманітні фактори, такі як відстань до зупинки, регулярність руху, інтервал руху, координація руху з іншими видами транспорту, маршрутизація системи, взаємодія з іншими видами транспорту, кількість та розташування проміжних зупинок, швидкість руху, характеристики динаміки транспортних засобів, нормування швидкості, розклад руху, режими руху (швидкий, експрес, скорочений рейс), організація руху, пріоритетний проїзд транспортних засобів та відстань від зупинки до місця призначення.

Серед зручностей поїздки пасажирів можна визначити такі аспекти, як наповненість транспортних засобів, комфортність поїздки, оплата проїзду та культура обслуговування. Вплив на кожен з цих елементів здійснюється через фактори, такі як тип та кількість транспортних засобів, частота руху, організація руху, планування салону, режим водіння, зручність посадки, наявність місць для багажу, обладнання дитячих місць, мікроклімат, вік транспортного засобу, раціональна організація збору виручки, наявність чохлів на кріслах і штор на вікнах, ефективна форма контролю, зниження тарифу і пільговий проїзд, використання касових апаратів, а також взаємодія водіїв з пасажирями, чистота і справність салону, інформаційна підтримка пасажирів, зручний графік руху транспорту.

Під надійністю обслуговування розуміється: своєчасність перевезення пасажирів; своєчасність подачі і відправлення транспортного засобу; координація руху з іншими видами транспорту; дотримання графіка руху.

На безпеку руху впливають наступні чинники: гарантія проїзду; повний виїзд технічно справного і налагодженого рухомого складу; особиста безпека пасажирів; ефективний контроль за рухом транспортних засобів на лінії; наявність резерву

рухомого складу; дотримання точності руху на всій довжині маршруту; відповідність типу транспортного засобу умовам та видам перевезень; виконання запланованої кількості рейсів; комплектність водійським складом; наявність технічних засобів зв'язку; технічний стан рухомого складу; дорожні та кліматичні умови; кваліфікація водія; зниження шуму, вібрацій і токсичності відпрацьованих газів; трудова і транспортна дисципліна, екологічні характеристики.

На вартісний показник впливають такі чинники: пряма ціна за проїзд; рівень доходів населення; відношення "ціна-якість" в залежності від рівня надання послуг. Зрозуміло, що серед усіх вищезазначених факторів можна врахувати лише часовий показник за допомогою конкретних обчислень, в той час як інші показники необхідно визначати шляхом методу експертних оцінок.

Отже, рівень транспортних послуг може бути оцінений за допомогою коефіцієнта оптимізації (K_{opt}), який ґрунтується на рівні транспортного обслуговування, екологічності перевезень та безпеці дорожнього руху. Цей коефіцієнт розраховується за формулою:

$$K_{opt} = \sqrt[3]{K_{обс} \cdot K_{ек} \cdot K_{дор}}, \quad (2.8)$$

де $K_{ек}$ – коефіцієнт, який враховує екологічність перевезень;

$K_{обс}$ – коефіцієнт, який враховує рівень транспортного обслуговування пасажирів;

$K_{дор}$ – коефіцієнт, який враховує безпеку дорожнього руху.

Отже, за формулою 2.8, можна здійснювати раціональний вибір класу автобусів для будь-якої точки вулично-дорожньої мережі.

Процес перевезення з точки зору суспільства

Розглядаючи інтереси постачальника і споживача транспортних послуг, важливо враховувати також інтереси суспільства. Для суспільства ключовою є

екологічна складова, безпека руху, соціальний аспект і розвиток транспортної інфраструктури.

Оцінка екологічної складової перевезень може бути проведена різними методами, такими як вимірювання витрати палива, що може бути перетворено на питому кількість викидів шкідливих речовин, спрямованих на одиницю відстані.

Дослідження [11, 14] вказують на те, що в середньому автобус великого класу викидає близько 332 г/км шкідливих речовин, що майже в 2,6 рази більше, ніж у випадку автобуса особливо малого класу, чії викиди становлять приблизно 125 г/км.

Проте, коли перерахувати викиди на одного пасажера, ситуація змінюється. Наприклад, при середній наповнюваності автобуса великого класу 42 пасажера, а автобуса особливо малого класу - 12, викиди на пасажера складуть відповідно 7,91 г/пас та 10,42 г/пас, що є на 1,3 рази вище, ніж для автобуса великого класу.

Визначення викидів шкідливих речовин можна провести, знаючи витрату палива транспортним засобом. Однак розрахунки цієї витрати за допомогою загальних теоретичних методів трудомісткі та вимагають обширних вихідних даних. Тому можна використовувати рівняння, що виражає залежність між швидкістю сполучення і факторами, які впливають на безпеку руху, для визначення коефіцієнта складності маршруту. З цим коефіцієнтом можна обчислити витрату палива, що, в свою чергу, дозволяє розрахувати викиди шкідливих речовин маршрутними таксі порівняно з громадським міським транспортом. Якщо оцінити складність маршруту за параметрами, такими як швидкість сполучення (V_c), маса автомобіля (M) і поздовжній нахил профілю дороги (Π), то коефіцієнт складності матиме такий вигляд:

$$k_m = a_0 + a_1 \cdot V_c + a_2 \cdot M \cdot \Pi, \quad (2.9)$$

де M – маса автомобіля;

a_0, a_1, a_2 – постійні коефіцієнти при рівнянні регресії;

Π – коефіцієнт, що характеризує поздовжній нахил профілю дороги.

Знаючи коефіцієнт складності та значення годинної витрати палива (з технічного паспорту транспортного засобу) можна визначити витрату палива на маршруті:

$$Q_{\text{пал}} = b_0 + b_1 \cdot q_m \cdot k_m, \quad (2.10)$$

де q_m - годинна витрата палива;

b_0, b_1 – постійні коефіцієнти при рівнянні регресії.

Отже, це дозволяє перейти до вивчення питомих викидів шкідливих речовин, зведених до CO , і вирішення питань, пов'язаних з екологічною складовою перевезень.

Для визначення критерію екологічної складової перевезень ми будемо використовувати методику, яка описана в роботі [21]. Цей підхід передбачає визначення масового викиду шкідливих речовин всіма учасниками транспортного процесу, зокрема рухом транспортного засобу на вулично-дорожній мережі.

Викиди шкідливих речовин для конкретного маршруту можна розрахувати за допомогою наступної формули:

$$M^m = g_l \cdot L_m + g_{xx} \cdot t_{xx}, \quad (2.11)$$

де g_{xx} - питомі викиди шкідливих речовин при роботі двигуна на холостому ході, г/хв;

g_l - питомі викиди шкідливих речовин при русі по за маршрутом, г/км;

t_{xx} – час роботи двигуна на холостому ході;

L_m – протяжність маршруту, км.

Визначимо максимально допустимі викиди шкідливих речовин на маршруті:

$$G_m = \frac{M^m \cdot \alpha \cdot N}{60 \cdot t_m}, \quad (2.12)$$

де N – кількість автомобілів;

α – коефіцієнт випуску автомобілів;

u_m – час руху автомобілів за маршрутом, хв.

Щоб розрахувати допустимі інтенсивності викидів шкідливих речовин можна використати формулою, яка враховує закономірності розсіювання і формування шкідливих домішок токсичних речовин в повітрі [20]:

$$Q_{don} = \frac{3,6 \cdot C_{mp} \cdot u \cdot A}{D \cdot y \cdot Z \cdot (1 - \Delta_{zn})}, \quad (2.13)$$

де u та y - швидкість та коеф. стабільності вітрового потоку, відповідно. В умовах міста швидкість може бути рівна 1-2 м/с, коефіцієнт стабільності від 0,7 до 1,0;

C_{mp} – допустима концентрація токсичних речовин в повітрі;

A - коефіцієнт щільності забудови, при відносній протяжності розривів між будівлями 10-19% і 20-29%, відповідно 0,65 і 0,75;

D - коефіцієнт поверховості (будинки в 5-7 поверхів – 0,8; 12 поверхів – 0,7);

Z – це показник віддаленості краю тротуару від середини смуги змішаного руху по магістралі. Цей показник приймає значення 1,0 на середині проїзної частини, 0,9-0,8 при віддаленості від 5 м (якщо є 1-2 смуги руху в одному напрямку), 0,7-0,5 при віддаленості від 5 до 10 м (з 2-3 смугами руху), та 0,4-від 10 до 30 м (з 3-4 смугами руху).

Δ_{zn} – це частка зниження рівня загазованості, забезпечена зеленими насадженнями. При ширині смуги посадок в 5 м, 10 м та 20 м зниження рівня загазованості становить відповідно 0,24, 0,57 та 0,65 (за зимового періоду захисні властивості зменшуються, тому рекомендується зменшувати значення Δ_{zn} в 3-4 рази).

Отже, коефіцієнт, який враховує екологічність перевезень на маршруті, можна визначити за наступною формулою:

$$K_{ek} = \frac{Q_{don}}{G_m}, \quad (2.14)$$

Відповідно до вищезазначених формул, може виникнути враження, що при використанні електротранспорту можна досягти відношення $K_{ек} \rightarrow 1$, оскільки не виникає викидів забруднюючих речовин в атмосферу. Однак важливо відзначити, що електротранспорт є джерелом значних електромагнітних випромінювань і коливань низької і високої частоти, які впливають на організм людини.

Механізм цього впливу полягає в тому, що в електричному полі атоми і молекули, з яких складається людське тіло, поляризуються, а полярні молекули, наприклад, води, орієнтуються в напрямку поширення електромагнітного поля. В електролітах, таких як рідкі компоненти тканин, крові та міжклітинної рідини, за наявності зовнішнього поля виникають іонні струми.

Ці струми прямо впливають на нервову систему, змінюють орієнтацію клітин або ланцюгів молекул у відповідності до напрямку силових ліній електричного поля, біохімічну активність білкових молекул та склад крові. Спостерігаються зміни вуглеводневого, білкового та мінерального обміну речовин. Однак ці зміни є функціональними та оборотними; достатньо припинити опромінення недопустимого рівня - і ці явища зникають.

Крім того, важливо враховувати, що виробництво електричної енергії призводить до екологічних втрат в іншому місці. Таким чином, стверджувати, що електротранспорт не забруднює навколишнє середовище, нецільова, оскільки забруднення відбувається в іншому місці.

Коефіцієнт, який враховує небезпеку дорожнього руху, визначається згідно з методикою, описаною в роботі [2]. Суть полягає в оцінці ризику перетину траєкторій руху транспортних засобів за допомогою відносних коефіцієнтів небезпеки руху (з'єднання, розгалуження та перетин) (формула 1.6). При максимальному ризику вузла ($m > 150$), він буде характеризуватися наступним коефіцієнтом:

$$K'_{\text{дор}} = \frac{150}{m}, \quad (2.15)$$

де m' - небезпека вузла, яка розраховується за формулою 1.6.

Для того, щоб оцінити безпеку дорожнього руху на маршруті, є сенс ввести коефіцієнт, який враховує режими руху автобуса, час його роботи і умови навколишнього середовища:

$$K_{\text{бдр}}'' = \frac{\sum_1^n (m_{ci} + m_{pi}) \cdot \frac{P_{\text{нерег}}}{P_{\text{заг}}} \cdot \frac{Ч_{\text{реал}}}{Ч_{\text{норм}}} \cdot K \cdot \Pi}{N_a \cdot l_m}, \quad (2.16)$$

де m_{pi} - ступінь небезпеки в русі (залежно від кількості перестроювань) до i -го перехрестя;

m_{ci} – ступінь небезпеки i -го перехрестя;

$P_{\text{заг}}$ - загальне число перехресть;

$P_{\text{нерег}}$ - число нерегульованих перехресть;

$Ч_{\text{норм}}$ - час роботи водія на лінії за нормативом;

$Ч_{\text{реал}}$ - реальний час роботи водія на лінії;

l_m - довжина маршруту;

N_a - інтенсивність руху автомобілів;

K - коефіцієнт, що характеризує насиченість перешкод на маршруті.

2.2 Методи вибору автобусів на маршрути міста

Організація пасажирських перевезень у містах є ключовим аспектом для ефективного функціонування усіх галузей міського господарства та задоволення потреб населення у транспорті для роботи, навчання та інших потреб. Міський пасажирський транспорт (МПТ) має і економічне, і соціальне значення для суспільства [2].

У початковий період автомобілізації вибір автобусів здійснювався на основі технічних характеристик транспортного засобу [21], але згодом увага перейшла до економічних та експлуатаційних показників. Для визначення місткості автобусів використовується напруженість пасажиропотоку, його нерівномірність за годинами доби та на різних ділянках маршруту, а також допустимі інтервали руху [20-22].

Під час вибору марки автобуса існують дві перспективи: з точки зору пасажирів вигідно виділяти автобуси підвищеної місткості, але з точки зору транспортного підприємства економічно доцільно оптимізувати кількість автобусів для забезпечення перевезень.

Місткість автобусів та її ефективне використання визначають основний рівень якості пасажирських перевезень [5]. З огляду на різноманітність застосування автомобільного транспорту, виникає потреба у наявності різних моделей транспортних засобів, які відповідають умовам їхньої експлуатації. Така класифікація транспортних засобів стає необхідною.

Усі транспортні засоби поділяються на категорії тих, що призначені для перевезення пасажирів та вантажів, та нетранспортні (такі, як автомобілі швидкої допомоги, поліції, пожежних і інші служби). Пасажирські автомобілі в свою чергу розподіляються на автобуси та легкові автомобілі. Щодо розмірів, автобуси класифікуються на п'ять груп в залежності від їхньої довжини. У сфері транспортування пасажирів автобуси групуються за місткістю, вираженою кількістю пасажирських місць, а не за довжиною, як визначають працівники автомобільного транспорту. З урахуванням призначення автобусів, місткість однакової довжини може відрізнятись.

При обранні автобусів, важливим аспектом є не лише забезпечення гарантованого та комфортного перевезення пасажирів, але й максимізація прибутків від їхньої експлуатації [20]. Таким чином, наріжним критерієм при виборі автобусів, наряду з габаритними розмірами, є їхній пасажирський об'єм. Класифікація щодо місткості транспортних засобів включає наступні групи:

I – особливо малі автобуси (мікро-автобуси), II – малі, III – середні, IV – великі, V – особливо великі (таблиця 1.1).

Таблиця 1.1 – Класи місткості транспортних засобів [2, 3]

Класи	Габаритна довжина, м	Міські перевезення		
		Місця для сидіння	Місця для проїзду стоячих	Всього
I	до 5	10	-	10
II	6 –7,5	18-22	10-15	28-37
III	8 –9,5	20-25	30-35	50-60
IV	10 –12	25-35	55-75	80-110
V	16,5 і більше	35-45	86-100	120 і більше

Однією з основних обставин, які впливають на вибір автобусів оптимальної місткості, є обсяг перевезень і потік пасажирів на автобусних маршрутах.

Довжина маршруту та середня відстань між зупинками взаємодіють із вибором автобусів. Велика кількість зупинок та невеликі відстані між ними ставлять обмеження на підвищення частоти руху автобусів через обмежену пропускну здатність маршруту. Автобуси з великою місткістю та значними габаритами обмежують пропускну спроможність зупинок і ускладнюють паралельну роботу іншого маршрутного транспорту. При роботі з великими інтервалами руху вони збільшують час очікування пасажирів на автобус та час простою на зупинках під час пасажирообміну. Видача автобусів для конкретного маршруту повинна враховувати характер змін у пасажиропотоку на цьому маршруті. Споріднено до даних Центрального науково-дослідного автомобільного і автотранспортного інституту (НАМІ), раціональна місткість автобусів відповідає годинній інтенсивності пасажиропотоку на міських маршрутах (таблиця 1.2).

Таблиця 1.2 – Раціональна місткість автобусів [5]

Часова пасажиронапруженість пас.	Загальна місткість автобуса пас.	Класи місткості ТЗ
200-1000	40	II,III
1000-1800	65	III,IV
1800-2600	80	IV
2600-3800	110	IV,V
3800 і більше	180	V

Вибір марки, кількості та виду транспорту на міських маршрутах обумовлюється рядом факторів, які можна класифікувати за наступними групами :

- економічні фактори: включають капітальні вкладення в рухомий склад і матеріально-технічну базу, витрати на зберігання, ремонт та обслуговування, а також поточні витрати та час очікування пасажирів на посадку;

- соціальні фактори: враховують вартісну оцінку втрати часу, привабливість громадського транспорту для пасажирів та наявність достатнього контингенту водійського персоналу;

- технічні фактори: охоплюють динамічні якості автобусів, конструктивні особливості рухомого складу, дорожні умови, пропускну спроможність вулиць і зупинних пунктів;

- експлуатаційні фактори: враховують закономірності формування пасажиропотоків, максимально допустимий інтервал руху та наявність матеріальних ресурсів;

- нормативні фактори: включають допустиме наповнення транспортного засобу пасажирями, вимоги щодо забезпечення безпеки руху та екологічні вимоги.

- архітектурно-планувальні фактори;
- санітарно-гігієнічні фактори;
- місцеві умови.

Очевидно, що врахування лише суспільних інтересів не може призвести до коректного вибору транспортного засобу на міських маршрутах. Для ефективного вирішення цього завдання найбільш доцільним є застосування технічних методів, що враховують інтереси як транспортних організацій, так і пасажирів.

Вибір типу автобусів визначається перш за все дорожніми умовами, які повинні допускати експлуатацію автобусів даного типу без шкоди для їх технічного стану. Автобуси великої місткості та автопоїзди, зокрема, пред'являють особливо високі вимоги до якості доріг [21].

