

ПОКРАЩЕННЯ ПОКАЗНИКІВ АВТОБУСА ВИКОРИСТАННЯ
СУМІШІ БІОДИЗЕЛЬНОГО ТА ДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
АНОТАЦІЯ.....	4
1. АНАЛІЗ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СУМІШІ ПАЛИВ В ЯКОСТІ ПАЛИВА ДЛЯ ДВИГУНА АВТОБУСА «ЛАЗ – А183F0»	5
1.1 Аналіз конструктивних особливостей двигуна автобуса «ЛАЗ – А183F0» та його технічних характеристик.....	5
1.2 Аналіз властивостей біодизельного палива та доцільність використання суміші дизельного та біодизельного палив в якості палив для двигуна автобуса «ЛАЗ – А183F0»	6
2. ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ РУХУ АВТОБУСА ПРИ ВИКОРИСТАННІ СУМІШІ ДИЗЕЛЬНОГО ТА БІОДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВ.....	9
2.1 Структура та параметри математичної моделі руху автобуса	9
2.2 Математична модель руху автобуса.....	10
2.3 Розробка алгоритмів для проведення розрахункових досліджень впливу використання біодизельного палива на показники автомобіля.....	19
3. РОЗРАХУНКОВЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВИКОРИСТАННЯ СУМІШІ ПАЛИВ НА ВИТРАТУ ПАЛИВА АВТОБУСА	23
3.1 Вихідні дані для проведення розрахункових досліджень	23
3.2 Розрахунок витрати палива автобуса, що рухався за маршрутом №19 «Вишенька - Немирівське шосе».....	25
3.3 Розрахунок економічного ефекту від використання суміш палив В20 в якості палива для двигуна автобуса	26
3.4 Розробка рекомендацій щодо проведення ТО паливної апаратури.....	27
ВИСНОВКИ	29
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	30

ВСТУП

Актуальність роботи. Зараз гостро постає проблема у забезпеченні автомобільного транспорту енергоресурсами, оскільки запаси нафти зменшуються. Тому, на автомобільному транспорті доцільно використовувати відновлювальні палива. Для дизельних двигунів альтернативним є біодизельне паливо. Біодизельне паливо виготовляють із рослинних олій або тваринних жирів, доцільним є виробництво біопалива з відпрацьованої сировини (збирання використаної рослинної олії з ресторанів та закладів швидкого харчування), також, це як один із способів ефективної утилізації відпрацьованої продукції.

Використання біодизельного палива в якості палива для дизельних двигунів дозволяє покращити його економічні (за рахунок меншої вартості біодизельного палива) та екологічні показники.

Викиди шкідливих речовин у відпрацьованих газах нафтових палив двигунів приблизно становлять 39% від усього обсягу шкідливих викидів, а у містах сягають 70 – 90%. Біодизель відноситься до екологічних видів палива, при використанні якого значно зменшується кількість шкідливих викидів відпрацьованих газів: сірки – на 98%, а сажі – на 50 – 61%, гідрокарбонатів – та вуглекислих монооксидів – на 30 – 34%. Біодизель покращує змащування деталей двигуна та збільшує ресурс елементів системи живлення, які контактують з ним.

Тому, велику актуальність мають наукові дослідження і практичні дії направлені на пошуки ефективних альтернативних джерел палива для двигунів внутрішнього згорання.

Використання чистого біодизельного палива в якості палива для двигунів внутрішнього згорання автомобілів є проблематичним, у зв'язку з відмінними від дизельного палива фізико-хімічними властивостями. Тому більшість дослідників стверджують, що найбільш доцільним є використання біодизельного палива в суміші з дизельним.

АНОТАЦІЯ

Наукова робота під шифром «альтернативні палива» міститься на 30 сторінках формату А4, на яких є 7 рисунків, 3 таблиці, 5 додатків, список використаних джерел містить 20 найменування.

Предметом наукової роботи є дослідження економічних показників автобуса «ЛАЗ – А183F0» при використанні суміші дизельного та біодизельного палив.

Робота складається з 3 розділів: аналіз та обґрунтування доцільності використання суміші палив в якості палива для двигуна автобуса «ЛАЗ – А183F0»; теоретичне дослідження руху автобуса при використанні суміші дизельного та біодизельного палив; розрахункове дослідження впливу використання суміші палив на витрату палива автобуса.

Об'єкт дослідження – вплив використання суміші дизельного та біодизельного палив на витрату палива автобуса.

Метою роботи є розроблення заходів для переведення автобуса «ЛАЗ – А183F0» на роботу суміші дизельного та біодизельного палива, для покращення екологічних показників та для зменшення експлуатаційних витрат (виготовлення біодизельного палива з відходів харчової промисловості).

В роботі здійснюється аналіз та обґрунтування доцільності використання біодизельного палива в якості палива для двигуна автобуса та розрахунок економічного ефекту від використання суміші палив в якості палива для двигуна автобуса; розрахунок витрати палива автобуса при використанні суміші дизельного та біодизельного палив.

Ключові слова: біодизельне паливо, дизельне паливо, паливна суміш, альтернативні палива, техніко – економічні показники, цетанове число, нижча теплота згоряння.

1. АНАЛІЗ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СУМІШІ ПАЛИВ В ЯКОСТІ ПАЛИВА ДЛЯ ДВИГУНА АВТОБУСА «ЛАЗ – А183F0»

1.1 Аналіз конструктивних особливостей двигуна автобуса «ЛАЗ – А183F0» та його технічних характеристик

Автобус «ЛАЗ – А183F0» (CityLAZ 12LE) обладнаний дизельним двигуном Youchai YC6A260 – 20 з турбонаддувом (рис. 1.1), особливістю даного двигуна є: стабільність і характеристики роботи при низьких швидкостях і полегшеному запуску при низьких температурах, підвищеною надійністю, також, автобус «ЛАЗ – А183F0» обладнаний механічною коробкою передач

ZF 6S 1010з пневмопідсилювачем [1]. В результаті проведення аналізу конструктивних особливостей двигуна, та рекомендацій заводом – виробником, нами було встановлено що на даному двигуні конструктивно передбачувано використання біодизельного палива та його суміші з дизельним.



Рисунок 1.1 – Дизельний двигун YUCHAI YC6A260 – 20

Основні характеристики дизельного двигуна YUCHAI YC6A260 – 20:

- 6-циліндровий, 4ох тактний рядний двигун з водяним охолодженням;
- система впорскування Common-Rail, з електронним керуванням;

- двигун відповідає вимогам стандартів рівня токсичності вихлопних газів EURO III досягається без рециркуляції відпрацьованих газів;
- можливе використання біодизельного палива та суміші палив.

Таблиця 1.1 – Технічні показники дизельного двигуна YUCHAI YC6A260 – 20

Параметр	Розмірність	Значення
Кількість циліндрів	-	6
Діаметр циліндра / хід поршня	мм	108/132
Робочий об'єм	л	7,255
Номинальна частота обертів колінчастого валу	хв ⁻¹	2300
Рівень токсичності відпрацьованих газів	-	EURO III
Потужність	кВт/к.с.	191/260
при частоті обертів колінчастого валу	хв ⁻¹	2300
Максимальний крутний момент	Н·м	960
при частоті обертів колінчастого валу	хв ⁻¹	1400-1600
Мінімальна частота обертів колінчастого валу на холостому ході	хв ⁻¹	600
Витрата палива ¹	г/кВт·год	196
Маса ²	кг	803
¹ витрата палива при розрахунку на дизельне паливо густиною 0,835 кг/дм ³ при 15°C ² без стартера, генератора, радіаторів і рідин, з маховиком і картером маховика		

1.2 Аналіз властивостей біодизельного палива та доцільність використання суміші дизельного та біодизельного палив в якості палив для двигуна автобуса «ЛАЗ – А183F0»

За даними багатьох дослідників, дизельне та біодизельне палива добре змішуються один з одним в будь-яких пропорціях та утворюють стабільну суміш [7], проте тривале її зберігання є недопустимим у зв'язку з розшаровуванням.

