

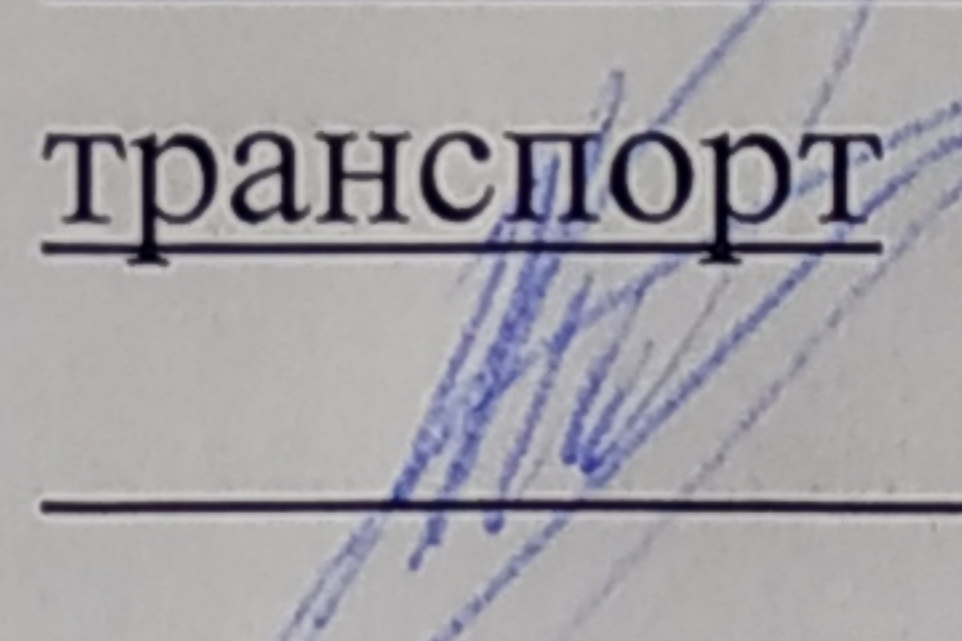
Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту
Кафедра автомобілів та транспортного менеджменту

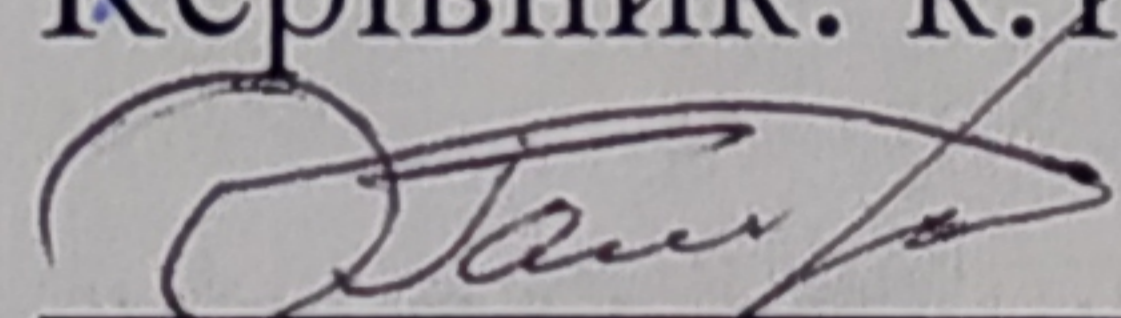
МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

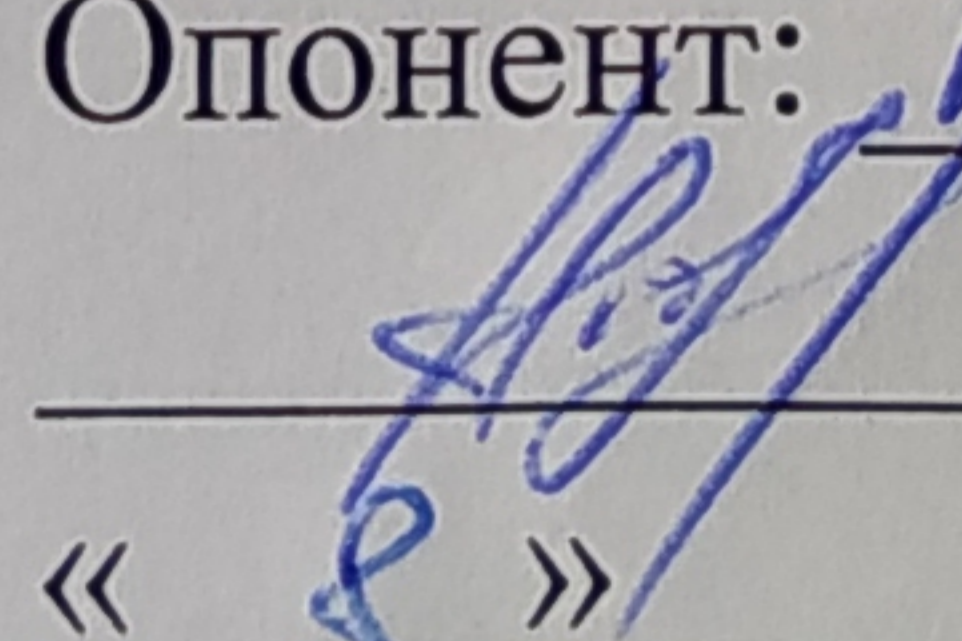
«Поліпшення експлуатаційних показників двигунів використанням біодизельного палива для автобусів комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія»»

Виконав: студент 2-го курсу, групи 2АТ-22м
спеціальності 274 – Автомобільний
транспорт

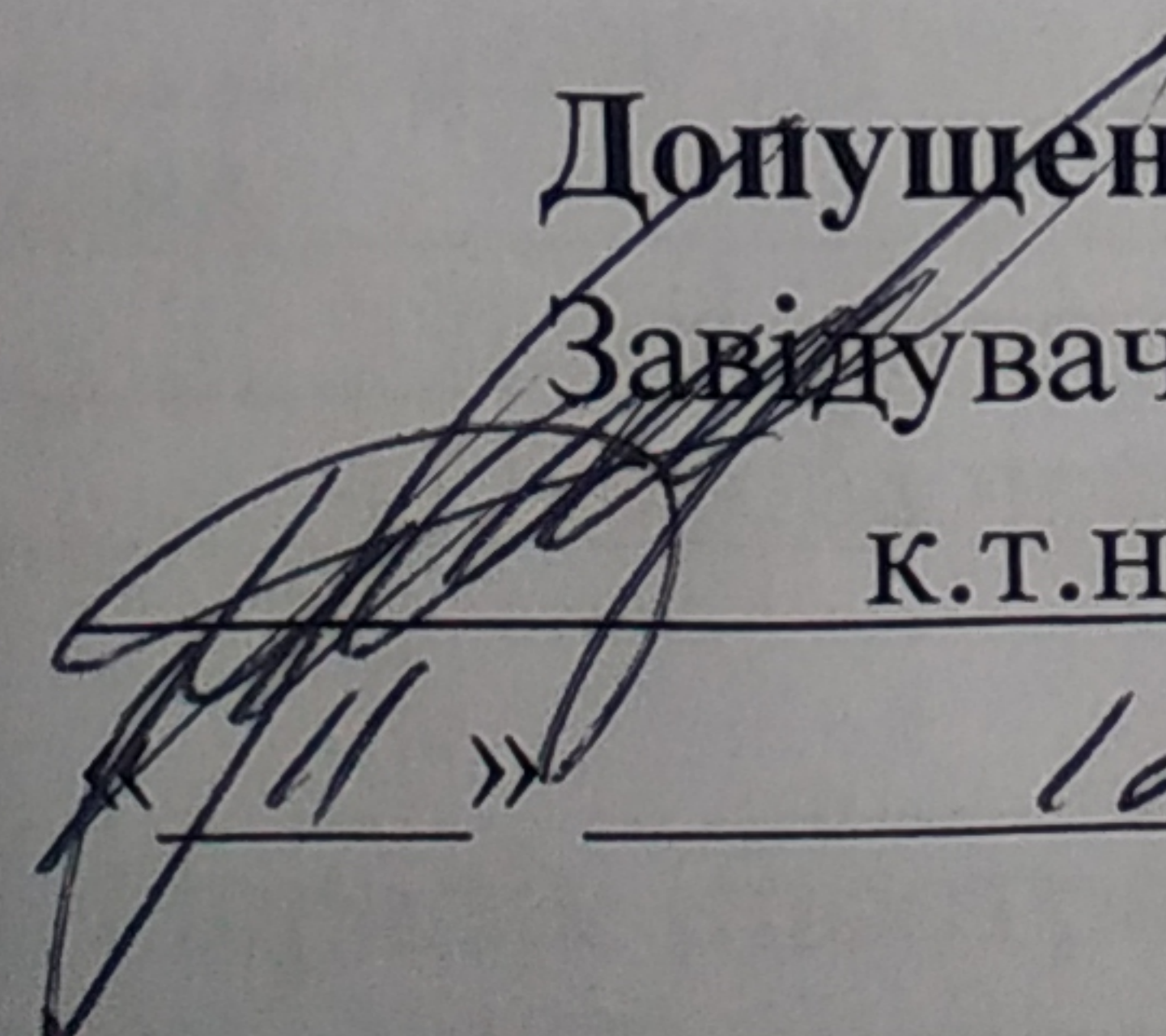

Кириченко В.О.

Керівник: к.т.н., доцент каф. АТМ
 Галушчак О.О.

« 4 » 12 2023 р.

Опонент: к.т.н., доц., каф. АТМ
 Понимашин О.В.
« 8 » 12 2023 р.

Допущено до захисту
Завідувач кафедри АТМ
к.т.н., доц. Цимбал С.В.


« 11 » 12 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 – 274 – Автомобільний транспорт
Освітньо-професійна програма – Автомобільний транспорт

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

« 19 » 09 2023 року

ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Кириченку Владиславу Олеговичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Поліпшення експлуатаційних показників двигунів використанням біодизельного палива для автобусів комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія».

керівник роботи Галушак Олександр Олександрович, к.т.н., доцент,

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

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; об'єкт дослідження – вплив використання суміші дизельного та біодизельного палива на витрату палива автобусів.

4. Зміст текстової частини:

1 Аналіз роботи підприємства та обґрунтування доцільності застосування біодизельного палива для муніципальних автобусів.

2 Теоретичне дослідження руху автобуса при роботі на суміші дизельного та біодизельного палив.

3 Дослідження впливу використання суміші палив на економічні показники автобуса

4 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.

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

1-3 Тема, мета та завдання дослідження.

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

5 Аналіз споживання дизельного палива автобусами комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія».

6 Аналіз споживання дизельного палива автобусами комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія».

7 Використання біодизельного палива для двигунів автобусів.

8 Перебіг робочих процесів дизельного двигуна при використанні суміші дизельного та біодизельного палив.

9 Математична модель руху автомобіля.

10 Опис вихідних даних для проведення розрахункових досліджень.

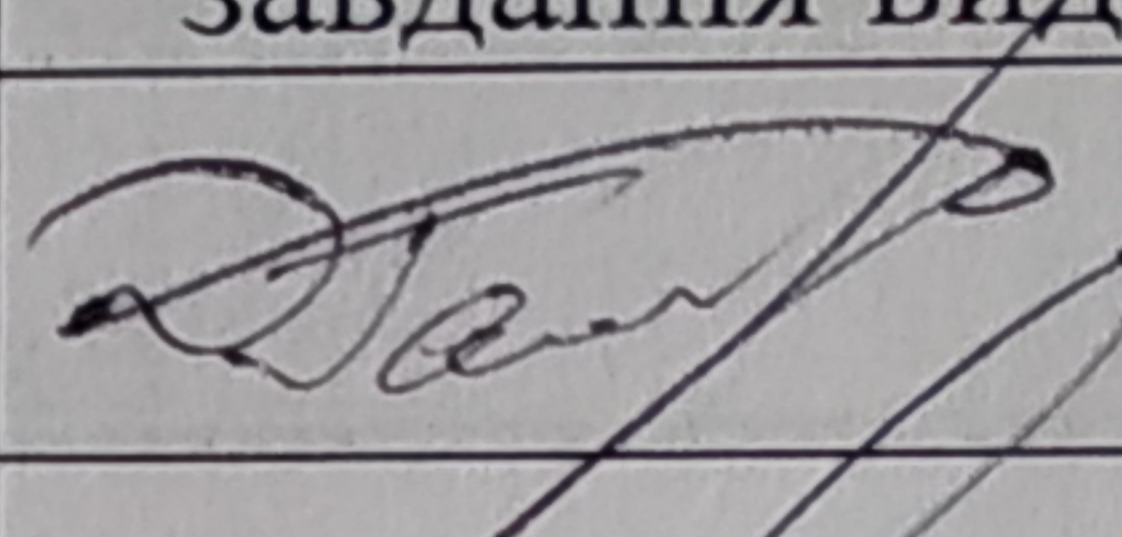
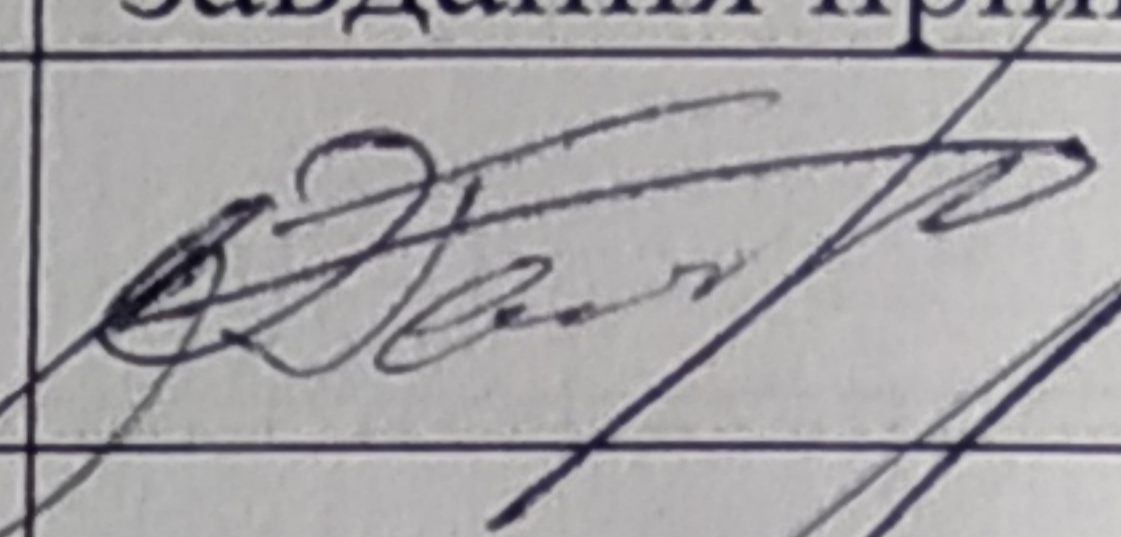
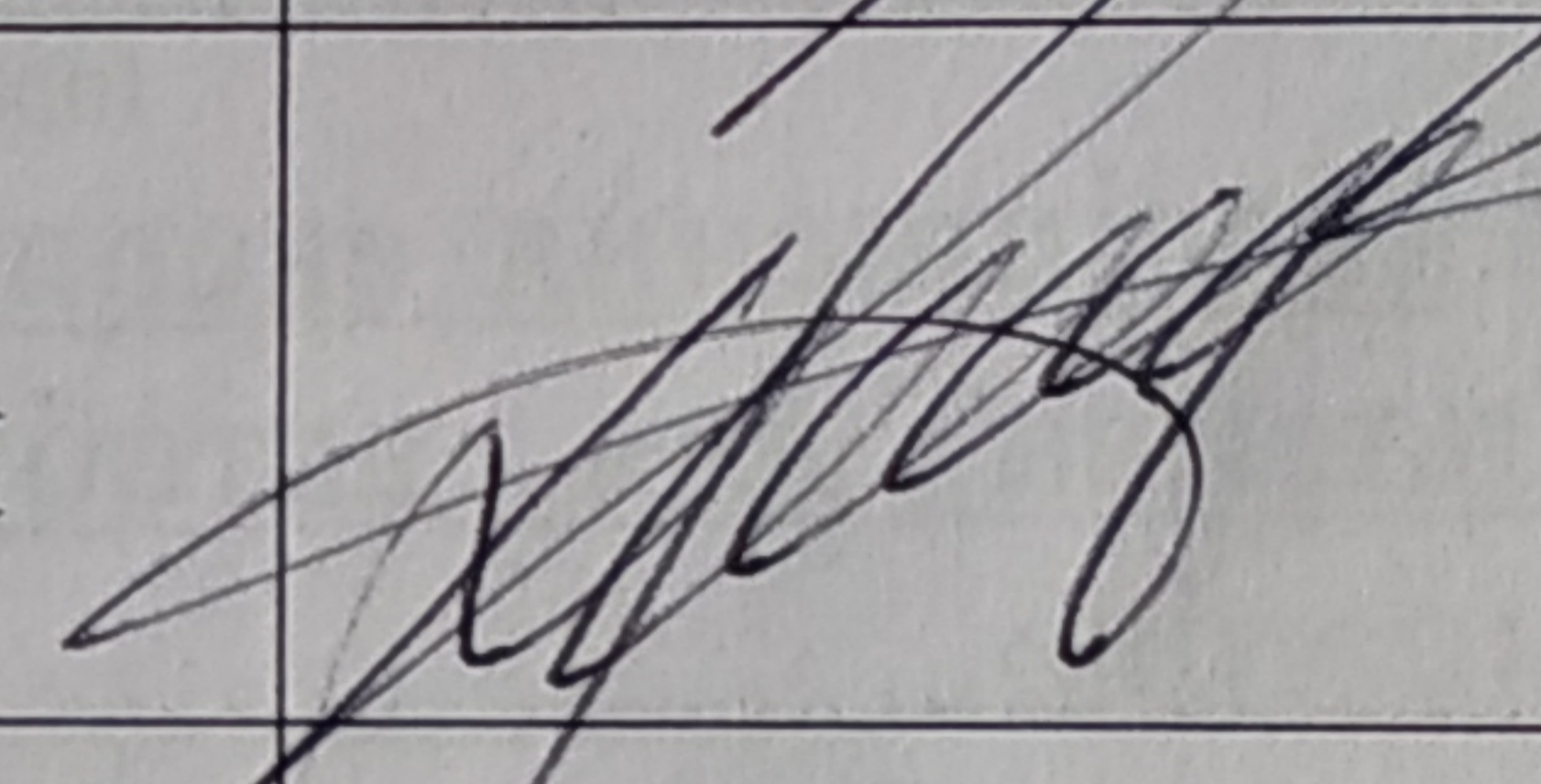
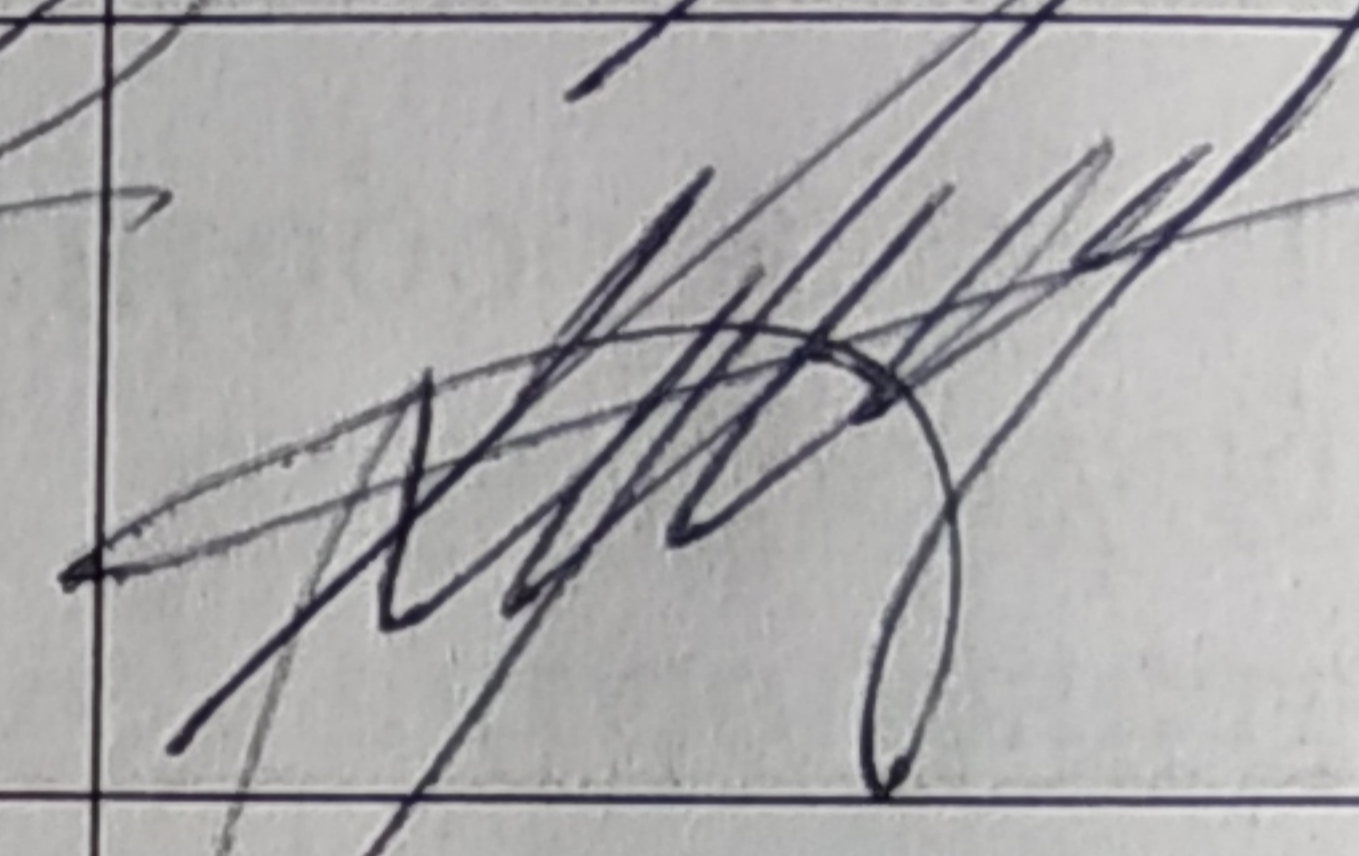
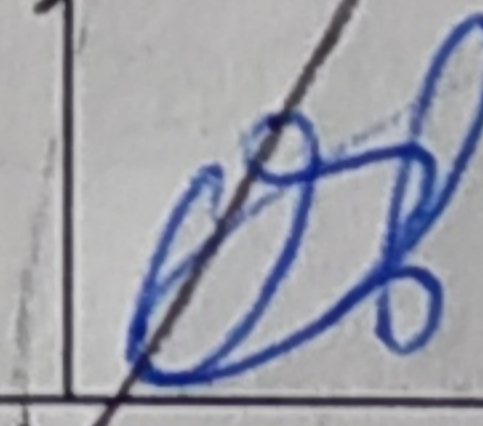
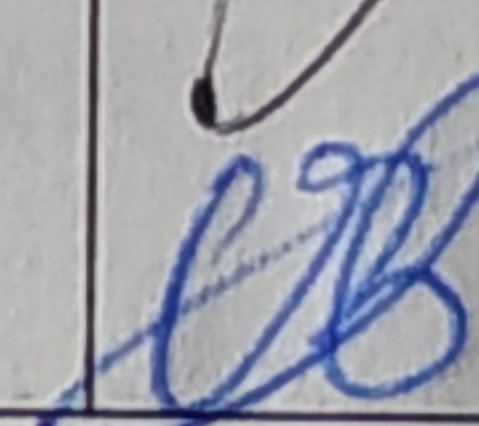
11-12 Звіт по роботі автобуса Богдан АВ 0547 АА на маршруті №32 «Сабарів - Залізничний вокзал».

13 Розрахункове дослідження роботи автобуса, маршрут №32 «Вишенька - Немирівське шосе».

14 Розрахунок економічного ефекту та рекомендації щодо використання суміш палив В25.

15 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		
Визначення ефективності від використання суміш дизельного та біодизельного палив В25	Цимбал С.В., доцент кафедри АТМ		
Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	Березюк О.В., професор кафедри БЖДПБ		

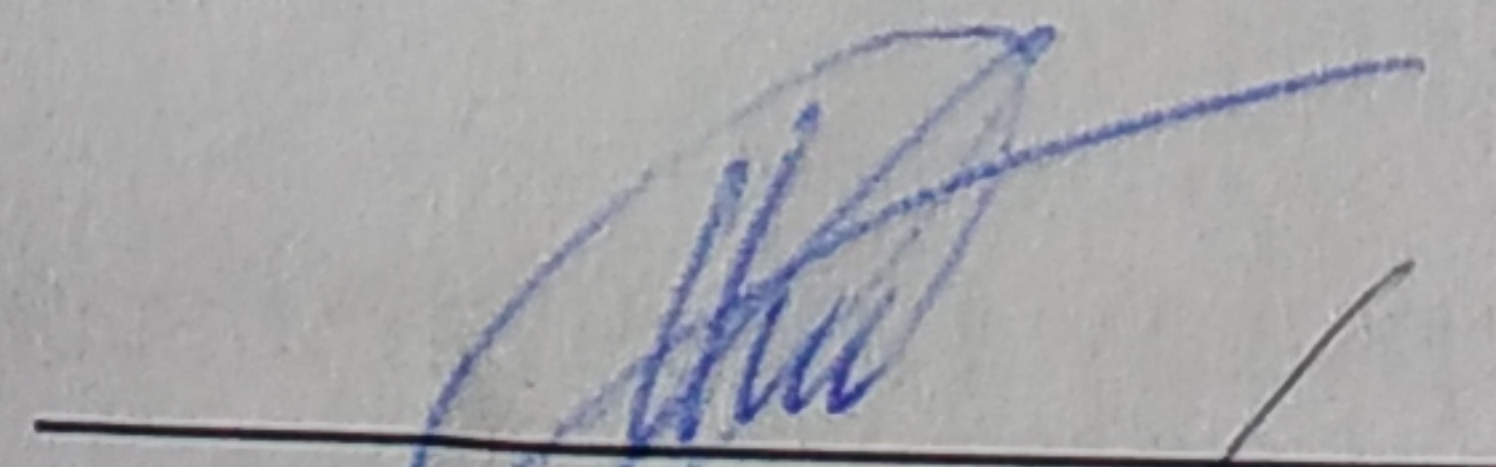
7. Дата видачі завдання « 19 » вересня 2023 р.

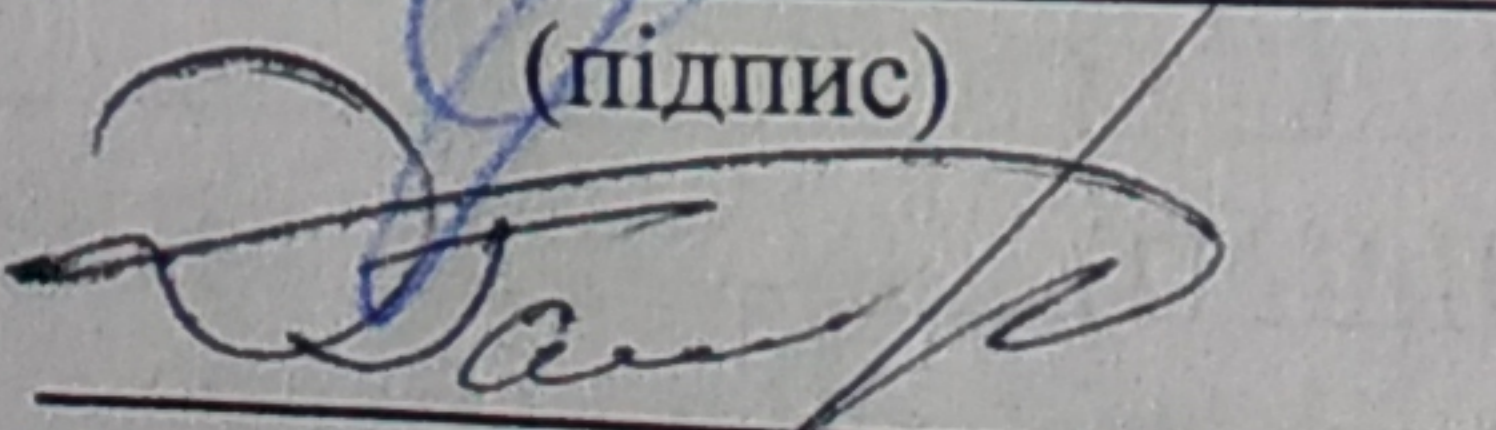
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Студент

Керівник роботи


(підпис)


(підпис)

Кириченко В.О.