Кожен перевізник може визначати свою організаційно-технічну та тарифну політику в межах наявних обмежень. Одним з ключових аспектів цієї політики є використання пасажирського транспорту, який вважається найбільш підходящим для перевізника з урахуванням його місткості та комфорту. Такі дії транспортних підприємств спрямовані на підвищення привабливості їхніх послуг у вибраному сегменті ринку.

У наукових дослідженнях [20-22] розглядається проблема формування автопарку для оптимальної роботи на міських маршрутах. Ці дослідження містять різні методи, методика та способи вибору місткості і марки транспортних засобів. Однак жодна з цих розробок не враховує інтереси всіх учасників ринку, що є важливим аспектом у конкурентному середовищі ринку транспортних послуг.

Місткість автобусів та її оптимальне використання - ключові показники якості пасажирських перевезень. Наприклад, експлуатація великомістких автобусів забезпечує кращі умови для пасажирів, але може призвести до зниження рівня використання місткості. Автобуси з великою та особливо великою місткістю є доцільними лише під час пікових годин найбільшого навантаження пасажирів на маршруті. У періоди меншого пасажиропотоку спостерігається зниження ефективності та доходів на одиницю транспортних засобів [6]. З іншого боку, використання малих або середніх за розміром автобусів при великій кількості пасажирів може призвести до переповнення та зниження доходів від експлуатації.

Багато міст у США використовують автобуси великої місткості, які мають спеціальні лінії руху, що наділені винятковим правом проїзду, тобто окрему «автобусну дорогу» [21]. Це рішення транспортного обслуговування дозволяє:

- зменшити час поїздки для пасажирів, оскільки автобуси уникають транспортних заторів.

- збільшення кількості пасажирів дозволяє скоротити інтервали руху, а більше автобусів на маршруті означає менше очікування для пасажирів перед поїздкою.

Ця комбінація покращень у різних аспектах обслуговування значно підвищує привабливість системи для пасажирів.

У США часто використовуються маршрутні таксі, які мають місткість від 6 до 15 пасажирів, проте їх кількість обмежена - не більше 190 машин. Це обмеження сприяє забезпеченню здорової конкуренції між власниками маршрутних таксі та громадським транспортом.

На жаль, теоретично обґрунтовані рекомендації стосовно вибору транспортного засобу, враховуючи економічні та соціальні аспекти, відсутні.

Вибір місткості транспортного засобу безпосередньо впливає на інтервали руху, ймовірність вибору пасажирями маршруту та поїздки.

У роботі пропонується визначити оптимальну місткість, враховуючи загальний об'єм пасажирських перевезень, інтервал руху та тривалість маршруту. Але цей підхід ігнорує такі фактори, як відстань поїздки пасажирів, нерівномірність пересування протягом доби, а також тривалість та напрямок маршруту.

При виборі типу автобуса намагаються задовольнити потреби пасажирів у перевезеннях з мінімальними витратами. Основний економічний аспект ефективності полягає в раціональному використанні ресурсів на транспорті, враховуючи такі важливі величини, як трудомісткість, витрати на утримання транспорту та матеріаломісткість послуг.

В роботі Серьогіна В. І. розроблено методику визначення економічної ефективності різних видів транспорту та типів транспортних засобів, в якій

враховано техніко-економічні параметри за приведеними витратами на будівництво та утримання. Зазначена методика дозволяє обрати тип автобуса з мінімальними витратами. У процесі розрахунків використовуються інформація про середньодобовий обсяг перевезень, довжину маршруту, час, що витрачається на один цикл обслуговування, різні часові періоди протягом доби, постійні та змінні витрати на різні типи автобусів. Після аналізу цих параметрів вибирається тип автобуса, у якого витрати є найменшими за цими параметрами.

Для різних значень пасажиропотоку розраховують приведені витрати на будівництво та утримання для кожного типу транспорту та рухомого складу [7]:

$$S_{пр} = \left(\frac{E + K \cdot \Pi}{Al} \right) \cdot 100 \rightarrow \min \quad (1.14)$$

де $S_{пр}$ - приведені будівельно-експлуатаційні витрати, грн/пас.км;

E - річні експлуатаційні витрати, грн;

K - капітальні вкладення на будівництво і купівлю транспортних засобів, грн;

Π - нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень (0,12);

Al - річна транспортна робота, пас.км.

Вибір автобусів залежить від ряду факторів, таких як обсяг пасажиропотоку та обмін пасажирів на маршруті та його різних ділянках, динаміка пасажиропотоку впродовж доби та на різних ділянках маршруту, режим роботи автобусів на конкретному маршруті, швидкість пересування, протяжність маршруту, інтервали руху, можливість проходження доріг, ефективність роботи автобусів та їх вартість у використанні. Остаточне рішення при виборі автобусів приймається після аналізу рухомого складу різних моделей з урахуванням рівня їх експлуатаційних витрат [6, 7]:

$$Z_e = K_r \cdot S_e \rightarrow \min, \quad (1.15)$$

де Z_e - річні експлуатаційні витрати, грн;

K_2 - річний пасажирообмін на маршруті, пас.км;

S_e - собівартість перевезень грн/пас.км.

$$Z_{\pi} = S_e + \frac{E_n(K - \Pi_n) \cdot 100}{W} \rightarrow \min, \quad (1.16)$$

де Z_{π} - приведені витрати, грн/пас.км;

S_e - собівартість перевезень, грн/пас.км:

E_n - галузевий нормативний коефіцієнт ефективності, який для транспорту дорівнює ОД або 10 окупності капітальних вкладень;

K — капітальні вкладення, грн;

Π_n — ліквідаційна вартість транспортного засобу, яка дорівнює десятій частині вартості автомобіля, грн;

W - середньорічна продуктивність автомобіля, пас.км.

У роботі [2] пропонується вибирати оптимальне співвідношення між вмістом автобусів та їх кількістю на маршруті за допомогою критерію мінімізації загальних економічних витрат, які включають вартість витрат часу пасажирів:

$$Z = \min \left(\sum_{i=1}^l \left(\sum_{j=1}^m \bar{T}_{очij} S_{ij} \right) 60t_i C + Z_{АТП} \right)$$

де m — кількість зупиночних пунктів на маршруті в прямому і зворотному напрямках, од;

$\bar{T}_{очij}$ — середні витрати часу одного пасажирів на очікування посадки на j -тій зупинці в i -тий період часу, хв.;

S_{ij} — інтенсивність підходу пасажирів на j -тий зупиночний пункт в i -тий період часу, хв.;

C — вартісна оцінка витрат однієї пасажиро-години, грн/год.;

$Z_{АТП}$ — витрати АТП на експлуатацію маршруту, грн.

Даний підхід відрізняється тим, що розглядають пасажиромісткість та кількість автобусів як незалежні змінні, при цьому жоден з цих параметрів не фіксується, а обидва розраховуються на основі наявних пасажирських потоків та умов роботи автобусів на конкретному маршруті.

Розглянемо два способи вибору автобусів для експлуатації на маршруті:

- 1) місткість автобусів обмежена заданими межами;
- 2) місткість вибирається із певного набору фіксованих значень.

Проте в роботі не досліджено вплив тривалості та умов поїздок пасажирів на їх самопочуття та працездатність. Це важливо враховувати в умовах ринкових відносин, де використання критерію мінімізації витрат викликає певні сумніви.

Було розроблено графічний метод визначення оптимального розміру автобуса [18], де вибір здійснюється в межах певного діапазону пасажирського напруження з огляду на мінімізацію народногосподарських витрат порівняно з іншими типами автобусів. Однак перетин областей застосування різних за місткістю транспортних засобів при однаковому пасажирському потоці ускладнює однозначний вибір необхідної місткості.

Афанасьєв Л.Л. та Цукерберг С.М. пропонують вибір типу автобуса на основі порівняння декількох марок. Для цього будується графік залежності коефіцієнта використання місткості від годин доби. Отримане середньодобове значення використовується на графіку залежності собівартості від коефіцієнта використання місткості автобуса, і тип автобуса з найменшою собівартістю перевезень вважається оптимальним.

Однак собівартість не повністю дозволяє обрати оптимальну місткість транспортного засобу, оскільки різні марки одного виду транспорту потребують різних капітальних вкладень та мають різну собівартість при однаковому пасажирському напруженні.

Ключовим критерієм вибору марки транспортного засобу є забезпечення максимального задоволення потреб населення у перевезеннях, оптимізація

функціонування автобусів і підвищення рівня обслуговування, який відповідає встановленим нормативам якості.

Методика вибору місткості транспортних засобів, розроблена Самойловим Д. С. [20], дозволяє визначити оптимальні розміри використання різних за місткістю видів транспорту. При розробці цього підходу автор використовував дані про розподіл обсягів перевезень між різними маршрутами міста та вимоги до часових інтервалів руху в певних рамках. Різновиди місткостей транспортних засобів були визначені на основі аналізу розподілу перевезень для кожної групи маршрутів у місті. Було відзначено, що рухомий склад у кожному місті повинен відповідати специфіці розподілу перевезень на конкретних маршрутах. З економічних і експлуатаційних міркувань недоцільно мати велику кількість різних типів транспортних засобів у парку.

По-перше, цей підхід дозволяє враховувати всі можливі типи транспорту та їх марки в межах розгляду, у відміну від більшості інших методів, які обмежені лише одним або двома типами транспорту, і не враховують всі можливі варіанти застосування для деяких марок транспортних засобів. По-друге, у методі, запропонованому Самойловим Д. С., визначення місткості транспортних засобів залежно від напруженості пасажиропотоку здійснюється таким чином, щоб забезпечити виконання заданих інтервалів руху транспорту на маршрутах.

У роботі [20] для вибору типу автобусів як критерій було прийнято загальна вартість перевезення одного пасажирів (в гривнях на пасажирів), яку необхідно мінімізувати для покращення організації перевезень. Чисельне аналіз шляхів зниження ціни включав оцінку можливого вибору типу автобусів на основі трьох складових частин:

1. Собівартості, що пов'язана з річними витратами часу пасажирів на автобусні поїздки;
2. Собівартості, що пов'язана з експлуатаційними витратами;
3. Собівартості, що пов'язана з екологічним забрудненням міста. Для пасажирів вибір конкретного виду транспорту для поїздки можна вважати

випадковим або оцінним, що впливає з їх критеріїв оцінки. При такій оцінці фіксуються критерії і приймається рішення на користь виду транспорту, який, на думку пасажирів, є найбільш зручним або привабливим [21].

У роботах В. К. Долі, Н. У. Гюлева, Ю. О. Давідіча акцентується увага на потребах пасажирів під час вибору місткості автобусів. Запропоновані підходи ґрунтуються на мінімізації транспортної втоми пасажирів, що може впливати на їх працездатність, отже, на продуктивність праці в основному виробництві. Крім цього, основна увага спрямована на скорочення часу поїздок пасажирів за умови обмежених виробничих ресурсів.

Зазначене завдання вибору певної марки транспортного засобу для роботи на маршруті вже досліджувалося численними вченими у галузі міського пасажирського транспорту. Однак у цих дослідженнях завдання вирішувалося шляхом застосування економічного аналізу, що зазвичай призводило до визначення місткості транспортних засобів, яка забезпечувала найнижчі витрати на пасажирів.

Для вирішення завдання вибору оптимальної марки транспортного засобу запропоновано використовувати імітаційне моделювання. Цей метод дозволяє логічно передбачати наслідки різних дій та сприяє визначенню найкращого варіанту.

Основою імітаційної моделі є математичні алгоритми, які враховують взаємодію та залежності між факторами моделі. Однак недоліком імітаційних моделей є те, що вони пропонують безліч рішень, і вибір найкращого, але не обов'язково оптимального.

У роботі [20] запропоновано імітаційну модель процесу перевезення пасажирів, яка дозволяє визначити таку місткість автобусів, яка забезпечує мінімальний час очікування пасажирів на маршруті, що має значний вплив на соціально-економічні аспекти транспортного процесу.

Робота оцінює раціональну місткість автобусів для забезпечення мінімального часу очікування, що в свою чергу призводить до зменшення

втомленості пасажирів під час очікування поїздки. Витрати часу під час поїздок суттєво впливають на пасажирів, знижуючи їх працездатність. Наприклад, кожні 10 хвилин, проведені в автобусі, зменшують продуктивність праці на 4%. У сучасних умовах фактичні витрати часу на поїздки перевищують граничний нормативний рівень на 75-100%.

При виборі марки транспортного засобу важливо не лише зменшувати час поїздок пасажирів, але й забезпечувати умови поїздки, які не лише не погіршують, а й покращують загальний позитивний вплив зменшення часу пересування. Зрозуміло, що цей конкретний напрямок удосконалення, в контексті системного підходу, не може існувати і розвиватися самостійно, відокремлено від інших методів, спрямованих на покращення системи міського пасажирського транспорту (МПТ).

Узагальнення методів вибору транспортних засобів для маршрутів міського пасажирського транспорту показує, що вони базуються на таких цілях: мінімізація експлуатаційних витрат при виконанні програми перевезень, скорочення часу пересування пасажирів за умов обмежених виробничих ресурсів, мінімізація народногосподарських витрат та зниження транспортної втомленості пасажирів.

2.3 Моделювання дорожніх умов експлуатації автобуса

Для визначення функції швидкості сполучення, яка виступає однією з компонентів коефіцієнта складності маршруту та, відповідно, витрати палива, необхідно аналізувати дорожньо-кліматичні умови експлуатації автомобіля.

При вивченні процесу руху автомобіля слід розглядати кожну підсистему в системі "Водій – автомобіль – дорога - навколишнє середовище" як самостійну систему та визначити умови їх взаємодії. Варто відзначити, що підходи до створення цієї системи та її внутрішніх зв'язків можуть різнитися в залежності від поставлених завдань.

Характеристики дорожніх умов можуть бути визначені такими параметрами, як коефіцієнт зчеплення, рівність покриття, ширина проїжджої частини дороги, інтенсивність руху та обмеження швидкостей, пов'язані з регулюванням руху та наявністю на дорогах різноманітних перешкод. В оцінці цих умов загальна задача полягає у визначенні двох випадкових процесів, які визначають зміну поздовжніх нахилів дороги та максимально допустимої швидкості руху. Ці процеси можуть виникати як випадкові сигнали із заданими імовірнісними характеристиками або представляти собою конкретні функціональні залежності.

Розрахунки руху та визначення експлуатаційних показників автомобілів проводяться для конкретних доріг та маршрутів. Щоб кількісно характеризувати та порівнювати між собою конкретні дороги, важливо вміти кількісно оцінювати умови руху та класифікувати та типізувати дороги. Один з методів цього - створення більш повних класифікацій дорожніх умов, що враховують більшу кількість факторів. Іншим методом є математичний опис оцінки поздовжнього профілю:

$$P = \overline{a_n} \left(1 + \frac{l_{cp.n}}{l_{cp.n} + \frac{d}{a'_{cp.n}} - b} \right) + \overline{a_{cn}} \cdot 1 + \frac{l_{cp.cn}}{l_{cp.cn} + \frac{c}{a'_{cp.cn}} - d}, \quad (2.17)$$

де P – показник зміни поздовжнього профілю дороги;

$a'_{cp.n}$, $a'_{cp.cn}$ - середній кут підйому і спуску;

$l_{cp.n}$, $l_{cp.cn}$ - середня довжина підйому і спуску;

$\overline{a_n}$, $\overline{a_{cn}}$ - математичне очікування кута підйому і спуску;

a , b , c , d - постійні, що враховують вплив довжини підйомів і спусків.

Фактори, що впливають на автомобіль в експлуатаційних умовах, можна класифікувати на дві основні групи: дорожні і кліматичні. Дорожні чинники

відіграють найбільш значущу роль у визначенні експлуатаційних характеристик автомобіля.

Існують два основних методи визначення характеристик маршруту. Перший метод включає детальний опис конкретного маршруту руху автобуса з розбивкою його на ділянки та введенням характеристик маршруту у комп'ютерну програму як вихідних даних. Цей метод є найточнішим, але його застосування ускладнене через потребу у визначенні великої кількості вихідних даних. Другий метод пов'язаний із моделюванням характеристик маршрутів за допомогою статистичних даних.

Довжину перегонів між зупинками на маршруті часто описують за допомогою нормального розподілу. Потім визначається кількість поворотів і світлофорів, а також їх розташування по всій довжині маршруту. Імовірність затримки та тривалість зупинки на світлофорі визначаються за відповідними формулами:

$$P_c = \frac{t_u + t_{жк} + 4,75}{t_u}, \quad (2.18)$$

$$t_c = \frac{t_u \cdot \left(1 - \frac{t_3}{t_u + t_{жк}}\right)^2}{2}, \quad (2.19)$$

де P_c - ймовірність зупинки на світлофорі;

t_u - час циклу, с;

$t_u, t_{жк}, t_3$ - час включення, відповідно, червоної, жовтої і зеленої фаз світлофора, с;

t_c - тривалість зупинки на світлофорі, с.

Швидкість руху транспортного засобу на спуску за умовами безпеки обмежується в залежності від значення поздовжнього нахилу:

$$V_{cn} = 11,4 - 29,32 \cdot i, \quad (2.20)$$

де V_{cn} - швидкість руху на спуску, м/с;

i – поздовжній нахил.

Автомобільні перевезення у містах відбуваються на дорогах із покриттям з асфальтобетону. Стан цього покриття опосередковано враховується за допомогою значень швидкості руху транспортного засобу, тоді як енергетичні втрати в підвісці автомобіля враховуються через коефіцієнт опору коченню. При визначенні цього коефіцієнта враховується залежність його величини від швидкості руху:

$$f = f_0 + K_f \cdot V^2, \quad (2.21)$$

де K_f - коефіцієнт опору повітря;

V – швидкість автомобіля;

f_0 - коефіцієнт опору кочення.