Складові суміші палив мають різні фізико-хімічні властивості, тому їх поєднання обумовлює особливості використання та збереження суміші. Крім того, використання паливної суміші здійснює вплив на протікання робочих процесів в циліндрах двигуна, тому, на думку фахівців, для компенсування

фізико-хімічних особливостей паливної суміші у порівнянні з дизельним паливом доцільно корегувати конструктивні та регульовальні показники системи живлення. Чим більший вміст біодизельного палива в суміші, тим більш суттєве необхідне корегування цих показників, особливо при роботі двигуна на режимах максимального крутного моменту та максимальної потужності двигуна.

В першу чергу необхідно відмітити більшу густину та кінематичну в'язкість біодизельного палива, завдяки чому погіршуються показники впорскування та сумішоутворення в циліндрах двигуна. Це можна усунути підігрівом біодизельного палива, щоб максимально наблизити значення цих показників до показників дизельного палива [3].

По-друге, нижча теплота згорання біодизельного палива має менше значення, ніж дизельного палива, що призводить до зменшення енергоємності біодизельного палива, потужності двигуна на 16% та погіршення динамічних показників автомобіля. Для усунення цієї особливості необхідно використовувати суміші дизельного та біодизельного палив (15-20%).

По-третє, цетанове число біодизельного палива більше ніж у дизельного палива, це покращує його характеристику займання, але скорочує час затримки запалення, тому для забезпечення ефективної роботи двигуна необхідно корегувати кут випередження впорскування палива.

На думку фахівців [6], повне заміщення дизельного палива нафтового походження біодизельним в двигунах, які знаходяться в експлуатації на даний час малоефективне. Найбільш перспективним є використання суміші дизельного та біодизельного палив. Навіть завдяки невеликій частці (в межах 15-20%) біодизельного палива в суміші можна зменшити витрату дизельного палива, скоротити витрати на експлуатацію автомобіля та покращити його екологічні показники.

Використання суміші дизельного та біодизельного палива дозволяє в значній мірі нівелювати негативні особливості біодизельного палива. В роботі

[6] проведено дослідження по визначенню впливу зміни складу суміші дизельного та біодизельного палив на її фізико-хімічні властивості (рис. 1.2).

Аналіз результатів дослідження показує, що збільшення кількості біодизельного палива в суміші до 60% призводить до збільшення її густини з $\rho = 830$ до $\rho = 858$ кг/м³ (збільшується всього на 3,37%), та кінематичної в'язкості з $\nu = 3,8$ до $\nu = 6,0$ сСт (збільшується на 57,9%), також спостерігається зменшення нижчої теплоти згорання з $H_u = 42,5$ до $H_u = 39,6$ МДж/кг (зменшується на 6,82%), різниця значно менша, ніж в порівнянні з показниками біодизельного палива.

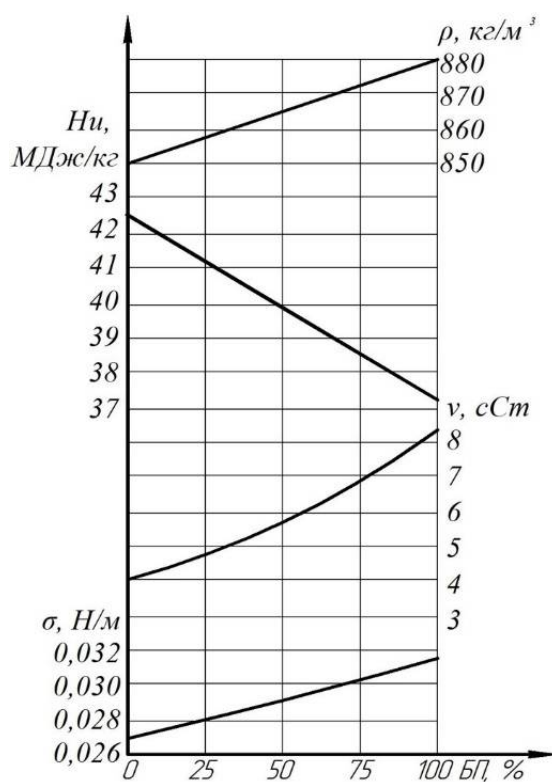


Рисунок 1.2 – Залежність кінематичної в'язкості ν , густини ρ та нижньої теплоти згорання H_u від складу суміші дизельного та біодизельного палив

Доведено [9], що суміш з 80% дизельного та 20% біодизельного палива (B20) є оптимальною для забезпечення ефективної роботи двигуна та стабільності й однорідності суміші. Покращення [11] економічних та екологічних показників, при використанні суміші дизельного та біодизельного палив B20 було досягнуто за рахунок зменшення кута випередження впорскування палива.

2. ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ РУХУ АВТОБУСА ПРИ ВИКОРИСТАННІ СУМІШІ ДИЗЕЛЬНОГО ТА БІОДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВ

2.1 Структура та параметри математичної моделі руху автобуса

Метою дослідження є визначення витрати палива автобуса при використанні дизельного палива та суміші В20. Для того, щоб проводити дослідження впливу зміни типу палива на динамічні та економічні показники автобуса в різних умовах експлуатації математична модель повинна бути динамічною, а транспортний засіб необхідно розглядати як єдину систему на яку здійснюють вплив зовнішні та внутрішні фактори.

В роботі удосконалено математичну модель, в якій транспортний засіб розглядається як складова частина системи, яка включає в себе ще характеристики дороги та показники навколишнього середовища. Управління подачею палива в двигун, ввімкнення та вимкнення зчеплення, вибір та перемикання передач, гальмування транспортного засобу здійснюється за допомогою алгоритму управління транспортним засобу.

Аналогічні моделі розробляли різні автори, такі як: д.т.н., професор Гутаревич Ю.Ф., д.т.н., професор Лісовал А.А., д.т.н., професор Поляков А.П. к.т.н., професор Корпач А.О. та інші для дослідження тягово-динамічних властивостей автомобілів та інших транспортних засобів. Ці моделі відрізняються в залежності від задач та цілей конкретних досліджень. Вони отримали наступні назви: система «Двигун - машина», система «Водій - автомобіль - дорога», система «Людина - транспортний засіб - дорога» [11, 12].

Математичні моделі систем «Водій - автомобіль - дорога» успішно використовували у своїх роботах доктор технічних наук Гутаревич Ю.Ф. [12] та інші дослідники, дані математичні моделі взяті за основу в цій роботі. Об'єктами дослідження в них є автомобілі та інші транспортні машини з бензиновими та дизельними двигунами.

В математичній моделі, яка використовується для проведення досліджень, розглядається автобус з дизельним двигуном, який працює на дизельному паливі або на суміші дизельного та біодизельного палив В20.

Водій в математичній моделі представлений у вигляді алгоритму управління автомобілем, за допомогою якого змінюється величина подачі палива в дизельний двигун, з певною швидкістю вимикається і вмикається зчеплення, перемикаються передачі коробки передач та здійснюється гальмування.

В математичній моделі навколишнє середовище представлено тиском, температурою та коефіцієнтом опору повітря. Дорога характеризується коефіцієнтом опору кочення коліс та кутом повздовжнього нахилу.

В даній моделі розглядається автобус з дизельним двигуном, який працює на дизельному паливі та суміші В20. В систему математичної моделі входить 3 підсистеми [13]:

- дорога; навколишнє середовище; транспортний засіб, в який входять силова установка, трансмісія та кузов з колесами.

На трансмісію та кузов з колесами здійснюють вплив різні фактори, такі як: номер передачі в коробці передач; положення педалі ввімкнення зчеплення; положення педалі гальма; коефіцієнт опору кочення коліс; кут повздовжнього нахилу дороги; коефіцієнт опору повітря.

В додатку 1 представлено вхідні та вихідні параметри підсистем та ланок математичної моделі.

2.2 Математична модель руху автобуса

В основу математичної моделі було покладено відоме з теорії автомобіля рівняння руху [11], яке має наступний вигляд:

$$F_k = F_f + F_w \pm F_j \pm F_a, \quad (2.1)$$

де F_k – 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 зручності розрахунків представимо рівняння руху автомобіля (2.1) у вигляді суми моментів сил, що діють на нього. Для цього рівняння руху необхідно перемножити 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.