Галушак О.О.

АНОТАЦІЯ

УДК 629.113.52

Кириченко В.О. Поліпшення експлуатаційних показників двигунів використанням біодизельного палива для автобусів комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія». Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 274 – Автомобільний транспорт, освітня програма – Автомобільний транспорт. Вінниця: ВНТУ, 2023. 88 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 33 назв; рис.: 18; табл. 2.

У магістерській кваліфікаційній роботі вирішується науково-практична задача, яка полягає в обґрунтуванні доцільності використання біодизельного палива для приводу двигунів автобусів; визначенні економічного вигаду, при застосуванні суміші дизельного та біодизельного палива для двигунів автобусів; розроблених рекомендаціях по використанню біодизельного палива та проведення технічного обслуговування системи живлення двигунів.

Графічна частина складається з 13 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 поліпшення експлуатаційних показників двигунів використанням біодизельного палива для автобусів комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія»

Ключові слова: біодизельне паливо, автобус, муніципальний транспорт, дизель, суміш палив.

ABSTRACT

UDC 629.113.52

Kirichenko V.O. Improvement of operational performance of engines using biodiesel fuel for buses of the Vinnytsia Transport Company utility company. Master's thesis on the specialty 274 - Motor transport, educational program - Motor transport. Vinnytsia: VNTU, 2023. 88 p.

In Ukrainian speech Bibliography: 33 titles; Fig.: 18; table 2.

The master's thesis solves a scientific and practical task, which consists in justifying the feasibility of using biodiesel fuel for driving bus engines; determining the economic gain when using a mixture of diesel and biodiesel fuel for bus engines; developed recommendations for the use of biodiesel fuel and maintenance of the engine power system.

The graphic part consists of 13 posters.

In the labor protection section, such issues as the analysis of working conditions, issues of industrial sanitation, namely, technical solutions for safety were proposed when improving the performance of engines using biodiesel fuel for buses of the utility company "Vinnytsia Transport Company"

Key words: biodiesel fuel, bus, municipal transport, diesel, fuel mixture.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ РОБОТИ ПІДПРИЄМСТВА ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ БІОДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА ДЛЯ МУНІЦИПАЛЬНИХ АВТОБУСІВ	8
1.1 Характеристика комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія» та рухомий склад автобусного парку	8
1.2 Аналіз споживання палива автобусами.....	22
1.3 Використання біодизельного палива для двигунів автобусів	26
1.4 Висновки до розділу 1 та постановка завдань дослідження	30
РОЗДІЛ 2 ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ РУХУ АВТОБУСА ПРИ РОБОТІ НА СУМІШІ ДИЗЕЛЬНОГО ТА БІОДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВ	31
2.1 Перебіг робочих процесів дизельного двигуна при використанні суміші дизельного та біодизельного палив	31
2.2 Математична модель руху автомобіля.....	35
2.3 Висновки до розділу 2.....	51
РОЗДІЛ 3 ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВИКОРИСТАННЯ СУМІШІ ПАЛИВ НА ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ АВТОБУСА.....	52
3.1 Опис вихідних даних для проведення розрахункових досліджень	52
3.2 Розрахункове дослідження роботи автобуса, що працює за маршрутом №32 «Сабарів - Залізничний вокзал»	61
3.3 Економічний ефект від використання суміш дизельного та біодизельного палив В25 в якості палива для автобусів.....	63
3.4 Розробка рекомендацій щодо використання біодизельного палива в двигунах автобусів	65
3.5 Висновки до розділу 3.....	72
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	73
4.1 Технічні рішення з виробничої санітарії та гігієни праці	74

4.1.1 Мікроклімат та склад повітря робочої зони.....	74
4.1.2 Виробниче освітлення	75
4.1.3 Виробничі віброакустичні коливання... ..	77
4.1.4 Виробничі випромінювання	78
4.2 Технічні рішення з безпеки при проведенні поліпшення експлуатаційних показників двигунів використанням біодизельного палива для автобусів комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія»	79
4.2.1 Безпека щодо організації робочих місць	79
4.2.2 Електробезпека	80
4.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях	80
4.4 Висновки до розділу 4.....	82
ВИСНОВКИ	83
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	85
ДОДАТКИ	89
ДОДАТОК А (ОБОВ'ЯЗКОВИЙ) ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА	90
ДОДАТОК Б. ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ	105

ВСТУП

Актуальність теми. В сучасних умовах виникає проблема забезпечення автомобільного транспорту енергоресурсами, оскільки запаси нафти зменшуються, а вартість нафтових палив постійно зростає. Отже, використання відновлювальних джерел енергії в автомобільному транспорті стає обґрунтованим. На сьогоднішній день найбільш перспективними серед них є біопалива, зокрема біодизель для дизельних двигунів.

Застосування біодизельного палива у дизельних двигунах автомобілів має потенціал покращити їх економічні характеристики за рахунок зменшення вартості палива, а також позитивно впливати на екологічні показники.

Використання чистого біодизельного палива для двигунів внутрішнього згоряння у автомобілях є складним завданням через фізико-хімічні відмінності від звичайного дизельного палива. Таким чином, більшість дослідників приходять до висновку, що найбільш ефективним підходом є використання біодизельного палива в суміші з дизельним паливом.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконувалась відповідно до 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 роботи. Метою дослідження є зменшення експлуатаційних витрат автобусів, комунального підприємства "Вінницька транспортна компанія", впровадженням суміші дизельного та біодизельного палива.

Для досягнення цієї мети визначені наступні завдання:

Обґрунтування доцільності використання біодизельного палива для живлення двигунів автобусів.

Розрахунок кількості палива, яку витрачається автобусом при використанні суміші дизельного та біодизельного палива.

Визначення економічного виграшу, при застосуванні суміші дизельного та біодизельного палива для двигунів автобусів.

Розробка рекомендацій по використанню біодизельного палива та проведенню технічного обслуговування системи живлення двигунів.

Розробка заходів по забезпеченню необхідного рівня охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Об'єкт дослідження – вплив використання суміші дизельного та біодизельного палив на вартість витраченого палива автобусами.

Предмет дослідження – економічні показники автобусів при використанні суміші дизельного та біодизельного палив.

Новизна одержаних результатів.

Запропоновано метод зменшення витрат на експлуатацію автобусів комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія».

Рекомендації щодо використання біодизельного палива як палива для двигунів автобусів.

Рекомендації по проведенню технічного обслуговування паливної апаратури автобуса.

Апробація результатів роботи. Деякі положення та результати роботи доповідались та обговорювались на XVI міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту», 23-25 жовтня 2023 року (Вінниця: ВНТУ, 2023).

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

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ РОБОТИ ПІДПРИЄМСТВА ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ БІОДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА ДЛЯ МУНІЦИПАЛЬНИХ АВТОБУСІВ

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

Головним напрямком діяльності Комунального підприємства (КП) "Вінницька транспортна компанія" є надання послуг з пасажирських перевезень міським електричним (трамваї, тролейбуси) та автобусним транспортом. Історія КП "Вінницька транспортна компанія" почалася у 1913 році, коли сім вагонів бельгійського виробництва розпочали роботу по вулицях міста.

Починаючи з 2009 року, підприємство взяло на себе обов'язки забезпечення пасажирських перевезень муніципальними автобусами. У 2014 році завершилося будівництво автобусного парку КП "ВТК". Від лютого 2014 року комунальне підприємство "Аеропорт Вінниця" стало підрозділом КП "ВТТУ". Це призвело до зміни назви підприємства на "Вінницька транспортна компанія", оскільки попередня назва не відображала його актуальних функцій. [2].

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.

Місцезнаходження Комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія»: м. Вінниця, вул. Хмельницьке шосе, 29, Україна, 21036 (рис.1.1).

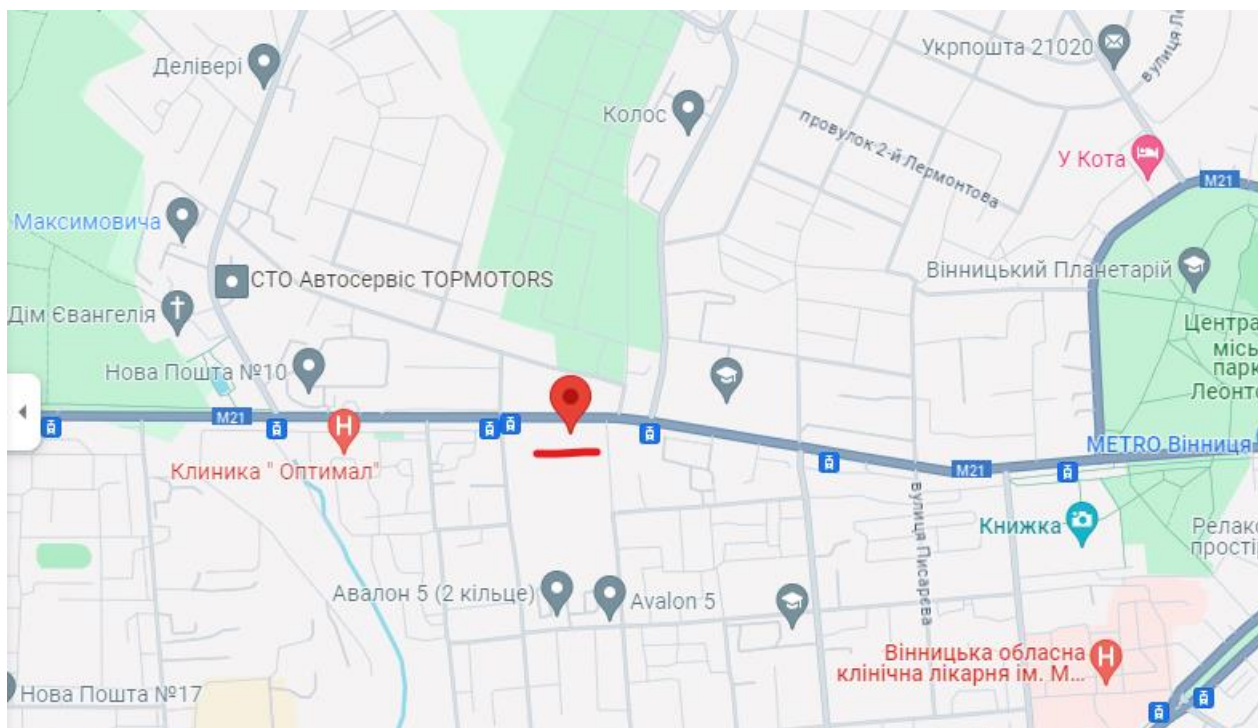


Рисунок 1.1 – Місцезнаходження Комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія»

Підприємство займається такими видами діяльності:

- пасажирський наземний транспорт для міських та приміських маршрутів, що включає:
 - міський електричний транспорт;
 - міський автомобільний транспорт загального користування.
- вантажний автомобільний транспорт;
- експлуатація та функціонування аеродрому, будівель, споруд, інженерних мереж, а також об'єктів аеродромного обладнання для пасажирського та вантажного терміналів, а також засобів механізації та спеціалізованого транспорту;
- приймання та відправлення повітряних суден для авіаційних перевезень пасажирів, вантажів, багажу та пошти;

- допоміжне обслуговування авіаційного транспорту;
- технічне обслуговування та ремонт автотранспортних засобів;
- ремонт і технічне обслуговування інших транспортних засобів;
- інші допоміжні послуги у сфері транспорту, включаючи оренду та експлуатацію власного чи надання в суборенду орендованого майна;
- оренду автомобілів та легкових автотранспортних засобів;
- оренду вантажних автомобілів;

Власником підприємства є територіальна громада міста Вінниці через Вінницьку міську раду. Органом управління підприємством виступає Департамент транспорту та міської мобільності.

У 2014 році було відкрито муніципальний автобусний парк КП «Вінницька транспортна компанія», який знаходиться за адресою: м. Вінниця, вул. Сабарівське шосе, 19 (рис. 1.2).

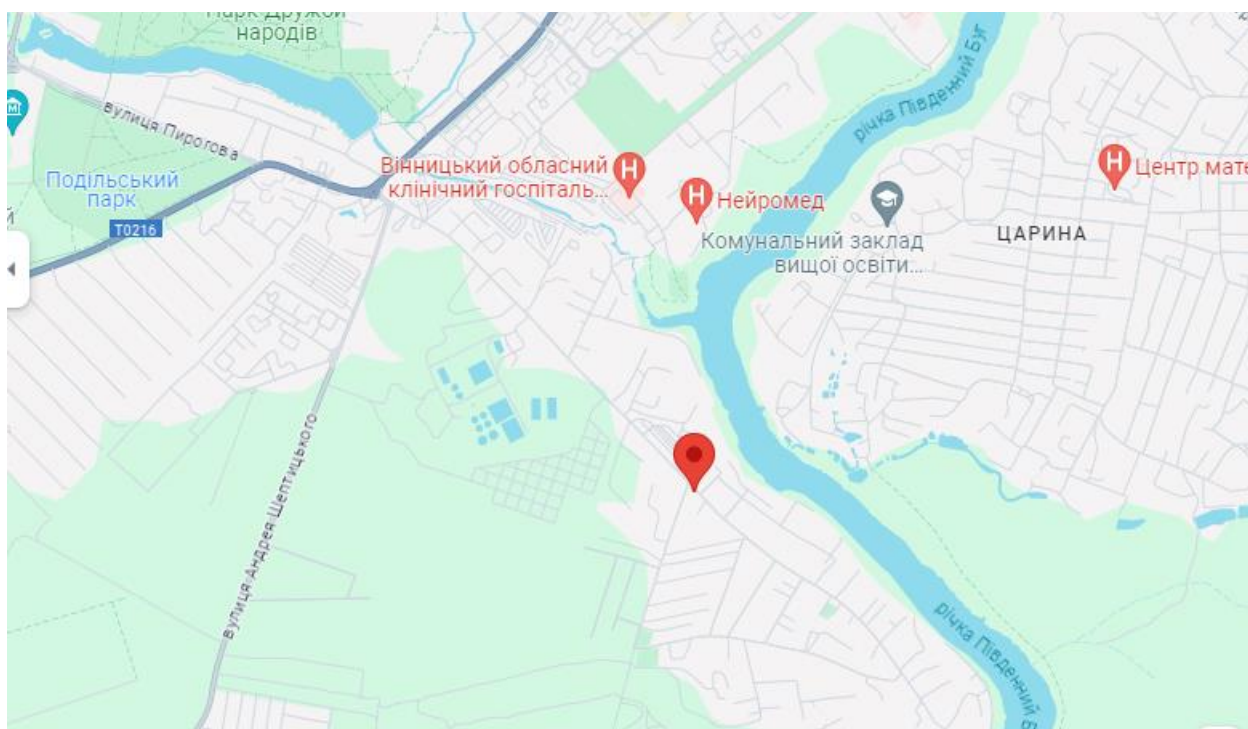


Рисунок 1.2 – Місцезнаходження автобусного парку КП «Вінницька транспортна компанія»

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. (рис.1.3).



Рисунок 1.3 – Підйомник для автобусів

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 (рис. 1.4).

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 (рис 1.5).



Рисунок 1.4 – Автоматична портална мийка «Kärcher»



Рисунок 1.5 – Автобуси передані в м. Дніпро

На сьогоднішній в автобусному парку комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія» наявні 72 автобуси, які здійснюють перевезення пасажирів в м. Вінниця. Серед них: Богдан А70132 (рис 1.6),

Богдан А70130, Богдан А70110, ЛАЗ-А183 D1 (рис. 1.7). Ці автобуси працюють на дизельному паливі.



Рисунок 1.6 – Автобус Богдан А70132



Рисунок 1.7 – Автобус ЛАЗ-А183 D1

Для зменшення кількості шкідливих викидів від відпрацьованих газів автобуси для КП «Вінницька транспортна компанія» були придбані автобуси які працюють на стисненому природньому газі. А саме: 8 автобусів АТАМАН (ISUZU) А092G6 (рис. 1.8) та 10 автобусів Otokar Kent C CNG (рис. 1.9).



Рисунок 1.8 – Автобус АТАМАН (ISUZU) А092G6, який працює на газовому паливі



Рисунок 1.9 – Автобуси Otokar Kent C CNG, які працюють на газовому паливі

В якості експерименту в комунальне підприємство «Вінницька транспортна компанія» було придбано експлуатується електробус Skywell (рис. 1.10), який продемонстрував досить високі споживчі якості.



Рисунок 1.10 – Електробус Skywell

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.

Також в АТП є 38 одиниці автотранспортної техніки серед яких легкові автомобілі, автокрани, вантажні автомобілі, автофургони та спеціальні автомобілі з обладнанням для обслуговування електричних мереж для трамваїв та тролейбусів.

Загальний список автобусів автотранспортного парку комунального підприємства «ВТК», з датою введення в експлуатації та пробігом наведені в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Загальна інформація та перелік автобусів КП «ВТК»

Держ. номер рухомого складу	Марка та модель рухомого складу	Дата введення в експлуатації	Пробіг
AB0013AA	БОГДАН А701.10	26.01.2012	551820,4
AB0168AF	KENTC CNG	08.09.2021	98185,3
AB0171AF	KENTC CNG	08.09.2021	111741,8
AB0173AF	KENTC CNG	08.09.2021	117183,5
AB0174AF	KENTC CNG	08.09.2021	103925,3
AB0175AF	KENTC CNG	08.09.2021	125729,4
AB0176AF	KENTC CNG	08.09.2021	98857,2
AB0177AF	KENTC CNG	08.09.2021	113693,2
AB0178AF	KENTC CNG	08.09.2021	117108,3
AB0179AF	KENTC CNG	08.09.2021	99425,4
AB0181AF	KENTC CNG	08.09.2021	111212,9
AB0193AA	БОГДАН А701.30	25.11.2013	553786,3
AB0194AA	БОГДАН А701.30	25.11.2013	532984,0
AB0195AA	БОГДАН А701.30	25.11.2013	336861,3
AB0196AA	БОГДАН А701.30	25.11.2013	472248,6
AB0197AA	БОГДАН А701.10	25.11.2013	607020,5
AB0501AA	БОГДАН А701.32	25.08.2014	489739,8
AB0502AA	БОГДАН А701.32	25.08.2014	545023,8
AB0503AA	БОГДАН А701.32	25.08.2014	543771,4

Продовження табл. 1.1

AB0504AA	БОГДАН А701.32	25.08.2014	609044,6
AB0506AA	БОГДАН А701.32	25.08.2014	448276,2
AB0507AA	БОГДАН А701.32	25.08.2014	521856,7
AB0508AA	БОГДАН А701.32	25.08.2014	572592,1
AB0511AA	БОГДАН А701.32	06.02.2015	454068,7
AB0512AA	ЛАЗА183Д0	16.01.2012	217007,5
AB0516AA	БОГДАН А701.32	06.09.2014	513230,1
AB0517AA	БОГДАН А701.32	06.09.2014	561636,3
AB0518AA	БОГДАН А701.32	06.09.2014	535241,2
AB0519AA	БОГДАН А701.32	06.09.2014	466097,1
AB0520AA	БОГДАН А701.32	06.09.2014	548409,0
AB0521AA	БОГДАН А701.32	06.09.2014	510300,7
AB0527AA	БОГДАН А701.32	16.10.2014	474099,0
AB0528AA	БОГДАН А701.32	16.10.2014	550195,8
AB0533AA	БОГДАН А701.32	16.01.2015	412897,1
AB0535AA	БОГДАН А701.32	16.01.2015	293825,0
AB0536AA	БОГДАН А701.32	14.01.2015	554917,1
AB0538AA	БОГДАН А701.32	16.01.2015	324438,9
AB0539AA	БОГДАН А701.32	16.01.2015	540438,7
AB0540AA	БОГДАН А701.32	14.01.2015	529978,8

Продовження табл. 1.1

AB0542AA	БОГДАН А701.32	23.01.2015	534525,1
AB0543AA	БОГДАН А701.32	23.01.2015	541642,2
AB0544AA	БОГДАН А701.32	27.01.2015	510347,7
AB0545AA	БОГДАН А701.32	28.01.2015	509281,7
AB0546AA	БОГДАН А701.32	23.01.2015	566427,3
AB0547AA	БОГДАН А701.32	28.01.2015	545946,6
AB0548AA	БОГДАН А701.32	06.02.2015	515040,6
AB0549AA	БОГДАН А701.32	03.02.2015	457799,9
AB0594AA	БОГДАН А092 G6	23.05.2016	371539,8
AB0596AA	БОГДАН А092 G6	23.05.2016	287896,8
AB0651AA	БОГДАН А701.10	03.02.2012	490419,9
AB0652AA	БОГДАН А701.10	24.02.2012	471137,9
AB0653AA	БОГДАН А701.10	24.02.2012	427400,6
AB0654AA	БОГДАН А701.10	23.02.2012	291909,7
AB0655AA	БОГДАН А701.10	23.02.2012	596964,8
AB0662AA	ЛАЗА183Д1	15.05.2008	552648,3
AB0663AA	БОГДАН А701.10	11.11.2011	464641,3
AB0664AA	БОГДАН А701.10	04.11.2011	570502,9
AB0665AA	БОГДАН А701.10	04.11.2011	722486,1
AB0667AA	БОГДАН А701.10	07.09.2011	479686,6

Продовження табл. 1.1

AB0668AA	ЛАЗА183Д1	15.05.2008	404477,3
AB0669AA	ЛАЗА183Д0	14.08.2010	192442,4
AB0670AA	БОГДАН А701.10	19.12.2011	673628,9
AB0671AA	БОГДАН А701.10	30.01.2012	508504,6
AB0672AA	БОГДАН А701.10	16.12.2011	533926,8
AB0673AA	БОГДАН А701.10	17.11.2011	470201,3
AB0674AA	ЛАЗА183Д1	08.02.2009	360355,0
AB0675AA	ЛАЗА183Д1	15.05.2008	475430,7
AB0676AA	БОГДАН А701.10	16.12.2011	591895,8
AB0678AA	ЛАЗА183Д1	15.05.2008	539571,4
AB0679AA	ЛАЗА183Д1	15.05.2008	493259,6
AB0745AA	БОГДАН А 092G6	14.09.2016	274503,2
AB0743AA	БОГДАН А092 G6	02.09.2016	291631,4
AB1269AA	БОГДАН А092G6	26.07.2017	292939,3
AB1268AA	БОГДАН А092G6	26.07.2017	282169,2
AB1169AA	БОГДАН А092 G6	14.08.2017	290410,3
AB1168AA	БОГДАН А092 G6	14.08.2017	328350,8
AB1751AF	Skywell	19.12.2018	147139,0

Проаналізувавши інформацію про автобуси, було встановлено, що переважна більшість муніципальних автобусів працюють на дизельному паливі. Тому для досягнення максимального економічного ефекту, а саме зменшення витрати на паливо, доцільно розглядати саме дизельні автобуси. Досягнення економії можливо за рахунок використання альтернативних полив, для дизелів альтернативою є біодизельне паливо.

Частина автобусів обладнані дизельними двигунами DEUTZ TCD 2013 L6 4V (рис. 1.11). При його виробництві використовувались матеріали стійкі до використання біодизельного палива.



Рисунок 1.11 – Дизельний двигун DEUTZ TCD 2013 L6 4V

Характеристики дизелів DEUTZ TCD 2013 L6 4V:

- 6-циліндрові рядні двигуни з водяним охолодженням, з турбонаддувом та інтеркулером;
- використання системи впорскування DEUTZ Common-Rail (DCR®) та електронної системи управління двигуном, що має інтелектуальне підключення до системи управління приводом, забезпечують високі робочі характеристики при економічному споживанні палива;

- простота заміни моторних рідин сприяють зниженню експлуатаційних витрат і підвищення надійності всього обладнання;
- двигуни відповідають стандартам рівня токсичності вихлопних газів EURO IV і V за рахунок застосування методу селективного каталітичного відновлення (SCR). Відповідність EURO III досягається без рециркуляції відпрацьованих газів;
- простий монтаж завдяки мінімальній вазі і обсязі необхідного місця для установки;
- збереження незмінних монтажних розмірів двигуна дозволяє легко встановлювати двигуни з різними рівнями токсичності вихлопних газів;
- можливе використання біодизельного палива.

Технічні показники дизеля DEUTZ TCD 2013 L6 4V представлені в табличних форматах у таблицях 1.2 та 1.3

Таблиця 1.2 – Технічні показники дизеля DEUTZ TCD 2013 L6 4V

Характеристика	Одиниці виміру	Значення					
Кількість циліндрів	-	6					
Діаметр циліндра та хід поршня	мм	108/130					
Робочий об'єм	л	7,2					
Номінальна частота обертів колінчастого валу	хв ⁻¹	2100					
		A	B	C	D ₁	D ₂	L
TCD 2013 L6 4V,	мм	1158	787	983	540	370	640

Таблиця 1.3 – Технічні показники дизельного двигуна DEUTZ TCD 2013 L6 4V

Параметр	Одиниці вимірювання	Значення
Екологічний стандарт	-	EURO V
Потужність двигуна	кВт/к.с.	213/290
при частоті обертів колінчастого валу	хв ⁻¹	2100
Максимальний крутний момент	Н·м	1200
при частоті обертів колінчастого валу	хв ⁻¹	1050-1600
Мінімальна частота обертів холостого ходу	хв ⁻¹	600
Витрата палива ¹	г/кВт·год	204
Маса ²	кг	650
¹ витрата палива при розрахунку на дизельне паливо густиною 0,835 кг/дм ³ при 15°С ² без стартера, генератора, радіаторів і рідин, з маховиком і картером маховика		

1.2 Аналіз споживання палива автобусами

Для оцінки доцільності використання біодизельного палива автобусами комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія» потрібно проаналізувати статистичні дані споживання дизельного палива.

Отримана інформація з комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія» щодо пробігу та споживання дизельного палива всіма автобусами (таблиця 1.1) помісячно за з січня 2021р. по жовтень 2023р. (табл. 1.4 – 1.6, рис. 1.12 – 1.14).