Під час моделювання дорожніх умов маршрут описується параметрами, такими як швидкість сполучення, поздовжні нахили, насиченість перешкод, інтенсивність руху, кількість зупинок на один кілометр шляху і навантаження автомобіля.

2.4 Алгоритм визначення раціонального класу автобусів

Для визначення оптимального класу автобусів на маршруті для здійснення пасажирських перевезень розроблено алгоритм, який зображено на рисунку 2.3. Для впровадження цього алгоритму потрібно виконати наступні кроки:

1. Ввести вихідні дані, такі як інтенсивність руху, завантаження транспортного засобу, показник зміни профілю дороги, кількість сповільнень на один кілометр, наявність перешкод на маршруті та кількість транспортних засобів на маршруті.

2. Проаналізувати мережу маршрутів міста та визначити центри тяжіння пасажирів, які можуть бути спальні райони, культурно-побутові центри, ринки і т.д.

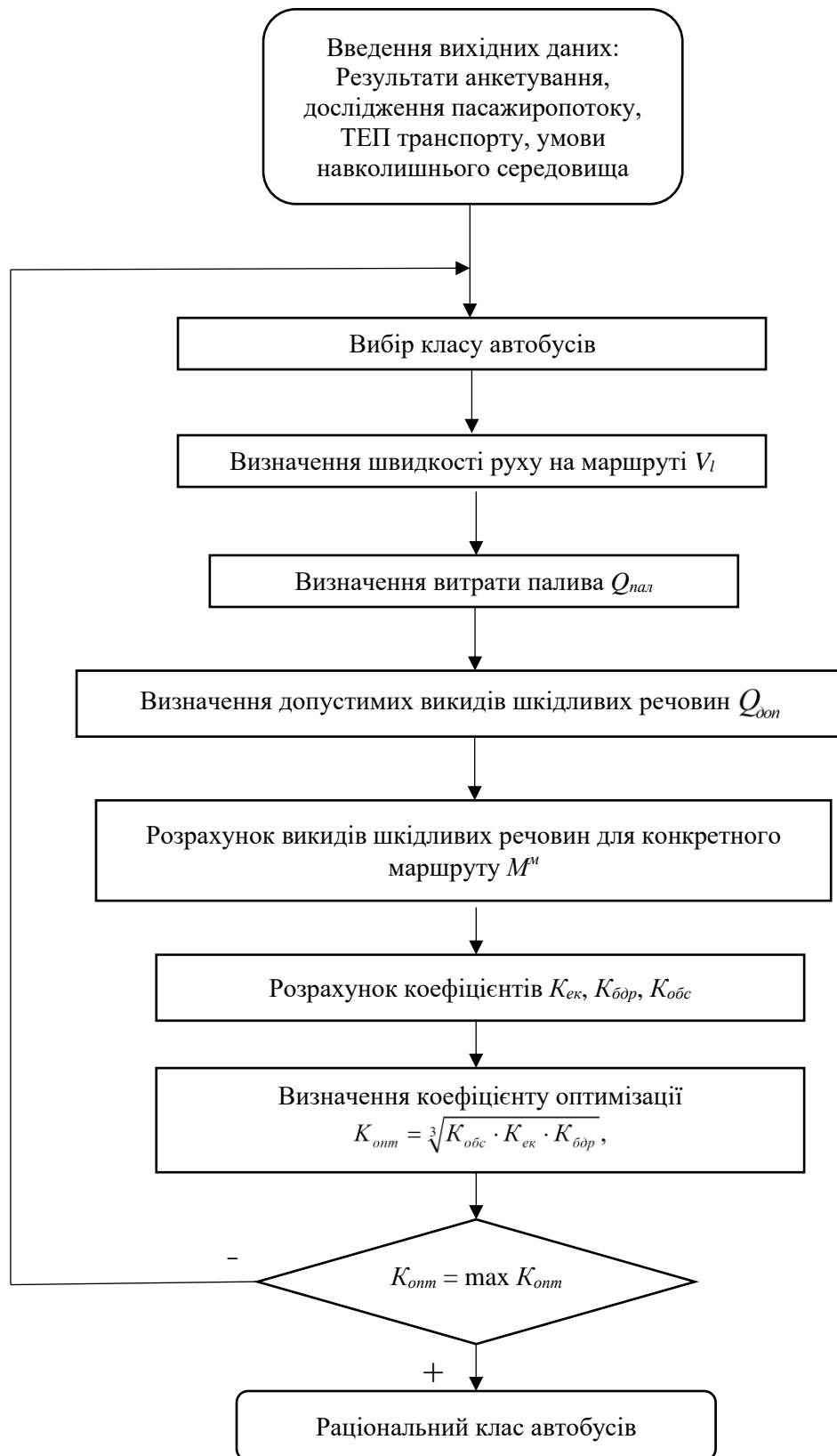


Рисунок 2.3 – Алгоритм вибору раціонального класу автобусів на маршруті

3. Для кожного центру тяжіння визначити способи доставки пасажирів, кількість пересадок тощо.

4. Для кожного району та способу доставки визначити показники якості обслуговування пасажирів з використанням різних видів транспорту, таких як трамвай, тролейбус, маршрутне таксі, автобус і т.д., за такими критеріями, як часові витрати, зручність подорожі, надійність обслуговування, безпека руху та вартість проїзду.

5. Ці фактори слід розглядати з різних поглядів для різних груп населення, оскільки у людей пенсійного віку і працюючих осіб пріоритети можуть відрізнятися. Оцінку важливості кожного з цих факторів для різних груп населення можна провести за допомогою методу експертних оцінок.

6. Визначити швидкість обслуговування на маршруті.

7. За використанням формул 2.10 - 2.13 визначити витрату палива автомобілем, масові викиди шкідливих речовин, гранично допустимі викиди шкідливих речовин і максимально допустимий викид забруднюючих речовин, знаючи тип і марку рухомого складу, а також швидкість обслуговування.

8. Розрахувати коефіцієнти рівня транспортного обслуговування, екологічності перевезень і безпеки дорожнього руху, використовуючи формули 2.6, 2.14, 2.16.

9. За допомогою формули 2.8 знайти коефіцієнт оптимізації.

10. Провести перевірку на оптимальність.

$$K_{opt} = \max K_{opt}. \quad (2.22)$$

11. Обрати клас автобусів для здійснення пасажирських перевезень на маршруті.

2.5 Висновки до розділу 2

1. Розглянуто процес пасажирських перевезень у містах з точки зору: споживача послуг, постачальника послуг та суспільства. Встановлено інтереси та взаємозв'язок між учасниками перевізного процесу.

2. Проаналізовано фактори, які впливають на процес обслуговування пасажирів. Розглянуто методику вибору автобусів на маршрути міста

3. Запропоновано критерій, вибору класу автобусів для здійснення перевезень пасажирів на маршруті. В критерії враховується коефіцієнт екологічності перевезень, коефіцієнт рівня транспортного обслуговування та коефіцієнт безпеки дорожнього руху.

4. Розроблено алгоритм вибору раціонального класу автобусів на маршруті для здійснення пасажирських перевезень

РОЗДІЛ 3

ВИБІР РАЦІОНАЛЬНОГО КЛАСУ АВТОБУСІВ ДЛЯ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В М. ВІННИЦЯ

3.1 Загальна характеристика транспортної мережі м. Вінниця

У місті Вінниця основним перевізником є муніципальне підприємство "Вінницька транспортна компанія", яке є одним із найкращих в Україні у сфері надання послуг з громадського транспорту.

КП "Вінницька транспортна компанія" здійснює пасажирські перевезення за допомогою тролейбусів, трамваїв та муніципальних автобусів. У Вінниці тролейбуси виступають у ролі основного засобу громадського транспорту, покриваючи практично всю територію міста, за винятком районів із приватною забудовою. На 2023 рік у місті функціонують 21 тролейбусний маршрут (рис 3.1).

Маршрути тролейбусів м. Вінниці:

- 1 Лугова - ВПЗ
- 2 Водоканал - Вул. Гетьмана Мазепи
- 3 Вишенька - ВПЗ
- 4 Вишенька - Лугова
- 5 Залізничний вокзал - Вишенька
- 6 Водоканал - Залізничний вокзал
- 7 Залізничний вокзал - Вінниччина-Авто
- 9 Водоканал - Князів Коріатовичів
- 10 Вишенька - Вул. Гетьмана Мазепи
- 11 Залізничний вокзал - Князів Коріатовичів
- 12 Аграрний університет - Вул. Гетьмана Мазепи
- 13 Водоканал - Аграрний університет
- 14 Залізничний вокзал - Аграрний університет
- 15 Вишенька - Муніципальний ринок
- 16 Вишенька - Муніципальний ринок - ВПЗ

- 17 Залізничний вокзал - Мікрорайон 'Академічний'
- 18 Залізничний вокзал - Вул. Юзвинська - Вишенька
- 19 Гніванське шосе - Немирівське шосе
- 20 Вишенька - Хутір Шевченка
- 21 Залізничний вокзал – ВПЗ

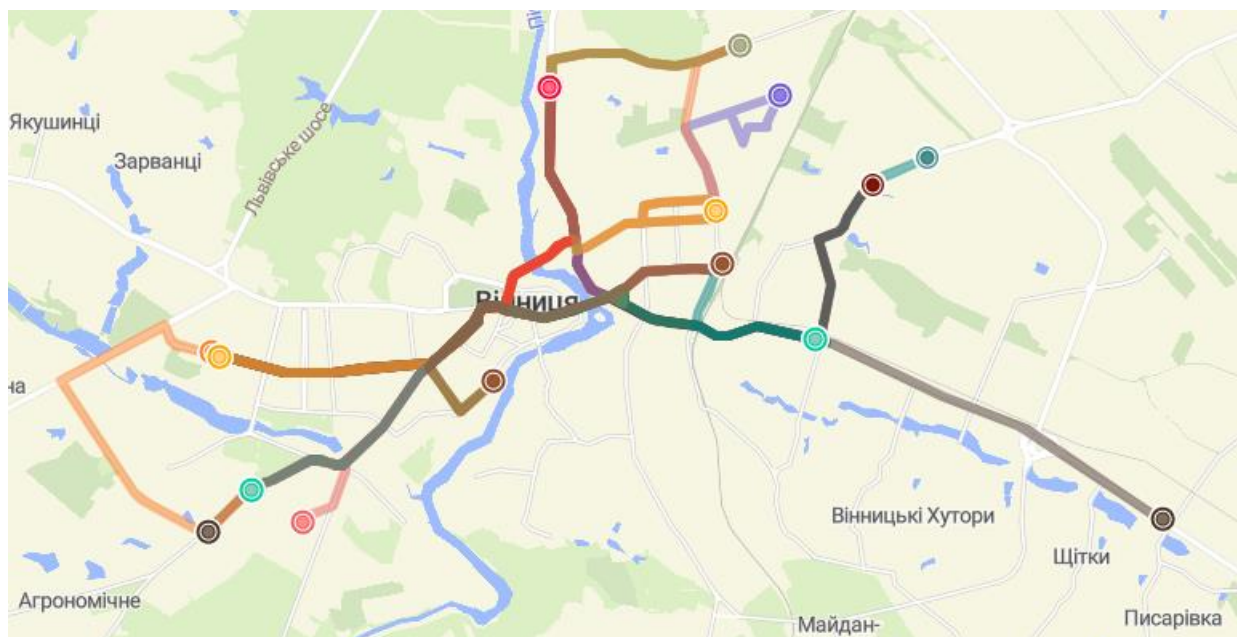


Рисунок 3.1 - Мережа маршрутів тролейбусів м. Вінниці

У м. Вінниці існує шість трамвайних маршрутів. Оскільки трамвайна колія, зазвичай відокремлені від доріг, то середня швидкість руху трамваїв дещо вища, ніж тролейбусів і автобусів. Головна трамвайна розв'язка знаходиться на площі Гагаріна. Трамвайне депо розташоване на вул. Хмельницьке шосе 29. Станом на 2023 рік у місті функціонують наступні трамвайні маршрути (рис. 3.2):

Маршрут № 1 «Залізничний вокзал – Електромережа».

Маршрут № 2 «Барське шосе – Барське шосе».

Маршрут № 3 «Барське шосе – Електромережа».

Маршрут № 4 «Залізничний вокзал – Барське шосе».

Маршрут № 5 «Електромережа – Барське шосе».

Маршрут № 6 «Залізничний вокзал – Барське шосе».

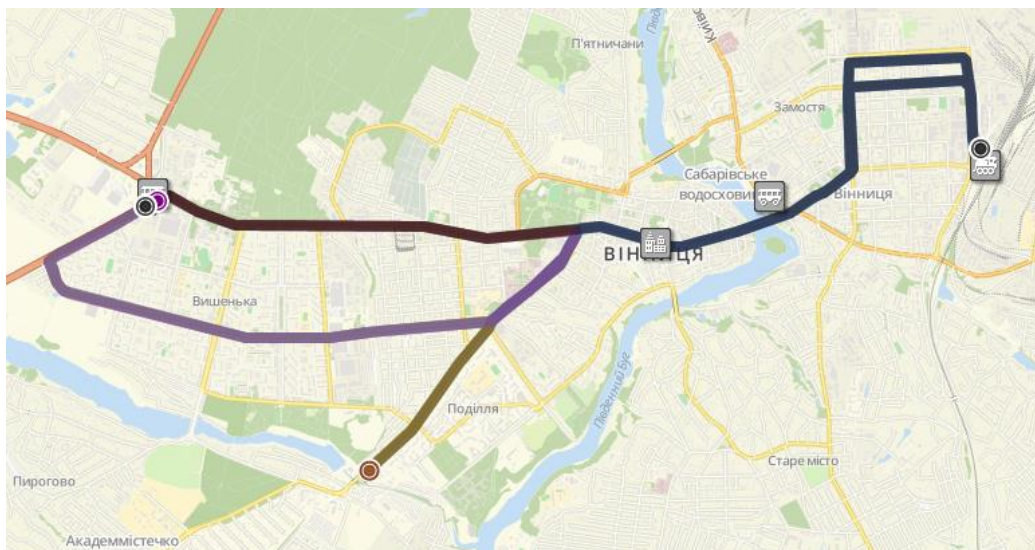


Рисунок 3.2 - Мережа трамвайних маршрутів м. Вінниці

Станом на 2023р. в автобусному парку КП «Вінницька транспортна компанія» наявні 72 автобуси, які перевозять пасажирів в м. Вінниця. До рухомого складу входять автобуси дизельні:

Богдан А70132;

Богдан А70110;

Богдан А70130;

ЛАЗ-А183 D1,

газові:

АТАМАН (ISUZU) А092G6;

Otokar Kent C CNG,

та один електробус Skywell

У місті муніципальними автобусами обслуговуються такі автобусні маршрути:

Маршрут № 1 Залізничний вокзал - Педколедж

Маршрут № 2 Вул. Сергія Зулінського - Площа Шкільна

Маршрут № 4 Барське шосе - Вул. Лугова

- Маршрут № 5 П'ятничани - Вул. Леоніда Каденюка
Маршрут № 6 Олієжиркомбінат - Площа Перемоги
Маршрут № 7 Вул. Якова Шепеля - Пирогово
Маршрут № 8 Залізничний вокзал - Вул. Бучми (ліс)
11 Маршрут № 11 Вул. Ботанічна - Сабарів
14 Маршрут № 14 Залізничний вокзал - Дитячий санаторій
16 Маршрут № 16 Водоканал - Барське шосе - Аграрний університет
19 Маршрут № 19 Вишенька - Вінницькі Хутори
20 Маршрут № 20 Водоканал - Хутір Шевченка
21 Маршрут № 21 Барське шосе - Педколедж
22 Маршрут № 22 Залізничний вокзал - Мікрорайон 'Академічний'
24 Маршрут № 24 Вишенька - Вул. Бучми (ліс)
27 Маршрут № 27 Залізничний вокзал - Тиврівське шосе
30 Маршрут № 30 смт. Десна - Дитячий санаторій
32 Маршрут № 32 Залізничний вокзал - Сабарів

Також у місті Вінниця функціонують такі автобусні маршрути (рис. 3.4):

- Маршрут №1А пл. Перемоги - Педучилище
Маршрут №2А вул. Якова Шепеля - пл. Перемоги
Маршрут №2Б Пл. Шкільна – смт. Десна
Маршрут №3А пров. 1-й Київський - вул. Північна
Маршрут №3Б Пл. Наливайка – Тяжилів (Вінниччина-Авто)
Маршрут №5А м/н П'ятничани - с. Шкуринці
Маршрут №7А вул. Якова Шепеля - ринок "Урожай"
Маршрут №8А МПМ «Зоря» – с. Вінницькі Хутори
Маршрут №8Б вул. Бучми - вул. Ольги Кобилянської
Маршрут №9А Залізничний вокзал – Хутір Шевченка
Маршрут №10А вул. Ботанічна - с. Агрономічне
Маршрут №11Б вул. Ботанічна - ш. Барське
Маршрут №12А ш. Барське - Сабарів