Провівши математичні операції стандартними відомими формулами, отримаємо:

$$M_e \cdot i_{mp} \cdot \eta_{mp} = G_a \cdot (f \cdot \cos\alpha \pm \sin\alpha) \cdot r_k + F_w \cdot k_w \cdot \left(\frac{\pi}{30} \cdot \frac{n_{кв} \cdot r_k}{i_{mp}} \right)^2 \cdot r_k \pm \pm \frac{dn_{кв}}{dt} \cdot m_a \cdot \delta_{об} \cdot r_k^2 \cdot \frac{\pi}{30 \cdot i_{mp}}. \quad (2.4)$$

де G_a – вага автомобіля; f – коефіцієнт опору кочення, який залежить від типу дороги; α – кут повздовжнього нахилу дороги; r_k – динамічний радіус колеса; F_w – лобова площа автомобіля; k_w – коефіцієнт опору повітря; $n_{кв}$ – частота обертів колінчастого валу двигуна; m_a – маса автомобіля; $\delta_{об}$ – коефіцієнт врахування впливу інерції обертючих мас автомобіля.

Отже, зміна частоти обертів колінчастого валу двигуна автомобіля описується рівнянням:

$$\frac{dn_{кв}}{dt} = \frac{M_e(q_u, n_{кв}, k_{об}) \cdot i_{мп} \cdot \eta_{мп} - G_a \cdot (f \cdot \cos\alpha \pm \sin\alpha) \cdot r_k - F_w \cdot k_w \cdot V_a^2 \cdot r_k}{m_a \cdot \delta_{об} \cdot r_k^2 \cdot \frac{\pi}{30 \cdot i_{мп}}}, \quad (2.5)$$

де q_u – циклова подача суміші палив; $k_{об}$ – частка біодизельного палива в суміші.

Рух автомобіля описується рівнянням:

$$\frac{dV_a}{dt} = \frac{M_e(q_u, n_{кв}, k_{об}) \cdot i_{мп} \cdot \eta_{мп} - G_a \cdot (f \cdot \cos\alpha \pm \sin\alpha) \cdot r_k - F_w \cdot k_w \cdot \left(\frac{\pi}{30} \cdot \frac{n_{кв} \cdot r_k}{i_{мп}}\right)^2 \cdot r_k}{m_a \cdot \delta_{об} \cdot r_k}. \quad (2.6)$$

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

$$M_e = M_{нав}. \quad (2.7)$$

Під час розгону транспортного засобу з місця або після включення чергової передачі зчеплення поступово включається, при цьому воно пробуксовує, а частота обертання колінчастого валу двигуна $n_{кв}$ знижується. При зниженні $n_{кв}$ через зчеплення передається, крім крутного моменту M_e , ще й момент інерції, що створюється за рахунок виділення кінетичної енергії рухомих мас двигуна, а головним чином маховика. Цей момент рівний:

$$M_{зч} = M_e + J_\delta \cdot \frac{dn_{кв}}{dt}, \quad (2.8)$$

де J_δ – момент інерції двигуна; $\frac{dn_{кв}}{dt}$ – кутове сповільнення колінчастого валу двигуна, що залежить від швидкості включення зчеплення.

Тому при розрахунку зчеплення автомобілів приймають, що зчеплення повинно передавати максимальний крутний момент в 1,2-1,7 рази більший, ніж максимальний ефективний крутний момент двигуна.

Рівняннями (2.4) та (2.5) описується зміна частоти обертів колінчастого валу двигуна та рух автомобіля при включеному зчепленні.

При вимкненні зчеплення кутова швидкість колінчастого валу двигуна буде зменшуватись, а момент інерції двигуна витратиться на подолання його

моменту механічних втрат. Тому рівняння руху двигуна при вимкненому зчепленні запишемо в такому вигляді:

$$J_{\partial} \cdot \frac{dn_{\kappa\delta}}{dt} = M_m \cdot \frac{30}{\pi}, \quad (2.9)$$

де M_m – момент механічних втрат.

Сповільнення автомобіля, за умови увімкненого зчеплення, описується наступним диференціальним рівнянням:

$$\frac{dV_a}{dt} = \frac{M_m \cdot i_{mp} \cdot \eta_{mp} - G_a \cdot (f \cdot \cos\alpha \pm \sin\alpha) \cdot r_{\kappa} - F_w \cdot k_w \cdot V_a^2 \cdot r_{\kappa}}{m_a \cdot \delta_{o\delta} \cdot r_{\kappa}}. \quad (2.10)$$

В період відключення двигуна від трансмісії рух автомобіля описується наступним диференціальним рівнянням:

$$\frac{dV_a}{dt} = \frac{-G_a \cdot (f \cdot \cos\alpha \pm \sin\alpha) - F_w \cdot k_w \cdot V_a^2}{m_a \cdot \delta_{o\delta}}. \quad (2.11)$$

Вищенаведені формули дозволяють розраховувати показники руху автомобіля з постійною швидкістю під час розгону та при сповільненні.

Вхідними даними для математичної моделі системи, яка дозволяє досліджувати показники руху транспортного засобу, що використовує в якості палива для двигуна суміш дизельного та біодизельного палив різного складу є показники алгоритму управління транспортним засобом, дороги та навколишнього середовища, які впливають на показники роботи двигуна, в першу чергу на ефективний крутний момент M_e та частоту обертів колінчастого валу $n_{\kappa\delta}$.

Ефективний крутний момент двигуна рівний:

$$M_e = M_i - M_m, \quad (2.12)$$

де M_i – індикаторний момент двигуна; M_m – момент механічних втрат двигуна.

Ефективний крутний момент двигуна M_e залежить від циклової подачі суміші палив q_u , частоти обертів колінчастого валу $n_{\kappa\delta}$ та вмісту біодизельного палива в суміші $k_{\delta n}$ (0...1) [3].

$$M_e = f(q_u, n_{\kappa\delta}, k_{\delta n}). \quad (2.13)$$

Циклову подачу суміші палив q_u та частку біодизельного палива в суміші $k_{\text{бдн}}$ пропонується представляти у вигляді кількості підведеної теплоти Q . Тоді, отримаємо:

$$Q = f(q_u, k_{\text{бдн}}), \quad (2.14)$$

$$M_e = f(Q, n_{\text{кв}}). \quad (2.15)$$

Значення $M_e(Q, n_{\text{кв}})$ та $Q(q_u, k_{\text{бдн}})$ визначаються експериментальним шляхом, а потім, апроксимуються. Як показує досвід попередніх досліджень загальний вигляд залежностей такого роду доцільно представляти наступними поліномами:

$$M_e = a_1 + a_2 \cdot Q + a_3 \cdot n_{\text{кв}} + a_4 \cdot Q^2 + a_5 \cdot n_{\text{кв}}^2 + a_6 \cdot Q \cdot n_{\text{кв}}, \quad (2.16)$$

$$Q = b_1 + b_2 \cdot q_u + b_3 \cdot k_{\text{бдн}} + b_4 \cdot q_u^2 + b_5 \cdot k_{\text{бдн}}^2 + b_6 \cdot q_u \cdot k_{\text{бдн}}, \quad (2.17)$$

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

Циклова подача палива визначається за формулою:

$$q_u = c_1 + c_2 \cdot n_{\text{кв}} + c_3 \cdot \varphi_q + c_4 \cdot n_{\text{кв}}^2 + c_5 \cdot \varphi_q^2 + c_6 \cdot n_{\text{кв}} \cdot \varphi_q, \quad (2.18)$$

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

Годинна витрата палива визначається за формулою:

$$G_{\text{нал}} = 3 \cdot 10^{-5} \cdot n_{\text{кв}} \cdot i_u \cdot q_u, \quad (2.19)$$

де i_u – кількість циліндрів; q_u – циклова подача палива.

Сумарна витрата палива за певний проміжок часу:

$$G_{\text{нал.сум}} = \sum_{i=1}^n \frac{G_{\text{нал}(i-1)} + G_{\text{нал}.i}}{2 \cdot 3600} \cdot \Delta t, \quad (2.20)$$

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

відрізок часу Δt ; Δt – крок інтегрування.

Динамічний фактор автомобіля визначається за формулою динамічного балансу [11]:

$$D_a = \psi + \delta_{\text{об}} \frac{j}{g}, \quad (2.21)$$

де $\psi = f \cdot \cos \alpha + \sin \alpha$ – коефіцієнт дорожнього опору; j – прискорення автомобіля; g – прискорення вільного падіння.