Таблиця 1.4 – Пробіг автобусів по роках за 3 роки

Місяць	Пробіг, тис. км за 2021р	Пробіг, тис. км за 2022р	Пробіг, тис. км за 2023р
січень	221,24	227,86	197,43
лютий	214,20	211,44	177,49
березень	240,69	156,17	201,69
квітень	228,26	182,06	192,08
травень	223,50	192,65	201,17
червень	231,14	196,95	200,72
липень	242,01	201,13	201,44
серпень	235,26	206,57	208,37
вересень	236,03	200,24	194,26
жовтень	226,25	200,67	194,68
листопад	230,39	198,58	
грудень	232,78	203,00	
сума	2761,73	2377,32	1969,33

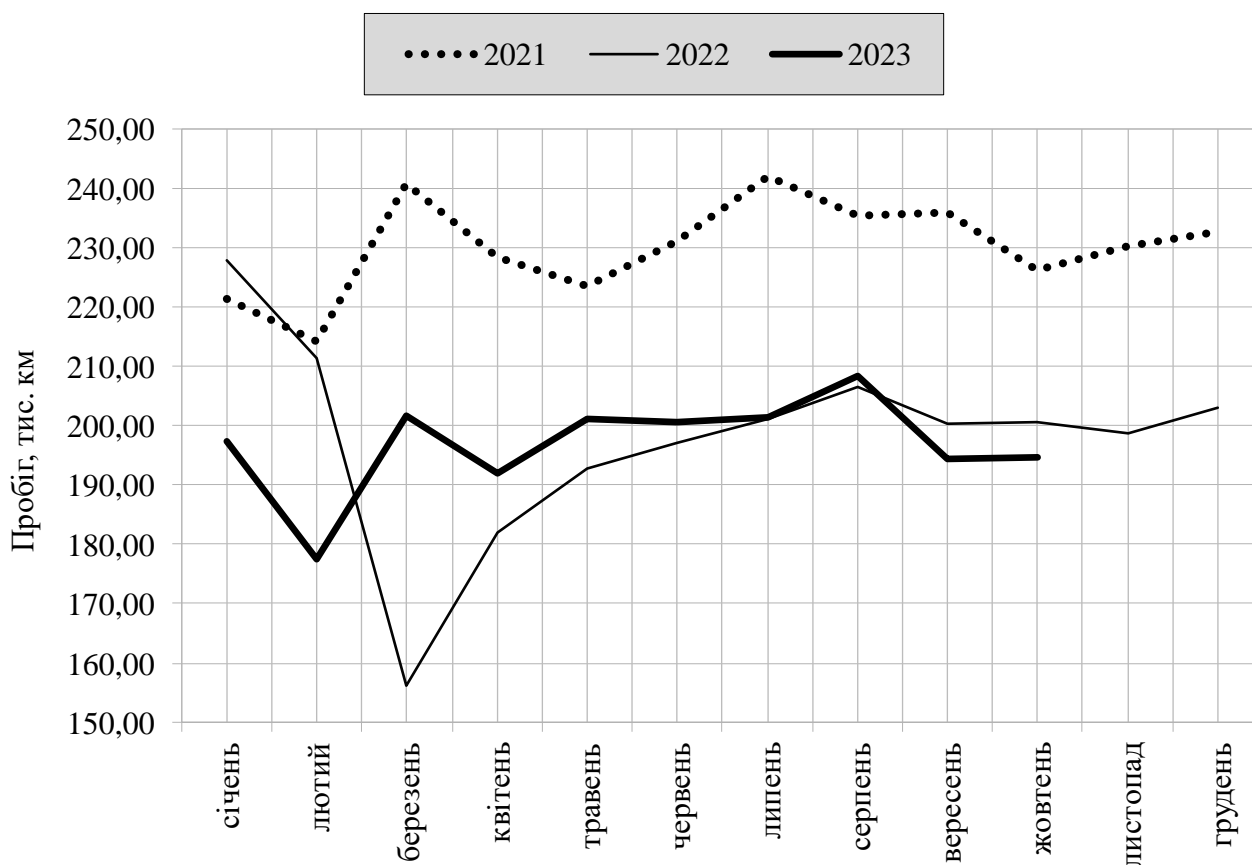


Рисунок 1.12 – Пробіг автобусів по маршрутах по роках за 3 роки

Таблиця 1.5 – Споживання палива автобусами по роках за 3 роки

Місяць	Спожито палива в 2021р., л	Спожито палива в 2022р., л	Спожито палива в 2023р., л
січень	108068,49	113607,35	91944,01
лютий	113689,18	95835,47	89550,49
березень	108003,03	75507,47	91775,79
квітень	95441,54	78343,69	83317,12
травень	91696,75	77034,81	84620,52
червень	94832,57	79841,85	84407,98
липень	99113,16	80787,64	83192,37
серпень	95372,78	84204,18	87140,95
вересень	100154,33	83591,63	82379,44
жовтень	98988,87	84907,48	84450,83
листопад	105139,66	90580,56	
грудень	116908,64	101173,35	
сума	1227409,00	1045415,48	862779,50

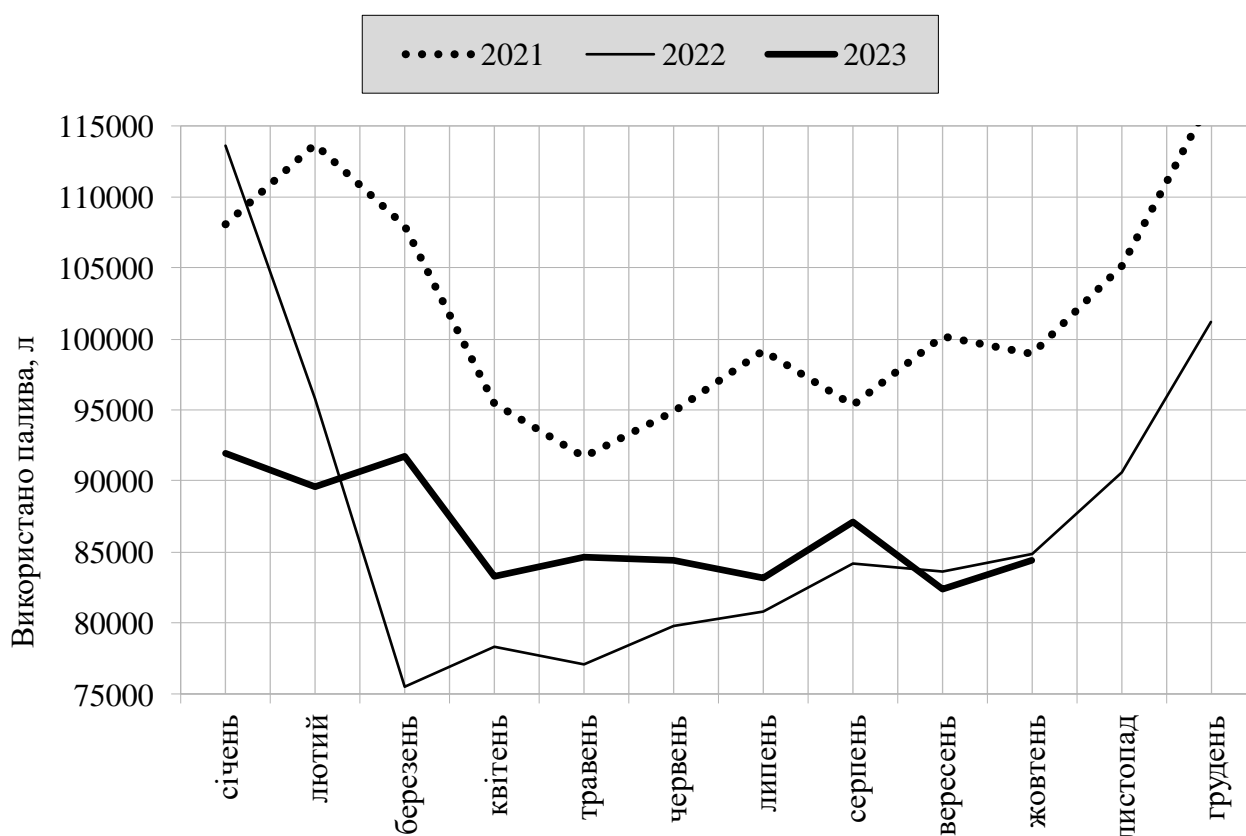


Рисунок 1.13 – Споживання палива автобусами по роках за 3 роки

Таблиця 1.6 – Середня питома витрата палива автобусами по роках за 3 роки

Місяць	Середня питома витрата палива за 2021р., л/100км	Середня питома витрата палива за 2022р., л/100км	Середня питома витрата палива за 2023р., л/100км
січень	48,85	49,86	46,57
лютий	53,08	45,33	50,45
березень	44,87	48,35	45,50
квітень	41,81	43,03	43,38
травень	41,03	39,99	42,06
червень	41,03	40,54	42,05
липень	40,95	40,17	41,30
серпень	40,54	40,76	41,82
вересень	42,43	41,75	42,41
жовтень	43,75	42,31	43,38
листопад	45,64	45,61	
грудень	50,22	49,84	
середнє	44,44	43,97	43,81

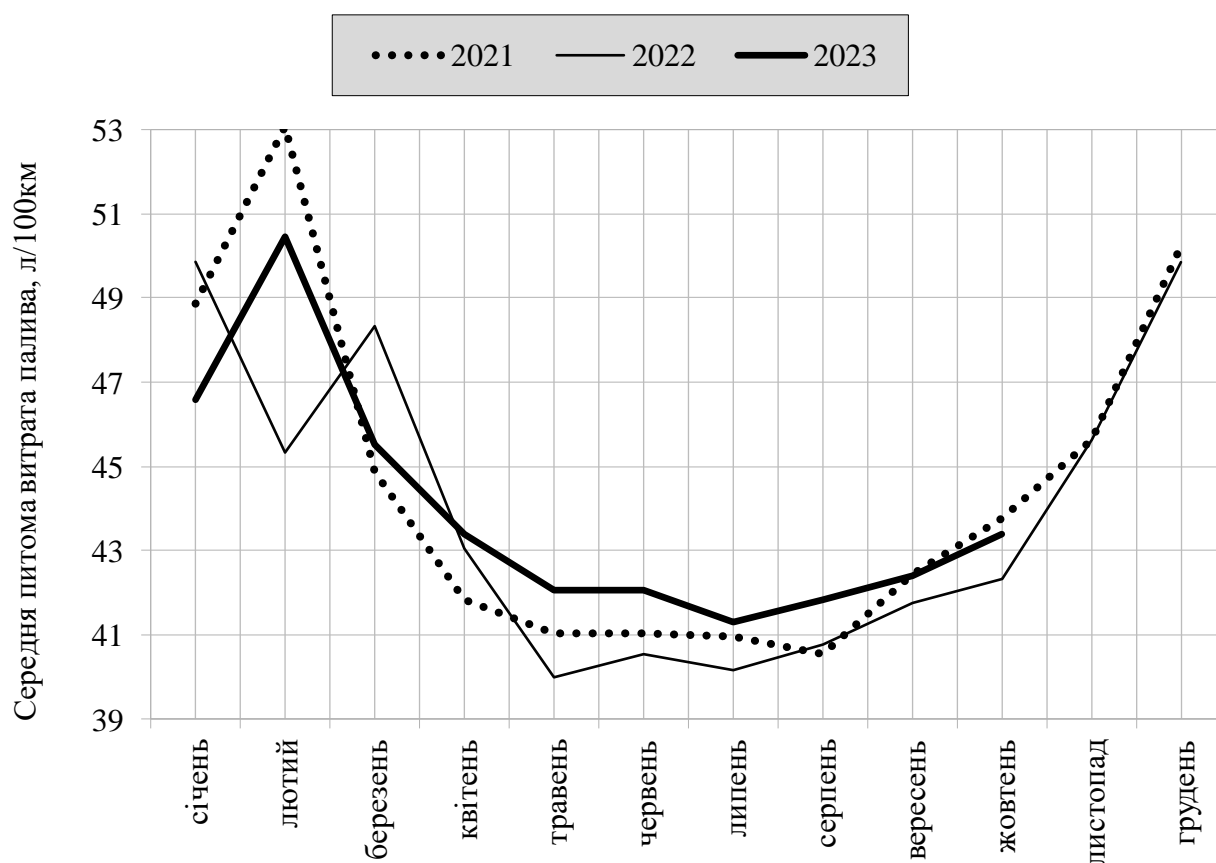


Рисунок 1.14 – Середня питома витрата палива автобусами по роках за 3 роки

Як видно з рис. 1.13 коливання споживання дизельного палива протягом року складає в діапазоні 83 – 117 тис. л. за місяць та 1,05 – 1,23 млн. л. за рік. Збільшення витрати палива відбувається в період з жовтня по березень, що спричинено зниженням температури навколишнього повітря та додатковою витратою палива на обігрів салону. Враховуючи велике споживання дизельного палива автобусам комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія» питання зменшення витрат на його придбання є дуже актуальним. Найлегшим в реалізації та найефективнішим способом є додавання біодизельного палива до дизельного для живлення двигунів автобусів, це забезпечить зменшення витрати на паливо та зменшення кількості шкідливих викидів в відпрацьованих газах автобусів.

1.3 Використання біодизельного палива для двигунів автобусів

Біодизельне паливо – це один з видів альтернативного палива, яке застосовується як у чистому вигляді, так і у суміші з дизельним паливом. Воно виробляється з рослинних олій або тваринних жирів. Хімічно біодизель є суміш етилових або метилових ефірів та насичених і ненасичених жирних кислот [3].

Використання біодизельного палива має перспективу як заміна традиційного нафтового дизельного палива. Це дозволяє зменшити залежність від нафтових палив.

Фізико-хімічні властивості біодизельного палива впливають на процеси, що протікають у циліндрах двигуна, і відрізняються від використання звичайного дизельного палива.

Біодизельне паливо має більшу густину та кінематичну в'язкість, що може негативно позначитися на процесах впорскування та сумішоутворення в циліндрах двигуна. Для компенсації цього ефекту рекомендується підігрівати біодизельне паливо, щоб максимально зблизити його характеристики до дизельного палива [4].

Також, біодизельне паливо має меншу теплоту згорання, порівняно з дизельним, що може призвести до зменшення потужності двигуна та погіршення динамічних характеристик автомобіля. Щоб усунути цей ефект, можна збільшувати значення циклової подачі біодизельного палива в двигун, або при використанні суміші палива збільшувати частку дизельного палива в суміші.

Значно більше значення цетанового числа у біодизельного палива в порівнянні з дизельним сприяє поліпшенню характеристик самозаймання, що може скоротити час затримки запалення. Для забезпечення ефективної роботи двигуна необхідно коригувати кут випередження впорскування палива. Крім того, біодизель має вищу температуру застигання, що може ускладнити його використання в умовах низьких температур, особливо взимку. Щоб усунути цю проблему, встановлення системи підігріву біодизельного палива в баку буде доречним.

Фахівці [5] вважають, що повне заміщення дизельного палива нафтового походження біодизельним у сучасних двигунах є малоефективним. Більш перспективним є використання суміші дизельного та біодизельного палива. Навіть невелика кількість (5-10%) біодизельного палива у суміші може зменшити витрати дизельного палива, скоротити витрати на експлуатацію автомобіля та покращити його екологічні характеристики.

Використання такої суміші дозволяє у значній мірі компенсувати негативні особливості біодизельного палива у використанні для автомобільних двигунів. В роботі [5] проведено дослідження щодо визначення впливу зміни складу суміші дизельного та біодизельного палива на їхні фізико-хімічні властивості, а результати цього дослідження представлені на рис. 1.7 [5].

Результати аналізу вказують на те, що зі збільшенням вмісту біодизельного палива у суміші до 60% спостерігається збільшення її густини зі значення $\rho = 830$ до $\rho = 858$ кг/м³ (зростання складає всього на 3,37%), та кінематичної в'язкості зі значення $\nu = 3,8$ до $\nu = 6,0$ сСт (зростання на 57,9%), також спостерігається падіння значення нижчої теплоти згорання з $H_u = 42,5$ до

$H_u = 39,6$ МДж/кг (зменшення на 6,82%), різниця виявляється набагато меншою, ніж у порівнянні з характеристиками біодизельного палива.

Результати дослідження [5] підтверджують перспективність використання суміші дизельного та біодизельного палива для автомобільних двигунів.

Зараз провідні виробники автомобілів активно працюють над створенням двигунів, які можуть працювати на альтернативних видів палива, зокрема на біодизельному.

Наприклад, Scania, шведський виробник вантажних автомобілів та автобусів, розробив двигун об'ємом 13 літрів, який відповідає стандарту Євро 6 та працює на чистому біодизельному паливі. Його максимальний крутний момент відстає лише на 8% від аналогічних двигунів, які використовують звичайний дизель [5].

За даними виробника, основною перевагою двигунів, які працюють на біодизельному паливі, є зменшення викидів вуглекислого газу майже на 80%.

При використанні біодизельного палива для двигунів автомобілів важливо враховувати не лише різниці у фізико-хімічних властивостях порівняно з дизельним, але й конкретні особливості, що виникають під час експлуатації. Деякі з цих особливостей [6] включають:

- метанол, присутній у біодизельному паливі, може впливати на гумові компоненти, спричиняючи їх набрякання, і розчиняти осади в паливній системі та на деталях двигуна, що може вплинути на забруднення паливних фільтрів та форсунок.

- біодизель може призводити до затвердіння пластикових деталей, які за роботи двигуна можуть пошкодитись через вібрацію.

- рекомендації вказують на те, що біодизельне паливо не слід зберігати більше трьох місяців, оскільки воно піддається розкладанню та шаруванню..

Отже, дослідження показують, що дизельне та біодизельне палива взаємодіють між собою у будь-яких пропорціях, утворюючи стабільну суміш [7]. Проте тривале зберігання цієї суміші не рекомендується через ймовірне розшарування складових.

Компоненти паливних сумішей мають відмінні фізико-хімічні властивості, що впливає на їхнє використання та зберігання. Використання такої суміші також впливає на робочі процеси в двигуні автомобіля, що потребує коригування конструктивних та регулюючих параметрів системи живлення. Фахівці рекомендують коригувати ці параметри для компенсації фізико-хімічних відмінностей паливної суміші в порівнянні з чистим дизельним паливом. Ця корекція особливо важлива при високих режимах роботи двигуна, таких як максимальний крутний момент та потужність.

Робота [8] з дослідженням показали, що оптимальною є суміш з 80% дизельного та 20% біодизельного палива (B20) для ефективної роботи двигуна автомобіля та стабільності суміші. Ці дослідження вивчали вплив чотирьох регульованих параметрів на питому витрату суміші B20: кута закриття впускного клапана, кута відкриття випускного клапана, кута випередження впорскування палива та тиску впорскування. З аналізу видно, що кут випередження впорскування має найбільший вплив на питому витрату суміші палив.

Дослідження [9] показали покращення економічних та екологічних характеристик дизельних двигунів DONG FENG сімейства CY4102BZLQ, які встановлюються на автобуси моделі А-091 від "Богдан", за умов використання суміші B20. Це було досягнуто шляхом зменшення кута випередження впорскування палива. Також для покращення процесу згоряння цієї суміші було збільшено ступінь стиснення за допомогою тоншої прокладки між блоком циліндрів і головкою, а також налаштуванням надпоршневого простору штатною свічею накаливання.

Зробивши аналіз цих досліджень, можна зробити висновок про доцільність використання суміші B25 (25% біодизельного та 75% дизельного палива) для зменшення витрат на експлуатацію автобусів комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія».

1.4 Висновки до розділу 1 та постановка завдань дослідження

1. Проаналізувавши структуру автобусного парку КП "Вінницька транспортна компанія" встановлено, що 73% автобусів використовують дизельне паливо в двигунах, 25% стиснений природній газ та 1 електробус.

2. Проаналізувавши витрати дизельного палива автобусами КП "Вінницька транспортна компанія" встановлено, що місячне його споживання складає близько 87 000 л, що потребує великих фінансових витрат. Біодизельне паливо є одним з найбільш доступних та ефективних способів зменшення цих витрат та зменшити кількість шкідливих викидів у відпрацьованих газах двигуна.

3. Проаналізувавши можливі способи використання біодизельного палива, встановлено, що оптимальним є використання саме суміші B25.

Метою дослідження є зменшення витрат на паливо автобусів КП "Вінницька транспортна компанія" використанням суміші дизельного та біодизельного палив. Для досягнення даної мети потрібно виконати такі завдання:

- розробити математичну модель для обчислення споживання палива автобусами при використанні суміші дизельного та біодизельного палива.

- виконати порівняльний аналіз витрат дизельного палива та його суміші з біодизельним.

- розрахувати економію коштів при використанні паливної суміші автобусами КП "Вінницька транспортна компанія".

- розробити рекомендації щодо використання біодизельного палива та технічного обслуговування паливної апаратури.

- розробити заходи з охорони праці та безпеки під час використання біодизельного палива.

РОЗДІЛ 2

ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ РУХУ АВТОБУСА ПРИ РОБОТІ НА СУМІШІ ДИЗЕЛЬНОГО ТА БІОДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВ

2.1 Перебіг робочих процесів дизельного двигуна при використанні суміші дизельного та біодизельного палив

Процес впорскування палива в циліндри двигуна має значний вплив на організацію ефективного згорання паливно-повітряної суміші. В залежності від кута випередження впорскування, температура та тиск повітря в циліндрах дизеля під час впорскування палива буде змінюватись. З наближенням поршня до верхньої мертвої точки, тиск та температура будуть збільшуватись, що полегшуватиме процес самозаймання паливно-повітряної суміші в камері згорання. На період затримки самозаймання паливно-повітряної суміші впливають властивості палива та кут випередження його впорскування. Використання біодизельного палива викликає необхідність зміни значення циклової подачі палива та зменшення періоду затримки самозаймання паливно-повітряної суміші. Зі збільшенням вмісту біодизельного палива в суміші його з дизельним паливом має зрости циклова подача та зменшитись період затримки самозаймання паливно-повітряної суміші, отже кут випередження впорскування потрібно зменшувати [2].

Екологічні та техніко-економічні показники автомобіля залежать переважно від того, наскільки повно використовується енергія згорання палива в циліндрах двигуна [3]. Отже, для якомога ефективнішого використання біодизельного палива необхідно проаналізувати, яким чином його фізико-хімічні властивості впливають на перебіг робочих процесів, а також врахувати їх під час налаштування автомобільного двигуна для роботи на суміші палив.

Розглянемо детальніше вплив використання біопалива на перебіг робочих процесів дизельного двигуна. Аналіз фізико-хімічних властивостей біодизельного палива продемонстрував, що вони практично не впливають на такти впуску, стиснення й випуску, а мають максимальний вплив на такт згорання і розширення.

Для займання робочої суміші сприятливі умови створюються під час такту стиснення. В дизелях наприкінці такту стиснення температура сягає 600...700 °С. Завдяки цьому в циліндрах двигуна виникають сприятливі умови для гарантованого займання біодизельного палива.

Згоряння паливо-повітряної суміші та розширення продуктів згоряння відбувається під час такту згоряння та розширення. Тривалість цього такту можна розділити на декілька окремих фаз: період утворення зон горіння (також відомий як період затримки самозаймання); період розповсюдження полум'я по всьому об'єму горіння (період швидкого горіння); власне, сам період горіння (період повільного горіння); завершальним є період розширення робочих газів.

Для чіткого визначення впливу фізико-хімічних властивостей біодизельного палива на такті згоряння та розширення необхідно окремо проаналізувати особливості перебігу кожної з фаз такту. На розгорнутій індикаторній діаграмі (рис. 2.1) показано процес зміни тиску в циліндрі двигуна в залежності від кута повороту колінчастого валу.

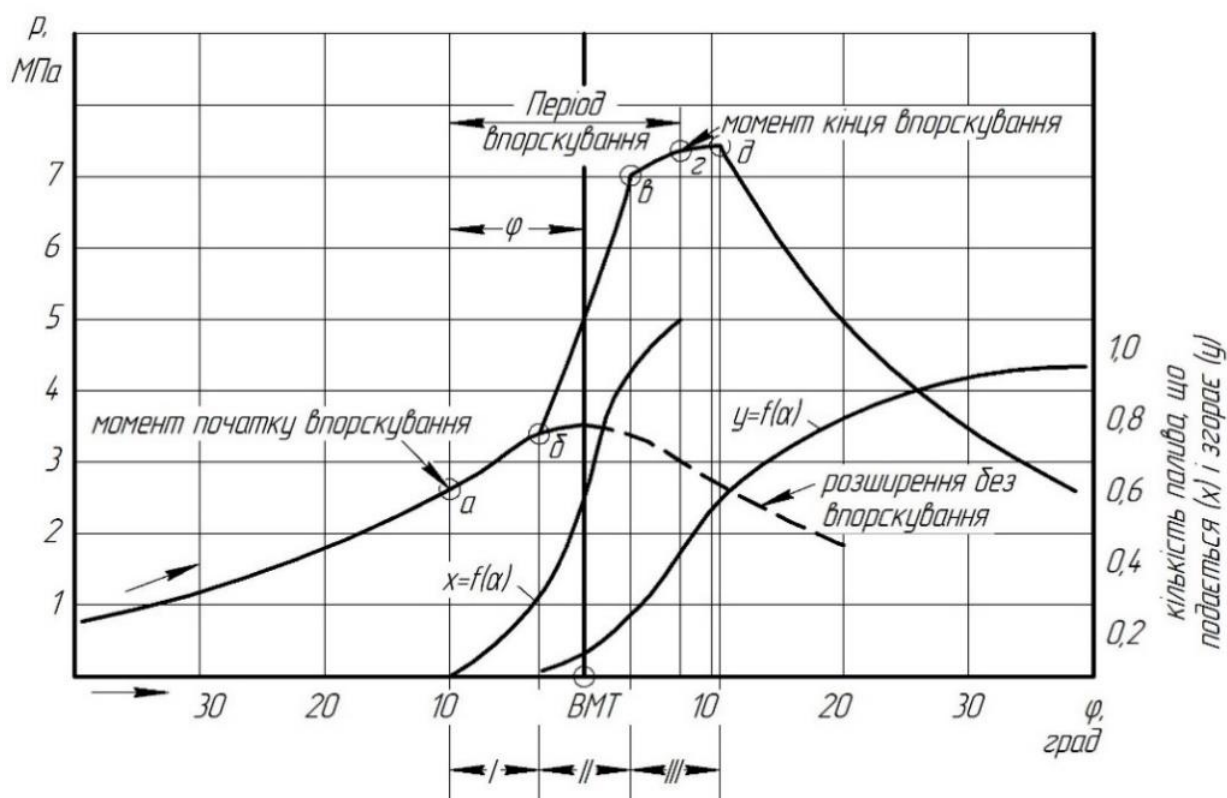


Рисунок 2.1 – Розгорнута індикаторна діаграма дизеля

На діаграмі наведені фази перебігу такту згоряння та розширення:

1. Фаза I (відрізок від точки а до точки б) — період утворення окремих зон горіння, або ж період затримки самозаймання;
2. Фаза II (відрізок від точки б до точки в) — період розповсюдження полум'я по всьому об'єму горіння, так званий період швидкого горіння;
3. Фаза III (відрізок від точки в до точки д) — період горіння, ще відомий як період повільного горіння;
4. Фаза IV (відрізок на діаграмі від точки д до початку відкриття випускних клапанів) — період розширення робочих газів.

Тепер розглянемо детально вплив фізико-хімічних властивостей біодизельного палива на перебіг окремо кожної з фаз такту згоряння та розширення.

Період затримки самозаймання триває від початку впорскування палива до початку його займання. Протягом цього періоду паливо під тиском впорскується в циліндр, випаровується, змішується з повітрям; відбувається утворення паливо-повітряної суміші та з'являються зони горіння. На початку цього періоду повітря в циліндрі стискається до 3,5...4,5 МПа та розігрівається до температури 600...700 °С.

Фізико-хімічними властивостями біодизельного палива зумовлюється збільшення діаметра крапель палива, яке впорскується до циліндра двигуна, збільшення далекобійності паливного струменя та зменшення кута розкриття паливного факела — це суттєво впливає на процес утворення суміші. За рахунок збільшення діаметра крапель палива зростає тривалість їхнього випаровування і подальшого згоряння. Також, зменшення розкриття паливного факела та збільшення далекобійності паливного струменя викликають зміни характеру сумішеутворення. Водночас зростає частка палива, що згоряє біля самої стінки камери згоряння. Паливо, яке потрапляє на стінки камери, швидше прогрівається, отже, його випаровування відбувається інтенсивніше. Також в циліндрах двигуна

збільшуються зони відповідно зі збагаченою і збідненою паливними сумішами. У біодизельного палива значення цетанового числа більше ніж у дизельного палива, і це сприяє зменшенню тривалості періоду затримки самозаймання.