- Маршрут №13А ш. Барське - вул. Князів Коріатовичів
 Маршрут №14А пл. Перемоги - Дім відпочинку
 Маршрут №16А Медмістечко - Водоканал
 Маршрут №17А ТЦ "МЕТРО" - вул. Лугова
 Маршрут №17Б ш. Барське - вул. Лугова
 Маршрут №18А Аграрний університет - ш. Барське
 Маршрут №20А вул. Сергія Зулінського – Тяжилів
 Маршрут №21А Педучилище - ринок "Урожай"
 Маршрут №22А Муніципальний ринок - Лікарня ім. Академіка Ющенка
 Маршрут №23А Муніципальний ринок - вул. Андрія Первозванного
 Маршрут №25Н м/н Вишенька - Залізничний вокзал
 Маршрут №29А м/н Пирогове - вул. Чехова
 Маршрут №31А вул. Ботанічна - Залізничний вокзал
 Маршрут №32А м/н Сабарів - Залізничний вокзал

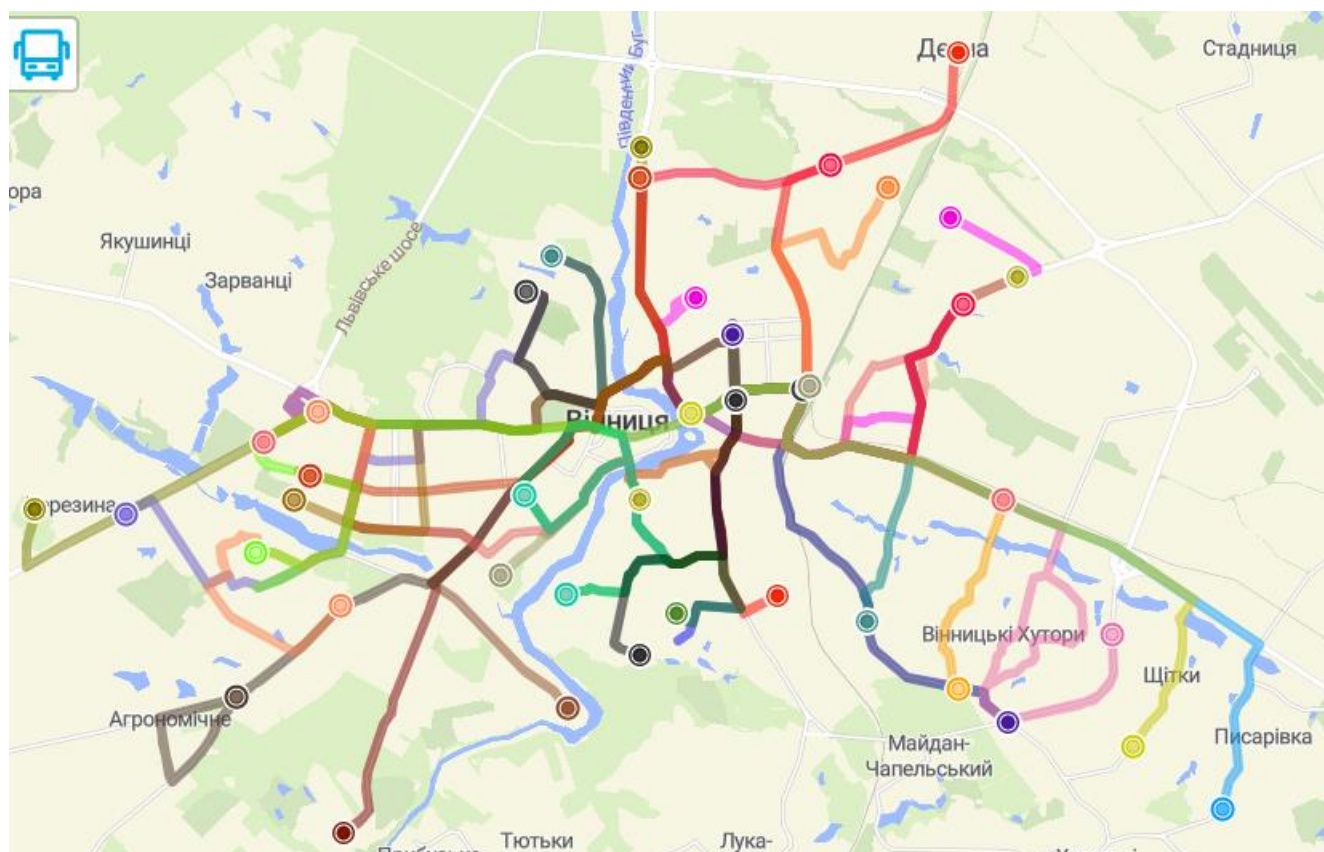


Рисунок 3.3 – Мережа маршрутів маршрутних таксі м. Вінниці

Таким чином, маршрутна мережа м. Вінниця налічує 65 маршрутів, з них 22,7% складають тролейбусні маршрути, 9,1% - трамвайні маршрути, 27,3% - автобусні та 40,9% - маршрути маршрутного таксі, що відображено на рисунку 3.4.

На маршрутах маршрутного таксі м. Вінниці переважно використовуються автобуси малого та середнього класу. Найбільша кількість транспортних засобів працюють на маршруті №23А, а саме автобуси малого класу Volkswagen LT та Mercedes-Benz Sprinter. Тому даний маршрут було обрано для аналізу зоб'язати раціональний клас автобусів які будуть на ньому працювати.

3.2 Аналіз роботи транспортних засобів на маршруті №23А м. Вінниці

Маршрут №23А «Вул. Андрія Первозванного – Муніципальний ринок» проходить через центр міста та з'єднує район «Вишенька» (вул. А. Первозванного) та Центральний ринок, Залізничний вокзал та Муніципальний ринок. Карта маршруту №23А наведена на рисунку 3.6, загальна характеристика представлена в таблиці 3.1. У зв'язку з проведенням капітального ремонту вулиці Батозька, Маршрут №23А тимчасово скорочено до зупинки «Залізничний вокзал» (рис.3.4), проте розрахунок буде проводитись для повного маршруту.

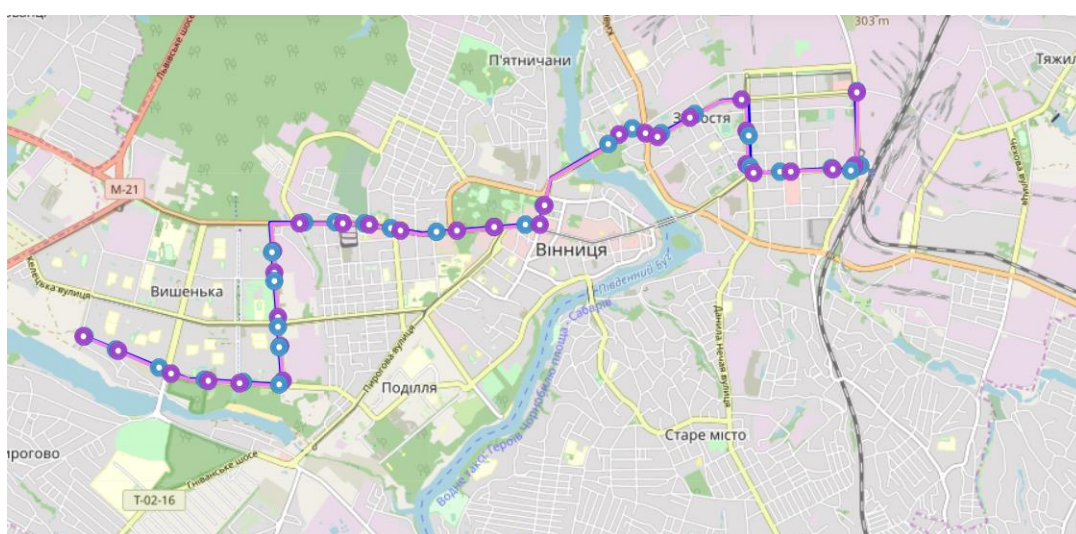


Рисунок 3.4 – Маршрут № 23А

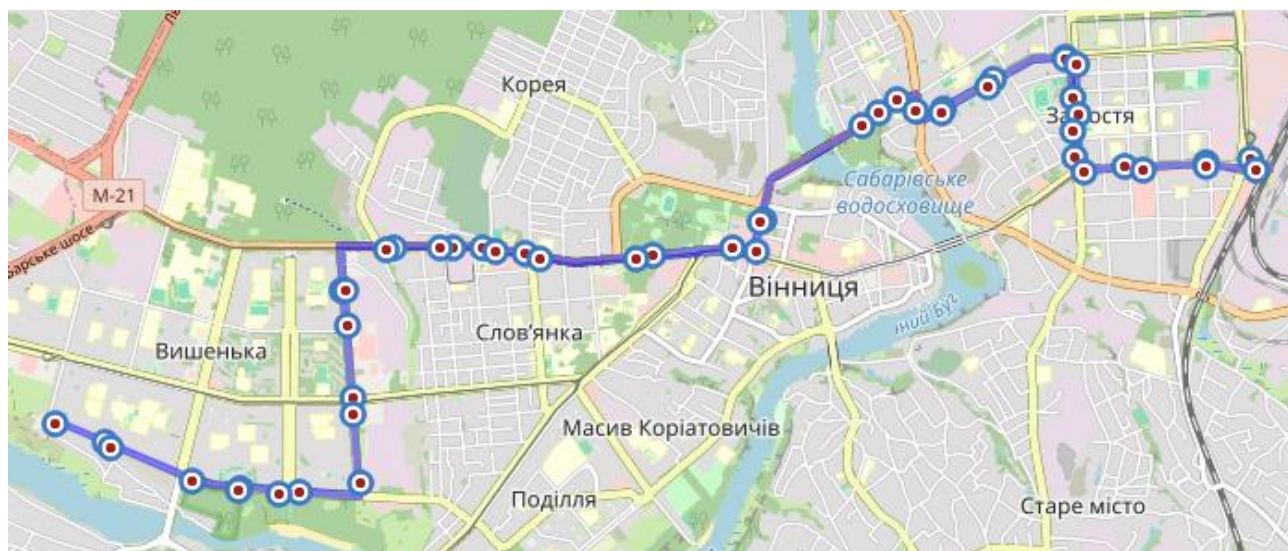


Рисунок 3.5 – Скорчений маршрут № 23А

Таблиця 3.1 – Загальна характеристика маршруту № 23А

№	Параметр маршруту	Значення
1	2	3
1	Початкова зупинка	Муніципальний ринок
2	Кінцева зупинка	вул. Андрія Первозванного
3	Вид маршруту	Маятниковий
4	Довжина маршруту по дорозі, км	12.71
5	Довжина маршруту по повітряній лінії, км	8.40
6	Коефіцієнт непрямої лінійності маршруту	1.51
7	Кількість перегонів маршруту у прямому напрямку	28
8	Кількість перегонів маршруту у зворотному напрямку	29
9	Середня довжина перегону у прямому напрямку, км	0.45
10	Середня довжина перегону у зворотному напрямку, км	0.43

Перелік зупинок та відстань між ними на маршруті № 23 «Муніципальний ринок - вул. Андрія Первозванного» представлено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 - Зупинки і перегони маршруту №23А «Вул. Андрія Первозванного – Муніципальний ринок»

№	Зупинки (прямий напрямок)	Відстань, км	№	Зупинки (зворотній напрямок)	Відстань, км
1	Муніципальний ринок	1.16	1	вул. А. Первозванного	0.40
2	Залізничний вокзал	0.13	2	Ліцей №18	0.59
3	Привокзальна Площа	0.20	3	пр. Юності	0.40
4	вул. Є. Пікуса	0.53	4	Школа №10	0.33
5	Центральний ринок	0.36	5	Парк	0.50
6	Площа Перемоги	0.33	6	Завод Форт	0.36
7	ВДПУ ім. М. Коцюбинського	0.96	7	на вимогу	0.30
8	Кооперативний інститут	0.39	8	вул. 600-річчя	0.47
9	вул. Київська	0.47	9	вул. В. Порика	0.22
10	вул. В. Чорновола	0.31	10	Пожежна частина	0.59
11	вул. Ісмаїла Гаспринського	0.99	11	вул. Максимовича	0.44
12	вул. Грушевського	0.38	12	ім. Олександра Музики	0.27
13	Майдан Небесної Сотні	0.33	13	Палац дітей та юнацтва	0.33
14	площа Калічанська	0.59	14	вул. Данила Галицького	0.59
15	площа Василя Стуса	0.48	15	площа Василя Стуса	0.38
16	вул. Данила Галицького	0.29	16	пл. Калічанська	0.52
17	Палац дітей та юнацтва	0.30	17	Майдан Небесної Сотні	0.20
18	ім. Олександра Музики	0.32	18	вул. Грушевського	1.15
19	вул. Максимовича	0.67	19	вул. В'ячеслава Чорновола	0.36
20	Пожежна частина	0.29	20	вул. Стрілецька	0.21
21	вул. Василя Порика	0.48	21	вул. Київська	0.38
22	вул. 600-річчя	0.21	22	Кооперативний інститут	0.57
23	на вимогу	0.42	23	вул. Замостянська	0.36
24	ДП	0.37	24	ВДПУ ім. М. Коцюбинського	0.34
25	Парк	0.40	25	Будинок побуту	0.15
26	Школа №10	0.50	26	пл. Перемоги	0.40
27	пр. Юності	0.48	27	Центральний ринок	0.43
28	Школа №18	0.36	28	вул. Євгенія Пікуса	0.33
29	вул. Андрія Первозванного		29	Залізничний вокзал	0.78
30			30	Муніципальний ринок	

Перевезення пасажирів по маршруті №23А відбувається автобуси малого класу Mercedes-Benz Sprinter (рис. 3.6) та Volkswagen LT (рис. 3.7), кількість транспортних засобів 19 од. Техніко-експлуатаційні характеристики автомобіля Mercedes-Benz Sprinter наведено в таблиці 3.3.



Рисунок 3.6 – Mercedes-Benz Sprinter



Рисунок 3.7 – Volkswagen LT 35

Таблиця 3.3 – Техніко-експлуатаційні характеристики Mercedes-Benz Sprinter

	Параметр	Значення
1	Марка	Mercedes
2	Модель	Mercedes - Sprinter-312
3	Тип транспортного засобу	Автобус
4	Клас транспортного засобу	Малий
5	Тип двигуна	Дизельний
6	Вид пального	Диз. паливо
7	Витрата палива, л/100 км	14
8	Пасажиromісткість максимальна, пас	19
9	Пасажиromісткість номінальна, пас	19
10	Пасажиromісткість (сидячі), пас	19
11	Кількість дверей для посадки(висадки) пасажирів, од.	1
12	Середня тривалість посадки(висадки) одного пасажирів, с.	5
13	Довжина, мм	5585
14	Ширина, мм	1933
15	Висота, мм	2570

Техніко-експлуатаційні характеристики автобуса Volkswagen LT представлено в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Техніко-експлуатаційні характеристики Mercedes-Benz Sprinter

	Параметр	Значення
1	2	3
1	Марка	Volkswagen
2	Модель	Volkswagen - LT35
3	Тип транспортного засобу	Автобус
4	Клас транспортного засобу	Малий
5	Тип двигуна	Дизельний
6	Вид пального	Диз. паливо
7	Витрата палива, л/100 км	12
8	Пасажиromісткість максимальна, пас	19
9	Пасажиromісткість номінальна, пас	19
10	Пасажиromісткість (сидячі), пас	19
11	Кількість дверей для посадки(висадки) пасажирів, од.	1

Продовження табл. 3.4

1	2	3
12	Середня тривалість посадки(висадки) одного пасажера, с.	5
13	Довжина, мм	5585
14	Ширина, мм	1933
15	Висота, мм	2570

Пасажирообіг та пасажиропотік на маршруті №23А «Вул. Андрія Первозванного – Муніципальний ринок» наведено в таблиці 3.5 (для прямого напрямку) та в таблиці 3.6 (для зворотного напрямку).