Процес розгону автомобіля з місця складається з двох періодів [11]:

1 період. Рушання автомобіля з буксуючим зчепленням, що супроводжується зростанням частоти обертання веденої частини зчеплення та швидкості руху автомобіля.

2 період. Розгін автомобіля при блокованому зчепленні.

Розглянемо розгін автомобіля з місця, що включає в себе рушання та подальший розгін з перемиканням передач. При рушанні з місця, водій вимикає зчеплення та включає першу передачу. Плавню збільшує оберти колінчастого валу двигуна до $n_{руш}$ та починає вмикати зчеплення. При цьому приймемо, що водій продовжує вмикати зчеплення одночасно зі збільшенням подачі палива в двигун та збільшенням обертів колінчастого валу, що зазвичай відбувається в експлуатаційних умовах [11]. Це продовжується до того часу, поки частоти обертання колінчастого валу двигуна та первинного валу коробки передач не зрівняються. В цей момент зчеплення повністю вмикається.

У працях вчених Чудакова Є.О. та Гутаревича Ю.Ф. пропонується приймати зміну крутного моменту двигуна при рушанні автомобіля за лінійним законом.

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

$$\frac{dn_{кв}}{dt} = M_e \cdot \frac{30}{J_\delta \cdot \pi}. \quad (2.22)$$

Оскільки, в 1-му періоді рушання автомобіля з місця частоти обертання колінчастого валу двигуна і веденої частини зчеплення та їх зміна будуть відрізнятися, тому необхідно розглядати їх окремо.

В цьому випадку рух двигуна автомобіля описується рівнянням:

$$\frac{dn_{кв}}{dt} = (M_e - M_{зч}) \cdot \frac{30}{J_\delta \cdot \pi}, \quad (2.23)$$

де $M_{зч}$ – момент тертя зчеплення.

Рух веденої частини зчеплення:

$$\frac{dn_{зч}}{dt} = (M_{зч} - M_{он.руш}) \cdot \frac{30}{J_a \cdot \pi}, \quad (2.24)$$

де $M_{он.руш}$ – момент опору руху автомобіля при рушанні з місця; J_a – момент інерції веденої частини зчеплення з урахуванням з'єднаних з нею обертових мас автомобіля.

Для рушання транспортного засобу з місця йому необхідно подолати сили опору руху, що виникають в цей момент, тобто крутний момент на первинному валу коробки передач, що передається через зчеплення від двигуна повинен бути більшим за момент сил опору руху, приведений до первинного валу коробки передач.

Оскільки під час розгону транспортного засобу з місця до повного ввімкнення зчеплення його швидкість відносно мала, то при розрахунку моменту сил опору руху автомобіля $M_{он.руш}$ в цьому проміжку часу можна знехтувати силою опору повітря.

Тоді, момент опору руху автомобіля при рушанні визначається за наступною формулою:

$$M_{он.руш} = \frac{G_a \cdot (f \cdot \cos\alpha + \sin\alpha) \cdot r_k + m_a \cdot \delta_{об} \cdot \frac{dV_a}{dt} \cdot r_k}{i_n \cdot i_0 \cdot i_p \cdot \eta_{mp}}. \quad (2.25)$$

Швидкість, яку досягає автомобіль при повному ввімкненні зчеплення можна визначити за наступною формулою:

$$V_{min1} = 0,105 \frac{r_k \cdot n_{руш}}{i_1 \cdot i_0 \cdot i_p}. \quad (2.26)$$

Прискорення автомобіля під час рушання при буксуючому зчепленні визначається за формулою:

$$j_{руш} = \frac{M_{зч} \cdot i_n \cdot i_0 \cdot i_p \cdot \eta_{mp} - G_a \cdot (f \cdot \cos\alpha + \sin\alpha) \cdot r_k}{m_a \cdot \delta_{об} \cdot r_k}. \quad (2.27)$$

Час рушання автомобіля при буксуючому зчепленні визначається за формулою:

$$t_{пуш} = \frac{V_{\min 1}}{j_{пуш}}. \quad (2.28)$$

Шлях, який пройде автомобіль під час рушання при буксуючому зчепленні:

$$S_{пуш} = \frac{V_{\min 1}}{2} \cdot \Delta t_{пуш}. \quad (2.29)$$

Швидкість автомобіля, що відповідає частоті n_{\max} визначається:

$$V_{\max 1} = 0,105 \frac{r_k \cdot n_{\max}}{i_1 \cdot i_0 \cdot i_p}, \quad (2.30)$$

де n_{\max} – частота обертів колінчастого валу двигуна, при якій здійснюється перемикання передачі.

Час розгону на першій передачі при блокованому зчепленні від швидкості $V_{\min 1}$ до $V_{\max 1}$ визначається за формулою:

$$t_1 = \frac{2(V_{\max 1} - V_{\min 1})}{j_{\max 1} + j_{\min 1}}, \quad (2.31)$$

де $j_{\max 1}$, $j_{\min 1}$ – значення прискорень автомобіля, що відповідають початку і кінцю інтервалу розгону автомобіля на 1 передачі.

При досягненні частоти обертів колінчастого валу двигуна, при якій здійснюється перемикання передачі, водій призупиняє подачу палива, вимикає зчеплення та перемикає передачу з першої на другу. Після ввімкнення зчеплення розгін автомобіля продовжується на другій передачі. Процес перемикання передачі відбувається за певний проміжок часу $t_{1:2}$.

Тому, використовуючи другий закон Ньютона зниження швидкості автомобіля під час перемикання передачі визначаємо за формулою:

$$\Delta V_{1:2} = \frac{F_k + F_n}{m_a} \cdot \Delta t_{1:2}, \quad (2.32)$$

де $t_{1:2}$ – час перемикання з 1-ої передачі на 2-гу; F_k – сила опору кочення коліс; F_n – сила опору повітря; m_a – маса автомобіля.

За цей проміжок часу швидкість транспортного засобу зменшується, оскільки зчеплення вимкнене, а на автомобіль діють сили опору кочення коліс та опору повітря.

Сили опору кочення коліс та опору повітря визначаються за формулами:

$$F_k = G_a \cdot f, \quad (2.33)$$

$$F_k = F_w \cdot k_w \cdot V_{\max 1}^2. \quad (2.34)$$

Тоді, початкова швидкість автомобіля на другій передачі буде дорівнювати:

$$V_{\min 2} = V_{\max 2} - \Delta V_{1:2}. \quad (2.35)$$

При такій швидкості та включеній другій передачі частота обертів двигуна рівна:

$$n_{\min 2} = \frac{V_{\min 2} \cdot i_1 \cdot i_0 \cdot i_p}{0,105 \cdot r_k}. \quad (2.36)$$

Розрахунок аналогічно повторюється при перемиканні на кожну вищу передачу. Тоді, загальний час розгону автомобіля до максимальної швидкості на вищій передачі рівний:

$$t = t_{\text{пуш}} + t_1 + t_{1:2} + t_2 + t_{2:3} \dots + t_{n-1} + t_{(n-1):n} + t_n, \quad (2.37)$$

де n – кількість передач.

Шлях розгону на першій передачі від швидкості V_{\min} до V_{\max} визнається:

$$S_1 = 0,5(V_{\max 1} + V_{\min 1}) \cdot t_1. \quad (2.38)$$

Шлях, який проїжджає автомобіль під час перемикання передачі при вимкненому зчепленні визначається за формулою:

$$S_{1:2} = 0,5(V_{\max 1} + V_{\min 2}) \cdot t_{1:2}. \quad (2.39)$$

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

$$S = S_{\text{пуш}} + S_1 + S_{1:2} + S_2 + S_{2:3} \dots + S_{n-1} + S_{(n-1):n} + S_n. \quad (2.40)$$

Математична модель дозволяє досліджувати техніко-економічні показники автомобіля, двигун якого працює на суміші дизельного та біодизельного палив.

2.3 Розробка алгоритмів для проведення розрахункових досліджень впливу використання біодизельного палива на показники автомобіля

Розроблено алгоритми, які використовуються для наступних розрахунків:

1. Розгін автомобіля з перемиканням передач.
2. Рух автомобіля з постійною швидкістю.