Протягом періоду швидкого згоряння об'єм палива, яке за період затримки самозаймання пройшло передполуменеву підготовку, згоряє з великою швидкістю. Тепловиділення та зростання тиску відбувається тим інтенсивніше, чим більшою є подача палива та дрібніше його розпилювання. За використання біодизельного палива період передполуменевої підготовки скорочується, також зменшується кількість палива, що пройшло цю підготовку. У разі застосування біодизельного палива погіршується дисперсність розпилювання, а отже, і час перебігу періоду швидкого згоряння палива зростає. Використання суміші дизельного і біодизельного палива, навіть з невеликим відсотком біодизельного, впливає на перебіг періоду швидкого згоряння палива досить позитивно. Займання біодизельного палива відбувається раніше та з меншою інтенсивністю, що викликає швидке проходження передполуменевої підготовки дизельного палива і збільшує інтенсивність горіння суміші.

Далі розглянемо період повільного згоряння палива, впорснутого в циліндр. На цьому етапі важливі якість розпилювання та кількість палива, яка впорскується після початку згоряння. Збільшується середній діаметр крапель впорснутого біодизельного палива, таким чином період повільного згоряння триває довше. За рахунок використання суміші дизельного і біодизельного палива з регульованим відсотковим вмістом біодизеля в ній можна зменшити тривалість періоду повільного згоряння палива, впорснутого в циліндр.

Період розширення робочих газів. Як видно з діаграми (див. рис. 2.1), після точки д починається процес розширення, під час якого тиск в циліндрах двигуна знижується. Частина палива догорає в процесі розширення, час догорання свідчить про характеристики двигуна: чим він довший, тим гірші показники (зростає частка тепла, яка передається до систем охолодження і випуску відпрацьованих газів). У разі використання біопалива цей період збільшиться, але за рахунок регулювання

в суміші палив відсоткового вмісту біодизельного палива можна змінювати тривалість перебігу періоду розширення газів.

Отже, з викладеного аналізу перебігу робочих процесів дизельного двигуна зрозуміло, що тривалість горіння палива є основним показником, що змінюється у разі переведення автомобільного двигуна на роботу з сумішшю дизельного та біодизельного палив.

Для об'єктивнішого аналізу впливу на перебіг робочих процесів у циліндрах двигуна фізико-хімічних властивостей суміші палив доцільно процеси згорання та впорскування розглядати разом. Процес згорання паливо-повітряної суміші залежить від того, як змінюються параметри процесу впорскування палива в камеру згорання циліндрів двигуна, який переведено на роботу з сумішшю дизельного і біодизельного палива. За основні параметри оцінки впорскування палива в циліндри дизеля беруться: момент початку і тривалість впорскування; тонкість розпилювання і розподіл палива в камері згорання; момент початку згорання; циклова подача палива [4, 5]. Основні фізико-хімічні властивості палив, що безпосередньо впливають на процеси впорскування та згорання — це густина, в'язкість [6] та поверхневий натяг палива.

Відомим є той факт, що тривалість горіння залежить від періоду затримки самозаймання, тривалостей впорскування, випаровування і згорання палива. Також це залежить від фізико-хімічних властивостей палива — енергії активації, густини, середнього діаметра крапель, а також від параметрів системи живлення дизеля: кута випередження впорскування, тиску впорскування, циклової подачі, коефіцієнта надлишку повітря, константи випаровування, площі поперечного перерізу та коефіцієнта витрати прохідних перерізів соплових отворів форсунок.

2.2 Математична модель руху автомобіля

Математичні моделі широко застосовуються у різноманітних дослідженнях. Для збору вихідних даних для математичних моделей, а також для перевірки

адекватності цих математичних моделей необхідно провести відповідні експерименти на реальних об'єктах. Відповідно до поставленої мети та завдання дослідження за допомогою різних математичних моделей можна описати один і той самий об'єкт.

Метою даної роботи є визначення витрати палива автобусів, використовуючи дизельне паливо та суміш В25. Для проведення дослідження по визначенню як зміна типу палива впливає на динамічні та економічні параметри автобусів при різних умовах використання математична модель має бути динамічною, а транспортний засіб розглядається як єдина система, що піддається впливу різних зовнішніх та внутрішніх факторів.

В даній роботі покращено математичну модель, що пропонує розглядати транспортний засіб як складову частину системи, що містить, окрім самого транспортного засобу, й інші важливі характеристики, такі як дороги та умови навколишнього середовища. Для здійснення таких основних етапів як керування подачею палива в двигун, ввімкнення та вимкнення зчеплення, вибір та перемикання передач, гальмування автомобіля запропоновано відповідний алгоритм управління автомобілем.

Над даною проблематикою працювали такі автори як: д.т.н., професор Гутаревич Ю.Ф., д.т.н., професор Поляков А.П. к.т.н., професор Корпач А.О. та інші. Кожну модель відрізняють одна від одної задачі та цілі досліджень. Для моделей застосовують такі назви: система «Двигун - машина», система «Водій - автомобіль - дорога», система «Людина - транспортний засіб - дорога» та ін. [10, 11].

У наукових працях доктора технічних наук Гутаревича Ю.Ф. [11] та інших вчених розглядаються математичні моделі систем «Водій - автомобіль - дорога». Об'єктами дослідження в роботах є автомобілі та інші транспортні засоби з бензиновими та дизельними двигунами.

Для проведення досліджень розглядається математична модель автобуса з дизельним двигуном, який працює на дизельному паливі або на суміші дизельного та біодизельного палив В20.

Водій в даній математичній моделі розглядається як алгоритм управління автомобілем, що змінює величину подачі палива в дизельний двигун, вимикає та вмикає зчеплення, забезпечує змінення передачі коробки передач та виконує гальмування.

В математичній моделі розглядаються такі умови навколишнього середовища як тиск, температура та коефіцієнт опору повітря. Дорога описується коефіцієнтом опору кочення коліс та кутом повздовжнього нахилу.

В запропонованій моделі представлених автобус з дизельним двигуном, що працює на дизельному паливі та суміші В25. В систему математичної моделі входить 3 підсистеми [12]:

- дорога;
- навколишнє середовище;
- автомобіль, в який включено силову установку, трансмісії та кузов із колесами.

Сукупність різноманітних факторів таких як: передача в коробці передач; положення педалі ввімкнення зчеплення; положення педалі гальма; коефіцієнт опору кочення коліс; кут повздовжнього нахилу дороги; коефіцієнт опору повітря впливають на трансмісію та кузов з колесами.

Як основа моделі розглядається загальновідоме з теорії автомобіля рівняння руху [13], у вигляді [14]:

$$F_{\kappa} = F_f + F_w \pm F_j \pm F_a, \quad (2.1)$$

де F_{κ} - сила тяги на ведучих колесах автомобіля;

F_f - сила опору кочення коліс;

F_w - сила опору повітря;

F_j - сила інерції автомобіля;

F_α - сила опору підйому.

Для спростити розрахунки запишемо рівняння руху автомобіля (2.1) як суму моментів сил, що діють на нього. Для цього рівняння руху домножаємо на радіус коліс:

$$M_{ек} = M_f + M_w \pm M_j \pm M_\alpha, \quad (2.2)$$

де $M_{ек}$ - ефективний крутний момент двигуна, приведений до ведучих коліс;

M_f - момент сили опору кочення коліс;

M_w - момент сили опору повітря;

M_j - момент сили інерції автомобіля;

M_α - момент сили опору підйому.

Ефективний крутний момент двигуна, приведений до ведучих коліс автомобіля:

$$M_{ек} = M_e \cdot i_{mp} \cdot \eta_{mp}, \quad (2.3)$$

де M_e - ефективний крутний момент двигуна;

i_{mp} - загальне передаточне число трансмісії;

η_{mp} - к.к.д. трансмісії.

$$i_{mp} = i_n \cdot i_0 \cdot i_p, \quad (2.4)$$

де i_n , i_0 , i_p - передаточне число n -ої передачі, головної передачі та роздавальної передачі, відповідно.

Моментом сили опору дороги називається сума моментів сил опору кочення коліс та опору підйому:

$$M_{\text{он.дор.}} = M_f \pm M_\alpha, \quad (2.5)$$

$$M_{\text{он.дор.}} = G_a \cdot (f \cdot \cos\alpha \pm \sin\alpha) \cdot r_k, \quad (2.6)$$

де G_a - вага автомобіля, Н;

f - коефіцієнт опору кочення, який залежить від типу дороги;

α - кут повздовжнього нахилу дороги, град;

r_k - динамічний радіус колеса, м.

$$f = f_0(1 + 6,5 \cdot 10^{-4} V_a^2), \quad (2.7)$$

де f_0 - коефіцієнт опору кочення при русі автомобіля з малою швидкістю;

V_a - швидкість руху автомобіля, м/с.

Момент сили опору повітря визначається:

$$M_w = F_w \cdot k_w \cdot V_a^2 \cdot r_k, \quad (2.8)$$

де F_w - лобова площа автомобіля, м²;

k_w - коефіцієнт опору повітря, кг/м³.

Момент сили інерції автомобіля [19] визначається:

$$M_j = m_a \cdot \frac{dV_a}{dt} \cdot \delta_{\text{об}} \cdot r_k, \quad (2.9)$$

де m_a - маса автомобіля, кг;

$\frac{dV_a}{dt}$ - прискорення автомобіля, м/с²;

$\delta_{об}$ - коефіцієнт врахування впливу інерції обертових мас автомобіля.

Коефіцієнт врахування впливу інерції обертових мас автомобіля розраховують [13]:

$$\delta_{об} = 1,03 + \sigma \cdot i_n^2, \quad (2.10)$$

де σ - момент інерції обертових мас (0,05...0,07 - для легкових автомобілів; 0,04...0,05 - для вантажних);

i_n - передаточне число n -ої передачі.

Поступальний рух автомобіля V_a виражаємо через частоту обертання колінчастого валу $n_{кв}$:

$$V_a = \frac{\pi}{30} \cdot \frac{n_{кв} \cdot r_k}{i_{mp}}, \quad (2.11)$$

де $n_{кв}$ - частота обертів колінчастого валу двигуна, об/хв.

Підставивши рівняння 2.10 в 2.8, маємо:

$$M_j = m_a \cdot \frac{\pi}{30 \cdot i_{mp}} \cdot \frac{dn_{кв}}{dt} \cdot \delta_{об} \cdot r_k^2. \quad (2.12)$$

Підставивши рівняння 2.3, 2.5-2.7, 2.10, 2.11 в 2.2, отримаємо:

$$M_e \cdot i_{mp} \cdot \eta_{mp} = G_a \cdot (f \cdot \cos\alpha \pm \sin\alpha) \cdot r_k + F_w \cdot k_w \cdot \left(\frac{\pi}{30} \cdot \frac{n_{кв} \cdot r_k}{i_{mp}} \right)^2 \cdot r_k \pm \pm \frac{dn_{кв}}{dt} \cdot m_a \cdot \delta_{об} \cdot r_k^2 \cdot \frac{\pi}{30 \cdot i_{mp}}. \quad (2.13)$$

Отож, зміна частоти обертів колінчастого валу двигуна автомобіля визначається рівнянням:

$$\frac{dn_{кв}}{dt} = \frac{M_e(q_u, n_{кв}, k_{бн}) \cdot i_{мп} \cdot \eta_{мп} - G_a \cdot (f \cdot \cos\alpha \pm \sin\alpha) \cdot r_{к} - F_w \cdot k_w \cdot V_a^2 \cdot r_{к}}{m_a \cdot \delta_{об} \cdot r_{к}^2 \cdot \frac{\pi}{30 \cdot i_{мп}}}, \quad (2.14)$$

де q_u - циклова подача суміші палив;

$k_{бн}$ - частка біодизельного палива в суміші.

Рух автомобіля описується рівнянням:

$$\frac{dV_a}{dt} = \frac{M_e(q_u, n_{кв}, k_{бн}) \cdot i_{мп} \cdot \eta_{мп} - G_a \cdot (f \cdot \cos\alpha \pm \sin\alpha) \cdot r_{к} - F_w \cdot k_w \cdot \left(\frac{\pi}{30} \cdot \frac{n_{кв} \cdot r_{к}}{i_{мп}} \right)^2 \cdot r_{к}}{m_a \cdot \delta_{об} \cdot r_{к}}. \quad (2.15)$$

При русі автомобіля необхідний крутний момент двигуна для подолання опору руху автомобіля рівний моменту зовнішнього навантаження:

$$M_e = M_{нав}. \quad (2.16)$$

Розганяючись з місця або при включенні наступної передачі, зчеплення поступово включається і пробуксовує, а частота обертання колінчастого валу двигуна $n_{кв}$ знижується. При зниженні частоти $n_{кв}$ через зчеплення передається крутний момент M_e і момент інерції, що виникає при виділенні кінетичної енергії рухомих мас двигуна, в основному маховика. Цей момент дорівнює:

$$M_{зч} = M_e + J_{\delta} \cdot \frac{dn_{кв}}{dt}, \quad (2.17)$$

де J_{δ} - момент інерції двигуна, кг·м²;

$\frac{dn_{кв}}{dt}$ - кутове сповільнення колінчастого валу двигуна, що залежить від швидкості

включення зчеплення.

Розраховуючи зчеплення автомобілів приймають, що воно має передавати максимальний крутний момент в 1,2-1,7 рази більший, порівняно з максимальним ефективним крутним моментом двигуна.

Рівняння (2.13) та (2.14) описують зміну частоти обертів колінчастого валу двигуна та рух автомобіля при увімкненому зчепленні.

При вимкненому зчеплення значення кутової швидкості колінчастого валу двигуна зменшується, а момент інерції двигуна витрачатись на подолання його моменту механічних втрат. Представимо рівняння руху двигуна при вимкненому зчепленні у вигляді:

$$J_{\delta} \cdot \frac{dn_{кв}}{dt} = M_m \cdot \frac{30}{\pi}, \quad (2.18)$$

де M_m - момент механічних втрат, Н·м.

Сповільнення автомобіля, при увімкненому зчепленні, характеризується таким диференціальним рівнянням:

$$\frac{dV_a}{dt} = \frac{M_m \cdot i_{mp} \cdot \eta_{mp} - G_a \cdot (f \cdot \cos\alpha \pm \sin\alpha) \cdot r_{\kappa} - F_w \cdot k_w \cdot V_a^2 \cdot r_{\kappa}}{m_a \cdot \delta_{об} \cdot r_{\kappa}}. \quad (2.19)$$

В стані відключення двигуна від трансмісії рух автомобіля можна записати у такому вигляді:

$$\frac{dV_a}{dt} = \frac{-G_a \cdot (f \cdot \cos\alpha \pm \sin\alpha) - F_w \cdot k_w \cdot V_a^2}{m_a \cdot \delta_{об}}. \quad (2.20)$$

Запропоновані формули дають змогу розрахувати показники руху автомобіля з постійною швидкістю під час розгону та при сповільненні.

Для математичної моделі системи «Автомобіль з дизельним двигуном - дорога - навколишнє середовище», яка дає можливість досліджувати показники руху автомобіля, який працює на суміші дизельного та біодизельного палив різного складу використовують такі вхідні дані як показники алгоритму управління автомобілем, дороги та умов навколишнього середовища, які мають вплив на показники роботи двигуна, а саме на ефективний крутний момент M_e та частоту обертів колінчастого валу $n_{кв}$. Ефективний крутний момент двигуна дорівнює:

$$M_e = M_i - M_m, \quad (2.21)$$

де M_i - індикаторний момент двигуна, Н·м;

M_m - момент механічних втрат двигуна, Н·м.

Ефективний крутний момент двигуна M_e залежить від циклової подачі суміші палив q_u , частоти обертів колінчастого валу $n_{кв}$ та вмісту біодизельного палива в суміші $k_{бн}$ (0...1) [15].

$$M_e = f(q_u, n_{кв}, k_{бн}). \quad (2.22)$$

В даній роботі циклову подачу суміші палив q_u та частку біодизельного палива в суміші $k_{бн}$ представлено як кількість підведеної теплоти Q . Тоді, маємо:

$$Q = f(q_u, k_{бн}), \quad (2.23)$$

$$M_e = f(Q, n_{кв}). \quad (2.24)$$

Значення $M_e(Q, n_{кв})$ та $Q(q_u, k_{\delta n})$ визначаються експериментально, а згодом, апроксимуються. Дослідивши попередні дослідження встановлено, що загальний вигляд таких залежностей доцільно записувати такими поліномами:

$$M_e = a_1 + a_2 \cdot Q + a_3 \cdot n_{кв} + a_4 \cdot Q^2 + a_5 \cdot n_{кв}^2 + a_6 \cdot Q \cdot n_{кв}, \quad (2.25)$$

$$Q = b_1 + b_2 \cdot q_u + b_3 \cdot k_{\delta n} + b_4 \cdot q_u^2 + b_5 \cdot k_{\delta n}^2 + b_6 \cdot q_u \cdot k_{\delta n}, \quad (2.26)$$

де $a_1, a_2 \dots a_6, b_1, b_2 \dots b_6$ - постійні коефіцієнти апроксимації.

Циклова подача палива визначається за формулою:

$$q_u = c_1 + c_2 \cdot n_{кв} + c_3 \cdot \varphi_q + c_4 \cdot n_{кв}^2 + c_5 \cdot \varphi_q^2 + c_6 \cdot n_{кв} \cdot \varphi_q, \quad (2.27)$$

де $c_1, c_2 \dots c_6$ - постійні коефіцієнти апроксимації.

Годинна витрата палива визначається за формулою:

$$G_{нал} = 3 \cdot 10^{-5} \cdot n_{кв} \cdot i_u \cdot q_u, \quad (2.29)$$

де i_u - кількість циліндрів;

q_u - циклова подача палива, мг/цикл.

Сумарна витрата палива за певний проміжок часу визначається:

$$G_{нал.сум} = \sum_{i=1}^n \frac{G_{нал(i-1)} + G_{нал.i}}{2 \cdot 3600} \cdot \Delta t, \quad (2.30)$$

де $\frac{G_{нал(i-1)} + G_{нал.i}}{2 \cdot 3600}$ - середнє значення годинної витрати палива за елементарний

відрізок часу Δt ; Δt - крок інтегрування.

Динамічний фактор автомобіля визначається за формулою динамічного балансу [10]:

$$D_a = \psi + \delta_{об} \frac{j}{g}, \quad (2.31)$$

де $\psi = f \cdot \cos \alpha + \sin \alpha$ - коефіцієнт дорожнього опору;

j - прискорення автомобіля, м/с²;

g - прискорення вільного падіння, м/с².

Процес розгону автомобіля з місця визначається двома основними періодами [11]:

1 період. Рушання автомобіля з буксуючим зчепленням, що сприяє збільшенню частоти обертання веденої частини зчеплення та швидкості руху автомобіля. Даний період закінчується при однакових значеннях частоти обертання колінчастого валу двигуна та зчеплення.

2 період. Розгін автомобіля при заблокованому зчепленні.

Розглянемо процес розгону автомобіля з нульової швидкості, що включає в себе початкове рушання та подальший розгін з перемиканням передач. При рушанні з місця водій вимикає зчеплення та вмикає першу передачу. Поступово збільшуючи оберти колінчастого валу двигуна до досягнення обертів $n_{руш}$, водій починає включати зчеплення. При цьому припускається, що водій продовжує вмикати зчеплення одночасно зі збільшенням подачі палива в двигун та підвищенням обертів колінчастого валу, що зазвичай спостерігається в реальних умовах експлуатації [11]. Цей процес триває до моменту, коли частоти обертання колінчастого валу двигуна та первинного валу коробки передач вирівнюються. На цьому етапі зчеплення повністю вмикається, і водій збільшує подачу палива в двигун.

У роботах вчених Гутаревича Ю.Ф. [11, 16, 17] пропонується розглядати зміну крутного моменту двигуна при рушанні автомобіля відповідно до лінійного закону.

Розгін двигуна з частоти холостого ходу $n_{квхх}$ до $n_{руш}$ описується залежністю:

$$\frac{dn_{кв}}{dt} = M_e \cdot \frac{30}{J_\delta \cdot \pi}. \quad (2.32)$$

В 1-му періоді рушання автобуса з місця частоти обертання колінчастого валу двигуна і веденої диска зчеплення та їх зміна будуть відрізнятись, тому необхідно розглядати їх окремо.

В цьому випадку зміна обертів колінчастого валу двигуна автобуса описується рівнянням:

$$\frac{dn_{кв}}{dt} = (M_e - M_{зч}) \cdot \frac{30}{J_\delta \cdot \pi}, \quad (2.33)$$

де $M_{зч}$ - момент тертя зчеплення, Н·м.

Рух веденого диска зчеплення:

$$\frac{dn_{зч}}{dt} = (M_{зч} - M_{оп.руш}) \cdot \frac{30}{J_a \cdot \pi}, \quad (2.34)$$

де $M_{оп.руш}$ – момент опору руху автобуса при рушанні з місця, Н·м;

J_a - момент інерції веденого диска зчеплення з урахуванням з'єднаних з ним обертових мас автобуса.

При рушанні автобуса з він подолає сили опору руху, що виникають, тобто крутний момент на первинному валу коробки передач, який передається через зчеплення від колінчастого валу двигуна повинен бути більшим ніж момент сил опору руху, приведений до первинного валу коробки передач.

Під час розгону автобуса з місця до повного ввімкнення зчеплення його швидкість ще досить мала, то при розрахунку моменту сил опору руху автомобіля $M_{оп.руш}$ в даному випадку можна знехтувати силою опору повітря.

Момент сили опору руху автобуса при рушанні розраховується за наступною формулою:

$$M_{оп.руш} = \frac{G_a \cdot (f \cdot \cos\alpha + \sin\alpha) \cdot r_k + m_a \cdot \delta_{об} \cdot \frac{dV_a}{dt} \cdot r_k}{i_n \cdot i_0 \cdot i_p \cdot \eta_{мп}}. \quad (2.35)$$

Швидкість, автобуса при повному ввімкненні зчеплення розраховується за формулою:

$$V_{min1} = 0,105 \frac{r_k \cdot n_{руш}}{i_1 \cdot i_0 \cdot i_p}. \quad (2.36)$$

Прискорення автобуса під час рушання при буксуючому зчепленні розраховується за формулою:

$$j_{руш} = \frac{M_{зч} \cdot i_n \cdot i_0 \cdot i_p \cdot \eta_{мп} - G_a \cdot (f \cdot \cos\alpha + \sin\alpha) \cdot r_k}{m_a \cdot \delta_{об} \cdot r_k}. \quad (2.37)$$

Час рушання автобуса при буксуючому зчепленні розраховується за формулою:

$$t_{руш} = \frac{V_{min1}}{j_{руш}}. \quad (2.38)$$

Шлях, який пройде автобуса під час рушання при буксуючому зчепленні розраховується за формулою:

$$S_{руш} = \frac{V_{\min 1}}{2} \cdot \Delta t_{руш}. \quad (2.39)$$

Швидкість автобуса, що відповідає частоті n_{\max} розраховується:

$$V_{\max 1} = 0,105 \frac{r_k \cdot n_{\max}}{i_1 \cdot i_0 \cdot i_p}, \quad (2.40)$$

де n_{\max} - частота обертів колінчастого валу двигуна, при перемиканні передачі.

Тривалість розгону на першій передачі при заблокованому зчепленні від швидкості $V_{\min 1}$ до $V_{\max 1}$ розраховується за формулою:

$$t_1 = \frac{2(V_{\max 1} - V_{\min 1})}{j_{\max 1} + j_{\min 1}}, \quad (2.41)$$

де $j_{\max 1}, j_{\min 1}$ - прискорення автобуса, що на початку і в кінці інтервалу розгону автомобіля на 1 передачі.

При досягненні частоти обертання колінчастого валу двигуна, тієї при якій здійснюється перемикання передачі, подача палива зупиняється, водій вимикає зчеплення та перемикає передачу з першої на другу. Після блокування зчеплення автомобіля розганяється на другій передачі. Процес перемикання передачі проходить за певний проміжок часу $t_{1:2}$.

За цей час швидкість автобуса зменшується, оскільки зчеплення вимкнене, а на автобуса діють сили опору кочення коліс та опору повітря.

Тому, використовуючи другий закон Ньютона зниження швидкості автобуса під час перемикання передачі розрахуємо за формулою:

$$\Delta V_{1:2} = \frac{F_{\kappa} + F_n}{m_a} \cdot \Delta t_{1:2}, \quad (2.42)$$

де $t_{1:2}$ - час перемикання з 1-ої передачі на 2-гу;

F_n - сила опору повітря, Н;

F_{κ} - сила опору кочення коліс, Н;

m_a - маса автомобіля, кг.

Сили опору кочення коліс та опору повітря розраховуються за формулами:

$$F_{\kappa} = G_a \cdot f, \quad (2.43)$$

$$F_n = F_w \cdot k_w \cdot V_{\max 1}^2. \quad (2.44)$$

Тоді, стартова швидкість автобуса на другій передачі буде розраховуватися:

$$V_{\min 2} = V_{\max 2} - \Delta V_{1:2}. \quad (2.45)$$

На цій швидкості та включеній другій передачі частота обертів колінчастого валу двигуна рівна:

$$n_{\min 2} = \frac{V_{\min 2} \cdot i_1 \cdot i_0 \cdot i_p}{0,105 \cdot r_{\kappa}}. \quad (2.46)$$

Аналогічно повторюється розрахунок при перемиканні на кожен вищу передачу. Так, загальний час розгону автобуса до максимальної швидкості на вищій передачі розраховуються:

$$t = t_{\text{пуш}} + t_1 + t_{1:2} + t_2 + t_{2:3} \dots + t_{n-1} + t_{(n-1):n} + t_n, \quad (2.47)$$

де n - кількість передач.

Відстань розгону на першій передачі з швидкості V_{\min} до V_{\max} розраховується:

$$S_1 = 0,5 \cdot (V_{\max 1} + V_{\min 1}) \cdot t_1. \quad (2.48)$$

Відстань, яку проїжджає автобус під час перемикування передач при вимкненому зчепленні розраховується за формулою:

$$S_{1:2} = 0,5(V_{\max 1} + V_{\min 2})t_{1:2}. \quad (2.49)$$

Тоді, загальний шлях розгону автобуса до максимальної швидкості на вищій передачі рівний:

$$S = S_{\text{пуш}} + S_1 + S_{1:2} + S_2 + S_{2:3} \dots + S_{n-1} + S_{(n-1):n} + S_n. \quad (2.50)$$

Використання математичної моделі дозволяє провести аналіз техніко-економічних характеристик автомобіля, який працює на суміші дизельного та біодизельного палива.

При розрахунках значення положення важеля подачі палива змінюється від "0" до "1", і час, необхідний для цієї зміни, складає 1,5 секунди. Таким чином, будь-яка корекція положення важеля подачі палива займає час, який пропорційний 1,5 секундам, і це пропорційно залежить від зміни циклової подачі палива в циліндр двигуна.

Процес розгону колінчастого валу двигуна до досягнення частоти обертання $n_{\partial 1}$ чи $n_{\partial 2}$ відбувається таким чином. За 50 обертів на хвилину до досягнення необхідної частоти обертання колінчастого валу двигуна значення положення важеля подачі палива починає зменшуватись. Розгін до установленної частоти

обертання колінчастого валу дизеля розглядається як завершений, коли $n_{\partial 1} = n_{\partial}$ та $M_{нав} = M_e$; після цього переходимо до наступного етапу розгону чи сповільнення до потрібної частоти обертання колінчастого валу. При розгоні або сповільненні автомобіля, при потребі, відбувається перемикання передач.