Таблиця 3.5 - Пасажирообіг і пасажиропотік в прямому напрямку

№	Зупинки (прямий напрямок)	Зайшли, пас.	Вийшли, пас.	Пас.-обіг зупинки, пас.	Пас.-потік сум., пас.	Пас.-потік макс., пас.
1	2	3	4	5	6	7
1	Муніципальний ринок	171	0	171	171	16
2	Залізничний вокзал	464	14	478	623	20
3	Площа Привокзальна	107	0	107	730	22
4	вул. Євгенія Пікуса	128	5	133	853	22
5	Центральний ринок	282	39	321	1096	28
6	Площа Перемоги	166	20	186	1242	31
7	ВДПУ ім. М. Коцюбинського	93	33	126	1302	29
8	Кооперативний інститут	160	75	235	1361	29
9	вул. Київська	118	80	198	1399	29
10	вул. В'ячеслава Чорновола	132	60	192	1471	30

Продовження табл. 3.5

1	2	3	4	5	6	7
11	вул. Ісмаїла Гаспринського	19	42	61	1448	30
12	вул. Грушевського	78	132	210	1394	28
13	Майдан Небесної Сотні	39	50	89	1383	28
14	площа Калічанська	7	23	30	1367	28
15	площа Василя Стуса	25	61	86	1331	27
16	вул. Данила Галицького	52	108	160	1256	26
17	Палац дітей та юнацтва	47	72	119	1231	26
18	ім. Олександра Музики	20	61	81	1190	26
19	вул. Максимовича	30	99	129	1121	26
20	Пожежна частина	45	138	183	1028	26
21	вул. Василя Порика	34	208	242	854	24
22	вул. 600-річчя	23	193	216	684	22
23	на вимогу	16	66	82	634	18
24	ДПШ	20	151	171	503	16
25	Парк	10	76	86	437	16
26	Школа №10	1	83	84	355	15
27	пр. Юності	2	145	147	203	10
28	Школа №18	1	109	110	95	5
29	вул. Андрія Первозванного	0	93	93	0	0

Таблиця 3.6 – Пасажирообіг і пасажиропотік в зворотному напрямку

№	Зупинки (прямий напрямок)	Зайшли, пас.	Вийшли, пас.	Пас.- обіг зупинки, пас.	Пас.- потік сум., пас.	Пас.- потік макс., пас.
1	2	3	4	5	6	7
1	вул. Андрія Первозванного	184	0	184	184	12
2	Школа №18	270	1	271	453	21
3	пр. Юності	180	2	182	631	27
4	Школа №10	97	3	100	725	28

Продовження табл. 3.6

1	2	3	4	5	6	7
5	Парк	119	19	138	825	30
6	Завод Форт	232	40	272	1017	32
7	на вимогу	61	12	73	1066	32
8	вул. 600-річчя	121	43	164	1144	31
9	вул. Василя Порика	145	58	203	1231	33
10	Пожежна частина	79	37	116	1273	33
11	вул. Максимовича	77	69	146	1266	33
12	ім. Олександра Музики	48	29	77	1285	33
13	Палац дітей та юнацтва	87	80	167	1292	31
14	вул. Данила Галицького	98	54	152	1336	31
15	площа Василя Стуса	28	39	67	1325	31
16	пл. Калічанська	18	30	48	1313	31
17	Майдан Небесної Сотні	72	107	179	1278	28
18	вул. Грушевського	85	81	166	1282	26
19	вул. В'ячеслава Чорновола	41	80	121	1243	25
20	вул. Стрілецька	102	135	237	1210	26
21	вул. Київська	62	78	140	1194	26
22	Кооперативний інститут	79	94	173	1179	27
23	вул. Замостянська	23	154	177	1033	27
24	Вінницький державний педагогічний університет ім. М. Коцюбинського	13	91	104	955	22
25	Будинок побуту	1	74	75	882	21
26	пл. Перемоги	17	125	142	774	20
27	Центральний ринок	19	307	326	486	17
28	вул. Євгенія Пікуса	7	132	139	361	14
29	Залізничний вокзал	14	201	215	174	11
30	Муніципальний ринок	0	174	174	0	0

Техніко-експлуатаційні показники маршруту №23А «Вул. Андрія Первозванного – Муніципальний ринок» наведені в таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 - Техніко-експлуатаційні показники маршруту

№	Параметр	Оборотний рейс	Рейс прямого напрямку	Рейс зворотного напрямку
1	Кількість рейсів	174	88	86
2	Всього перевезено пасажирів, пас.	4869	2368	2501
3	Транспортна робота, пас-км	25168.33	12679.65	12488.68
4	Тривалість рейса, год	1.47	0.74	0.73
5	Середня технічна швидкість, км/год	24.46	24.37	24.54
6	Швидкість сполучення, км/год		18.73	18.45
7	Експлуатаційна швидкість, км/год	17.29	17.42	17.15
8	Середня відстань їздки пасажира, км	5.19	5.36	5.02
9	Коефіцієнт змінюваності пасажирів	2.50	2.45	2.56
10	Коефіцієнт використання П/М динамічний	0.61	0.60	0.62
11	Пасажиропотік найбільш завантаженого перегону, пас	33	31	33
12	Час максимального пасажиропотоку		08:33	07:24
13	Зупинка з максимальним пасажиропотоком		Площа Перемоги	вул. Василя Порика

3.3 Вибір раціонального класу автобусів для роботи на маршруті №23А м. Вінниці

При виборі раціонального класу автобусів для маршруту №23А м. Вінниці затасуємо алгоритм, представлений на рисунку 2.4.

Кількість викидів токсичних речовин транспортним засобом Mercedes-Benz Sprinter по маршруту наведено в таблицю 3.8 [22].

Таблиця 3.8 – Питомі викиди шкідливих речовин автобусами Mercedes-Benz Sprinter

	g_i , Г/КМ	L_m , КМ	g_{xx} , Г/ХВ	t_{xx} , ХВ
CO	0,159	13,4	$4,9 \cdot 10^{-3}$	4
NO_x	0,0228	13,4	$0,35 \cdot 10^{-3}$	4
CH	0,152	13,4	$2,55 \cdot 10^{-3}$	4
C	0,343	13,4	$7,9 \cdot 10^{-3}$	4

Для розрахунку приймаємо наступні вихідні дані. Довжина маршруту 13,4 км, середній час стоянки на зупинках для посадки/висадки пасажирів складає 4 хв.

Кількість викидів шкідливих речовин при роботі автобуса на маршруті №.23А визначаємо за формулою (2.11). Розрахуємо викиди CO за один рейс Mercedes-Benz Sprinter, аналогічно розраховуються інші шкідливі викиди та зводяться в таблицю 3.9:

$$M_{CO}^m = 0,159 \cdot 13,4 + 4,9 \cdot 10^{-3} \cdot 0,25 \cdot 4 = 2,14 \text{ з,}$$

Таблиця 3.9 – Викиди шкідливих речовин за один рейс Mercedes-Benz Sprinter

	CO	NO_x	CH	C
Викиди M^m , г	2,14	0,31	2,05	4,61

Сумарні викиди шкідливих речовин одним автобусом Mercedes-Benz Sprinter за один рейс за маршрутом №23 становлять:

$$M_{\Sigma}^m = 2,14 + 0,31 + 2,05 + 4,61 = 9,11 \text{ з.}$$

Відповідно до табл. 3.8, за добу автобуси на маршруті №23А «Вул. Андрія Первозванного – Муніципальний ринок» здійснюють 174 рейси., тоді загальні викиди токсичних речовин визначаються:

$$M_{\delta}^M = 9,11 \cdot 174 = 1585,14 \text{ г.}$$

Для визначення рівня екологічної небезпеки автотранспорту необхідно провести аналіз максимального викиду шкідливих речовин за один раз і визначити припустимі норми, використовуючи формули 2.12 та 2.13.

$$G_M = 396,25 \text{ г/год; } Q_{\text{дон}} = 212,16 \text{ г/год.}$$

Коефіцієнт, який враховує екологічність перевезень по маршруті для Mercedes-Benz Sprinter:

$$K_{\text{ек_Merc}} = \frac{212,16}{396,25} = 0,54.$$

В якості альтернативного транспортного засобу для перевезень на маршруті №23 було запропоновано міський електробус з низькою підлогою SUNLONG SLK6121EV (рис. 3.8). Техніко-експлуатаційні характеристики якого наведені в табл. 3.10.



Рисунок 3.8 - Автобус середнього класу SUNLONG SLK6121EV

Таблиця 3.10 – Техніко-експлуатаційні характеристики SUNLONG SLK6121EV

Розміри	
1	2
Загальна довжина, мм	11 980
Загальна ширина, мм	2 500
Загальна висота, мм	3 350 (за умови встановлення батареї на даху)
Колісна база, мм	6 100
Колія передніх/задніх коліс, мм	2 680 / 3 200
Передній/задній звис, мм	2 100 / 1 860
Кут заїзду/з'їзду, град.	7 / 7
Висота сходинки, мм	≤ 380
Кількість сидінь, шт	30 пасажирських сидінь + 1 сидіння водія
Кількість стоячих місць, шт	54
Загальна кількість пасажирів, осіб	84
Маси	
Споряджена вага, кг	12 600

Продовження табл. 3.10

1	2
Повна допустима вага, кг	18 000
Вантажопідйомність, кг	$\geq 5\,400$
Продуктивність	
Максимальна швидкість, км/год	≥ 80
Мінімальний радіус розвороту, м	21
Максимальний пробіг на повному заряді, км	≥ 250
Час зарядки, год	< 3.5
Споживання енергії, кВт/100 км	≤ 120
Шасі	
Модель	Автобусне шасі SUNLONG
Тип	Електричний двигун
Передня вісь	7 500
Задня вісь	13 000
Трансмiсія	Прямий привід
Підвіска передня/задня	Пневматична з стабілізаторами стійкості
Пневматичні подушки	2 передні та 4 задні з регулятором висоти
Амортизатори	Гідравлічні телескопічні подвійної дії
Колеса передні/задні	Одинарні / подвійні
Шини	Безкамерні 275/70R22.5
Диски	8.25×22.5 з декоративними ковпаками з нержавіючої сталі
Рульове керування	3 гідропідсилювачем
Гальма	
Основна гальмівна система	Двоконтурна, пневматична, дискові гальмівні механізми, з системою рекуперації енергії
Стоянкове гальмо	3 пружинними енергоакумуляторами за задній вісі

Продовження табл. 3.10

1	2
ABS	WABCO ABS
Електрична частина:	
Двигун	
Тип	Синхронний
Номінальна потужність, кВт	100
Максимальна потужність, кВт	150
Ступінь захисту	IP67
Контролер двигуна	
Модель	DE5
Охолодження	Водяне охолодження
Номінальна напруга, В	650
Батарея	
Тип	LPF
Виробник	CATL
Загальна напруга, В	560.28
Загальна ємність, Агод	606
Загальна потужність, кВт	326.73
Тип зарядки	Повільна зарядка
Гарантія	8 років
Система керування батареєю	
Тип	Активна неруйнівна рівновага
Виробник	CATL
Повітряний компресор	
Тип	Електричний
Потужність двигуна приводу компресора, кВт	4
Рульове керування	
Тип	BOSCH8098
Потужність двигуна гідروпідсилувача керма, кВт	3

Продовження табл. 3.10

1	2
Інше обладнання	
Інтелектуальна система дистанційного моніторингу	Так
Модель зарядного пристрою	CS05
Електрооснащення	
Кондиціонер	SONGZI ,31 000 ккал
Обігрів вітрового скла	Так, електричний

Здійснено розрахунок коефіцієнту, що враховує екологічність перевезень на маршруті №23 для автобусів середнього класу SUNLONG SLK6121EV. Вихідні дані для розрахунку шкідливих речовин автобусами зведено в таблицю 3.11 [22].

Таблиця 3.11 – Питомі викиди шкідливих речовин автобусами SUNLONG SLK6121EV

	g_l , Г/КМ	L_m , КМ	g_{xx} , Г/ХВ	t_{xx} , ХВ
CO	0	13,4	0	4
NO_x	0	13,4	0	4
CH	0	13,4	0	4
C	0	13,4	0	4

Оскільки пасажиромісткість автобуса середнього класу SUNLONG SLK6121EV більша ніж у автобуса Mercedes-Benz Sprinter (табл. 3.4 та табл. 3.11), то, при використанні автобуса SUNLONG SLK6121EV, необхідно зменшити кількість ТЗ на маршруті. Використовуючи формулу 2.3, розрахована кількість автобусів SUNLONG SLK6121EV складає 16 од.

При зміні кількості автобусів зміниться інтервал руху, який визначається за формулою:

$$I = \frac{t_{об}}{A_a}, \quad (3.1)$$

Для Mercedes-Benz Sprinter $I_{merc_spr} = 4,6$ хв, для SUNLONG SLK6121EV $I_{б-А092} = 6,7$ хв. Таким чином, при використанні автобусів SUNLONG SLK6121EV на маршруті №23А спостерігається збільшення інтервалу руху на 2,1 хв.

Сумарні викиди шкідливих речовин від автобусів SUNLONG SLK6121EV та коефіцієнт, що враховує екологічність перевезень на маршруті розраховуємо аналогічно:

$$\begin{aligned} M_{CO}^M &= 0 \text{ з,} \\ M_{NO_x}^M &= 0 \text{ з,} \\ M_{CH}^M &= 0 \text{ з,} \\ M_C^M &= 0 \text{ з,} \\ M_{\Sigma}^M &= 0 \text{ з,} \\ M_{\delta}^M &= 0 \text{ з,} \\ G_M &= 0 \text{ г/год.} \\ K_{ек_SLK} &= 1. \end{aligned}$$

Таким чином, коефіцієнт, що враховує екологічність перевезень на маршруті для автобусів Богдан - А092 складає 1.

Розрахунок коефіцієнту, що враховує небезпеку дорожнього руху ($K_{дор}$) виконується відповідно до методики, яка описана в розділі 2. Так як автобуси Mercedes-Benz Sprinter та SUNLONG SLK6121EV здійснюють транспортну роботу на одному і тому ж маршруті, то ступінь небезпеки маршруту буде однаковим. Тому, приймаємо, що коефіцієнти $K_{дор}$ для автобусів Mercedes-Benz Sprinter і SUNLONG SLK6121EV теж однакові, та рівні 1.

$$K_{ек_Merc} = 1; \quad K_{ек_SLK} = 1.$$

Коефіцієнт $K_{обс}$, за допомогою якого можна визначити рівень транспортного обслуговування населення залежить визначаємо за формулою (2.6). Оскільки фактичний час поїздки за маршрутом та фактична частота руху транспорту при використанні автобуса SUNLONG SLK6121EV будуть більшими в порівнянні з автобусами Mercedes-Benz Sprinter, то коефіцієнт $K_{обс}$ буде меншим. Згідно розрахунків отримаємо:

$$K_{обс_Merc} = 0,51; \quad K_{ек_SLK} = 0,47.$$

Визначимо коефіцієнт оптимізації $K_{онм}$ (2,8) при використанні автобусів Mercedes-Benz Sprinter та SUNLONG SLK6121EV:

$$K_{онм_Merc} = \sqrt[3]{0,51 \cdot 0,54 \cdot 1} = 0,64,$$

$$K_{онм_Боз} = \sqrt[3]{0,47 \cdot 1 \cdot 1} = 0,78.$$

Як видно з розрахунків, коефіцієнт оптимізації при використанні автобусів SUNLONG SLK6121EV більший ніж у Mercedes-Benz Sprinter. Це досягається за рахунок відсутності шкідливих викидів при здійсненні пасажирських перевезень за маршрутом №23А «Вул. Андрія Первозванного – Муніципальний ринок». Отже, для виконання пасажирських перевезень на даному маршруті доцільніше використовувати автобуси SUNLONG SLK6121EV.

3.4 Визначення ефективності запропонованих рішень

Для визначення економічної ефективності від використання електробуса SUNLONG SLK6121EV потрібно розрахувати витрати на перевезення одного

пасажира автобусами Mercedes-Benz Sprinter та SUNLONG SLK6121EV та витрати протягом року експлуатації цих транспортних засобів. Для цього визначимо витрати палива/ел. енергії за виконання одного рейсу автобусами:

$$G_{нал} = S \cdot g / 100$$

де S – довжина рейсу;

g – питома витрата палива (ел. енергії) на 1 км шляху

для Mercedes-Benz Sprinter 12 л/100км;

для SUNLONG SLK6121EV 120 кВт/100 км.

$$G_{нал_Sprinter} = 12,71 \cdot 14 / 100 = 1,78 \text{ л.}$$

$$G_{нал_Sunlong} = 12,71 \cdot 120 / 100 = 15,25 \text{ кВт/год.}$$

Станом на листопад 2023 р. вартість 1 л. дизельного палива складає $B_{\delta} = 54,33$ грн [23], а 1 кВт/год електроенергії для промислового споживання $B_{ел} = 6,4$ грн. Розрахуємо витрати на паливо/ел. енергію за виконання одного рейсу автобусами

$$B_{нал} = G_{нал} \cdot B_{\delta} (B_{ел})$$

$$B_{нал_Sprinter} = 1,78 \cdot 54,33 = 96,7 \text{ грн.}$$

$$B_{нал_Sunlong} = 15,25 \cdot 6,1 = 93,03 \text{ грн.}$$

Враховуючи те, що автобуси Mercedes-Benz Sprinter мають виконати 174 а SUNLONG SLK6121EV 137 рейсів, розрахуємо витрати за один день.

$$B_{нал_Sprinter_доба} = 96,7 \cdot 174 = 16825,8 \text{ грн.}$$

$$B_{нал_Sunlong_доба} = 93,03 \cdot 137 = 12745,11 \text{ грн.}$$

Економія в день буде складати:

$$E = B_{нал_Sprinter_доба} - B_{нал_Sunlong_доба} ;$$
$$E = 16825,8 - 12745,11 = 3780,69 \text{ грн/доба.}$$

В рік економія буде складати 1 млн 380 тис. грн

3.5 Висновки до розділу 3

1. Більшість пасажирських перевезень на маршрутах маршрутного таксі у місті Вінниця обслуговуються автобусами малого та середнього класу. Маршрут №23А забезпечується автобусами Mercedes-Benz Sprinter та Volkswagen LT, які відносяться до малого класу. Оскільки маршрут №23А має великий пасажиропотік, то він обраний для дослідження по визначенню раціонального класу автобусів, які будуть цей маршрут обслуговувати.

2. Проведено аналіз функціонування маршруту №23А "Вул. Андрія Первозванного – Муніципальний ринок" у місті Вінниця.

3. Для визначення оптимального класу автобусів для маршруту №23А "Вул. Андрія Первозванного – Муніципальний ринок" був розрахований коефіцієнт оптимізації. Розрахунки показують, що використання автобусів SUNLONG SLK6121EV має більший коефіцієнт оптимізації порівняно з Mercedes-Benz Sprinter. Це пояснюється відсутністю шкідливих викидів під час пасажирських перевезень за маршрутом №23А.

4. Було проведено розрахунок ефективності запропонованих рішень, так при заміні автобусів Mercedes-Benz Sprinter обладнаних дизельними двигунами на електробуси SUNLONG SLK6121EV річна економія коштів буде складати 1 млн 380 тис. грн.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Завдання впровадження системи управління охороною праці – всестороння підтримка виконання вимог, які повністю усунуть, нейтралізують чи знижують до допустимих норм вплив на працюючих небезпечних та шкідливих факторів виробничого середовища, забезпечують ліквідацію джерел небезпеки, ізолювання від них працівників, використання засобів, які підвищують технічну безпеку і ліквідують небезпечні ситуації.