Розглянемо розгін автомобіля з місця із перемиканням передач від першої до вищої і виходом на максимальну швидкість. Розрахунок розгону починається з рушання автомобіля з місця на нижчій передачі, потім виконується розгін на кожній передачі з перемиканням на наступну при досягненні певної частоти обертання колінчастого вала та розгін до максимальної швидкості на вищій передачі.

На рис. 2.1 показано, як змінюються частоти обертання колінчастого вала $n_{кв}$ дизельного двигуна автомобіля і веденої частини зчеплення $n_{зч}$, крутний момент $M_{зч}$, що передається через зчеплення і момент навантаження $M_{нав}$ в період рушання автомобіля.

Перед початком рушання автомобіля частота обертання колінчастого вала двигуна рівна мінімальній частоті обертання $n_{квхх}$, зчеплення вимкнено, тому

$n_{зч} = 0$, ввімкнена нижча передача.

У момент часу t_1 водій починає плавно збільшувати подачу палива в двигун і частота обертання колінчастого вала починає зростати. У момент часу t_2 водій починає плавно вмикати зчеплення і момент на зчепленні $M_{зч}$ зростає.

Коли $M_{зч}$ стає більшим за момент $M_{нав}$ (точка I в момент часу t_3), починає обертатися вал зчеплення, автомобіль рушає з місця і починає розганятися. У

період від t_3 до t_4 зчеплення пробуксовує, частота обертання $n_{кв}$ зменшується, а частота обертання $n_{зч}$ збільшується. У точці 2 зчеплення повністю вмикається і частоти обертання $n_{кв}$ і $n_{зч}$ стають рівними. Від моменту часу t_4 триває розгін автомобіля на даній передачі при включеному зчепленні.

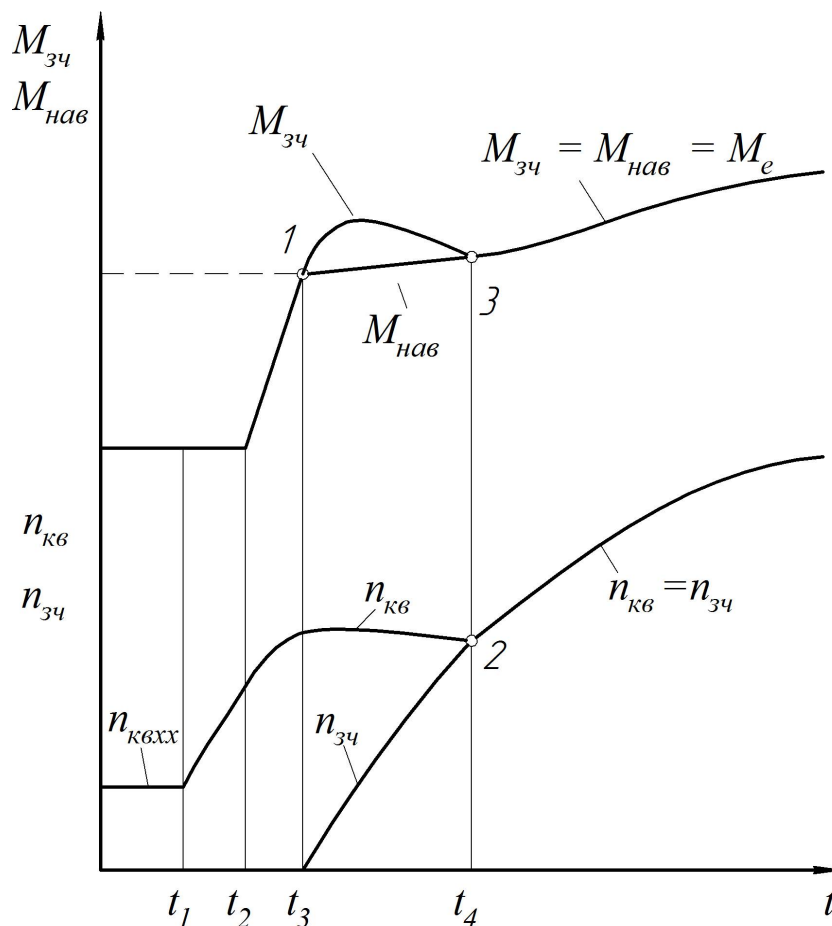


Рисунок 2.1 - Процес рушення автомобіля з місця

Під час пробуксовки зчеплення на інтервалі часу $t_3 - t_4$ момент, що передається від двигуна через зчеплення, стає більшим за ефективний крутний момент M_e дизельного двигуна. Це відбувається за рахунок кінетичної енергії маховика двигуна, що звільняється при його сповільненні.

Після ввімкнення зчеплення настає рівність моментів $M_{зч} = M_{нав} = M_e$ (точка 3) і далі ці моменти зростають зі збільшенням швидкості автомобіля.

Перед перемиканням на чергову передачу зчеплення вимикається при частотах обертання n_2 - на 2-гу передачу, n_3 - на 3-тю, n_4 - на 4-ту, n_5 - на 5-ту.

Одночасно з вимкненням зчеплення призупиняється подача палива в двигун. Тому частота обертання колінчастого валу дизельного двигуна $n_{кв}$ при вимкненому зчепленні швидко зменшується.

Перемикання передач здійснюється за певний час t після вимкнення зчеплення. У момент включення передачі частота обертання валу зчеплення $n_{зч}$ стрибкоподібно зменшується у зв'язку із зміною передавального числа в коробці передач. З цього моменту одночасно починають переміщатися обидві педалі: педаль подачі палива у бік збільшення подачі палива в дизельний двигун та педаль зчеплення поступово вмикаючи його. Частота обертання $n_{зч}$ починає зростати, а частота обертання $n_{кв}$ продовжує зменшуватися, в результаті чого ці частоти стають рівними. В цей момент зчеплення повністю включається і швидкість автомобіля починає зростати.