2.3 Висновки до розділу 2

1. Проведено аналіз протікання робочих процесів в циліндрах дизельного двигуна при застосуванні суміші дизельного та біодизельного палива.

2. Представлена математична модель руху автобуса, яка дозволяє визначити обсяг використаної суміші дизельного та біодизельного палива.

3. Розроблено алгоритм для проведення розрахункових досліджень впливу використання біодизельного палива на характеристики автобуса.

РОЗДІЛ 3

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВИКОРИСТАННЯ СУМІШІ ПАЛИВ НА ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ АВТОБУСА

3.1 Опис вихідних даних для проведення розрахункових досліджень

Розрахункове дослідження проводилось для автобуса Богдан 70132 державний номер АВ0547АА. Автобус рухався за маршрутом 32 «Сабарів - Залізничний вокзал» (рис. 3.1), який складається з 23 зупинок в прямому напрямку руху та 24 зупинок в зворотному (табл. 3.1).

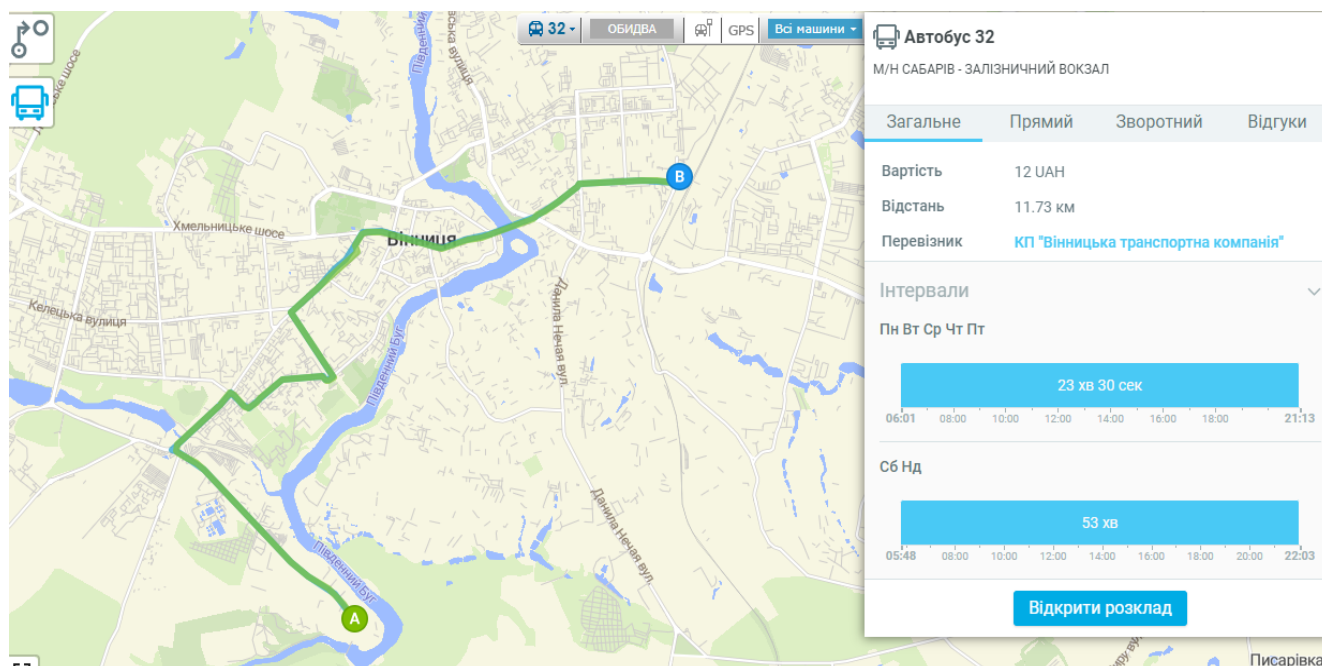


Рисунок 3.1 – Схема руху автобусів за маршрутом № 32

Вихідні дані для розрахунку витрати палива автобусом Богдан 70132 державний номер АВ0547АА були отримані у за допомогою GPS-трекера з GSM-модулем (рис. 3.2) та датчиком миттєвої витрати палива, якими обладнанні автобуси КП «Вінницька транспортна компанія».

Таблиця 3.1 – Перелік зупинок за маршрутом №32

	Прямий напрямок		Зворотній напрямок
1	Сабарів	1	Залізничний вокзал
2	вул. Олексія Миргородського	2	вул. Папаніна
3	вул. Панаса Мирного	3	Центральний ринок
4	Автобусний парк	4	пл. Перемоги
5	вул. Вишнева	5	Музей Коцюбинського
6	Автогосподарство	6	вул. Соборна
7	м/н Академічний	7	Майдан Незалежності
8	Храм Стрітєння Господнього	8	Майдан Небесної Сотні
9	вул. Академіка Ющенка	9	вул. Валентина Отамановського
10	м/н Поділля	10	Лікарня ім. Пирогова
11	ТЦ "Поділля City"	11	Ринок "Урожай"
12	вул. Скалецького	12	вул. Скалецького
13	Ринок "Урожай"	13	ТЦ "Поділля City"
14	Лікарня ім. Пирогова	14	м/н Поділля
15	вул. Валентина Отамановського	15	вул. Академіка Ющенка
16	Майдан Небесної Сотні	16	вул. Зодчих
17	Майдан Незалежності	17	Храм Стрітєння Господнього
18	вул. Мури	18	м/н Академічний
19	пл. Героїв Чорнобиля	19	Автогосподарство
20	пл. Перемоги	20	вул. Вишнева
21	Центральний ринок	21	Автобусний парк
22	вул. Папаніна	22	вул. Панаса Мирного
23	Залізничний вокзал	23	вул. Олексія Миргородського
-		24	м/н Сабарів

Системою моніторингу GPS можна контролювати місцезнаходження транспортних засобів або техніки, визначати їх швидкість і напрямок руху,

фіксувати пройдений шлях та зупинки, перетин контрольних зон, відхилення від заданих маршрутів і графіків, вимірювати витрати пального протягом обраного періоду, розраховувати витрати пального на 100 км. Також система надає інформацію про місце, час та обсяг паливозаправних операцій.

Система моніторингу GPS складається з двох ключових компонентів: бортового обладнання (GPS-трекери та датчики рівня палива) і програмного забезпечення з картами і звітами.

Програмне забезпечення для відстеження руху транспорту за допомогою GPS складається з двох головних частин. Другий компонент будь-якої такої системи - це програмне забезпечення (ПЗ) із вбудованими картами і звітами. Крім того, це ПЗ може взаємодіяти із WEB-картами та супутниковими знімками.

Існують два основних варіанти організації робочого місця диспетчера у системі відстеження: використання клієнтського ПЗ та використання WEB-сервісу (WEB-інтерфейсу).

WEB-сервіс застосовується в разі потреби контролювати обмежену кількість транспортних засобів і при фокусуванні на оперативному відстеженні GPS-координат. Цей сервіс доступний з будь-якого комп'ютера, проте він працює лише через Інтернет. WEB-сервіс є простим та зручним, але не найкращим вибором для важких завдань.

Інформація в WEB-сервісі зберігається обмежений час, зазвичай не більше місяця. Звіти в такій системі можна формувати лише за обмежений період - не довше місяця. Трек руху транспортних засобів доступний лише за останні три дні одночасно. Швидкість формування треків і звітів у WEB-сервісі значно повільніше порівняно з використанням клієнтського програмного забезпечення, оскільки вам необхідні як дані про рух, так і саме програмне забезпечення.

Несумненною перевагою системи моніторингу із WEB-сервісом є можливість відстежувати розташування транспортних засобів з будь-якого місця і за будь-якого пристрою - комп'ютера, планшета або смартфона.

Принцип роботи системи GPS-моніторингу транспорту базується на використанні GPS/GSM-терміналу як основного пристрою. Цей термінал виконує різноманітні функції, такі як визначення координат за допомогою супутникового приймача, збір інформації від бортового обладнання і додаткових датчиків, передача даних каналами GSM-зв'язку, а також управління бортовим обладнанням згідно з командами від оператора. Зібрана інформація надсилається на сервер обробки у формі бінарного AVL-пакета, який включає "знімок" отриманих даних - час, координати, значення внутрішніх і зовнішніх параметрів. Користувач може потім отримати цю інформацію з сервера через клієнтську частину програмного забезпечення або, в деяких випадках, безпосередньо через браузер, використовуючи WEB-інтерфейс системи.

Переваги використання системи GPS-моніторингу транспорту включають:

Скорочення пробігів автотранспорту: оптимізація маршрутів і перерозподіл транспортного потоку призводять до зменшення пробігу на 5-15%.

Виключення "людського фактору": система контролю автотранспорту мінімізує неправомірне використання транспорту для особистих цілей або виконання непланових рейсів.

Підвищення ефективності використання транспорту: автоматизована диспетчеризація з контролем у реальному часі зменшує час простою техніки та підвищує завантаження транспорту.

Покращення якості обслуговування клієнтів: ефективне управління на основі постійного контролю дозволяє прискорити обслуговування клієнтів і швидко вирішувати спірні ситуації.

Зменшення витрат на паливо на 20-30%.

Використовуючи GPS-трекер з GSM-модулем та датчиком миттєвої витрати палива були отримані дані по витраті палива, пройденій відстані та швидкості руху автобуса за маршрутом №32 «Сабарів - Залізничний вокзал», дані представлені в табл. 3.2 – 3.3.

Таблиця 3.2 - Загальний звіт по роботі автобуса на маршруті №32 «Сабарів - Залізничний вокзал»

Параметр	Значення
Об'єкт	Автобус Богдан АВ 0547 АА
Початок замірів	2023-11-28 00:00:00
Закінчення замірів	2023-11-28 23:59:59
Пробіг загальний	202.02 км
Витрати по датчику рівня палива в баку	89.29 л
Витрати по датчику абсолютної витрати палива (по бортовому комп'ютеру)	73.10 л
Середня витрата по датчику рівня палива в баку	44.20 л/100 км
Середня витрата по датчику абсолютної витрати палива (по бортовому комп'ютеру)	36.19 л/100 км
Максимальний рівень пального	222.25 л
Мінімальний рівень пального	135.35 л
Мотогодини	16:28:51
Мотогодини у русі	12:19:59
Мотогодини на холостому ходу	4:08:52
Заправка	86.05 л
Загальна кількість заправок	1
Загальна кількість витраченого пального	0.00 л
Витрати по датчику рівня палива в баку у поїздках	82.02 л
Витрати по датчику абсолютної витрати палива (по бортовому комп'ютеру) у поїздках	69.10 л

Продовження табл. 3.2

Середні витрати по датчику рівня палива в баку у поїздках	40.69 л/100 км
Середні витрати по датчику абсолютної витрати палива (по бортовому комп'ютеру) у поїздках	34.28 л/100 км
Витрати по датчику рівня палива в баку у русі	81.02 л
Витрати по датчику абсолютної витрати палива (по бортовому комп'ютеру) у русі	66.40 л
Витрати по датчику рівня палива в баку на холостому ході	6.96 л
Витрати по датчику абсолютної витрати палива (по бортовому комп'ютеру) на холостому ході	6.60 л
Середні витрати по датчику рівня палива в баку	5.34 л/год
Середні витрати по датчику абсолютної витрати палива (по бортовому комп'ютеру)г	4.43 л/год
Середні витрати по датчику рівня палива в баку в м/г у русі	6.57 л/год
Середні витрати по датчику абсолютної витрати палива (по бортовому комп'ютеру) в м/г у русі	5.38 л/год
Середні витрати по датчику рівня палива в баку на холостому ході	1.68 л/год
Середні витрати по датчику абсолютної витрати палива (по бортовому комп'ютеру) на холостому ході	1.59 л/год
Середні оберти двигуна	1020

Таблиця 3.3 – Детальний звіт по роботі автобуса на маршруті №32 «Сабарів - Залізничний вокзал»

№	Дата	Початок	Початкове положення	Кінець	Кінцеве положення	Початковий рівень палива	Кінцевий рівень палива	Пробіг
1	Всього	05:30:47	Вінниця, Сабарівське шосе, 11	22:30:56	Вінниця, вул. Олексія Миргородського	215.47 л	218.57 л	201.57 км
1.1	2023-11-28	05:30:47	Вінниця, Сабарівське шосе, 11	22:30:56	Вінниця, вул. Олексія Миргородського	215.47 л	218.57 л	201.57 км
1.1.1	2023-11-28 05:30:47	05:30:47	Вінниця, Сабарівське шосе, 11	06:02:49	Вінниця, вул. Олексія Миргородського	215.47 л	214.17 л	0.61 км
1.1.2	2023-11-28 06:10:31	06:10:31	Вінниця, вул. Олексія Миргородського	06:46:16	Вінниця, площа Привокзальна	213.90 л	208.60 л	13.17 км
1.1.3	2023-11-28 06:54:28	06:54:28	Вінниця, площа Привокзальна	07:37:40	Вінниця, вул. Олексія Миргородського	208.51 л	204.25 л	11.43 км
1.1.4	2023-11-28 07:44:54	07:44:54	Вінниця, вул. Олексія Миргородського	08:39:37	Вінниця, площа Привокзальна	203.98 л	197.86 л	11.56 км
1.1.5	2023-11-28 08:45:46	08:45:46	Вінниця, площа Привокзальна	09:33:13	Вінниця, вул. Олексія Миргородського	197.86 л	193.14 л	11.47 км
1.1.6	2023-11-28 09:45:17	09:45:17	Вінниця, вул. Олексія Миргородського	10:28:59	Вінниця, площа Привокзальна	192.86 л	187.50 л	11.51 км
1.1.7	2023-11-28 11:18:16	11:18:16	Вінниця, площа Привокзальна	12:06:23	Вінниця, вул. Олексія Миргородського	187.27 л	182.86 л	11.44 км
1.1.8	2023-11-28 12:13:29	12:13:29	Вінниця, вул. Олексія Миргородського	12:59:59	Вінниця, площа Привокзальна	182.82 л	177.85 л	11.52 км
1.1.9	2023-11-28 13:07:06	13:07:06	Вінниця, площа Привокзальна	14:50:43	Вінниця, площа Привокзальна	178.00 л	166.89 л	22.97 км
1.1.10	2023-11-28 14:58:14	14:58:14	Вінниця, площа Привокзальна	18:16:08	Вінниця, площа Привокзальна	166.94 л	148.15 л	46.04 км
1.1.11	2023-11-28 19:15:04	19:15:04	Вінниця, площа Привокзальна	20:52:47	Вінниця, площа Привокзальна	147.79 л	140.59 л	23.05 км
1.1.12	2023-11-28 21:00:14	21:00:14	Вінниця, площа Привокзальна	22:18:22	Вінниця, Сабарівське шосе, 11	140.95 л	218.07 л	26.45 км
1.1.13	2023-11-28 22:27:10	22:27:10	Вінниця, Сабарівське шосе, 11	22:30:56	Вінниця, вул. Олексія Миргородського	218.12 л	218.57 л	0.36 км
-----	Всього	05:30 :47	Вінниця, Сабарівське шосе, 11	22:30 :56	Вінниця, вул. Олексія Миргородського	215.47 л	218.57 л	201. 57 км

Продовження табл. 3.3

№	Дата, час	Швидкість	Максимальна швидкість	Кількість поїздок	Витрачено по датчику рівня палива в баку	Середня витрата датчику рівня палива в баку	Мотогодини	Середня частота обертів двигуна
1	Всього	15 км/год	65 км/год	13	82.46 л	40.69 л/100 км	13:49:4 9	1040
1.1	2023-11-28	15 км/год	65 км/год	13	82.46 л	40.69 л/100 км	13:49:4 9	1040
1.1.1	05:30:47	1 км/год	16 км/год	1	1.30 л	214.8 4 л/100 км	0:29:15	624
1.1.2	06:10:31	22 км/год	65 км/год	1	5.30 л	40.27 л/100 км	0:35:45	1101
1.1.3	06:54:28	16 км/год	43 км/год	1	4.25 л	37.22 л/100 км	0:43:12	1044
1.1.4	07:44:54	13 км/год	45 км/год	1	6.12 л	52.94 л/100 км	0:54:43	1019
1.1.5	08:45:46	14 км/год	46 км/год	1	4.73 л	41.21 л/100 км	0:47:27	1064
1.1.6	09:45:17	16 км/год	51 км/год	1	5.36 л	46.59 л/100 км	0:43:42	1055
1.1.7	11:18:16	14 км/год	46 км/год	1	4.41 л	38.54 л/100 км	0:48:07	1044
1.1.8	12:13:29	15 км/год	44 км/год	1	4.96 л	43.10 л/100 км	0:46:30	1060
1.1.9	13:07:06	13 км/год	49 км/год	1	11.11 л	48.36 л/100 км	1:43:37	1033
1.1.10	14:58:14	14 км/год	46 км/год	1	18.79 л	40.82 л/100 км	3:17:54	1041
1.1.11	19:15:04	14 км/год	45 км/год	1	7.21 л	31.26 л/100 км	1:37:43	1021
1.1.12	21:00:14	20 км/год	53 км/год	1	8.92 л	33.74 л/100 км	1:18:08	1094
1.1.13	22:27:10	6 км/год	16 км/год	1	0.9 л	- л/100 км	0:03:46	915
-----	Всього	15 км/го д	65 км/го д	13	82.46 л	40.6 9 л/10 0 км	13:49: 49	1040

Система моніторингу відслідковує весь рух автобуса та відмічає це на карті (рис. 3.2), позначаючи місця стоянки автобуса та місце заправки відповідними мітками. На карті видно три місця стояни – два кінцевих пункти маршруту та автобусний парк, де автобус перебуває під час обслуговування та нічної стоянки.

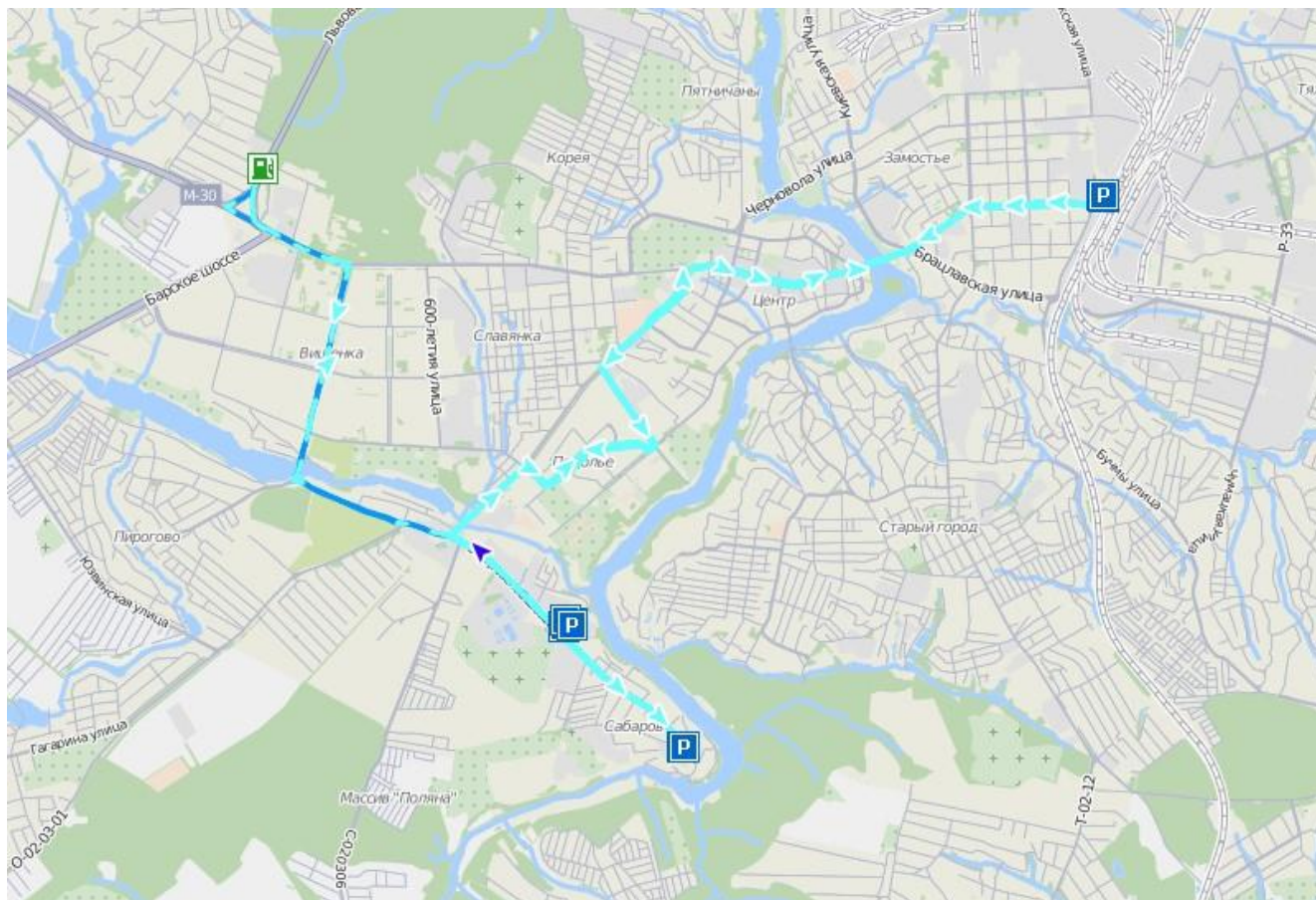


Рисунок 3.2 – Схема руху автобусе за маршрутом №32 включаючи заправку та виїзд на маршрут

3.2 Розрахункове дослідження роботи автобуса, що працює за маршрутом №32 «Сабарів - Залізничний вокзал»

Використовуючи математичну модель руху автомобіля, наведену в розділі 2 цієї роботи, проведено розрахункове дослідження витрати суміші дизельного та біодизельного палива автобусом Богдан 70132, який рухався за маршрутом №32 «Сабарів - Залізничний вокзал». При розрахунку використовувалась суміш B25

(25% біодизельного палива та 75% дизельного). Результати розрахунків наведені в табл. 3.4.

Таблиця 3.4 – Результати розрахункового дослідження витрат суміші палив В25 автобусом Богдан 70132, який рухався за маршрутом №32

№	Дата, час	Швидкість	Пробіг	Витрачено дизельного палива, л	Витрачено суміші палив		
					суміш палив, л	дизельне паливо, л	біодизельне паливо, л
1	Всього	15 км/год	201.57 км	82,46	85,26	63,94	21,31
1.1	2023.11.28	15 км/год	201.57 км	82,46	85,26	63,94	21,31
1.1.1	05:30:47	1 км/год	0.61 км	1,3	1,34	1,01	0,34
1.1.2	06:10:31	22 км/год	13.17 км	5,3	5,48	4,11	1,37
1.1.3	06:54:28	16 км/год	11.43 км	4,25	4,39	3,30	1,10
1.1.4	07:44:54	13 км/год	11.56 км	6,12	6,33	4,75	1,58
1.1.5	08:45:46	14 км/год	11.47 км	4,73	4,89	3,67	1,22
1.1.6	09:45:17	16 км/год	11.51 км	5,36	5,54	4,16	1,39
1.1.7	11:18:16	14 км/год	11.44 км	4,41	4,56	3,42	1,14
1.1.8	12:13:29	15 км/год	11.52 км	4,96	5,13	3,85	1,28
1.1.9	13:07:06	13 км/год	22.97 км	11,11	11,49	8,61	2,87
1.1.10	14:58:14	14 км/год	46.04 км	18,79	19,43	14,57	4,86
1.1.11	19:15:04	14 км/год	23.05 км	7,21	7,45	5,59	1,86
1.1.12	21:00:14	20 км/год	26.45 км	8,92	9,22	6,92	2,31
1.1.13	22:27:10	6 км/год	0.36 км	0,9	0,93	0,70	0,23
----	Всього	15 км/го д	201. 57 км	82,46	85,26	63,94	21,31

Для виконання розрахунків приймемо наступні умови:

- двигун попередньо прогрітий до робочої температури;
- враховуючи, що міський пасажиропотік має велику нерівномірність залежно від години доби, то приймається, що автобус завантажений на 75% від максимальної пасажиромісткості.

В результаті проведеного розрахункового дослідження отримали, що при роботі автобуса за маршрутом №32 «Сабарів - Залізничний вокзал» протягом дня з 05:30: 47 до 22:27: 10 працюючи в дві зміни, використовуючи суміш В25 витрата палива склала 85,26 л., що на 3,4% більше ніж при використанні тільки дизельного палива. При цьому було спожито 21,31 л. біодизельного палива та 63,94 л. дизельного. Загальний пробіг автобуса за день склав 201,57 км.

3.3 Економічний ефект від використання суміш дизельного та біодизельного палив В25 в якості палива для автобусів

Для визначення економічної ефективності використання суміші дизельного та біодизельного палива В25 потрібно розрахувати фінансові витрати на придбання палива при роботі автобуса на дизельному паливі та суміші.

Витрати на паливо в грошовому еквіваленті, визначаються за формулою:

$$Z_{\text{пал}} = G_{\text{бн}} \cdot B_{\text{бн}} + G_{\text{дн}} \cdot B_{\text{дн}}, \quad (3.1)$$

де $B_{\text{бн}}$, $B_{\text{дн}}$ – вартість біодизельного та дизельного палива, відповідно, грн/л.

Проаналізувавши ринку нафтопродуктів станом на листопад 2023 року встановлено, що середня вартість дизельного палива на автозаправних станціях (АЗС) України в середньому становить 55,17 грн/л [18]. Вартість біодизельного палива, складає 36,20 грн/л, що на 34,4% менша ніж вартість дизельного.

Визначимо витрати на паливо при роботі автобуса на дизельному паливі та сумішню палив В25 за маршрутом №32

При живленні сумішшю В25:

$$Z_{\text{нал_В25}} = 21,31 \cdot 36,20 + 63,94 \cdot 55,17 = 4298,99 \text{ грн.}$$

При живленні дизельним паливом:

$$Z_{\text{нал_дн}} = 82,46 \cdot 55,17 = 4549,32 \text{ грн.}$$

Таким чином, економія при використанні суміші В25 складає:

$$E = 4549,32 - 4298,99 = 250,99 \text{ грн.}$$

при роботі одного автобуса за маршрутом №32 «Сабарів - Залізничний вокзал».

З ціллю прогнозування економічного ефекту від використання суміші дизельного та біодизельного палив В25 в якості палива для автобусів КП «Вінницька транспортна компанія» протягом року (жовтень 2022 р – жовтень 2023 р.) розрахуємо економію при придбанні палива, приведену до 1 кілометру пробігу автобуса. Відповідно до табл. 3.4 пробіг автобуса, який рухався за маршрутом №32 протягом доби склав $S_{\text{№32}} = 201,57$ км.

Економія на придбання палива на 1 км. пробігу автобуса складає:

$$E_{1 \text{ км}} = \frac{E_{\text{№32}}}{S_{\text{№32}}}; \quad (3.2)$$

$$E_{1 \text{ км}} = \frac{250,99}{201,57} = 1,25 \text{ грн.}$$

Відповідно до табл. 1.4 загальний пробіг автобусів протягом року (жовтень 2022 р – жовтень 2023 р.), що виконують транспортну роботу в КП «Вінницька транспортна компанія» склав $S_p = 2\,370\,910$ км.

Розрахуємо економічний ефект від використання суміш палив В25 для двигунів автобусів комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія» протягом одного року:

$$E = E_{l \text{ км}} \cdot S_p; \quad (3.3)$$

$$E = 1,25 \cdot 2\,370\,910 = 2\,963\,637,50 \text{ грн.}$$

Тому, при використанні суміші дизельного та біодизельного палив В25 для автобусів комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія» протягом 1 року економія в грошовому еквіваленті складе 2 963 637,50 грн.