У даному розділі наводиться розгляд небезпечних, шкідливих та уражаючих для людини та оточуючого середовища чинників, що утворюються під час проведення поліпшення якості пасажирських перевезень автобусами комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія» раціональним вибором їх типу та класу. Тут розглядаються, в тому числі, технічні рішення з виробничої санітарії та гігієни праці, технічні рішення з безпеки при проведенні розробки, безпека у надзвичайних ситуаціях.

Під час розробки даного процесу на працюючих діють ті чи інші небезпечні та шкідливі виробничі фактори (НШВФ) фізичної та психофізіологічної груп відповідно до [24].

4.1 Технічні рішення з виробничої санітарії та гігієни праці

4.1.1 Мікроклімат та склад повітря робочої зони

Під мікрокліматом виробничих приміщень розуміють клімат внутрішнього середовища цих приміщень, який визначається діючими на організм людини поєднаннями температури, вологості та швидкості руху повітря, а також інтенсивності теплового випромінювання.

Якщо з технічних чи економічних міркувань оптимальні норми не забезпечуються, то встановлюються допустимі величини параметрів мікроклімату. Визначаємо для приміщення, де проводяться роботи з розробки процесу

перевезення засобів захисту рослин у міжнародному сполученні автомобілями, категорію важкості робіт за фізичним навантаженням – легка Ia.

Згідно із [25] допустимі показники температури, відносної вологості та швидкості руху повітря у робочій зоні для холодного та теплого періодів року наведені у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Допустимі параметри мікроклімату [25]

Період року	Категорія робіт	Температура повітря, °С для робочих місць		Відносна вологість повітря, %	Швидкість руху повітря, м/с
		постійних	непостійних		
Холодний	Ia	21-25	18-26	75	≤0,1
Теплий	Ia	22-28	20-30	55 при 28°С	0,1-0,2

Перепад температури повітря за висотою робочої зони допускається до 3°С. При опроміненні менше 25% поверхні тіла людини, допустима інтенсивність теплового опромінення – 100 Вт/м². Вміст шкідливих речовин в повітрі робочої зони не повинен перевищувати гранично допустимих концентрацій (ГДК), що використовуються при проектуванні виробничих приміщень (будівель), обладнання, технологічних процесів, вентиляцій, для контролю за якістю виробничого середовища. ГДК шкідливих речовин, що утворюються в даному виробничому приміщенні наведено в таблиці 4.2.

З метою встановлення нормованих параметрів мікроклімату і чистоти повітря робочої зони запропоновано в приміщенні має бути встановлена система кондиціонування для теплого і опалення для холодного періодів року; з метою підвищення вологості повітря слід розташовувати місткості з водою за типом акваріумів поблизу опалювальних приладів або використовувати зволожувачі; припливно-витяжна система вентиляції, а при несприятливих погодних умовах кондиціонування.

Таблиця 4.2 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин у повітрі робочої зони

Назва речовини	Параметр, що нормується	Значення	Клас небезпеки
Бензин	ГДК, мг/м ³	100	4
Пил нетоксичний	ГДК, мг/м ³	0,15	4
Іони n ⁺ , n ⁻	число іонів в 1 см ³ повітря	50000	–

4.1.2 Виробниче освітлення

З точки зору задач зорової роботи в приміщенні, де проводяться роботи з поліпшення якості пасажирських перевезень автобусами комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія» раціональним вибором їх типу та класу, згідно [26] знаходимо, що вони відносяться до III розряду зорових робіт. Приймаємо контраст об'єкта з фоном – середній, а характеристику фону – середню, яким відповідає підрозряд зорових робіт в.

Нормовані значення коефіцієнта природного освітлення (КПО) і мінімальні значення освітленості для штучного освітлення приведені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Нормовані значення КПО та мінімальні освітленості для штучного освітлення

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізн., мм	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізнення з фоном	Характеристика фону	Освітленість при штучному освітленні, лк			КПО, %	
						комбіноване		загальне	Природне освітлення (бокове)	Суміщене освітлення (бокове)
						всього	у т. ч. від загального			
Високої точності	0,3-0,5	III	в	середній	середній	750	200	300	2	1,2

Оскільки приміщення знаходиться у м. Вінниця (2-га група забезпеченості природним світлом), а світлові пройми розташовані за азимутом 0° , то для таких обставин КПО розраховується за виразом [28]

$$e_N = e_n m_N [\%], \quad (5.1)$$

де e_n – табличне значення КПО, %;

m_N – коефіцієнт світлового клімату;

N – порядковий номер групи забезпеченості природним світлом.

Підставляючи відомі значення одержимо нормовані значення КПО для бокового та суміщеного освітлення:

$$e_{N. б} = 2 \cdot 0,85 = 1,7 (\%);$$

$$e_{N. с} = 1,2 \cdot 0,85 = 1,02 (\%).$$

З метою забезпечення нормованих значень параметрів освітлення передбачено: за недостатнього природного освітлення у світлий час доби доповнення штучним завдяки використанню люмінесцентних ламп з утворенням системи суміщеного освітлення; застосування штучного освітлення в темний час доби.

4.1.3 Виробничі віброакустичні коливання

Зважаючи на те, що при використанні пристроїв крім усього іншого устаткування застосовується обладнання, робота якого генерує шум та вібрацію, потрібно передбачити захист від шуму та вібрації.

Визначено, що приміщення, в якому відбувається робота з поліпшення якості пасажирських перевезень автобусами комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія» раціональним вибором їх типу та класу може мати робочі місця із шумом та вібрацією, який генерується електродвигунами вентиляційної системи.

Для запобігання травмуванню працівників від дії шуму та вібрації вони підпадає під нормування. Основним документом стосовно промислового шуму, що діє на території нашої країни, є [28], у відповідності з яким допустимі рівні звукового тиску, рівні звуку і еквівалентні рівні шуму на робочих місцях в виробничих приміщеннях не мають бути більшими ніж значення, що наведено в таблиці 5.4. Норми виробничих вібрацій наведені в таблиці 4.5 для 1-ї категорії (транспортна).

Таблиця 4.4 – Допустимі рівні звукового тиску і еквівалентні рівні звуку

Рівні звукового тиску в дБ в октавних смугах з середньо-геометричними частотами, Гц									Рівні звуку і еквівалентні рівні звуку, дБА
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Таблиця 4.5 – Допустимі рівні віброприскорення [28]

Гранично допустимі рівні віброприскорення, дБ, в октавних смугах з середньо-геометричними частотами, Гц						Коректовані рівні віброприскорення, дБА
2	4	8	16	31,5	63	
68	65	65	71	77	83	62

З метою поліпшення віброакустичного клімату у приміщенні запропоновано:

- 1) періодичне змащування підшипників вентиляторів вентиляційної системи;
- 2) використання в конструкціях устаткування акустичних екранів та звуко- та віброізоляційних кожухів.

4.1.4 Виробничі випромінювання

Проведений аналіз умов праці показав, що приміщення, в якому проводиться робота з поліпшення якості пасажирських перевезень автобусами комунального

підприємства «Вінницька транспортна компанія» раціональним вибором їх типу та класу може містити електромагнітні випромінювання.

Гранично допустимі рівні електромагнітних полів показані у таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 – Гранично допустимі рівні електромагнітних полів (безперервне випромінювання, амплітудна чи кутова модуляція)

Номер діапазону	Метричний розподіл діапазонів	Частоти	Довжина хвиль, λ	ГДР, В/м
5	Кілометрові хвилі (низькі частоти, НЧ)	30-300 кГц	10-1 км	25
6	Гептаметрові хвилі (середні частоти, СЧ)	0,3-3 МГц	1-0,1 км	15
7	Декаметрові хвилі (високі частоти, ВЧ)	3-30 МГц	100-10 м	$3 \cdot \lg \lambda$
8	Метрові хвилі (дуже високі частоти, ДВЧ)	30-300 МГц	10-1 м	3

З метою гарантування захисту та досягнення нормованих рівнів випромінювань необхідно застосовувати екранні фільтри та інші засоби захисту, що пройшли випробування в акредитованих лабораторіях і мають щорічний гігієнічний сертифікат.

4.2 Технічні рішення з безпеки при проведенні розробки процесу перевезення пасажирів міським транспортом

4.2.1 Безпека перевезення пасажирів

Закон України «Про автомобільний транспорт» [28] визначає засади організації та діяльності автомобільного транспорту.

Відповідно до статті 3 Закон регулює відносини між автомобільними перевізниками, замовниками транспортних послуг, органами виконавчої влади та органами місцевого самоврядування, пасажирями, власниками транспортних засобів, а також їх відносини з юридичними та фізичними особами – суб'єктами

підприємницької діяльності, які забезпечують діяльність автомобільного транспорту та безпеку перевезень.

Водій автобуса при перевезенні пасажирів автомобільним транспортом має право:

- вимагати від пасажирів виконання їх обов'язків;
- не допускати до поїздки пасажирів, який не має квитка, порушує громадський порядок у салоні автобуса, забруднює його, пасажирів або їх речі;
- під час посадки в автобус пасажирів на приміському, міжміському або міжнародному маршруті перевіряти наявність квитків на проїзд та перевезення багажу;
- не видавати багаж, якщо пасажир не пред'явив квитка.

Водій автобуса зобов'язаний:

- виконувати правила надання послуг пасажирського автомобільного транспорту загального користування і технічної експлуатації автобуса;
- мати з собою і пред'являти для перевірки уповноваженим посадовим особам документи, передбачені законодавством;
- дотримуватися визначеного маршруту та розкладу руху автобуса;
- приймати, розміщати та видавати багаж пасажирів на зупинках, передбачених розкладом руху;
- стежити за виконанням пасажирів своїх обов'язків та безпечним розміщенням ними багажу і ручної поклажі в автобусі;
- оголошувати назви зупинок і час стоянки на них;
- здійснювати висадку пасажирів у відведеному для цього місці в разі заправлення автобуса паливом під час виконання перевезень;
- вживати необхідних заходів для безпеки пасажирів у разі виникнення перешкод для руху на маршруті (туман, ожеледь тощо), які не дають змоги продовжити поїздку, а також у разі вимушеної зупинки автомобільного транспортного засобу на залізничному переїзді;
- зупиняти автобус за сигналом контролера, виконувати його вказівки та сприяти

у здійсненні контролю.

Водію автобуса забороняється:

- змінювати маршрут та розклад руху;
- продавати пасажиром квитки під час керування автобусом.
- починати рух до повного зачинення дверей та відчиняти їх до повної зупинки автобуса;
- розмовляти з пасажиром, їсти, пити, курити під час руху автобуса;
- відмовляти пасажиром в обслуговуванні, крім передбачених законодавством;
- обирати пасажирів за вигідністю їх прямування;
- перевозити гострі і ріжучі предмети, пожежонебезпечні, вибухові, отруйні, їдкі, сморідні та наркотичні речовини, вогнепальну зброю без чохла, інші небезпечні предмети;
- перевозити тварин, крім передбачених законодавством випадків;
- порушувати вимоги Правил дорожнього руху та правил технічної експлуатації транспортного засобу.

4.2.2 Електробезпека

В середині приміщення, де здійснюється робота з поліпшення якості пасажирських перевезень автобусами комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія» раціональним вибором їх типу та класу, значну увагу потрібно надати уникненню загрози ураження електричним струмом. Згідно [27] дане приміщення відноситься до приміщень з підвищеною небезпекою ураження електричним струмом через наявність високої (понад 75 %) вологості. Тому безпека використання електрообладнання має гарантуватись рядом заходів, які передбачають використання ізоляції струмоведучих елементів, захисного заземлення, захисних блокувань тощо [24].

4.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях

Згідно [28] приміщення, де проводиться робота з поліпшення якості пасажирських перевезень автобусами комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія» раціональним вибором їх типу та класу, відноситься до категорії пожежної небезпеки А, що характеризується наявністю легкозаймистих рідин з температурою спалаху не більше 28 °С, які застосовуються при проведенні поліпшення. Дане приміщення відноситься до 3-го ступеня вогнестійкості, в якому приміщення знаходяться в будівлі з несучими та огорожувальними конструкціями з природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону, залізобетону.

Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій розглядуваного приміщення наведені в таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 – Мінімальні межі вогнестійкості приміщення [28]

Ступінь вогнестійкості будівлі	Стіни				Колони	Східчасті майданчики	Плити та інші несучі конструкції	Елементи покриття	
	Несучі та східчасті клітки	Самонесучі	Зовнішні несучі	Перегородки				Плити, прогони	Балки, ферми
3	REI 120 M0	REI 60 M0	E 15 M0	EI 15 M1	R 120 M0	R 60 M0	REI 45 M1	не нормується	

Примітка. R – втрати несучої здатності; E – втрати цілісності; I – втрати теплоізолювальної спроможності; M – показник здатності будівельної конструкції поширювати вогонь (межа поширення вогню); M0 – межа поширення вогню дорівнює 0 см; M1 – $M \leq 25$ см – для горизонтальних конструкцій; $M \leq 40$ см – для вертикальних і похилих конструкцій.

В таблиці 4.8 приведено протипожежні норми проектування будівель і споруд.

Таблиця 4.8 – Протипожежні норми проектування будівель і споруд [27]

Об'єм приміщення, тис. м ³	Категорія пожежної безпеки	Ступінь вогнестійкості	Відстань, м, для щільності людського потоку в загальному проході, осіб/м ²			Кількість людей на 1 м ширини евакуиходу	Протипожежні розриви, м, при ступені їх вогнестійкості			Найбільша кількість поверхів	Площа поверху в межах пожежного відсіку, м ² , для числа поверхів		
			до 1	2-3	4-5		I,II	III	IV,V		1	2	3 і більше
до 15	A	3	40	25	15	45	9	12	15	1	5200	–	–

Вибираємо, що приміщення, в якому проводиться робота з поліпшення якості пасажирських перевезень автобусами комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія» раціональним вибором їх типу та класу, має бути обладнане двома вогнегасниками, пожежним щитом, а також ємністю з піском [26].

4.4 Висновки до розділу

В результаті виконання даного розділу було розглянуто такі питання охорони праці і безпеки в надзвичайних ситуаціях, як технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії, технічні рішення з безпеки при проведенні поліпшення якості пасажирських перевезень автобусами комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія» раціональним вибором їх типу та класу, безпека в надзвичайних ситуаціях.

ВИСНОВКИ

1. Проведено аналіз поточного стану автомобільних пасажирських перевезень в Україні, розглянуті різноманітні підходи до організації пасажирських перевезень та вивчені аспекти екологічної безпеки та безпеки дорожнього руху.

2. Розглянуто процес пасажирських перевезень у містах з точки зору: споживача послуг, постачальника послуг та суспільства. Встановлено інтереси та взаємозв'язок між учасниками перевізного процесу.

3. Проаналізовано фактори, які впливають на процес обслуговування пасажирів. Розглянуто методику вибору автобусів на маршрути міста

4. Запропоновано критерій, вибору класу автобусів для здійснення перевезень пасажирів на маршруті. В критерії враховується коефіцієнт екологічності перевезень, коефіцієнт рівня транспортного обслуговування та коефіцієнт безпеки дорожнього руху.

5. Розроблено алгоритм вибору раціонального класу автобусів на маршруті для здійснення пасажирських перевезень

6. Більшість пасажирських перевезень на маршрутах маршрутного таксі у місті Вінниця обслуговуються автобусами малого та середнього класу. Маршрут №23А забезпечується автобусами Mercedes-Benz Sprinter та Volkswagen LT, які відносяться до малого класу. Оскільки маршрут №23А має великий пасажиропотік, то він обраний для дослідження по визначенню раціонального класу автобусів, які будуть цей маршрут обслуговувати.

7. Проведено аналіз функціонування маршруту №23А "Вул. Андрія Первозванного – Муніципальний ринок" у місті Вінниця.

8. Для визначення оптимального класу автобусів для маршруту №23А "Вул. Андрія Первозванного – Муніципальний ринок" був розрахований коефіцієнт оптимізації. Розрахунки показують, що використання автобусів SUNLONG SLK6121EV ($K_{opt} = 0,78$) має більший коефіцієнт оптимізації порівняно з Mercedes-

Benz Sprinter ($K_{onm} = 0,64$). Це пояснюється відсутністю шкідливих викидів під час пасажирських перевезень за маршрутом №23А.

9. Було проведено розрахунок ефективності запропонованих рішень, так при заміні автобусів Mercedes-Benz Sprinter обладнаних дизельними двигунами на електробуси SUNLONG SLK6121EV річна економія коштів буде складати 1 млн 380 тис. грн.