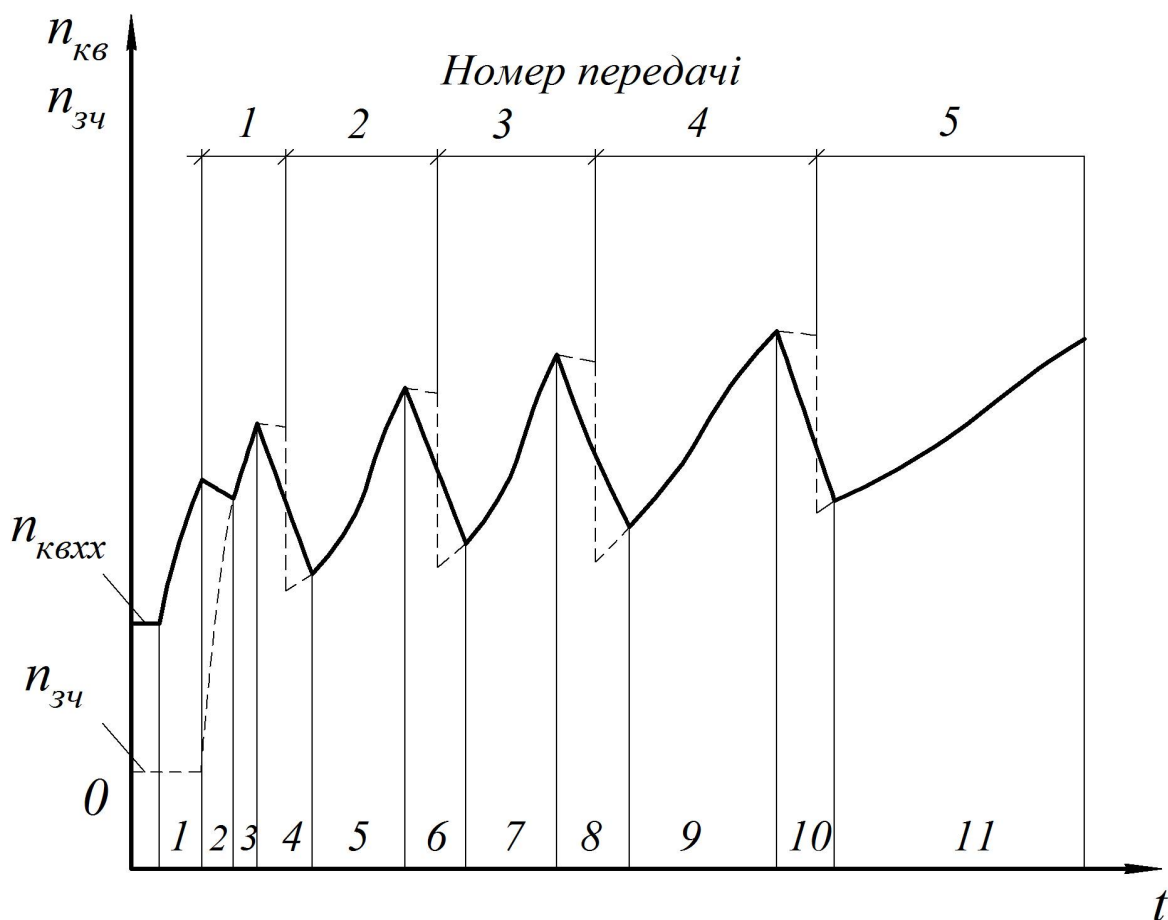


Рисунок 2.2 - Процес рушання та розгону автомобіля з місця з перемиканням передач

На рис. 2.2 зображено один із можливих процесів рушання та розгону автомобіля з дизельним двигуном з перемиканням передач від 1 до 5 у вигляді залежності частот обертання $n_{кв}$ і $n_{зч}$ від часу t [19].

На рисунку позначені інтервали руху на 1, 2, 3, 4 та 5 передачах. На 1-4 передачах інтервали знаходяться в межах від моменту початку включення зчеплення до моменту включення наступної передачі, а на 5-й передачі від моменту початку включення зчеплення до виходу на максимальну швидкість автомобіля.

Процес рушання й розгону автомобіля розбитий на 11 частин:

- 1) збільшення частоти обертання колінчастого валу дизельного двигуна перед початком включення зчеплення;
- 2) рушання автомобіля з буксуючим зчепленням на 1 передачі;
- 3) розгін автомобіля на 1 передачі з блокованим зчепленням;
- 4) вимикання зчеплення, перемикання з 1-ї на 2-гу передачу та розгін автомобіля на 2-й передачі з буксуючим зчепленням;
- 5) розгін автомобіля на 2-й передачі з блокованим зчепленням;
- 6) вимикання зчеплення, перемикання з 2-ї на 3-тю передачу та розгін автомобіля на 3-й передачі з буксуючим зчепленням;
- 7) розгін автомобіля на 3-й передачі з блокованим зчепленням;
- 8) вимикання зчеплення, перемикання з 3-ї на 4-ту передачу та розгін автомобіля на 4-й передачі з буксуючим зчепленням;
- 9) розгін автомобіля на 4-й передачі з блокованим зчепленням;
- 10) вимикання зчеплення, перемикання з 4-ї на 5-ту передачу та розгін автомобіля на 5-й передачі з буксуючим зчепленням;
- 11) розгін автомобіля на 5-й передачі до максимальної швидкості.

3. РОЗРАХУНКОВЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВИКОРИСТАННЯ СУМІШІ ПАЛИВ НА ВИТРАТУ ПАЛИВА АВТОБУСА

3.1 Вихідні дані для проведення розрахункових досліджень

Для розрахунку витрати палива автобуса розглядався рух автобуса за маршрутом №19 «Вишенька - Немирівське шосе». Схема маршруту №19 (додаток 2).

Автобусний маршрут №19 складається з 24 зупинок в прямому напрямку та 25 зупинок в зворотному (додаток 2). Загальна протяжність маршруту становить 13,92 км. [15]. В таблиці 3.1 представлена інформація щодо викидів на маршруті №19 [20].

Таблиця 3.1 – Оцінка забруднення на маршруті

Довжина маршруту в один бік, км	Кількість автобусів на маршруті, шт	Викиди в атмосферу за одне коло, кг	Викиди в атмосферу за одну зміну, кг	Викиди в атмосферу за один рік, кг
13,92	7	6,8	244,8	89352

Вихідні дані для розрахунку витрати палива автобуса були отримані шляхом встановлення GPS-трекера з GSM-модулем (рис. 3.1) та датчиком рівня палива на автобус.

У деяких випадках допускається керування бортовим обладнанням по командах, що надходять від користувача через оператора мережі. Зібрана інформація, за присутності сигналу оператора GSM зв'язку, передається на сервер обробки у вигляді «пакету» даних - час, координати, значення внутрішніх та зовнішніх параметрів. У разі відсутності покриття мережі оператора мережі, більшість пристроїв дозволяють зберігати «пакети» у власній пам'яті і при відновленні зв'язку передавати дані на сервер в процесі руху (рис. 3.2).

Користувач в будь-який час може отримати інформацію з сервера за

допомогою клієнтської частини програмного забезпечення, або, в деяких випадках, - прямо через браузер, використовуючи WEB-інтерфейс системи (рис.3.3).



Рисунок 3.1 - GPS-трекер з GSM-модулем



Рисунок 3.2 - Принцип роботи GPS трекера

Состояние объекта | Карта

Состояние объекта

1107	08.11	10:42:44
1108	08.11	10:43:14
1109	08.11	10:43:44
1110	08.11	10:44:13
1111	08.11	10:44:43
1112	08.11	10:45:13
1113	08.11	10:45:42
1114	08.11	10:46:13
1115	08.11	10:48:19
1116	08.11	10:48:54
1117	08.11	10:49:26
1118	08.11	10:49:56
1119	08.11	10:50:26
1120	08.11	10:50:56
1121	08.11	10:51:26
1122	08.11	10:51:56
1123	08.11	10:52:30
1124	08.11	10:53:04
1125	08.11	10:53:53
1126	08.11	10:54:19
1127	08.11	10:54:46
1128	08.11	10:55:13
1129	08.11	10:55:43
1130	08.11	10:56:13
1131	08.11	10:56:43

08.11.2017 10:56:13 63 ✓

События

Параметры

Пробег (км) **5014** Скор. (км/ч) **63**
 От нач. периода (км) **219,1** Напр. **182°**
 Послед. поездка (км) **114,5** Высота (м) **216**

Питание

борт.: 25,5V GSM Глонасс/GPS T.In T.Out Сч.моторчасов
 аккумулятор.: 4,3V Sim1 10 POS 46°C 0°C 0 0

Датчики Охрана Реле

АЦП Част.имп.вход

856,00	593,00	0,00	0,00	0,00	0	0	-	-
1	2	3	4	5	1	2	3	4

Пользовательские параметры

Топливный бак №1 **599,74** Counter 1 **0,00**
 Топливный бак №2 **194,24**
 Топливный бак сумарно **793,98**
 Расходомер 1 **21,91**
 Моточасы **5:45:35**

Рисунок 3.3 – Інтерфейс програмного забезпечення для контролю параметрів

3.2 Розрахунок витрати палива автобуса, що рухався за маршрутом №19 «Вишенька - Немирівське шосе»

Використовуючи GPS-трекер з GSM-модулем та датчиком рівня палива були отримані дані по витраті палива, пройденій відстані та швидкості руху автобуса за маршрутом №19 «Вишенька - Немирівське шосе», дані представлені в таблиці (додаток 3).

Зміна швидкості руху автобуса за маршрутом №19 «Вишенька - Немирівське шосе» за період з 07:20:20 до 07:50:00 представлено в додатку 4.

За допомогою математичної моделі руху транспортного засобу, яка наведена в розділі 2, здійснимо розрахунок витрати палива автобуса, що рухався за маршрутом №19 «Вишенька - Немирівське шосе» використовуючи суміш дизельного та біодизельного палив (B20) та порівняємо її з витратою палива (додаток 3).

Для виконання розрахунків приймемо наступні умови:

- компонентний склад суміші B20 (20% біодизельного палива та 80% дизельного);
- дизельний двигун автобуса прогрітий до робочої температури;
- оскільки, міський пасажиропотік має велику нерівномірність по годинами доби, то прийнято, що автобус завантажений на 70% від максимальної пасажиромісткості.