3.4 Розробка рекомендацій щодо використання біодизельного палива в двигунах автобусів

Починаючи з 1 березня 2010 року, в Україні діє стандарт ДСТУ 6081:2009 "Паливо для дизельних двигунів. Метиліві ефіри жирних кислот олій і жирів. Технічні вимоги." Цей стандарт узгоджується з Європейським стандартом EN14214: 2003 "Automotive fuels - Fatty acid methyl esters (FAME) for diesel engines - Requirements and test methods (паливо для двигунів внутрішнього згорання – метиліві ефіри жирних кислот – технічні вимоги та методи випробовування)".

Згідно з ДСТУ 6081 та EN14214:2003, біодизельне паливо має різницю від нафтового дизельного за наступними параметрами:

1. Кінематична в'язкість біодизельного палива удвічі більша, ніж у дизельного палива.

2. За ДСТУ 3868, дизельне паливо не має містити води, однак для біодизельного палива допускається 500 мг/кг або 0,05%. Це пов'язано з виділенням води під час реакції жирних кислот із спиртом під час виробництва.

3. Згідно з ДСТУ 3868, механічні домішки у дизельному паливі не допускаються, а для біодизельного показник не повинен перевищувати 24 мг/кг. Це пояснюється тим, що до механічних домішок у біодизельному паливі відносять нежирові домішки, віск і воскоподібні речовини, які містяться у рослинних оліях.

Згідно з ДСТУ 6081, вміст загального гліцерину у біодизельному паливі не повинен перевищувати 0,25%.

Ці стандарти ДСТУ 6081 та EN14214:2003 установлюють технічні вимоги для біодизельного палива, виготовленого на основі рослинних олій. Однак розглянуте у цій роботі біодизельне паливо вирішує деякі недоліки, наприклад, наявність гліцерину, проте механічні домішки у вигляді воскоподібних речовин залишаються, оскільки вони є складовою рослинних олій.

Вказані недоліки можуть вплинути на процес фільтрування палива через тонкі фільтри, що може бути оцінено за коефіцієнтом фільтрації.

Коефіцієнт фільтрації визначається за формулою:

$$K_{\phi} = \frac{t_2}{t_1}; \quad (3.4)$$

де t_2 - час фільтрування останніх 2 см³ палива, с;

t_1 - час фільтрування перших 2 см³ палива, с.

Відповідно до ГОСТ 19006, під час дослідження використовується однаковий об'єм палива, який складає 45 кубічних сантиметрів.

Для проведення досліджень були обрані такі типи палива:

- дизельне паливо (ДП);
- суміш дизельного та біодизельного палив В25 (25% БП та 75% ДП);
- біодизельне паливо.

Провівши аналіз попередніх досліджень були визначені час фільтрування t_1 та t_2 для дизельного, біодизельного палив і суміші В20, які представлені в табл. 3.5. Розраховані значення коефіцієнта фільтрування також представлені в табл. 3.5.

Таблиця 3.5 – Значення коефіцієнтів фільтрування для дизельного та біодизельного палив і суміші В25

Вид палива	Час фільтрування t_1 , с	Час фільтрування t_2 , с	Коефіцієнт фільтрації, K_ϕ
Дизельне паливо	99	180	1,81
Суміш палив (25% біодизельного та 75% дизельного)	152	1936	12,7
Біодизельне паливо	580	23316	40,2

Отримані результати аналізу показують, що біодизельне паливо та суміш В20 мають високі значення коефіцієнту фільтрування, які перевищують встановлені ГОСТ 305-82 норми, що не повинні перевищувати 3 одиниці. У роботі автора [19] зазначається, що при підвищенні коефіцієнту фільтрації K_ϕ до 6 необхідно зменшити термін служби фільтрів тонкої очистки у три рази.

З метою зниження значень коефіцієнту фільтрації суміші дизельного та біодизельного палива В20, були розроблені практичні рекомендації. Ці рекомендації стосуються процедури відстоювання палива після змішування та його подальшого фільтрування перед заправкою в баки. Для визначення оптимального часу відстоювання сумішевого палива проводились відповідні дослідження, Графічна залежність коефіцієнту фільтрування від часу відстоювання суміші дизельного та біодизельного палив В25 представлено на рис. 3.3.



Рисунок 3.3 –Залежність коефіцієнту фільтрування від часу відстоювання суміші палив B25

Аналіз зміни коефіцієнтів фільтрування K_f у залежності від часу відстоювання суміші палив дозволяє прийти до висновку, що для суміші B25 (25% біодизельного та 75% дизельного палива) після 72 годин значення K_f зменшується до менше ніж 3. Це свідчить про те, що такий період відстоювання забезпечує задовільні умови фільтрування через паперові фільтри тонкої очистки.

З рис. 3.5 видно, що подальше збільшення часу відстоювання пального не призводить до подальшого покращення коефіцієнтів фільтрування, оскільки значення K_f залишається на рівні 2,4.

Отримані результати досліджень дозволяють сформулювати практичні рекомендації щодо підготовки сумішевих палив перед їх заправкою у паливний бак транспортних засобів:

1. Після змішування дизельного палива з біодизельним (зі співвідношенням 25% БП та 75% ДП) рекомендується відстоювати паливо протягом 72 годин.
2. Після відстоювання необхідно злити жовтий осад, утворений у вигляді фосфоліпідів, воскоподібних сполук та домішок.

3. Отримане паливо рекомендується профільтрувати через стандартний фільтр заправної колонки.

Тривалість функціонування моторної оливи, залежно від використаного типу палива, можна визначити за допомогою розрахункового методу, який базується на певних методичних підходах та формулах, описаних у роботах [17,18]:

$$t = \frac{1}{3600} \cdot \left(\frac{G_M^{3/4} \cdot G_D^{3/4}}{N_L^{3/4} \cdot S} \cdot \left[\frac{\ln \left(\frac{\pi_{M_0}}{\pi_{M_{гр}}} \right)}{\alpha} \right] \right)^{4/9}, \quad (3.5)$$

де G_M - об'єм моторної оливи в системі мащення двигуна, м³;

G_D - маса доливу моторної оливи під час експлуатації, кг;

π_{M_0} - критерій, який характеризує початкове значення якості товарної моторної оливи (протизносні та протизадирні властивості, вміст лужної присадки, кінематична в'язкість та схильність утворювати лаки та відкладення);

$\pi_{M_{гр}}$ - критерій, який характеризує граничне значення якості моторної оливи при досягненні якого олива знімається з експлуатації.

N_L - літрова потужність двигуна, відношення потужності до сумарного об'єму циліндрів, Вт/м³;

S - вміст сірки в паливі, маса сірки в грамах на один кг палива, г/кг:

- для дизельного палива з вмістом $S = 0,2\%$ вміст сірки складає 0,002 г/кг;
- для суміші В20 вміст $S = 0,18\% = 0,0018$ г/кг.

α - коефіцієнт, який враховує швидкість зменшення лужної присадки в оливі:

- для дизельного палива з вмістом сірки 0,2%, $\alpha = 1,7 \cdot 10^{-18}$;
- для суміші В20 з вмістом сірки 0,18%, $\alpha = 1,32 \cdot 10^{-18}$.

Проведемо розрахунок терміну експлуатації моторних олив у дизельних двигунах, використовуючи дизельне паливо та суміш дизельного і біодизельного палива В25.

Для дизельного палива:

$$t = \frac{1}{3600} \cdot \left(\frac{0,011^{3/4} \cdot 2^{3/4}}{9600000^{3/4} \cdot 0,002} \cdot \left[\frac{\ln\left(\frac{7,28}{2,91}\right)}{1,7 \cdot 10^{-18}} \right] \right)^{4/9} = 375 \text{ мотогодин};$$

Для суміші В25:

$$t = \frac{1}{3600} \cdot \left(\frac{0,011^{3/4} \cdot 2^{3/4}}{9600000^{3/4} \cdot 0,0018} \cdot \left[\frac{\ln\left(\frac{7,28}{2,91}\right)}{1,32 \cdot 10^{-18}} \right] \right)^{4/9} = 439 \text{ мотогодин};$$

Отримані результати розрахунків свідчать про збільшення терміну служби моторних олив на 17% у дизельних двигунах, якщо використовувати суміш палива В25, порівняно з дизельним паливом.

За результатами проведених досліджень можна зробити наступні висновки:

1. При експлуатації транспортних засобів із дизельними двигунами на сумішевих видів палива (дизель та біодизель) термін заміни моторних олив збільшується. Чим більше біодизельного палива в суміші, тим довший термін заміни моторних олив.

Визначення терміну експлуатації моторних олив практично можливе лише за умови контролю в'язкості оливи кожні 250 мотогодин або після пробігу 8 тис. км під час технічного обслуговування (ТО-1). Зниження в'язкості призводить до втрати гідродинамічного режиму мащення у труборсистемах дизельних двигунів, в першу чергу, на деталях кривошипно-шатунного механізму, та швидкому зносу вкладишів.

2. Використання чистого біодизельного палива для транспортних засобів із дизельними двигунами є неефективним. Це призводить до зменшення потужності, збільшення витрати палива, погіршення процесу фільтрації та швидшого закоксування форсунок. Крім того, гірше випаровування біодизельного палива може ускладнити запуск дизеля в холодну погоду та зменшити в'язкість моторної оливи.

Для забезпечення безперебійної роботи паливної системи на рівні $P_0 = 0,85$ потрібно скоригувати інтервали проведення деяких технологічних операцій, (табл. 3.6).

Таблиця 3.6 - Технологічні операції і терміни їх проведення при технічному обслуговуванні паливної системи дизельних двигунів

№	Технологічна операція	
1	Відстоювання суміші палив і її фільтрування перед заправкою	72 год
2	Злив відстою з фільтрів грубої очистки	4 тис. км.
3	Заміна фільтрів тонкої очистки	16 тис. км.
4	Промивання й очищення розпилувачів форсунок	28 тис. км.
5	Контроль паливного насоса високого тиску на стенді	103 тис.км.
6	Заміна моторної оливи	21 тис. км

Отже, виконання технологічних операцій відповідно до скоригованих термінів, які наведені в таблиці 3.7, дозволяє забезпечити стабільність елементів паливної апаратури на рівні, що досягається при експлуатації на дизельному паливі.

3.5 Висновки до розділу 3

Проведено розрахунок витрати палива для автобуса, який працював на маршруті №32 «Сабарів - Залізничний вокзал». Використовуючи суміш В25 витрата палива склала 85,26 л., що на 3,4% більше ніж при використанні тільки дизельного палива. При цьому було спожито 21,31 л. біодизельного палива та 63,94 л. дизельного.

Економія коштів при використанні суміші палив В25 для автобусів муніципального підприємства "Вінницька транспортна компанія" склала 250,99 гривень за роботу протягом однієї робочої доби автобуса Богдан 70132 на маршруті №32 «Сабарів - Залізничний вокзал».

В результаті розрахунків встановлено, що річний економічний вигащ при використанні суміші палив В25 для автобусів муніципального підприємства "Вінницька транспортна компанія" складає 2 963 637,50 грн.

Встановлено, що для забезпечення оптимального коефіцієнта фільтрації суміші дизельного та біодизельного палив В25 необхідно залишати паливо в стані спокою протягом 72 годин після змішування. Після цього періоду необхідно вилити осад у вигляді фосфоліпідів і воскоподібних з'єднань разом із домішками.

Встановлено, що при експлуатації транспортних засобів із дизельними двигунами на сумішевих палива (дизельне та біодизельне пально) термін служби моторної оливи збільшується.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Завдання впровадження системи управління охороною праці – це всебічне сприяння виконанню вимог, які цілком усунуть, нейтралізують чи знижують до допустимих норм вплив на працівників шкідливих і небезпечних факторів виробничого середовища, створюють безпечні санітарно-гігієнічні та ергономічні вимоги.

Неналежний рівень охорони праці спроможний викликати соціально-економічні проблеми працівників та їх родин. Саме тому соціально-економічне значення охорони праці полягає в наступному: підвищенні продуктивності праці, збільшенні валового внутрішнього продукту, зменшенні витрат на оплату лікарняних і компенсаційних виплат за важкі умови праці тощо.

У даному розділі наводиться аналіз шкідливих, небезпечних і уражаючих для працівника і оточуючого середовища факторів, які утворюються під час проведення поліпшення паливної економічності та екологічних показників автомобілів шляхом встановлення додаткового теплового підігрівача в умовах станції технічного обслуговування. Тут розглядаються, зокрема, технічні рішення з виробничої санітарії та гігієни праці, технічні рішення з безпеки при проведенні поліпшення, безпека у надзвичайних ситуаціях.

Під час поліпшення вказаного процесу на працюючих діють ті або інші небезпечні і шкідливі виробничі фактори (НШВФ) фізичної та психофізіологічної груп згідно [20].

Фізичні НШВФ: понижена або підвищена температура повітря робочої зони, підвищений рівень шуму на робочому місці, підвищений рівень статичної електрики, відсутність або недостатність природного освітлення, недостатня освітленість робочої зони, підвищена яскравість світла, пряма або відбита блискучість.

Психофізіологічні НШВФ: нервово-психічні перевантаження: розумове перенапруження, перенапруження аналізаторів, монотонність праці.

4.1 Технічні рішення з виробничої санітарії та гігієни праці

4.1.1 Мікроклімат та склад повітря робочої зони

Показники, які характеризують мікроклімат: температура повітря, відносна вологість повітря, швидкість руху повітря, інтенсивність теплового випромінювання.

Якщо за технологічними вимогами, технічними і економічними причинами оптимальні норми не забезпечуються, то встановлюються допустимі величини параметрів мікроклімату.

Вибираємо для приміщення, в якому проводяться роботи з поліпшення паливної економічності та екологічних показників автомобілів шляхом встановлення додаткового теплового підігрівача в умовах станції технічного обслуговування, категорію важкості робіт за фізичним навантаженням – легка Іа.

Згідно із [21] допустимі параметри температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні для теплого та холодного періодів року наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Допустимі параметри мікроклімату в приміщенні [21]

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

Розкид значень температури повітря за висотою робочої зони для всіх категорій робіт допускається до 3°С. Для опромінення менше 25% поверхні тіла працівника, допустима інтенсивність теплового опромінення складає 100 Вт/м².

Повітря робочої зони не повинно містити шкідливих речовин з концентраціями вище гранично допустимих концентрацій (ГДК), що

використовуються при проектуванні виробничих приміщень (будівель), обладнання, технологічних процесів, вентиляцій, з метою контролю за якістю виробничого середовища. ГДК шкідливих речовин, що утворюються у даному виробничому приміщенні наведено в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в 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	–

З метою встановлення нормованих показників мікроклімату і чистоти повітря робочої зони передбачено:

1) в приміщенні має бути встановлена система опалення для холодного і кондиціонування для теплого періодів року;

2) з метою підвищення вологості повітря слід використовувати зволожувачі або розташовувати місткості з водою за типом акваріумів поблизу опалювальних приладів;

3) припливно-витяжна система вентиляції, а при несприятливих погодних умовах кондиціонування.

4.1.2 Виробниче освітлення

З метою забезпечення гігієнічних раціональних умов на робочих місцях значні вимоги пред'являються щодо кількісних та якісних параметрів освітлення.

З точки зору задач зорової роботи в приміщенні, в якому проводяться роботи з поліпшення паливної економічності та екологічних показників автомобілів шляхом встановлення додаткового теплового підігрівача в умовах станції технічного обслуговування, відповідно до [22] визначаємо, що вони відповідають

III розряду зорових робіт. Вибираємо контраст об'єкта з фоном – великий та характеристику фону – середню, яким відповідає підрозряд г.

Нормовані значення коефіцієнта природного освітлення (КПО) та мінімальні значення освітленості при штучному освітленні приведені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Нормовані значення КПО та мінімальні освітленості при штучному освітленні

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізн., мм	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізнення з фоном	Характеристика фону	Освітленість для штучного освітлення, ЛК			КПО, %	
						комбіноване		загальне	Природне освітлення (бокове)	Суміщене освітлення (бокове)
						всього	у т. ч. від загального			
Високої точності	0,3-0,5	III	г	великий	середній	400	200	200	2	1,2

Оскільки приміщення розташоване у м. Вінниця (2-га група забезпеченості природним світлом), а вікна розташовані за азимутом 225°, то за таких умов КПО розраховується за виразом [28, 29]

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

де e_H – табличне значення КПО, %;

m_N – коефіцієнт світлового клімату;

N – номер групи забезпеченості природним світлом.

За відомими значеннями одержимо нормовані значення КПО для бокового та суміщеного освітлення:

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

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

З метою забезпечення нормативних значень показників освітлення запропоновано:

1) за недостатнього природного освітлення у світлий час доби доповнення штучним за допомогою люмінесцентних ламп з утворенням системи суміщеного освітлення;

2) застосування загального штучного освітлення у 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.

Встановлено, що приміщення, де відбувається робота з поліпшення паливної економічності та екологічних показників автомобілів шляхом встановлення додаткового теплового підігрівача в умовах станції технічного обслуговування може містити робочі місця із шумом та вібрацією, що створюється електродвигунами системи вентиляції.

З метою попередження травмування працівників під дією шуму та вібрації вони підлягає нормуванню. Основним нормативом з питань виробничого шуму, діючим в нашій країні, є [23], у відповідності з яким нормовані рівні звукового тиску, рівні звуку і еквівалентні рівні шуму на робочих місцях в промислових приміщеннях не мають бути більшими ніж значення, які приведені у таблиці 4.4. 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 [31]

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

Для встановлення нормованих показників віброакустичних коливань в приміщенні запропоновано:

- 1) періодичне змащування підшипників вентиляторів системи вентиляції;
- 2) здійснення контролю рівнів шуму та вібрації.

4.1.4 Виробничі випромінювання

Проведений аналіз умов праці показав, що приміщення, де проводиться робота з поліпшення паливної економічності та екологічних показників автомобілів шляхом встановлення додаткового теплового підігрівача в умовах станції технічного обслуговування може містити електромагнітні випромінювання.

Гранично допустимі рівні електромагнітних полів наведені 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 і досягнення нормованих рівнів випромінювань необхідно використовувати екранування робочого місця і скорочення часу опромінення за рахунок перерв на відпочинок.

4.2 Технічні рішення з безпеки при проведенні поліпшення експлуатаційних показників двигунів використанням біодизельного палива для автобусів комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія»

4.2.1 Безпека щодо організації робочих місць

Конструкція робочого місця, взаємне розташування його елементів і його розміри мають відповідати антропометричним, психофізіологічним і фізіологічним характеристикам працівника, а також характеру праці [23].

Конструкція робочого столу повинна забезпечувати можливість оптимального розміщення на робочій поверхні обладнання, що використовується, з урахуванням його кількості, розмірів, конструктивних особливостей та характеру роботи, яка виконується.

При розміщенні робочих місць у приміщеннях з джерелами шкідливих та небезпечних виробничих факторів, вони повинні розташовуватися в абсолютно ізольованих кабінетах з природним освітленням та організованою вентиляцією. Площа, на якій розташовується одне робоче місце для обслуговуючого персоналу, має становити не менше 6,0 м², об'єм приміщення – не менше ніж 20 м³, висота – не менше 3,2 м [24].

Інтер'єр приміщень потрібно оздоблювати дифузно-віддзеркалювальними матеріалами з коефіцієнтом відбиття: стелі 0,7-0,8; стін 0,4-0,5; підлоги 0,2-0,3. Поверхня підлоги повинна бути рівною, не слизькою, без вибоїн, мати антистатичні властивості, зручною для вологого прибирання. Не дозволяється застосовувати під час оздоблення інтер'єру полімери, що виділяють у повітря шкідливі хімічні речовини.

4.2.2 Електробезпека

Причинами ураження електричним струмом у цьому приміщенні можуть бути: робота під напругою під час проведення ремонтних робіт, несправність устаткування, випадкове торкання до струмоведучих частин або металевих частин, які опинилися під напругою. У відповідності до [25] дане приміщення відноситься до приміщень із підвищеною небезпекою ураження електричним струмом через наявність високої (понад 75 %) вологості.

Тому безпека експлуатації електрообладнання має забезпечуватись рядом заходів, що включають використання ізоляції струмовідних елементів, захисного заземлення, захисних блокувань тощо [25].

4.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях

Відповідно до [26] приміщення, де проводиться робота з поліпшення паливної економічності та екологічних показників автомобілів шляхом встановлення додаткового теплового підігрівача в умовах станції технічного обслуговування, відноситься до категорії пожежної небезпеки А, яка характеризується наявністю легкозаймистих рідин з температурою спалаху не більше 28 °С, що застосовуються при проведенні поліпшення. Дане приміщення відноситься до 2-го ступеня вогнестійкості, в якому приміщення знаходяться в будівлі з несучими та огорожувальними конструкціями з природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону, залізобетону із застосуванням листових і плитних негорючих матеріалів.

Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій розглядуваного приміщення наведені в таблиці 4.7 і являють собою час, протягом якого конструкції затримують поширення вогню, оцінюється межею вогнестійкості. Межа вогнестійкості конструкції визначається часом в хвилинах від початку сприймання вогню до утворення в конструкціях наскрізних тріщин або отворів, підвищення температури на поверхні, що не обігрівається вище допустимої, руйнування конструкції.

Таблиця 4.7 – Значення мінімальних меж вогнестійкості приміщення [27]

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
2	REI 120 M0	REI 60 M0	E 15 M0	EI 15 M0	R 120 M0	R 60 M0	REI 45 M0	REI 15 M0	R 30 M0

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.

В таблиці 4.8 наведено протипожежні норми проектування будівель і споруд. Для попередження поширенню пожежі з одної споруди на іншу між ними влаштовують протипожежні розриви, що залежать від ступеня вогнестійкості будівлі. Ширина евакуаційного виходу (дверей) із приміщень визначається в залежності від загальної кількості людей, що евакуюються через цей вихід і кількості людей на 1 м ширини виходу (дверей).

Таблиця 4.8 – Протипожежні норми проектування будівель і споруд [28]

Об'єм приміщення, тис. м ³	Категорія пожежної безпеки	Ступінь вогнестійкості	Відстань, м, при щільності людського потоку в загальному проході, осіб/м ²			Кількість людей на 1 м ширини евакоходу	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	2	40	25	15	45	9	9	12	6	н.о.	–	–

Примітка: н.о. – не обмежується

Встановлюємо, що приміщення, де проводиться робота з поліпшення, має бути обладнане двома вогнегасниками, пожежним щитом, а також ємністю з піском [29].

4.4 Висновки до розділу 4

Під час написання цього розділу було опрацьовано такі питання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях, як технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії, технічні рішення з безпеки при проведенні поліпшення паливної економічності та екологічних показників автомобілів шляхом встановлення додаткового теплового підігрівача в умовах станції технічного обслуговування, безпека у надзвичайних ситуаціях.

ВИСНОВКИ

1. Проаналізувавши структуру автобусного парку КП "Вінницька транспортна компанія" встановлено, що 73% автобусів використовують дизельне паливо в двигунах, 25% стиснений природній газ та 1 електробус. Проаналізувавши споживання палива автобусами встановлено, що середнє місячне використання дизельного палива автобусами складає 88 тис. л, та спричиняє великі витрати на паливо. Одним із найбільш легких та ефективних в реалізації способом зменшення витрат на паливо є використання біодизельного палива для двигунів автобусів.

2. Проведено аналіз протікання робочих процесів в циліндрах дизельного двигуна при застосуванні суміші дизельного та біодизельного палива.

3. Представлена математична модель руху автобуса, яка дозволяє визначити обсяг використаної суміші дизельного та біодизельного палива.

4. Проаналізувавши способи використання біодизельного палива встановлено, що найбільш доцільним є використання саме суміші В25 для зменшення експлуатаційних витрат автобусів комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія».

5. Розроблено алгоритм для проведення розрахункових досліджень впливу використання біодизельного палива на характеристики автобуса

6. Проведено розрахунок витрати палива для автобуса, який працював на маршруті №32 «Сабарів - Залізничний вокзал». Використовуючи суміш В25 витрата палива склала 85,26 л., що на 3,4% більше ніж при використанні тільки дизельного палива. При цьому було спожито 21,31 л. біодизельного палива та 63,94 л. дизельного.

7. Економія коштів при використанні суміші палив В25 для автобусів муніципального підприємства "Вінницька транспортна компанія" склала 250,99 гривень за роботу протягом однієї робочої доби автобуса Богдан 70132 на маршруті №32 «Сабарів - Залізничний вокзал».

8. В результаті розрахунків встановлено, що річний економічний вигравш при використанні суміші палив B25 для автобусів муніципального підприємства "Вінницька транспортна компанія" складає 2 963 637,50 грн.

9. Встановлено, що для забезпечення оптимального коефіцієнта фільтрації суміші дизельного та біодизельного палив B25 необхідно залишати паливо в стані спокою протягом 72 годин після змішування. Після цього періоду необхідно вилити осад у вигляді фосфоліпідів і воскоподібних з'єднань разом із домішками.

10. Встановлено, що при експлуатації транспортних засобів із дизельними двигунами на сумішевих палива (дизельне та біодизельне пально) термін служби моторної оливи збільшується.

11. Розроблено розділ з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Галушак О.О. Поліпшення експлуатаційних показників двигунів муніципальних автобусів використанням біодизельного палива // О.О. Галушак, Д.О. Галушак, В.О. Кириченко / Матеріали XVI міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту», 23-25 жовтня 2023 року: збірник наукових праць. Вінниця: ВНТУ, 2023. С. 122-124.
2. Вінницький трамвай. [Електронний ресурс]: Транспортний сайт міста Вінниця. – Режим доступу: <http://depo.vn.ua/novosti/vttu/nezabarom-rozbochne-pratsyuvati-novii-avtobusnii-park>
3. Семенов В.Г. Біодизельне паливо для України / В.Г. Семенов // Вісник Національної академії наук України. – 2007. – №4. – С. 18-22.
4. Галушак Д.О. Теоретичні підходи щодо поліпшення економічних та екологічних показників автомобіля зміною відсоткового складу суміші дизельного та біодизельного палив в залежності від його навантаження / Д.О. Галушак // Вісник ЖДТУ. – Житомир, 2014. – №2 (69). – С. 71-73.
5. Westbrook S.R. An Evaluation and Comparison of Test Methods to Measure the Oxidation Stability of Neat Biodiesel / S.R. Westbrook: National Renewable Energy Laboratory. November 2005. – P. 34.
6. He Y. Study on rapeseed oil as alternative fuel for a single-cylinder diesel engine / Y. He, Y. D. Bao: Renewable Energy. An international journal. – 2003. – № 28. – P. 1447-1453.
7. Gerhard Knothe, Robert O. Dunn, Marvin O. Bagby. The Use of Vegetable Oils and Their Derivatives as Alternative Diesel Fuels / Gerhard Knothe, Robert O. Dunn, Marvin O. Bagby // Oil Chemical Research, National Center for Agricultural Utilization Research, Agricultural Research Service, U.S. Department of Agriculture, Peoria, 2010.

8. Darunde Dhiraj S, Prof. Deshmukh Mangesh M. Biodiesel Production From Animal Fats And Its Impact On The Diesel Engine With Ethanol-Diesel Blends / Darunde Dhiraj S, Prof. Deshmukh Mangesh M. // International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering. – 2010.

9. Шльончак А.І. Покращення економічних та екологічних показників транспортних засобів з дизелем шляхом використання сумішевих палив: автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.22.20 / І. А. Шльончак: Нац. трансп. ун-т. – К., 2013. – 20 с.

10. Поляков А.П. Дослідження впливу на показники автомобіля переведення його двигуна на роботу на біодизельному паливі / А.П. Поляков, Д.О.Галущак // Міжвузівський збірник "НАУКОВІ НОТАТКИ" Луцьк, 2014. Випуск №46. – С. 431–438.