10. Розглянуто основні питання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях. Проведено аналіз праці робітників, запропоновано технічні рішення з виробничої санітарії, а саме було проаналізовано мікроклімат та склад повітря, оцінено освітлення, шум та вібрацію робочої зони. Прийнято технічні рішення з пожежної безпеки. Організовано пункт спеціальної обробки для дезактивації транспортних засобів від шкідливих речовин в умовах надзвичайних ситуацій мирного часу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Галушак О. О. Поліпшення якості пасажирських перевезень раціональним вибором автобуса // О.О. Галушак, Д. А. Гуменюк / Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи: Матеріали Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2023)» – ВНТУ, 2023. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2024/schedConf/overview>
2. Організація дорожнього руху : підручник : У 5 кн. / За заг. ред. М.Ф. Дмитриченка. – К. : Знання України, 2005. – Кн. IV: Системологія на транспорті / Е.В. Гаврилов, М.Ф. Дмитриченко, В.К. Доля та ін. – 452 с. – Бібліогр.: С. 447-448
3. Собакарь А. Правові та організаційні проблеми забезпечення безпечного стану дорожніх умов в Україні / А. Собакарь. // Вісник Академії управління МВС. – 2010. – 2 (14). – С. 37–46.
4. Хрутьба В.О. Формування критеріїв оцінки екологічних проектів забезпечення сталого розвитку транспортно-дорожнього комплексу / В.О. Хрутьба // Вісник Національного транспортного університету. — К. : НТУ, 2014. — Вип. 29
5. Матейчик В.П., Кобзиста О.П., Хрутьба В.О. Управління транспортом в місті. Начальний посібник. – Київ. – 2008. – 232 с.
6. Назаренко Я.Я. Теоретичні аспекти управління якістю перевезень пасажирів автомобільним транспортом / Я.Я. Назаренко // Управління проектами, системний аналіз та логістика. - К: НТУ, 2013. - Вип.12. - С.313-318.
7. Давідіч Н.В. Оцінка якості в проектах міського пасажирського транспорту / Давідіч Н.В. // Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. - Луцьк, 2016. - №1 (5). - С.63-66.
8. Юр'єва Т.П. Обстеження пасажиропотоків як необхідна умова забезпечення / Юр'єва Т.П., Далека М.В. // Економічні проблеми та перспективи розвитку житлово-комунального господарства на сучасному етапі. - ХНУГК, 2010.

- С. 22-23. 5. Ennio Cascetta Transportation systems engineering theory and methods / Springer New York, NY, 710p.

9. Організація дорожнього руху : підручник : У 5 кн. / За заг. ред. М.Ф. Дмитриченка. – К. : Знання України, 2005. – Кн. IV: Системологія на транспорті / Е.В. Гаврилов, М.Ф. Дмитриченко, В.К. Доля та ін. – 452 с.

10. Хрутьба В.О. Формування критеріїв оцінки екологічних проектів забезпечення сталого розвитку транспортно-дорожнього комплексу / В.О. Хрутьба // Вісник Національного транспортного університету. — К. : НТУ, 2014. — Вип. 29.

11. Матейчик В.П., Кобзиста О.П., Хрутьба В.О. Управління транспортом в місті. Начальний посібник. – Київ. – 2008. – 232 с.

12. Назаренко Я.Я. Теоретичні аспекти управління якістю перевезень пасажирів автомобільним транспортом / Я.Я. Назаренко // Управління проектами, системний аналіз та логістика. - К: НТУ, 2013. - Вип.12. - С.313-318.

13. Давідіч Н.В. Оцінка якості в проектах міського пасажирського транспорту / Давідіч Н.В. // Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. - Луцьк, 2016. - №1 (5). - С.63-66.

14. Юр'єва Т.П. Обстеження пасажиропотоків як необхідна умова забезпечення / Юр'єва Т.П., Далека М.В. // Економічні проблеми та перспективи розвитку житлово-комунального господарства на сучасному етапі. - ХНУГК, 2010. - С. 22-23.

15. Kikuchi, S. Characteristics of the fuzzy LP transportation problem for civil engineering applications / Kikuchi, S., VukadinovicA, N., Easa, S. // Civil Engineering Systems. - 1991. - Vol. 8. - P.134-144.

16. Безбородова Г.Б. Моделювання руху автомобіля / Г.Б. Безбородова, Г.В. Галушко.- Київ: Вища школа, 1978.

17. Рудзінський В.В. Покращення екологічності експлуатації міського маршрутного автобусу шляхом оптимізації вибору його технічних характеристик / В.В. Рудзінський, С.В. Мельничук, В.П. Шумляківський, О.І. Рафальський // Сучасні технології\ в машинобудуванні та транспорті, 2018, №1 (10). – С. 90-96.

18. Електро автобуси Skywell [Електронний ресурс]: Технічні характеристики. – Режим доступу: http://skywell-ev.com.ua/wp-content/uploads/2017/12/NJL6129BEV_to_print.pdf
19. Kikuchi, S. Characteristics of the fuzzy LP transportation problem for civil engineering applications / Kikuchi, S., Vukadinovic A, N., Easa, S. // Civil Engineering Systems. - 1991. - Vol. 8. - P.134-144.
20. Рудзінський В.В. Покращення екологічності експлуатації міського маршрутного автобусу шляхом оптимізації вибору його технічних характеристик / В.В. Рудзінський, С.В. Мельничук, В.П. Шумляківський, О.І. Рафальський // Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті, 2018, №1 (10). – С. 90-96.
21. Taubig Z. Schichtverlagerung – guelle hoherer efferti – vitat und qualitat in berufsver kehs. – Kraftverkehr, 1986, 29, № 1, PP. 11 – 13.
22. Ігнатенко О. С. Організація автобусних перевезень у містах / О. С. Ігнатенко, В. С. Маруни. – К.: УТУ, 1998. – 196 с.
23. Вартість дизельного палива на АЗС України [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: <https://index.minfin.com.ua/ua/markets/fuel/dt/> (дата звернення 15.11.2023) – Назва з екрана.
24. Охорона праці в галузі: Загальні вимоги. Навчальний посібник. – К., «Основа». 2011. – 551 с.
25. Правила охорони праці на автомобільному транспорті. Наказ МНС України від. 09.07.2012 року № 964. Держгірпромнагляд, 2012.-110 с.
26. Сивко В.Й. Розрахунки з охорони праці / В.Й. Сивко. Житомир: ЖІТІ 2001. – 152 с.
27. Закон України. Про захист населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру. № 1809-III від. 08.06. 2000 року.
28. Основи цивільного захисту. Навчальний посібник / В. О. Васійчук, В. Є. Гончарук, С. І. Качан, С. М. Мохняк. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2010. - 384 с.

ДОДАТКИ

Додаток А (обов'язковий)

ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

ПОЛПШЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ ДВИГУНІВ
ВИКОРИСТАННЯМ БІОДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА ДЛЯ АВТОБУСІВ
КОМУНАЛЬНОГО ПІДПРИЄМСТВА «ВІННИЦЬКА ТРАНСПОРТНА
КОМПАНІЯ»

(Назва магістерської кваліфікаційної роботи)

Вінницький національний технічний університет

Факультет машинобудування та транспорту

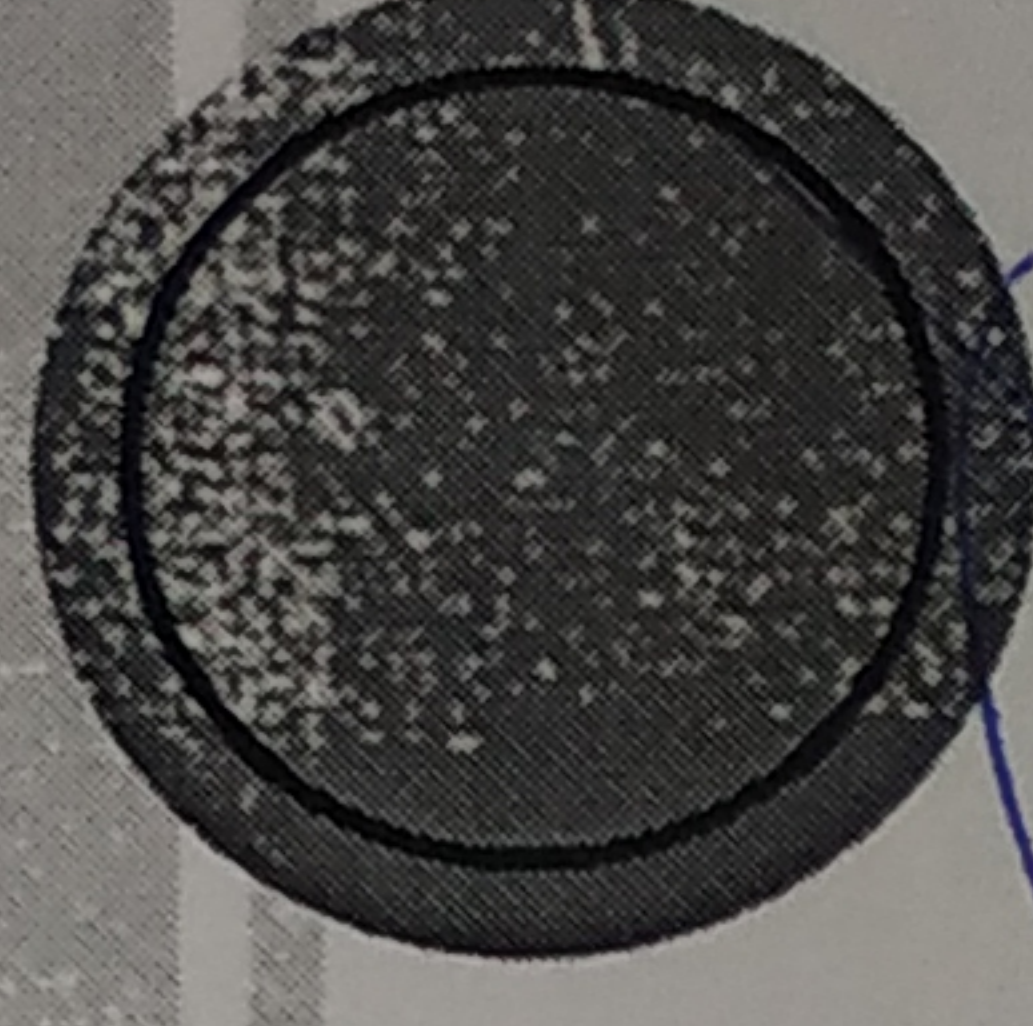
Кафедра автомобілів та транспортного менеджменту

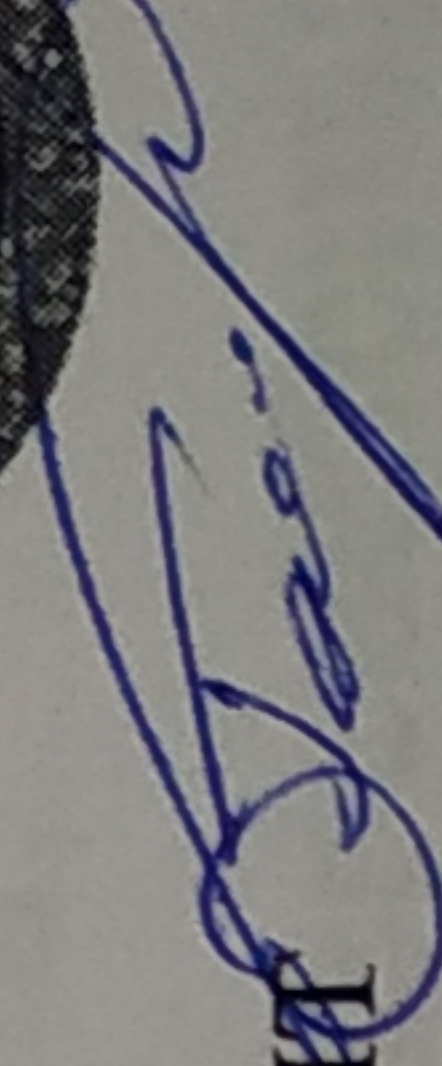
ІЛЮСТРАТИВНІ МАТЕРІАЛИ ДО МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

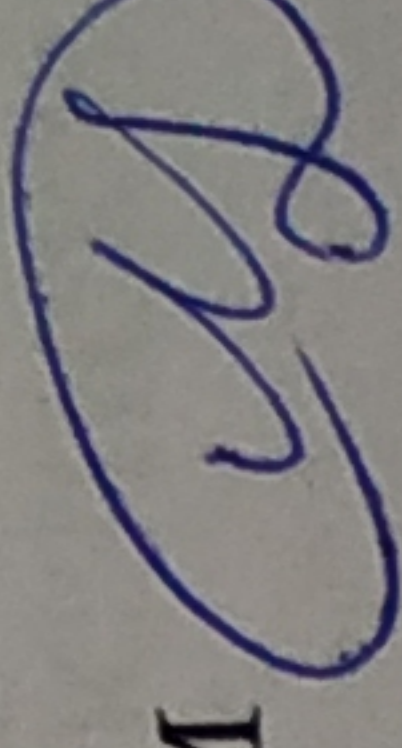
**ПОЛПШЕННЯ ЯКОСТІ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ АВТОБУСАМИ
КОМУНАЛЬНОГО ПІДПРИЄМСТВА «ВІННИЦЬКА ТРАНСПОРТНА
КОМПАНІЯ» РАЦІОНАЛЬНИМ ВИБОРОМ ЇХ ТИПУ ТА КЛАСУ**

Спеціальність 275 – Транспортні технології (за видами)

Спеціалізація 275.03 – Транспортні технології (на автомобільному транспорті)



Керівник роботи к.т.н., доцент  Галушак О.О.

Розробив студент гр. 1ТТ-22м  Гуменюк Д.А.

Вінниця ВНТУ 2023

Мета і завдання дослідження

Мета роботи – покращення якості пасажирських перевезень в місті раціональним вибором класу автобусів.

Для досягнення поставленої мети потрібно вирішити такі завдання:

- дослідити стан автомобільних пасажирських перевезень в Україні;
- дослідити шляхи покращення процесу перевезень пасажирів пасажирським транспортом;
- дослідити процес перевезення пасажирів з точки зору постачальника, споживача послуг та суспільства;
- дослідити методи вибору автобусів на маршрути міста;
- розробити алгоритм визначення раціонального класу автобусів на маршруті;
- дослідити аналіз роботи транспортних засобів на маршруті №23А м. Вінниці;
- здійснити вибір раціонального класу автобусів для міських пасажирських перевезень;
- розробити заходи щодо забезпечення необхідного рівня охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

Об'єкт дослідження – процес пасажирських перевезень міським громадським транспортом.

Предмет дослідження – показники якості пасажирських перевезень міським громадським транспортом.

Новизна одержаних результатів.

Вдосконалені підходи та принципи вибору раціонального класу автобусів на маршруті.

Розроблений алгоритм вибору раціонального класу автобусів для пасажирських перевезень на маршруті.

Рекомендації по вибору раціонального класу автобусів на маршруті №23А «Вул. Андрія Первозванного – Муніципальний ринок» м. Вінниці.

Публікації. Основні положення та результати досліджень опубліковані в матеріалах Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи» ВНТУ, 2023

Поняття якості перевезень пасажирів

До показників якості перевезень пасажирів

можна віднести:

- коефіцієнт наповнення рухомого складу;
- витрати часу пасажирів на пересування;
- регулярність руху;
- тяжкість дорожньо-транспортних пригод.

Якість перевезень пасажирів напряду залежить від їх безпеки (активної, пасивної і екологічної безпеки).

Розрізняють наступні параметри оцінки якості перевезень:

- надійність - перевезення пасажирів від пункту відправлення до пункту призначення за графіком (час поїздки);
- комфортність - фізичне середовище, в якій виконується транспортна послуга з точки зору зручності поїздки, оглядовості і т.д. ;
- безпека - свобода від небезпек, ризику проїзду в громадському транспорті;
- ввічливість - поведінка постачальника транспортної послуги, коректність, люб'язність і контактність обслуговуючого персоналу;
- доступність - частота руху громадського транспорту;
- взаєморозуміння - вивчення постачальником транспортних послуг, інтересів пасажирів, знання і облік їх вимог при формуванні роботи транспорту;
- комунікабельність - здатність доступного спілкування системи громадського транспорту.

Критерії вибору класу автобусів для здійснення пасажирських перевезень на маршруті

Коефіцієнт, за допомогою якого можна визначити рівень транспортного обслуговування населення:

$$K_{обсл} = \sqrt[12]{\frac{Q_i}{Q_{заг}} \cdot \alpha_6 \cdot \gamma \cdot \frac{T_{норм}}{T_{факт}} \cdot \frac{\Delta \tau_{il}^{\phi}}{\Delta \tau_{il}^{opt}} \cdot \frac{\omega_{il}^{\phi}}{\omega_{il}^{opt}} \cdot \frac{Y_{il}}{Y_l} \cdot R_{\phi} \cdot \frac{Q_{il}^{\phi}(\Delta T)}{Q_{il}^{ном}(\Delta T)} \cdot K_{il} \cdot \frac{C_{minl}}{C_{il}} \cdot П_{cmi}},$$

де Q_i – кількість пасажирів, перевезених i -тим видом транспорту;

$Q_{заг}$ - загальний пасажиропотік;

$\Delta \tau_{il}^{\phi}$ - фактичний час поїздки за маршрутом l ;

$\Delta \tau_{il}^{opt}$ - оптимальний час поїздки за маршрутом l ;

ω_{il}^{ϕ} - фактична частота руху громадського транспорту;

ω_{il}^{opt} - оптимальна частота руху громадського транспорту;

Y_{il} - рівень інформаційного забезпечення i -го виду громадського транспорту;

Y_l - максимально можливий рівень інформаційного забезпечення;

$Q_{il}^{\phi}(\Delta T)$ - фактична ймовірність безвідмовної роботи i -го виду громадського транспорту на маршруті l за певний період ΔT ;

$Q_{il}^{ном}(\Delta T)$ - номінальна ймовірність безвідмовної роботи i -го виду громадського транспорту на маршруті l за певний період ΔT ;

C_{minl} - мінімальна вартість проїзду (тариф) на різних видах транспорту, що функціонують за маршрутом l ;

C_{il} - вартість проїзду (тариф) i -м видом транспорту на маршруті l ;

$П_{cmi}$ - споживча вартість i -го виду транспорту (визначається за результатами експертних оцінок);

Коефіцієнт, що враховує екологічність перевезень на маршруті:

$$K_{ек} = \frac{Q_{доп}}{G_m},$$

$Q_{доп}$ – допустима інтенсивність викидів шкідливих речовин;

G_m – викиди шкідливих речовин ТЗ на маршруті.