Результати розрахунку витрати палива автобуса, що рухався за маршрутом №19 «Вишенька - Немирівське шосе» використовуючи суміш B20 (додаток 5).

Таким чином, результати розрахунків показують, що при русі автобуса за маршрутом №19 «Вишенька - Немирівське шосе» протягом дня з 06:01:21 до 19:45:15 використовуючи суміш B20 витрата палива склала 68,81 л., що на 4,52% більше ніж при використанні дизельного палива. При цьому було спожито 17,2 л. біодизельного палива та 51,61 л. дизельного. Загальний пробіг автобуса за день склав 164,58 км.

3.3 Розрахунок економічного ефекту від використання суміш палив B20 в якості палива для двигуна автобуса

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:

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

де $G_{\text{бп}}$, $G_{\text{дп}}$ – витрата біодизельного та дизельного палива, відповідно, л. $B_{\text{бп}}$, $B_{\text{дп}}$ – вартість біодизельного та дизельного палив, відповідно, грн/л.

Аналізуючи ринок нафтопродуктів України можна дійти висновку [16, 17], що станом на початок 2020 року вартість дизельного палива на автозаправних станціях (АЗС) в середньому складає 25,90 грн/л.

Компанія "АВТ Груп" [18], яка спеціалізується на виробництві біодизельного палива, зазначає що його вартість, станом на початок 2020 року, становить 19,25 грн/л.

Відповідно до (3.1) та використовуючи дані (додаток 5), розрахуємо затрати на паливо в грошовому еквіваленті при русі автобуса маршрутом №19 «Вишенька - Немирівське шосе» при живленні його двигуна дизельним паливом та сумішшю палив B20.

При живленні сумішшю B20:

$$Ж_{\text{B20}} = 17,2 \cdot 19,25 + 51,6 \cdot 25,90 = 1667,5 \text{ грн}$$

При живленні дизельним паливом:

$$Ж_{\text{дп}} = 65,81 \cdot 25,90 = 1600,9 \text{ грн.}$$

Таким чином, економія при використанні суміші B20 складає $E_{\text{№19}} = 66,6$ грн. при роботі одного автобуса за маршрутом №19 «Вишенька - Немирівське шосе».

Для прогнозування економічного ефекту від використання суміші палив В20 в якості палива для автобуса протягом року розрахуємо економію на паливо, приведену до 1 кілометра пробігу автобуса. Згідно додатку 5 пробіг автобуса, який рухався за маршрутом №19 «Вишенька - Немирівське шосе» протягом дня з 06:01:21 до 19:45:15 склав $S_{\text{№19}} = 164,58$ км.

Таким чином економія на паливо за 1 км. пробігу автобуса складає:

$$E_{1 \text{ км}} = \frac{E_{\text{№19}}}{S_{\text{№19}}};$$

$$E_{1 \text{ км}} = \frac{66,6}{164,58} = 0,4 \text{ грн.}$$

Згідно даних загальний пробіг автобуса, що виконують транспортну роботу за 2019 р. склав $S_p = 2\,625\,984$ км.

Розрахуємо економічний ефект від використання суміш палив В20 в якості палива для автобусів протягом 1 року:

$$E = E_{1 \text{ км}} \cdot S_p;$$

$$E = 0,4 \cdot 2\,625\,984 = 1\,050\,393,6 \text{ грн}$$

Отже, при використанні суміші палив В20 в якості палива для автобусів протягом 1 року економія в грошовому еквіваленті складає 1 050 393,6 грн.

3.4 Розробка рекомендацій щодо проведення ТО паливної апаратури

Автобус обладнаний двигуном YUCHAI YC6A260 – 20. Термін експлуатації моторних олив дизельних двигунів при використанні суміші палив В20 збільшується на 17% в порівнянні з дизельним паливом.

За результатами проведених досліджень можна зробити такі висновки:

1. При експлуатації транспортних засобів з дизельними двигунами на сумішевих видах палива (дизельне паливо та біодизельне) термін заміни моторної оливи при використанні різних видів палива збільшуватиметься. Чим більший вміст біодизельного палива в дизельному паливі, тим більший термін заміни моторної оливи. Термін експлуатації моторної оливи практично

можливо визначити лише за умови контролю в'язкості оливи через кожні 250 мотогодин, або 8 тис. км пробігу, при проведенні 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. При зниженні в'язкості більш ніж на 10% моторну оливу необхідно замінити.

2. При експлуатації транспортних засобів з дизельними двигунами недоцільно використовувати чисте біодизельне паливо. Це пов'язано з суттєвим зменшенням ефективної потужності, збільшенням питомої витрати палива, погіршенням процесу фільтрування, більш швидкому закоксовуванню отворів розпилювачів форсунок. Крім того, гірше випаровування біодизельного палива викликатиме труднощі в запуску дизеля в зимовий період з неповним згорянням палива, що призведе до зниження в'язкості моторної оливи.

Для забезпечення надійної роботи паливної системи необхідно скоригувати терміни проведення деяких технологічних операцій, (табл. 3.2).

Таблиця 3.2 - Технологічні операції і терміни їх проведення при технічному обслуговуванні паливної системи дизельних двигунів

№	Технологічна операція	YUCHAI YC6A260 – 20
1	Виконати відстоювання сумішевого палива і його фільтрування перед заправкою в баки транспортних засобів	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	96 тис.км.
6	Заміна моторної оливи	18 тис. км

Таким чином, коригування термінів дозволяє забезпечити надійність елементів паливної апаратури на рівні, яка забезпечується при експлуатації на дизельному паливі.

ВИСНОВКИ

Встановлено, що одним із найбільш ефективних та легких в реалізації способом зменшення витрат на паливо автобуса є використання суміші дизельного та біодизельного палива (B20) для живлення двигуна. Покращення економічних та екологічних показників дизельного двигуна, який встановлений на автобус «ЛАЗ – А183F0» при використанні суміші палив (B20) було досягнуто за рахунок зменшення кута випередження впорскування палива. На покращення процесу згорання суміші палив було доцільно збільшити ступінь стиснення за допомогою встановлення тоншої прокладки між блоком циліндрів і головкою.

Розрахунок витрати палива автобуса, що рухався за маршрутом №19 «Вишенька - Немирівське шосе» показав, що при русі автобуса протягом дня використовуючи суміш палив (B20) витрата палива склала 68,81 л., що на 4,52% більше ніж при використанні дизельного палива. При цьому було спожито 17,2 л. біодизельного палива та 51,6 л. дизельного. Розрахунок економічного ефекту від використання суміш палив (B20) в якості палива для двигуна автобуса показав, що економія при використанні суміші палив (B20) складає $E_{\text{№19}} = 66,6$ грн. при роботі автобуса за маршрутом №19 «Вишенька - Немирівське шосе». Встановлено, що річний економічний ефект при використанні суміші палив (B20) в якості палива для автобуса складає 1 050 393,6 грн.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Характеристики [Електронний ресурс]: Технічні характеристики автобуса “ЛАЗ – А183F0”. – Режим доступу: <http://old.kievbus.info/buses/42-a183f0.html>
2. Семенов В.Г. Біодизельне паливо для України / В.Г. Семенов // Вісник Національної академії наук України. – 2007. – №4. – С. 18-22.
3. Марков В.А. Состав и теплота сгорания биотоплив, получаемых из растительных масел / В.А. Марков, С.А. Нагорнов, С.Н. Девянин // Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Серия «Естественные науки». – М., 2012.– № 2. – С. 65-80.
4. 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.
5. He Y. Study on rapeseed oil as althernative fuel for a single-cylinder diesel engine / Y. He, Y. D. Bao: Renewable Energy. An international journal. – 2003. – № 28. – P. 1447-1453.
6. 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.
7. 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.
8. Долганов К.Е. Математическая модель системы автоматического регулирования частоты вращения дизеля с двухрежимным регулятором / К.Е. Долганов, А.А. Лисовал, В.Г. Лясковский, И.А. Монева // Механика на Машините. Година 7, книга 1. – Варна, 1999. – С. 90.

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. Гутаревич Ю.Ф. Снижение вредных выбросов автомобиля в эксплуатационных условиях / Ю.Ф. Гутаревич. – Киев: Выща школа, 1991. – 179.