11. Поляков А.П. Методика визначення показників автомобіля з дизельним двигуном при використанні системи живлення з динамічним регулюванням відсоткового складу суміші палив / А.П. Поляков, О.О. Галущак Д.О. Галущак // Вісник Національного технічного університету «ХП». Збірник наукових праць. Серія: Автомобіле- та тракторобудування. – Х. : НТУ «ХП». – 2015. – № 10 (1119). – С. 59-64.

12. Poliakov A.P. Technique of motor vehicle indices calculation while transition of its engine for operation at the mixture of diesel and biodiesel fuels / A.P. Poliakov, O.O. Galushchak, D.O. Galushchak // New Technologies and Products in Machine Manufacturing Technologies, Tehnomus. Suceava, Romania, 2015. – №22. – P. 76-81.

13. Поляков А.П. Алгоритм розгону автомобіля з місця з перемиканням передач / А.П. Поляков, Д.О. Галущак // Матеріали I-ої міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту»: 12-14 листопада 2013р. – Вінниця: ВНТУ, 2013. – С. 26-27.

14. Easyway [Електронний ресурс]: Вінниця. – Режим доступу: <https://www.eway.in.ua/ru/cities/vinnytsia/routes>

15. Особливості експлуатації дизелів сільськогосподарської техніки на біопаливі та його сумішах / [В.А.Войтов, О.Б.Калюжний, П.М.Клімов та інш.]; під ред. Д.І.Мазоренка і Л.М.Тищенко. –Харків : ХНТУСГ, 2009. – 74 с.

16. Паливо [Електронний ресурс]: Ціни на паливо на АЗС України. – Режим доступу: <https://index.minfin.com.ua/ua/markets/fuel/reg/vinnickaya/>

17. Методичні вказівки до виконання магістерської кваліфікаційної роботи зі спеціальності 8.07010601 – Автомобілі та автомобільне господарство / Уклад. В. В. Біліченко, А. А. Кашканов, В. П. Кужель. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 65 с.

18. Пилипенко О.М. Вплив кута випередження впорскування палива на екологічні показники дизеля, що працює на біопаливі / О.М. Пилипенко, І.А. Шльончак // Вісник ЖДТУ. – Житомир, 2008. – №2. – С. 200-208.

19. Пилипенко О.М. Оцінка паливної економічності дизеля в умовах експлуатації / О.М. Пилипенко, В.Г. Семенов, І.А. Шльончак, В.Ю. Васильченко // Вісник ЧДТУ. –Черкаси., 2011. – № 1. – С.180-185.

20. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.

21. ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення.

22. Бондаренко Є. А. Освітлення виробничих приміщень : довідник / Є. А. Бондаренко, В. О. Дрончак. – Вінниця : ВНТУ, 2011. – 61 с.

23. ДСН 3.3.6-037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.

24. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої та загальної вібрацій.

25. Березюк О. В. Охорона праці. Підсумкова державна атестація спеціалістів, магістрів в галузях електроніки, радіотехніки, радіоелектронних апаратів та зв'язку : навчальний посібник / О. В. Березюк, М. С. Лемешев. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 104 с.

26. ДНАОП 0.00-1.21-98 Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. – К. : Держнаглядхоронпраці, 1998. – 382 с.
27. ДБН В.2.5-27-2006. Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд.
28. ДБН В.1.1.7-2002. Пожежна безпека об'єктів будівництва.
29. НАПБ Б.03.001-2004. Типові норми належності вогнегасників.

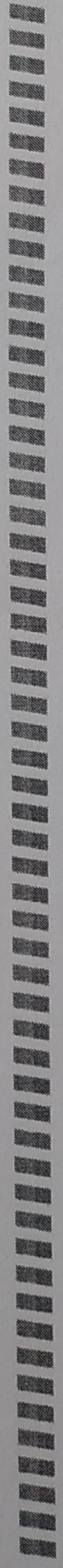
ДОДАТКИ

Додаток А (обов'язковий)

ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

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

(Назва магістерської кваліфікаційної роботи)



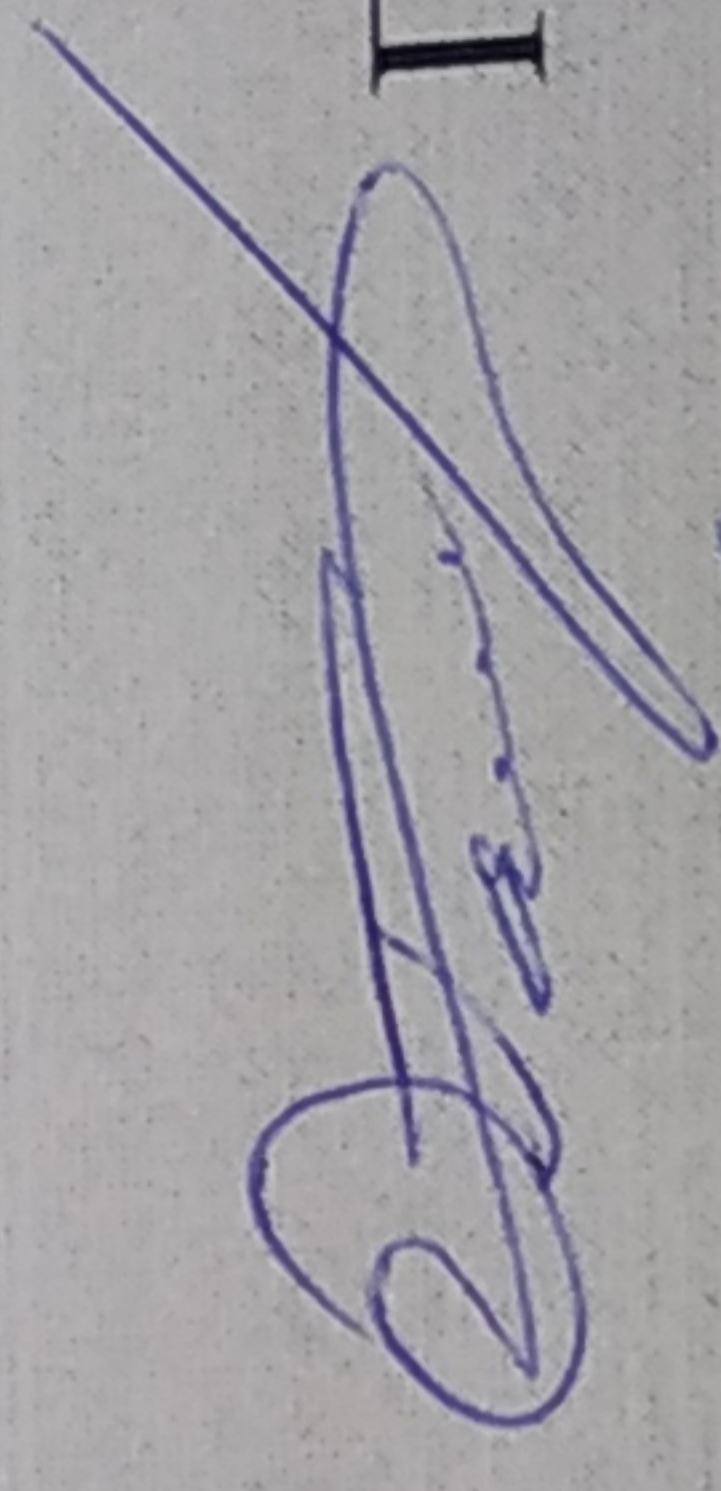
Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту

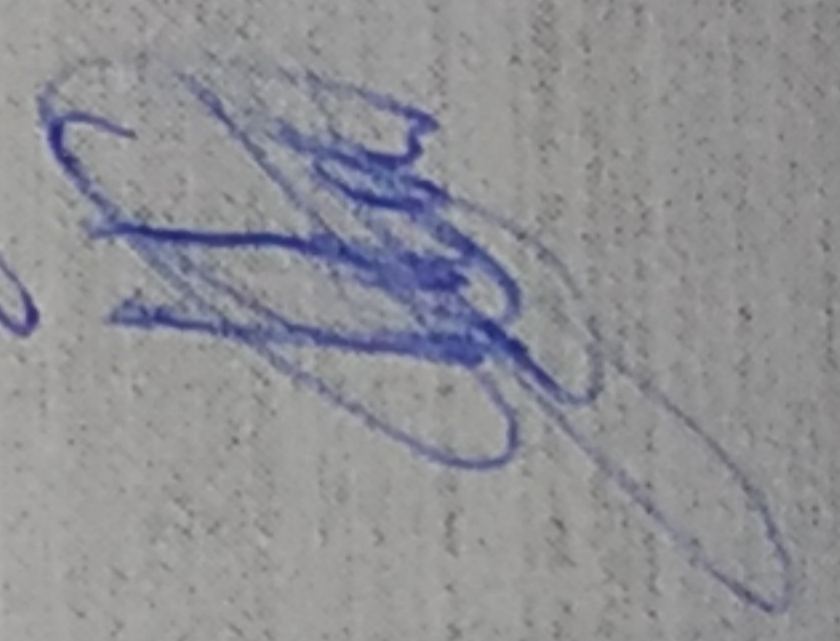
Кафедра АТМ


ІЛЮСТРАТИВНІ МАТЕРІАЛИ ДО МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

зі спеціальності 274 – Автомобільний транспорт

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

Керівник роботи К.Т.Н., доц.  Галушак О.О.

Розробив студент гр. 2АТ-22м  Кириченко В.О.


Мета роботи – зменшення експлуатаційних витрат автобусів, комунального підприємства "Вінницька транспортна компанія", впровадженням суміші дизельного та біодизельного палива.

Для досягнення поставленої мети потрібно вирішити такі завдання:

- обґрунтування доцільності використання біодизельного палива для живлення двигунів автобусів;
- розрахунок кількості палива, яке витрачається автобусом при використанні суміші дизельного та біодизельного палива;
- визначення економічного вигаду, при застосуванні суміші дизельного та біодизельного палива для двигунів автобусів;
- розробка рекомендацій по використанню біодизельного палива та проведенню технічного обслуговування системи живлення двигунів;
- розробка заходів по забезпеченню необхідного рівня охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.



Об’єкт дослідження – вплив використання суміші дизельного та біодизельного палив на вартість витраченого палива автобусами.

Предмет дослідження – економічні показники автобусів при використанні суміші дизельного та біодизельного палив.

Новизна одержаних результатів.

- Запропоновано метод зменшення витрат на експлуатацію автобусів комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія».
- Рекомендації щодо використання біодизельного палива як палива для двигунів автобусів.
- Рекомендації по проведенню технічного обслуговування паливної апаратури автобуса.

За результатами роботи були опубліковані тези в матеріалах XVI міжнародної науково-практичній конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту», 23-25 жовтня 2023 року (Вінниця: ВНТУ, 2023).

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

4

Богдан А70132
Богдан А70110
Богдан А70130



ЛАЗ А183



АТАМАН (ISUZU) А092G6



Otokar Kent C CNG



Електробус Skywell



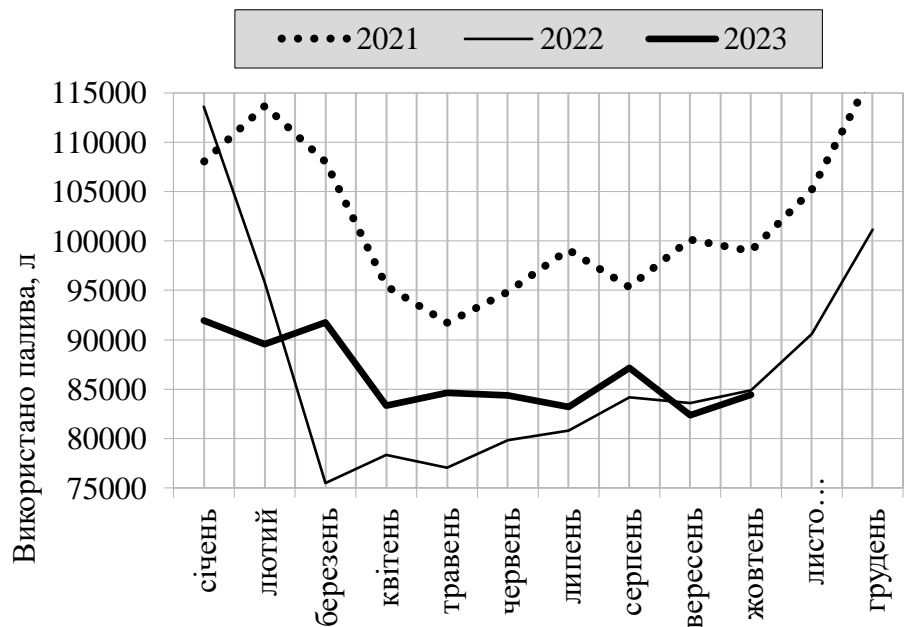
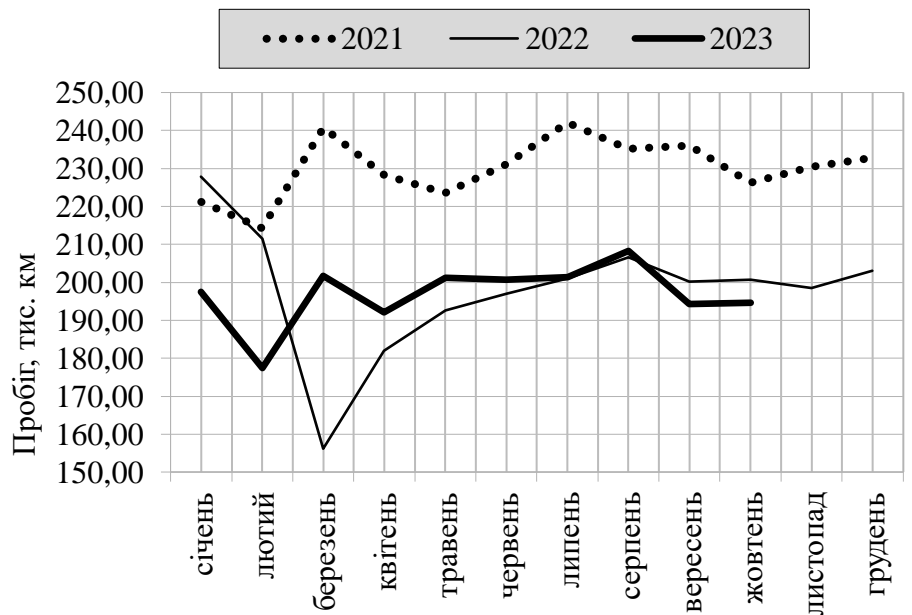
Аналіз споживання дизельного палива автобусами комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія»

Пробіг автобусів по роках за 3 роки

Місяць	Пробіг, тис. км за 2021р	Пробіг, тис. км за 2022р	Пробіг, тис. км за 2023р
січень	221,24	227,86	197,43
лютий	214,20	211,44	177,49
березень	240,69	156,17	201,69
квітень	228,26	182,06	192,08
травень	223,50	192,65	201,17
червень	231,14	196,95	200,72
липень	242,01	201,13	201,44
серпень	235,26	206,57	208,37
вересень	236,03	200,24	194,26
жовтень	226,25	200,67	194,68
листопад	230,39	198,58	
грудень	232,78	203,00	
сума	2761,73	2377,32	1969,33

Споживання палива по роках за 3 роки

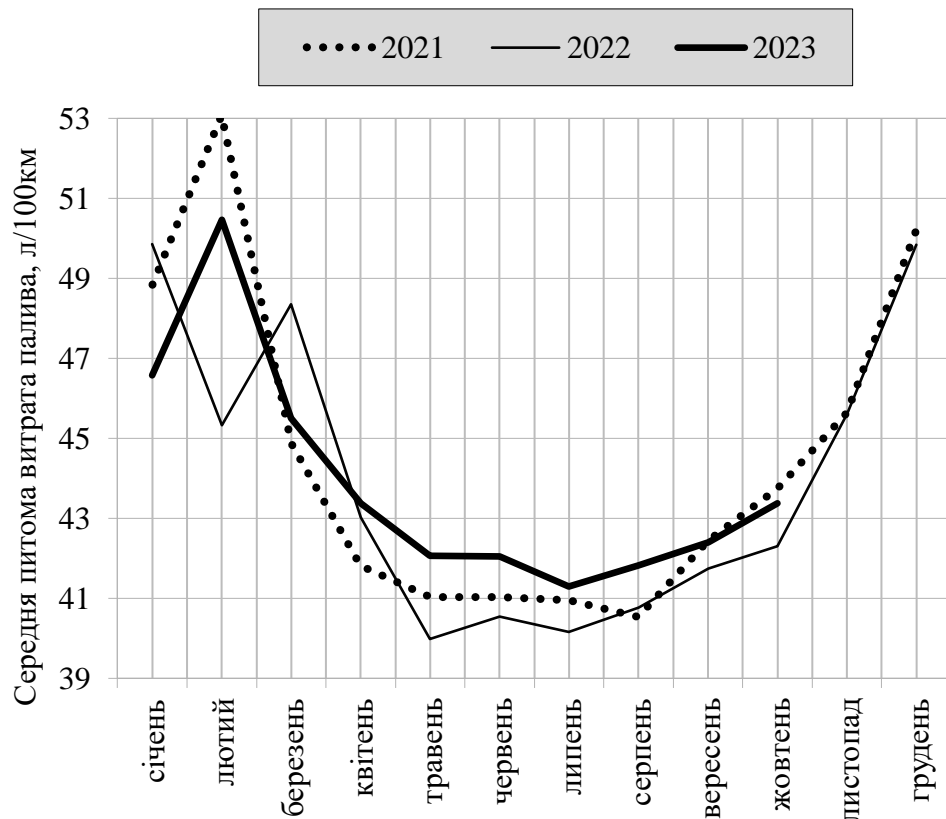
Місяць	Спожито палива в 2021р., л	Спожито палива в 2022р., л	Спожито палива в 2023р., л
січень	108068,49	113607,35	91944,01
лютий	113689,18	95835,47	89550,49
березень	108003,03	75507,47	91775,79
квітень	95441,54	78343,69	83317,12
травень	91696,75	77034,81	84620,52
червень	94832,57	79841,85	84407,98
липень	99113,16	80787,64	83192,37
серпень	95372,78	84204,18	87140,95
вересень	100154,33	83591,63	82379,44
жовтень	98988,87	84907,48	84450,83
листопад	105139,66	90580,56	
грудень	116908,64	101173,35	
сума	1227409,00	1045415,48	862779,50



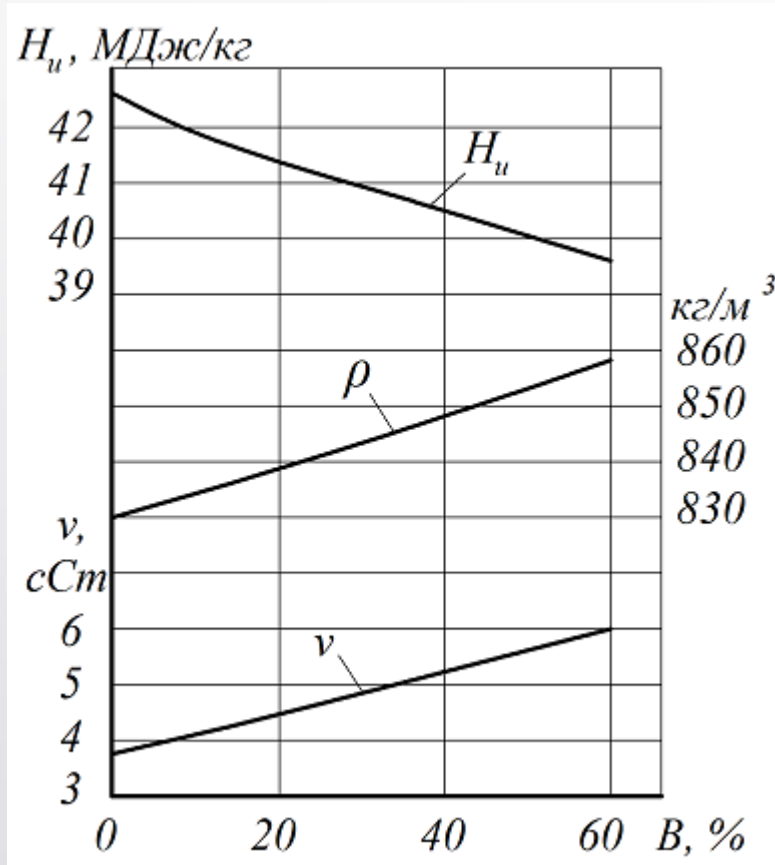
Аналіз споживання дизельного палива автобусами комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія»

Середня питома витрата палива автобусами по роках за 3 роки

Місяць	Середня питома витрата палива за 2021р., л/100км	Середня питома витрата палива за 2022р., л/100км	Середня питома витрата палива за 2023р., л/100км
січень	48,85	49,86	46,57
лютий	53,08	45,33	50,45
березень	44,87	48,35	45,50
квітень	41,81	43,03	43,38
травень	41,03	39,99	42,06
червень	41,03	40,54	42,05
липень	40,95	40,17	41,30
серпень	40,54	40,76	41,82
вересень	42,43	41,75	42,41
жовтень	43,75	42,31	43,38
листопад	45,64	45,61	
грудень	50,22	49,84	
середнє	44,44	43,97	43,81



Залежність кінематичної в'язкості ν , густини ρ та нижчої теплоти згорання H_u від складу суміші дизельного та біодизельного палив



Фізико-хімічні властивості ДП та БП

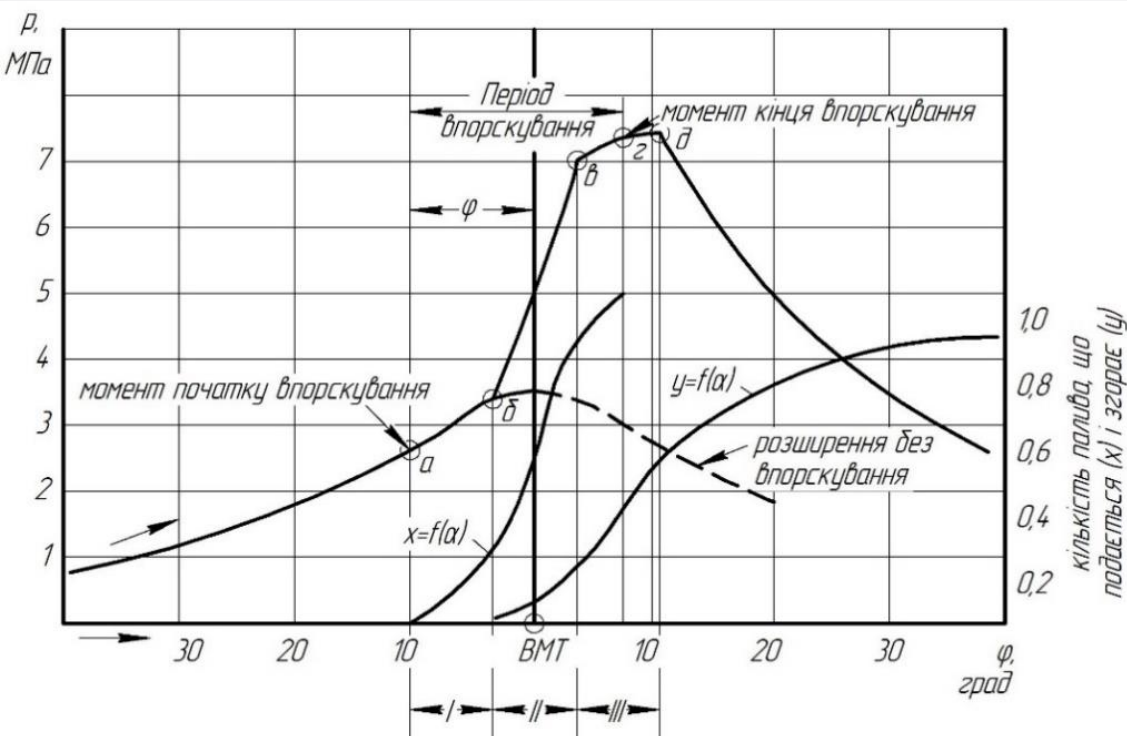
Показник	Значення показника	
	ДП	БП
Густина, кг/м ³	830	877
Кінематична в'язкість, сСт	3,8	8
Цетанове число	45	51
Нижча теплота згорання, МДж/кг	42,5	37
Температура помутніння, °С	-15	-2
Температура застигання, °С	-33	-9

При використанні суміші В25:

- викиди оксидів вуглецю CO меншуються 10..12%;
- викиди сажі зменшуються на 20...30%;
- викиди оксидів азоту NO_x збільшуються на 4..6%;
- витрата палива збільшується на 3..5%.

Аналіз досліджень показав, що найбільш доцільним є використання суміші В25 (25% біодизельного та 75% дизельного палива) для зменшення витрат на експлуатацію автобусів комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія».

Розгорнута індикаторна діаграма дизеля



На діаграмі наведені фази перебігу такту згоряння та розширення:

1. Фаза I (відрізок від точки а до точки б) — період утворення окремих зон горіння, або ж період затримки самозаймання;

2. Фаза II (відрізок від точки б до точки в) — період розповсюдження полум'я по всьому об'єму горіння, так званий період швидкого горіння;

3. Фаза III (відрізок від точки в до точки д) — період горіння, ще відомий як період повільного горіння;

4. Фаза IV (відрізок на діаграмі від точки д до початку відкриття випускних клапанів) — період розширення робочих газів.

Математична модель руху автомобіля

В основу математичної моделі було покладено відоме з теорії автомобіля рівняння руху, яке має наступний вигляд:

$$F_{\kappa} = F_f + F_w \pm F_j \pm F_a,$$

де F_{κ} - сила тяги на ведучих колесах автомобіля;

F_f - сила опору кочення коліс;

F_w - сила опору повітря;

F_j - сила інерції автомобіля;

F_a - сила опору підйому.

Рух автомобіля описується рівнянням:

$$\frac{dV_a}{dt} = \frac{M_e(q_u, n_{\kappa\delta}, k_{\delta n}) \cdot i_{mp} \cdot \eta_{mp} - G_a \cdot (f \cdot \cos \alpha \pm \sin \alpha) \cdot r_{\kappa} - F_w \cdot k_w \cdot \left(\frac{\pi}{30} \cdot \frac{n_{\kappa\delta} \cdot r_{\kappa}}{i_{mp}} \right)^2 \cdot r_{\kappa}}{m_a \cdot \delta_{об} \cdot r_{\kappa}}.$$

Годинна витрата палива визначається за формулою: $G_{нал} = 3 \cdot 10^{-5} \cdot n_{\kappa\delta} \cdot i_u \cdot q_u,$

де i_u - кількість циліндрів;

$n_{\kappa\delta}$ - частота обертів колінчастого валу двигуна, об/хв;

q_u - циклова подача палива, мг/цикл.