Коефіцієнт, що враховує небезпеку дорожнього руху:

$$K'_{дор} = \frac{150}{m},$$

m' - небезпека вузла (маршруту).

Рівень транспортних послуг можна оцінити за допомогою коефіцієнта оптимізації (K_{opt}):

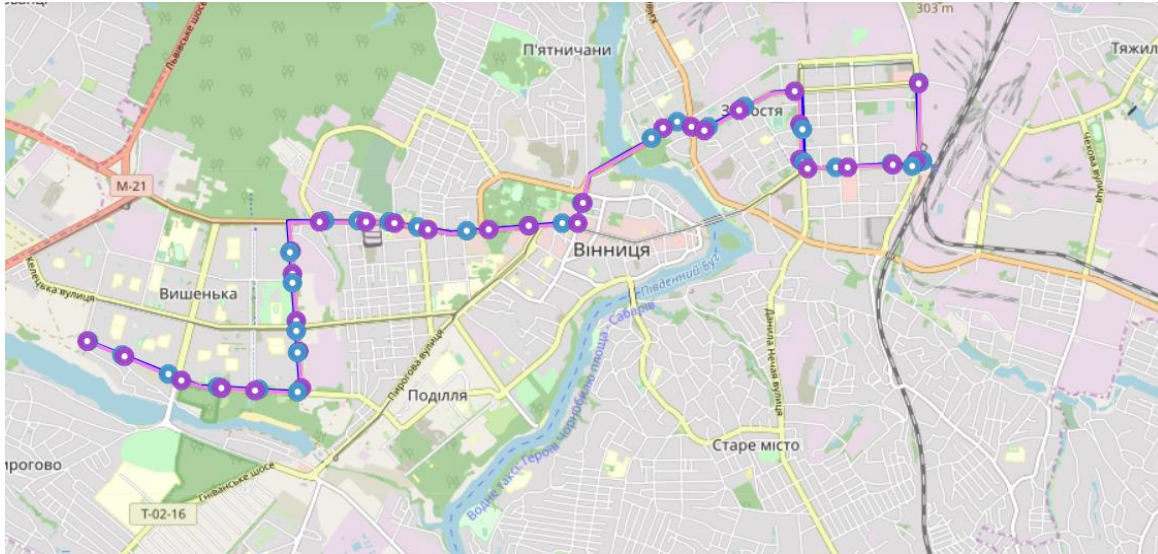
$$K_{opt} = \sqrt[3]{K_{обсл} \cdot K_{ек} \cdot K'_{дор}},$$

Алгоритм визначення раціонального класу автобусів



Аналіз роботи маршруту №23А «Вул. Андрія Первозванного – Муніципальний ринок»

Карта маршруту № 23А: Муніципальний ринок - вул. А. Первозванного



Автобуси, що здійснюють пасажирські перевезення на маршруті №23А



Загальна характеристика маршруту № 23А

№	Параметр маршруту	Значення
1	Початкова зупинка	Муніципальний ринок
2	Кінцева зупинка	вул. Андрія Первозванного
3	Вид маршруту	Маятниковий
4	Довжина маршруту по дорозі, км	12.71
5	Довжина маршруту по повітряній лінії, км	8.40
6	Коефіцієнт непрямолінійності маршруту	1.51
7	Кількість перегонів маршруту у прямому напрямку	28
8	Кількість перегонів маршруту у зворотному напрямку	29
9	Середня довжина перегону у прямому напрямку, км	0.45
10	Середня довжина перегону у зворотному напрямку, км	0.43

Альтернативний автобус для використання на маршруті 23А Вул. А. Первозванного – Муніципальний ринок

Техніко-експлуатаційні характеристики

Автобус середнього класу з низькою підлогою
SUNLONG SLK6121EV



Розміри

Загальна довжина, мм	11 980
Загальна ширина, мм	2 500
Загальна висота, мм	3 350 (за умови встановлення батареї на даху)
Колісна база, мм	6 100
Колія передніх/задніх коліс, мм	2 680 / 3 200
Передній/задній звис, мм	2 100 / 1 860
Кут заїзду/з'їзду, град.	7 / 7
Висота сходинки, мм	≤ 380
Кількість сидінь, шт	30 пасажирських сидінь + 1 сидіння водія
Кількість стоячих місць, шт	54
Загальна кількість пасажирів, осіб	84

Маси

Споряджена вага, кг	12 600
Повна допустима вага, кг	18 000
Вантажопідйомність, кг	≥ 5 400

Продуктивність

Максимальна швидкість, км/год	≥ 80
Мінімальний радіус розвороту, м	21
Максимальний пробіг на повному заряді, км	≥ 250
Час зарядки, год	< 3.5
Споживання енергії, кВт/100 км	≤ 120

Вибір раціонального класу автобусів маршруту №23А Вул. А. Первозванного – Муніципальний ринок

Питомі викиди шкідливих речовин автобусами Mercedes-Benz Sprinter

	g_p , г/км	L_m , км	g_{xx} , г/хв	t_{xx} , хв
CO	0,159	13,4	$4,9 \cdot 10^{-3}$	4
NO _x	0,0228	13,4	$0,35 \cdot 10^{-3}$	4
CH	0,152	13,4	$2,55 \cdot 10^{-3}$	4
C	0,343	13,4	$7,9 \cdot 10^{-3}$	4

Викиди шкідливих речовин за один рейс автобусами Mercedes-Benz Sprinter

	CO	NO _x	CH	C
Викиди М ^м , г	2,14	0,31	2,05	4,61

Питомі викиди шкідливих речовин автобусами SUNLONG SLK6121EV

	g_p , г/км	L_m , км	g_{xx} , г/хв	t_{xx} , хв
CO	0	0	0	0
NO _x	0	0	0	0
CH	0	0	0	0
C	0	0	0	0

Викиди шкідливих речовин за один рейс автобусами SUNLONG SLK6121EV

	CO	NO _x	CH	C
Викиди М ^м , г	0	0	0	0

$M_{\Sigma}^m = 9,11$ з, Сумарні викиди токсичних речовин одним автобусом за один рейс

$M_{\Sigma}^m = 0$ з,

$M_{\partial}^m = 1585,14$ з, Сумарні викиди токсичних речовин одним автобусом за день

$M_{\partial}^m = 0$ з,

$G_m = 396,25$ з/год, Максимальний разовий викид шкідливих речовин

$G_m = 0$ г/год.

$K_{ек_MB_Spr} = 0,54$. Коефіцієнт, що враховує екологічність перевезень

$K_{ек_SLK} = 1$.

$K_{\partial\partial p_Merc} = 1$; Коефіцієнт, що враховує безпеку дорожнього руху

$K_{\partial\partial p_SLK} = 1$.

$K_{обс_Merc} = 0,51$; Коефіцієнт, за допомогою якого можна визначити рівень транспортного обслуговування населення

$K_{обс_SLK} = 0,47$.

$K_{онм_Merc} = \sqrt[3]{0,51 \cdot 0,54 \cdot 1} = 0,64$,

Коефіцієнт оптимізації

$K_{онм_SLK} = \sqrt[3]{0,47 \cdot 1 \cdot 1} = 0,78$.

Ефективності запропонованих рішень

	Mercedes-Benz Sprinter	SUNLONG SLK6121EV
Витрата палива/ел. енергії за виконання одного рейсу	1,78 л	15,25 кВт/год
Витрата на паливо/ел. енергію за виконання одного рейсу	96,7 грн	93,03 грн
Кількість рейсів за добу	174	137
Витрата на паливо/ел. енергію за добу	16825,8 грн	12745,11 грн
Економія за добу	3780,69 грн/доба	
Економія за рік	1 млн 380 тис. грн / рік	

Висновки

1. Проведено аналіз поточного стану автомобільних пасажирських перевезень в Україні, розглянуті різноманітні підходи до організації пасажирських перевезень та вивчені аспекти екологічної безпеки та безпеки дорожнього руху.
2. Розглянуто процес пасажирських перевезень у містах з точки зору: споживача послуг, постачальника послуг та суспільства. Встановлено інтереси та взаємозв'язок між учасниками перевізного процесу.
3. Проаналізовано фактори, які впливають на процес обслуговування пасажирів. Розглянуто методику вибору автобусів на маршрути міста
4. Запропоновано критерій, вибору класу автобусів для здійснення перевезень пасажирів на маршруті. В критерії враховується коефіцієнт екологічності перевезень, коефіцієнт рівня транспортного обслуговування та коефіцієнт безпеки дорожнього руху.
5. Розроблено алгоритм вибору раціонального класу автобусів на маршруті для здійснення пасажирських перевезень.
6. Більшість пасажирських перевезень на маршрутах маршрутного таксі у місті Вінниця обслуговуються автобусами малого та середнього класу. Маршрут №23А забезпечується автобусами Mercedes-Benz Sprinter та Volkswagen LT, які відносяться до малого класу. Оскільки маршрут №23А має великий пасажиропотік, то він обраний для дослідження по визначенню раціонального класу автобусів, які будуть цей маршрут обслуговувати.
7. Для визначення оптимального класу автобусів для маршруту №23А "Вул. Андрія Первозванного – Муніципальний ринок" був розрахований коефіцієнт оптимізації. Розрахунки показують, що використання автобусів SUNLONG SLK6121EV (Копт = 0,78) має більший коефіцієнт оптимізації порівняно з Mercedes-Benz Sprinter (Копт = 0,64). Це пояснюється відсутністю шкідливих викидів під час пасажирських перевезень за маршрутом №23А.
8. Було проведено розрахунок ефективності запропонованих рішень, так при заміні автобусів Mercedes-Benz Sprinter обладнаних дизельними двигунами на електробуси SUNLONG SLK6121EV річна економія коштів буде складати 1 млн 380 тис. грн.
9. Розглянуто основні питання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях. Проведено аналіз праці робітників, запропоновано технічні рішення з виробничої санітарії, а саме було проаналізовано мікроклімат та склад повітря, оцінено освітлення, шум та вібрацію робочої зони. Прийнято технічні рішення з пожежної безпеки. Організовано пункт спеціальної обробки для дезактивації транспортних засобів від шкідливих речовин в умовах надзвичайних ситуацій мирного часу.

Додаток Б (обов'язковий)

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА
НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

**ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ**

Назва роботи: Поліпшення якості пасажирських перевезень автобусами комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія» раціональним вибором їх типу та класу

Тип роботи: Магістерська кваліфікаційна робота
(БДР, МКР)

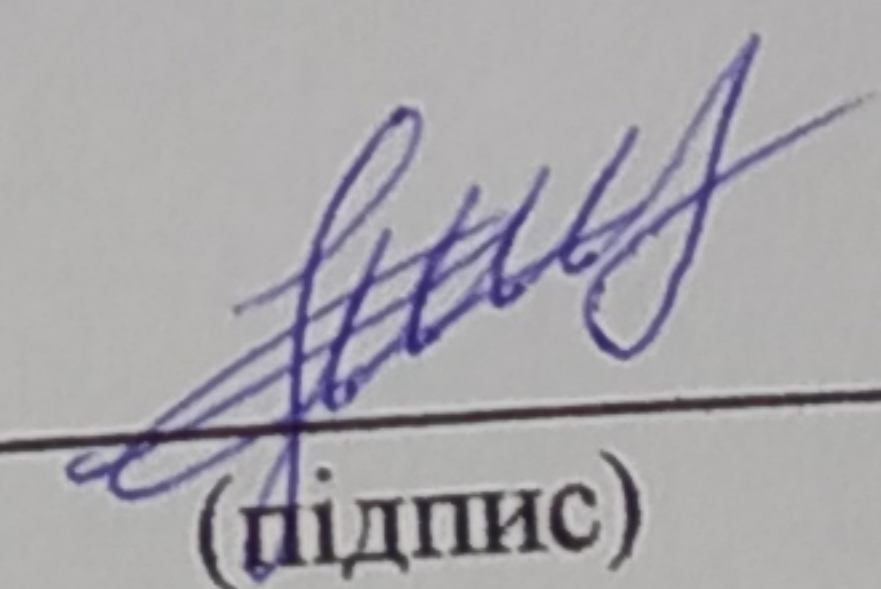
Підрозділ кафедра автомобілів та транспортного менеджменту
(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Unichesk

Оригінальність 91 % Схожість 9 %

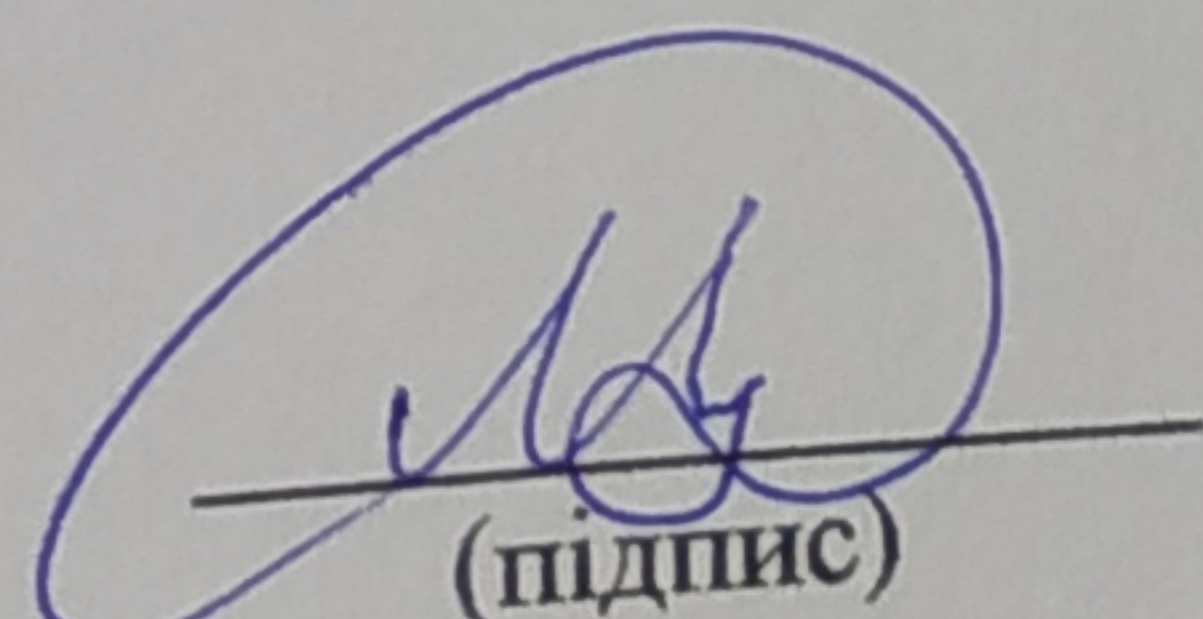
Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.
3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку  (підпис) Цимбал О.В.
(прізвище, ініціали)

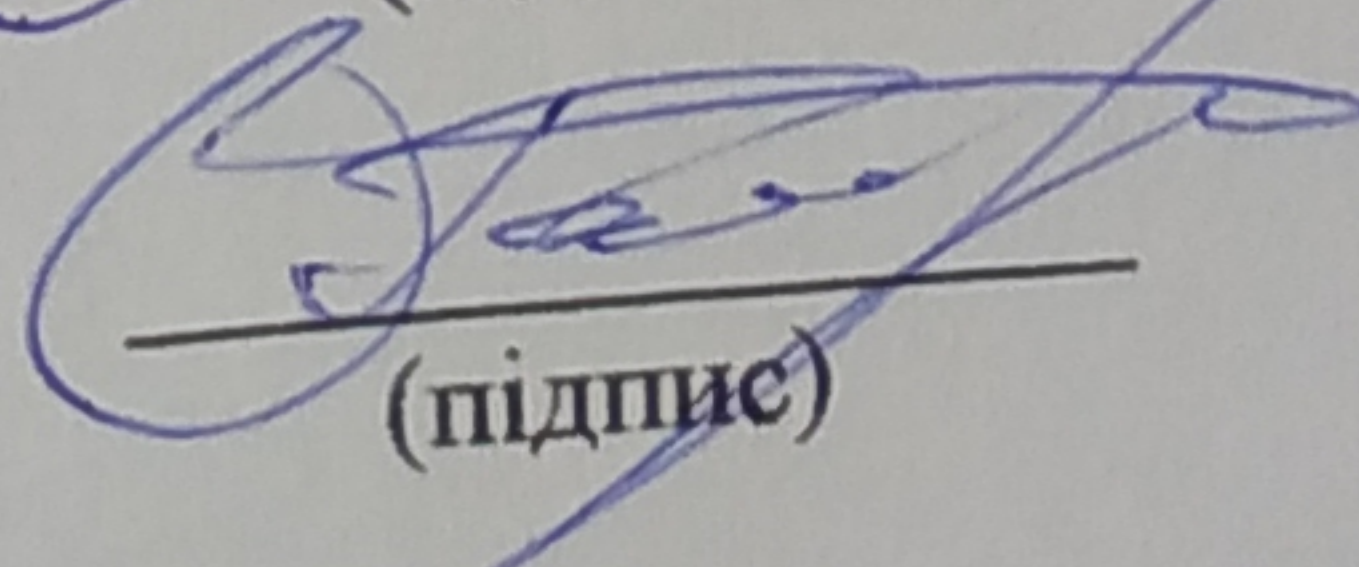
Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unichesk щодо роботи.

Автор роботи


(підпис)

Гуменюк Д.А.
(прізвище, ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Галушак О.О.
(прізвище, ініціали)