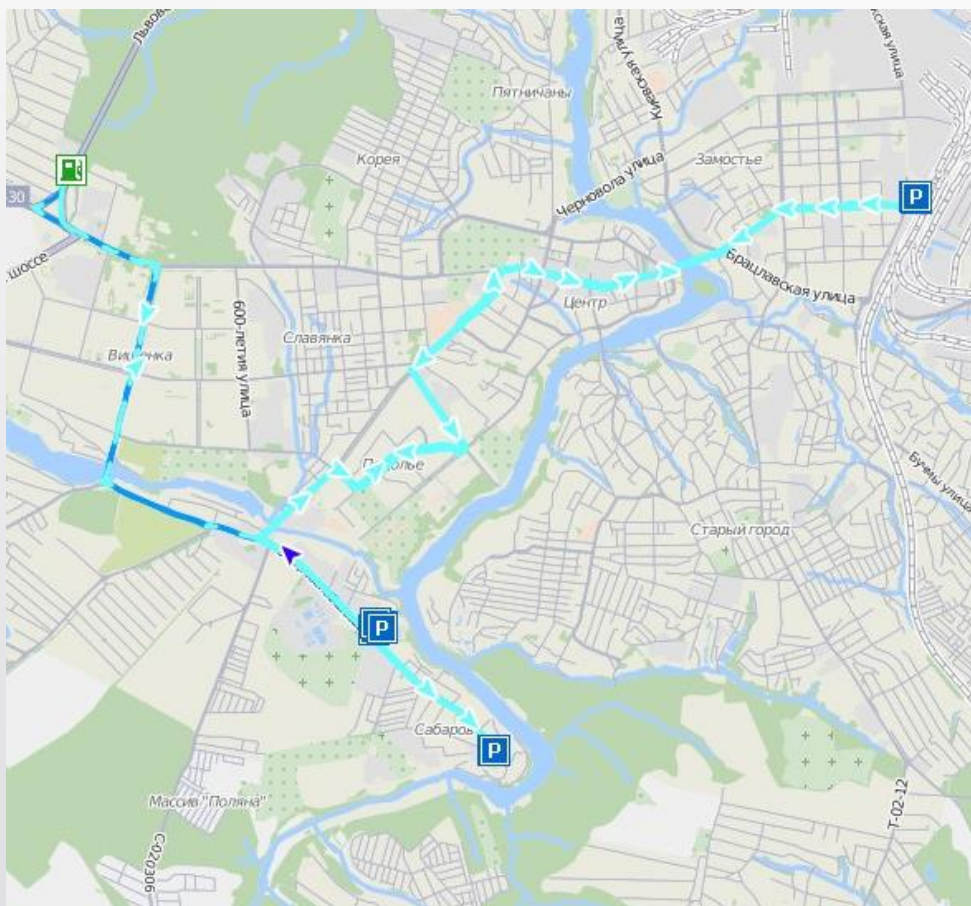
Сумарна витрата палива за певний проміжок часу: $G_{нал.сум} = \sum_{i=1}^n \frac{G_{нал(i-1)} + G_{нал.i}}{2 \cdot 3600} \cdot \Delta t,$

де $\frac{G_{нал(i-1)} + G_{нал.i}}{2 \cdot 3600}$ - значення годинної витрати палива за елементарний відрізок часу Δt ;

Δt - крок інтегрування.

Схема руху автобуса за маршрутом №32 включаючи заправку та виїзд на маршрут

Перелік зупинок за маршрутом №32



Прямий напрямок

Зворотній напрямок

1	Сабарів	1	Залізничний вокзал
2	вул. Олексія Миргородського	2	вул. Папаніна
3	вул. Панаса Мирного	3	Центральний ринок
4	Автобусний парк	4	пл. Перемоги
5	вул. Вишнева	5	Музей Коцюбинського
6	Автогосподарство	6	вул. Соборна
7	м/н Академічний	7	Майдан Незалежності
8	Храм Стрітєння Господнього	8	Майдан Небесної Сотні
9	вул. Академіка Ющенка	9	вул. Валентина Отамановського
10	м/н Поділля	10	Лікарня ім. Пирогова
11	ТЦ "Поділля City"	11	Ринок "Урожай"
12	вул. Скалецького	12	вул. Скалецького
13	Ринок "Урожай"	13	ТЦ "Поділля City"
14	Лікарня ім. Пирогова	14	м/н Поділля
15	вул. Валентина Отамановського	15	вул. Академіка Ющенка
16	Майдан Небесної Сотні	16	вул. Зодчих
17	Майдан Незалежності	17	Храм Стрітєння Господнього
18	вул. Мури	18	м/н Академічний
19	пл. Героїв Чорнобіля	19	Автогосподарство
20	пл. Перемоги	20	вул. Вишнева
21	Центральний ринок	21	Автобусний парк
22	вул. Папаніна	22	вул. Панаса Мирного
23	Залізничний вокзал	23	вул. Олексія Миргородського
-		24	м/н Сабарів

№	Дата	Початок	Початкове положення	Кінець	Кінцеве положення	Початковий рівень палива	Кінцевий рівень палива	Пробіг
1	Всього	<u>05:30:47</u>	<u>Вінниця, Сабарівське шосе, 11</u>	<u>22:30:56</u>	<u>Вінниця, вул. Олексія Миргородського</u>	215.47 л	218.57 л	201.57 км
1.1	2023-11-28	<u>05:30:47</u>	<u>Вінниця, Сабарівське шосе, 11</u>	<u>22:30:56</u>	<u>Вінниця, вул. Олексія Миргородського</u>	215.47 л	218.57 л	201.57 км
1.1.1	2023-11-28 05:30:47	<u>05:30:47</u>	<u>Вінниця, Сабарівське шосе, 11</u>	<u>06:02:49</u>	<u>Вінниця, вул. Олексія Миргородського</u>	215.47 л	214.17 л	0.61 км
1.1.2	2023-11-28 06:10:31	<u>06:10:31</u>	<u>Вінниця, вул. Олексія Миргородського</u>	<u>06:46:16</u>	<u>Вінниця, площа Привокзальна</u>	213.90 л	208.60 л	13.17 км
1.1.3	2023-11-28 06:54:28	<u>06:54:28</u>	<u>Вінниця, площа Привокзальна</u>	<u>07:37:40</u>	<u>Вінниця, вул. Олексія Миргородського</u>	208.51 л	204.25 л	11.43 км
1.1.4	2023-11-28 07:44:54	<u>07:44:54</u>	<u>Вінниця, вул. Олексія Миргородського</u>	<u>08:39:37</u>	<u>Вінниця, площа Привокзальна</u>	203.98 л	197.86 л	11.56 км
1.1.5	2023-11-28 08:45:46	<u>08:45:46</u>	<u>Вінниця, площа Привокзальна</u>	<u>09:33:13</u>	<u>Вінниця, вул. Олексія Миргородського</u>	197.86 л	193.14 л	11.47 км
1.1.6	2023-11-28 09:45:17	<u>09:45:17</u>	<u>Вінниця, вул. Олексія Миргородського</u>	<u>10:28:59</u>	<u>Вінниця, площа Привокзальна</u>	192.86 л	187.50 л	11.51 км
1.1.7	2023-11-28 11:18:16	<u>11:18:16</u>	<u>Вінниця, площа Привокзальна</u>	<u>12:06:23</u>	<u>Вінниця, вул. Олексія Миргородського</u>	187.27 л	182.86 л	11.44 км
1.1.8	2023-11-28 12:13:29	<u>12:13:29</u>	<u>Вінниця, вул. Олексія Миргородського</u>	<u>12:59:59</u>	<u>Вінниця, площа Привокзальна</u>	182.82 л	177.85 л	11.52 км
1.1.9	2023-11-28 13:07:06	<u>13:07:06</u>	<u>Вінниця, площа Привокзальна</u>	<u>14:50:43</u>	<u>Вінниця, площа Привокзальна</u>	178.00 л	166.89 л	22.97 км
1.1.10	2023-11-28 14:58:14	<u>14:58:14</u>	<u>Вінниця, площа Привокзальна</u>	<u>18:16:08</u>	<u>Вінниця, площа Привокзальна</u>	166.94 л	148.15 л	46.04 км
1.1.11	2023-11-28 19:15:04	<u>19:15:04</u>	<u>Вінниця, площа Привокзальна</u>	<u>20:52:47</u>	<u>Вінниця, площа Привокзальна</u>	147.79 л	140.59 л	23.05 км
1.1.12	2023-11-28 21:00:14	<u>21:00:14</u>	<u>Вінниця, площа Привокзальна</u>	<u>22:18:22</u>	<u>Вінниця, Сабарівське шосе, 11</u>	140.95 л	218.07 л	26.45 км
1.1.13	2023-11-28 22:27:10	<u>22:27:10</u>	<u>Вінниця, Сабарівське шосе, 11</u>	<u>22:30:56</u>	<u>Вінниця, вул. Олексія Миргородського</u>	218.12 л	218.57 л	0.36 км
-----	Всього	<u>05:30 :47</u>	<u>Вінниця, Сабарівське шосе, 11</u>	<u>22:30 :56</u>	<u>Вінниця, вул. Олексія Миргородського</u>	215.47 л	218.57 л	201. 57 км

Звіт по роботі автобуса Богдан АВ 0547 АА на маршруті №32 «Сабарів - Залізничний вокзал»

№	Дата, час	Швидкість	Максимальна швидкість	Кількість поїздок	Витрачено по датчику рівня палива в баку	Середня витрата датчику рівня палива в баку	Мотогодин и	Середня частота обертів двигуна
1	Всього	15 км/год	<u>65 км/год</u>	13	82.46 л	40.69 л/100 км	13:49:4 9	1040
1.1	2023-11-28	15 км/год	<u>65 км/год</u>	13	82.46 л	40.69 л/100 км	13:49:4 9	1040
1.1.1	05:30:47	1 км/год	<u>16 км/год</u>	1	1.30 л	214.8 4 л/100 км	0:29:15	624
1.1.2	06:10:31	22 км/год	<u>65 км/год</u>	1	5.30 л	40.27 л/100 км	0:35:45	1101
1.1.3	06:54:28	16 км/год	<u>43 км/год</u>	1	4.25 л	37.22 л/100 км	0:43:12	1044
1.1.4	07:44:54	13 км/год	<u>45 км/год</u>	1	6.12 л	52.94 л/100 км	0:54:43	1019
1.1.5	08:45:46	14 км/год	<u>46 км/год</u>	1	4.73 л	41.21 л/100 км	0:47:27	1064
1.1.6	09:45:17	16 км/год	<u>51 км/год</u>	1	5.36 л	46.59 л/100 км	0:43:42	1055
1.1.7	11:18:16	14 км/год	<u>46 км/год</u>	1	4.41 л	38.54 л/100 км	0:48:07	1044
1.1.8	12:13:29	15 км/год	<u>44 км/год</u>	1	4.96 л	43.10 л/100 км	0:46:30	1060
1.1.9	13:07:06	13 км/год	<u>49 км/год</u>	1	11.11 л	48.36 л/100 км	1:43:37	1033
1.1.10	14:58:14	14 км/год	<u>46 км/год</u>	1	18.79 л	40.82 л/100 км	3:17:54	1041
1.1.11	19:15:04	14 км/год	<u>45 км/год</u>	1	7.21 л	31.26 л/100 км	1:37:43	1021
1.1.12	21:00:14	20 км/год	<u>53 км/год</u>	1	8.92 л	33.74 л/100 км	1:18:08	1094
1.1.13	22:27:10	6 км/год	<u>16 км/год</u>	1	0.9 л	- л/100 км	0:03:46	915
-----	Всього	15 км/го д	<u>65 км/го д</u>	13	82.46 л	40.6 9 л/10 0 км	13:49: 49	1040

Розрахункове дослідження роботи автобуса, маршрут №32 «Вишенька - Немирівське шосе» 13

№	Дата, час	Швидкість	Пробіг	Витрачено дизельного палива, л	Витрачено суміші палив		
					суміш палив, л	дизельне паливо, л	біодизельне паливо, л
1	Всього	15 км/ГОД	201.57 км	82,46	85,26	63,94	21,31
1.1	2023.11.28	15 км/ГОД	201.57 км	82,46	85,26	63,94	21,31
1.1.1	05:30:47	1 км/ГОД	0.61 км	1,3	1,34	1,01	0,34
1.1.2	06:10:31	22 км/ГОД	13.17 км	5,3	5,48	4,11	1,37
1.1.3	06:54:28	16 км/ГОД	11.43 км	4,25	4,39	3,30	1,10
1.1.4	07:44:54	13 км/ГОД	11.56 км	6,12	6,33	4,75	1,58
1.1.5	08:45:46	14 км/ГОД	11.47 км	4,73	4,89	3,67	1,22
1.1.6	09:45:17	16 км/ГОД	11.51 км	5,36	5,54	4,16	1,39
1.1.7	11:18:16	14 км/ГОД	11.44 км	4,41	4,56	3,42	1,14
1.1.8	12:13:29	15 км/ГОД	11.52 км	4,96	5,13	3,85	1,28
1.1.9	13:07:06	13 км/ГОД	22.97 км	11,11	11,49	8,61	2,87
1.1.10	14:58:14	14 км/ГОД	46.04 км	18,79	19,43	14,57	4,86
1.1.11	19:15:04	14 км/ГОД	23.05 км	7,21	7,45	5,59	1,86
1.1.12	21:00:14	20 км/ГОД	26.45 км	8,92	9,22	6,92	2,31
1.1.13	22:27:10	6 км/ГОД	0.36 км	0,9	0,93	0,70	0,23
-----	Всього	15 км/ГО Д	201. 57 км	82,46	85,26	63,94	21,31

Спожито 21,31 л. біодизельного палива та 63,94 л. дизельного.

Загальний пробіг автобуса за день склав 201,57 км.

Використовувати витрату палива автобуса для оцінки економічного ефекту є недоцільним, оскільки вартість дизельного та біодизельного палив різна, тому розрахуємо затрати на паливо в грошовому еквіваленті, які визначаються за виразом:

$$Z_{нал} = G_{\delta n} \cdot B_{\delta n} + G_{\delta n} \cdot B_{\delta n},$$

де $G_{\delta n}$, $G_{\delta n}$ – витрата біодизельного та дизельного палив, відповідно, л.

$B_{\delta n}$, $B_{\delta n}$ - вартість біодизельного та дизельного палив, відповідно, грн/л.

При живленні сумішшю B25:

$$Z_{нал_B25} = 21,31 \cdot 36,20 + 63,94 \cdot 55,17 = 4298,99 \text{ грн.}$$

При живленні дизельним паливом:

$$Z_{нал_\delta n} = 82,46 \cdot 55,17 = 4549,32 \text{ грн.}$$

Таким чином, економія при використанні суміші B20 складає $E_{\text{№32}} = 250,99$ грн. при роботі одного автобуса за маршрутом №32 «Сабарів - Залізничний вокзал».

Економія на паливо за 1 км. пробігу автобуса складає:

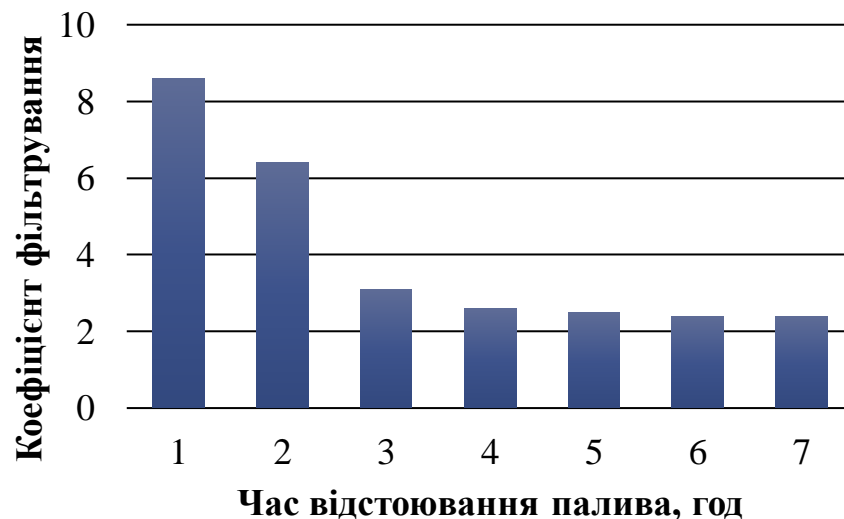
$$E_{1 \text{ км}} = \frac{250,99}{201,57} = 1,25 \text{ грн.}$$

При використанні суміші дизельного та біодизельного палив B25 для автобусів комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія» протягом **1 року** економія в грошовому еквіваленті складе **2 963 637,50 грн.**

Технологічні операції і терміни їх проведення при технічному обслуговуванні паливної системи дизельних двигунів

№	Технологічна операція	
1	Відстоювання суміші палив і її фільтрування перед заправкою	72 год
2	Злив відстою з фільтрів грубої очистки	4 тис. км.
3	Заміна фільтрів тонкої очистки	16 тис. км.
4	Промивання й очищення розпилювачів форсунок	28 тис. км.
5	Контроль паливного насоса високого тиску на стенді	103 тис.км.
6	Заміна моторної оливи	21 тис. км

Залежність коефіцієнту фільтрування від часу відстоювання суміші палив B25



1. Проаналізувавши споживання палива автобусами встановлено, що середнє місячне використання дизельного палива автобусами складає 88 тис. л, та спричиняє великі витрати на паливо. Одним із найбільш легких та ефективних в реалізації способів зменшення витрат на паливо є використання біодизельного палива для двигунів автобусів.
2. Проведено аналіз протікання робочих процесів в циліндрах дизельного двигуна при застосуванні суміші дизельного та біодизельного палива.
3. Представлена математична модель руху автобуса, яка дозволяє визначити обсяг використаної суміші дизельного та біодизельного палива.
4. Проаналізувавши способи використання біодизельного палива встановлено, що найбільш доцільним є використання саме суміші В25 для зменшення експлуатаційних витрат автобусів комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія».
5. Розроблено алгоритм для проведення розрахункових досліджень впливу використання біодизельного палива на характеристики автобуса.
6. Проведено розрахунок витрати палива для автобуса, який працював на маршруті №32 «Сабарів - Залізничний вокзал». Використовуючи суміш В25 витрата палива склала 85,26 л., що на 3,4% більше ніж при використанні тільки дизельного палива. При цьому було спожито 21,31 л. біодизельного палива та 63,94 л. дизельного.
7. Економія коштів при використанні суміші палив В25 для автобусів муніципального підприємства "Вінницька транспортна компанія" склала 250,99 гривень за роботу протягом однієї робочої доби автобуса Богдан 70132 на маршруті №32 «Сабарів - Залізничний вокзал».
8. В результаті розрахунків встановлено, що річний економічний вигравш при використанні суміші палив В25 для автобусів муніципального підприємства "Вінницька транспортна компанія" складає 2 963 637,50 грн.
9. Встановлено, що для забезпечення оптимального коефіцієнта фільтрації суміші дизельного та біодизельного палив В25 необхідно залишати паливо в стані спокою протягом 72 годин після змішування. Після цього періоду необхідно вилити осад у вигляді фосфоліпідів і воскоподібних з'єднань разом із домішками.
10. Встановлено, що при експлуатації транспортних засобів із дизельними двигунами на сумішевих палива (дизельне та біодизельне пально) термін служби моторної оливи збільшується.
11. Розроблено розділ з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Додаток Б (обов'язковий)

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

ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Поліпшення експлуатаційних показників двигунів
використанням біодизельного палива для автобусів комунального підприємства
«Вінницька транспортна компанія»

Тип роботи: Магістерська кваліфікаційна робота
(БДР, МКР)

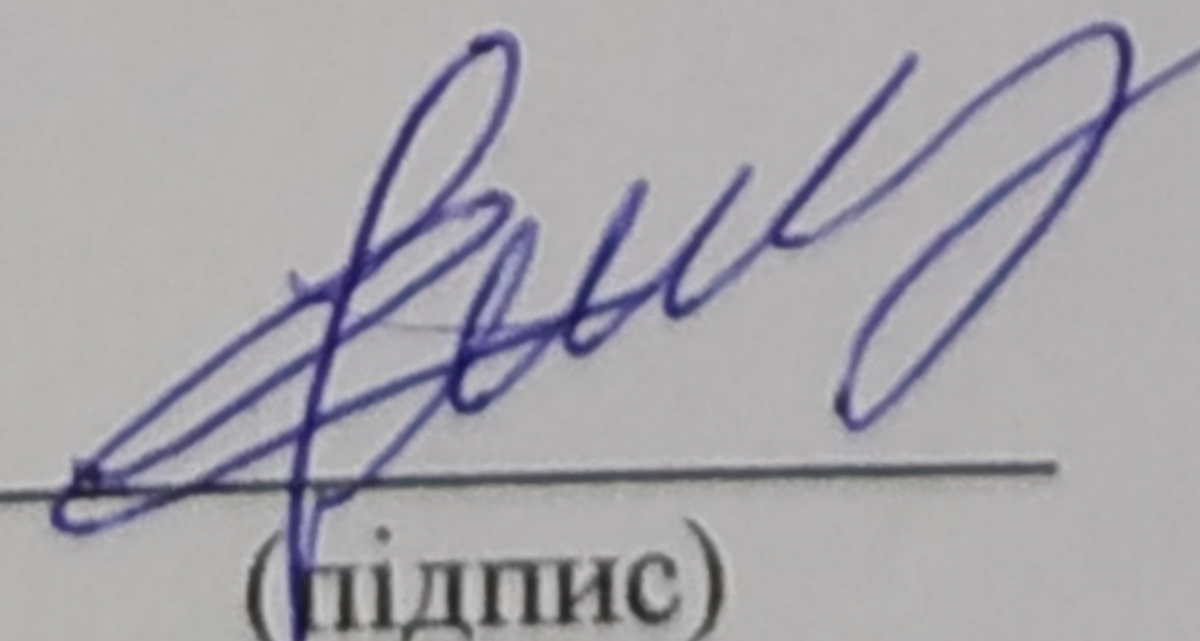
Підрозділ кафедра автомобілів та транспортного менеджменту
(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Unichesk

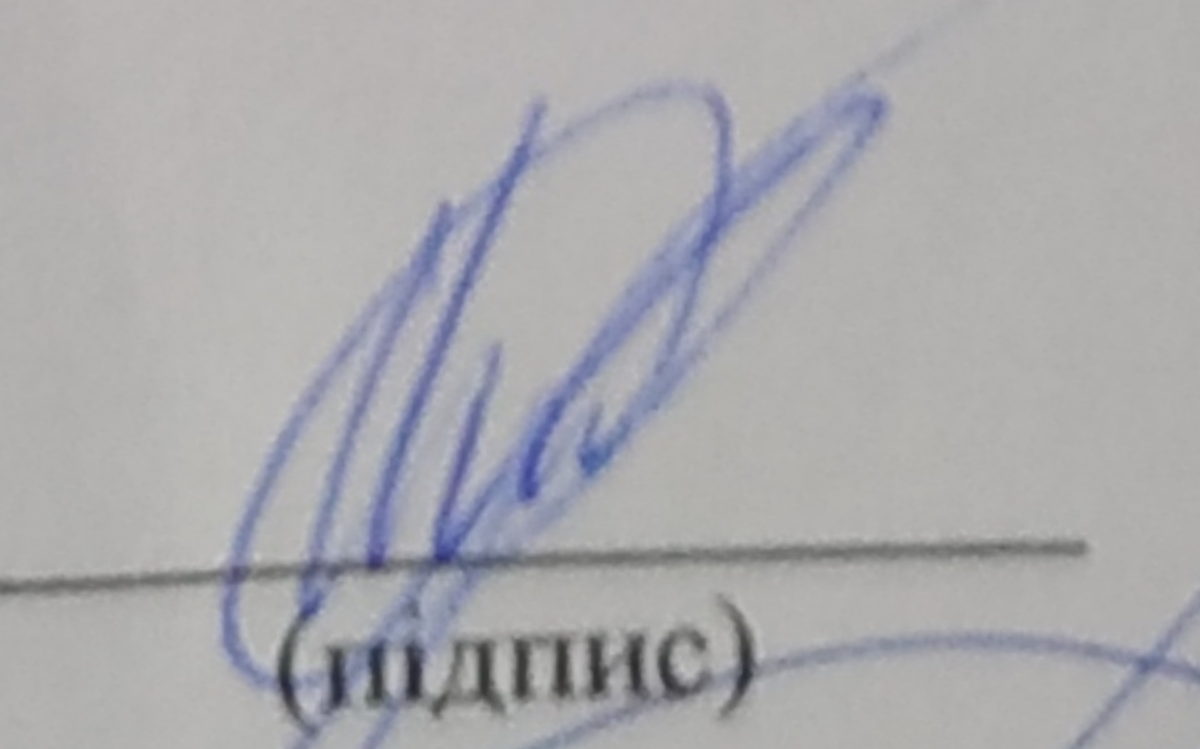
Оригінальність 86,5 % Схожість 13,5 %

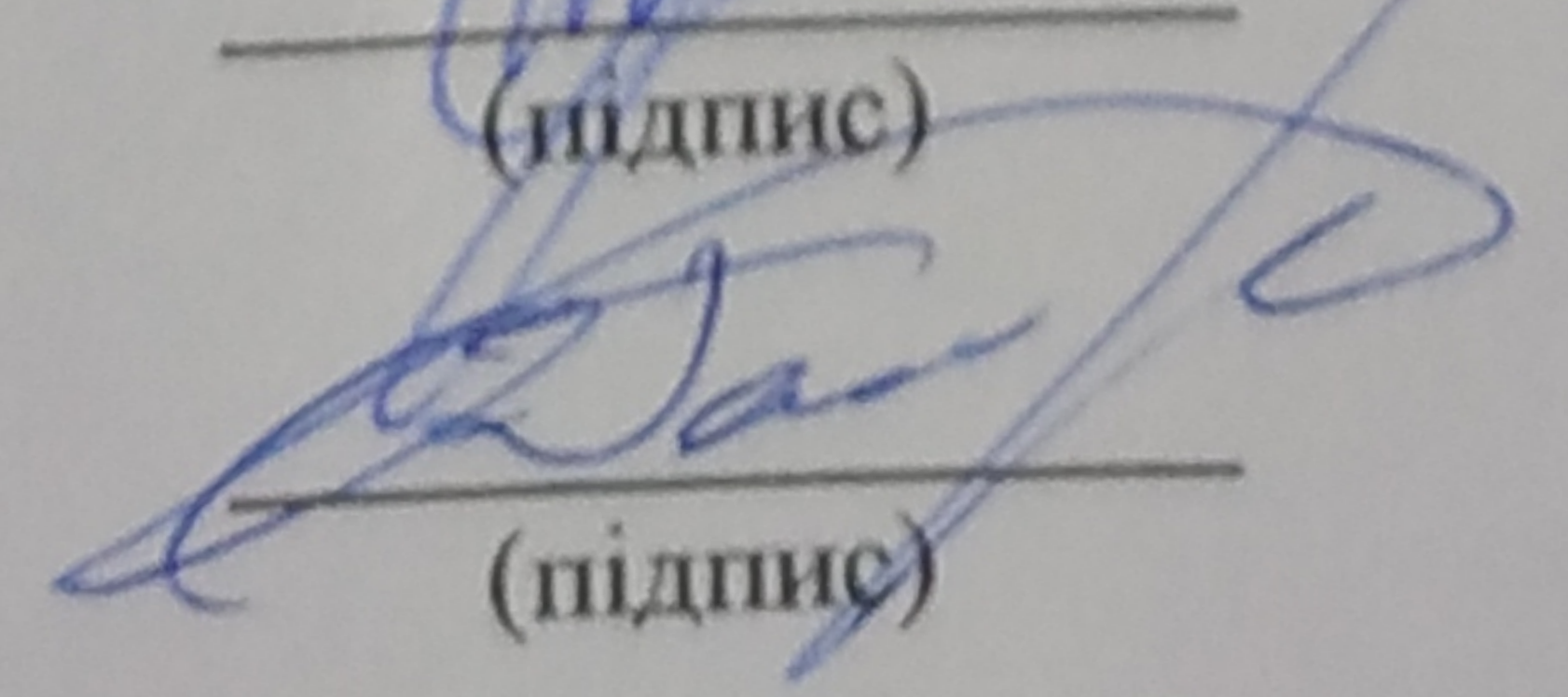
Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

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  Цимбал О.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

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

Автор роботи  Кириченко В.О.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник роботи  Галушак О.О.
(підпис) (прізвище, ініціали)