11. Умняшкин В.А. Теория автомобиля: учеб. пособие / В.А. Умняшкин, Н.М. Филькин, Р.С. Музафаров. – Ижевск: Изд-во ИжГТУ, 2006. - 272 с.

12. Поляков А.П. Методика визначення показників автомобіля з дизельним двигуном/ А.П. Поляков, О.О. Галушак Д.О. Галушак // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Серія: Автомобіле- та тракторобудування. – Х. : НТУ «ХПІ». – 2015. – № 10 (1119). – С. 59-64.

13. Чудаков Е.А. Динамические и экономические испытания автомобилей / Е.А.Чудаков. М. – Свердловск: Машгиз, 1944. – 132 с.

14. Чудаков Е.А. Избранные труды / Е.А.Чудаков. М.: Изд-во АН СССР, 1961. – 463 с.

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

16. Паливо [Електронний ресурс]: Ціни на паливо на АЗС України. – Режим доступу: <http://finance.i.ua/fuel/5>

17. Авіас – енергія руху [Електронний ресурс]: Реалізація: бензин, дизельне паливо. – Режим доступу: <http://avias.com.ua/site/all/1864860459>

18. АВТ груп [Електронний ресурс]: АВТ Груп - альтернативные виды топлива. – Режим доступу: <http://avt-group.com.ua/produksiya.html>

19. 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.

20. Кішик О.В., Васильківський І.В. Оцінка забруднення атмосферного повітря Вінницької області автотранспортом // VI Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю (Екологія/Ecology-2017), 20-22 вересня, 2019. Вінниця: ВНТУ, 2019. 2019. – С. 181.

ДОДАТКИ

Додаток 1

Вхідні та вихідні параметри підсистем та ланок математичної моделі

Підсистеми, ланки	Параметри	
	вхідні	вихідні
1	2	3
Алгоритм управління транспортним засобом		Положення педалі подачі палива, $\varphi_q(t)$ Положення педалі зчеплення, $\varphi_{зч}(t)$ Положення педалі гальма, $\varphi_{гал}(t)$ Номер передачі в коробці передач, $i_{кп}$
Дорога		Коефіцієнт опору кочення коліс, f_k Кут повздожнього нахилу дороги, α
Навколишнє середовище		Коефіцієнт опору повітря, $K_{нов}$ Температура повітря, $T_{нов}$ Атмосферний тиск, $P_{нов}$
Трансмiсія та кузов з колесами	Положення педалі зчеплення, $\varphi_{зч}(t)$ Положення педалі гальма, $\varphi_{гал}(t)$ Номер передачі в коробці передач, $i_{кп}$ Коефіцієнт опору кочення коліс, f_k Кут повздожнього нахилу дороги, α Коефіцієнт опору повітря, $K_{нов}$ Частота обертів колінчастого валу двигуна, $n_{кв}$ Ефективний крутний момент, M_e	Швидкість руху автомобіля, V_a
Силова установка	Циклова подача палива в двигун, $q_{сум}$ Температура повітря, $T_{нов}$ Атмосферний тиск, $P_{нов}$	Частота обертів колінчастого валу двигуна, $n_{кв}$ Ефективний крутний момент, M_e Витрата палива, $G_{нал}$
Транспортний засіб	Положення педалі подачі палива, $\varphi_q(t)$ Положення педалі зчеплення, $\varphi_{зч}(t)$ Положення педалі гальма, $\varphi_{гал}(t)$ Номер передачі в коробці передач, $i_{кп}$ Коефіцієнт опору кочення коліс, f_k Кут повздожнього нахилу дороги, α Коефіцієнт опору повітря, $K_{нов}$	Швидкість руху автомобіля, V_a Витрата палива, $G_{нал}$

Атмосферний тиск, $P_{нов}$

Додаток 2

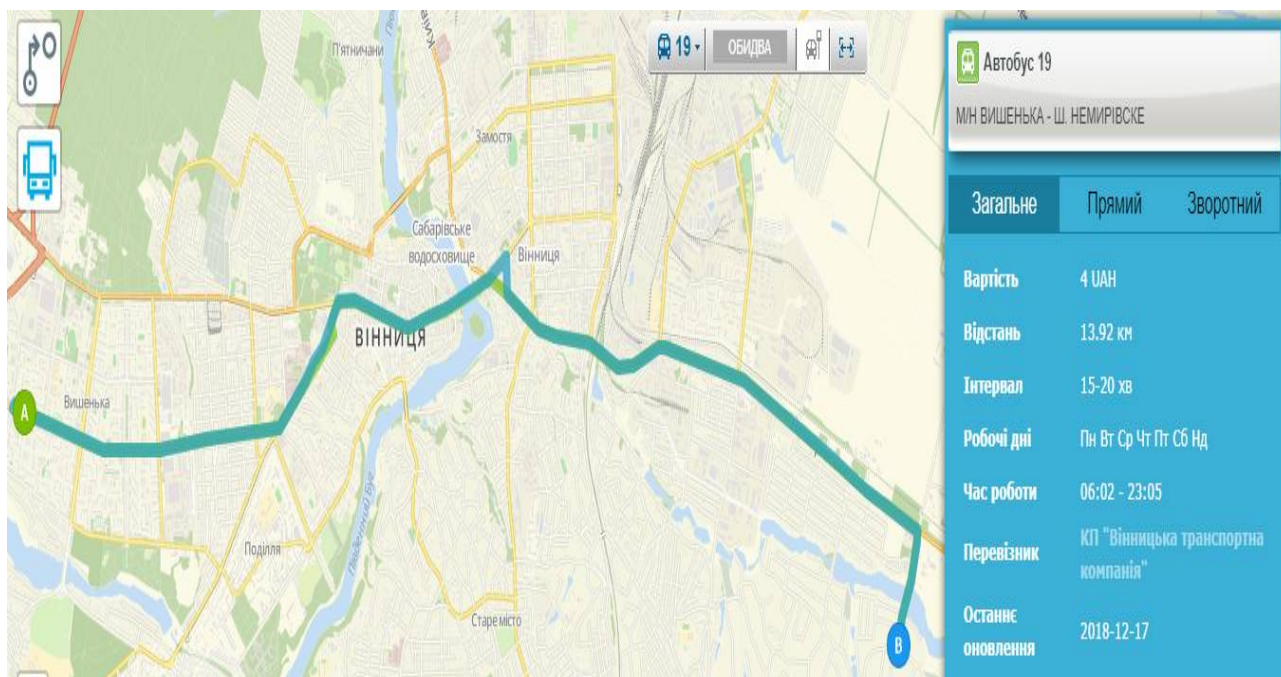


Схема руху автобусів за маршрутом №19

Перелік зупинок за маршрутом №19

	<i>Прямий напрямок</i>		<i>Зворотний напрямок</i>
1	вул. Миколи Ващука	1	вул. Покришкіна
2	вул. Воїнів-Інтернаціоналістів	2	Автомобільний салон
3	пр. Юності	3	Аеропорт
4	пр. Космонавтів	4	вул. Чехова
5	вул. 600-річчя	5	вул. Іванова
6	вул. Лялі Ратушної	6	вул. Карла Маркса
7	вул. Шевченка	7	Зої Ткаченко
8	ринок "Урожай"	8	вул. Привокзальна
9	Лікарня ім. Пирогова	9	вул. Олександра Довженка
10	вул. Валентина Отамановського	10	вул. Замостянська
11	вул. Театральна	11	Музей М. Коцюбинського
12	майдан Незалежності	12	вул. Соборна
13	Мури	13	майдан Незалежності
14	вул. Нансена	14	вул. Театральна
15	вул. Замостянська	15	вул. Валентина Отамановського
16	вул. Привокзальна	16	Лікарня ім. Пирогова
17	Зої Ткаченко	17	Медичний університет
18	вул. Карла Маркса	18	вул. Шевченка
19	вул. Іванова	19	вул. Лялі Ратушної
20	вул. Чехова	20	вул. 600-річчя
21	вул. Чехова	21	пр. Космонавтів
22	Аеропорт	22	пр. Юності
23	Автомобільний салон	23	вул. Воїнів-Інтернаціоналістів
24	вул. Покришкіна	24	вул. Миколи Ващука

-	25	вул. Миколи Ващука
---	----	--------------------

Додаток 3

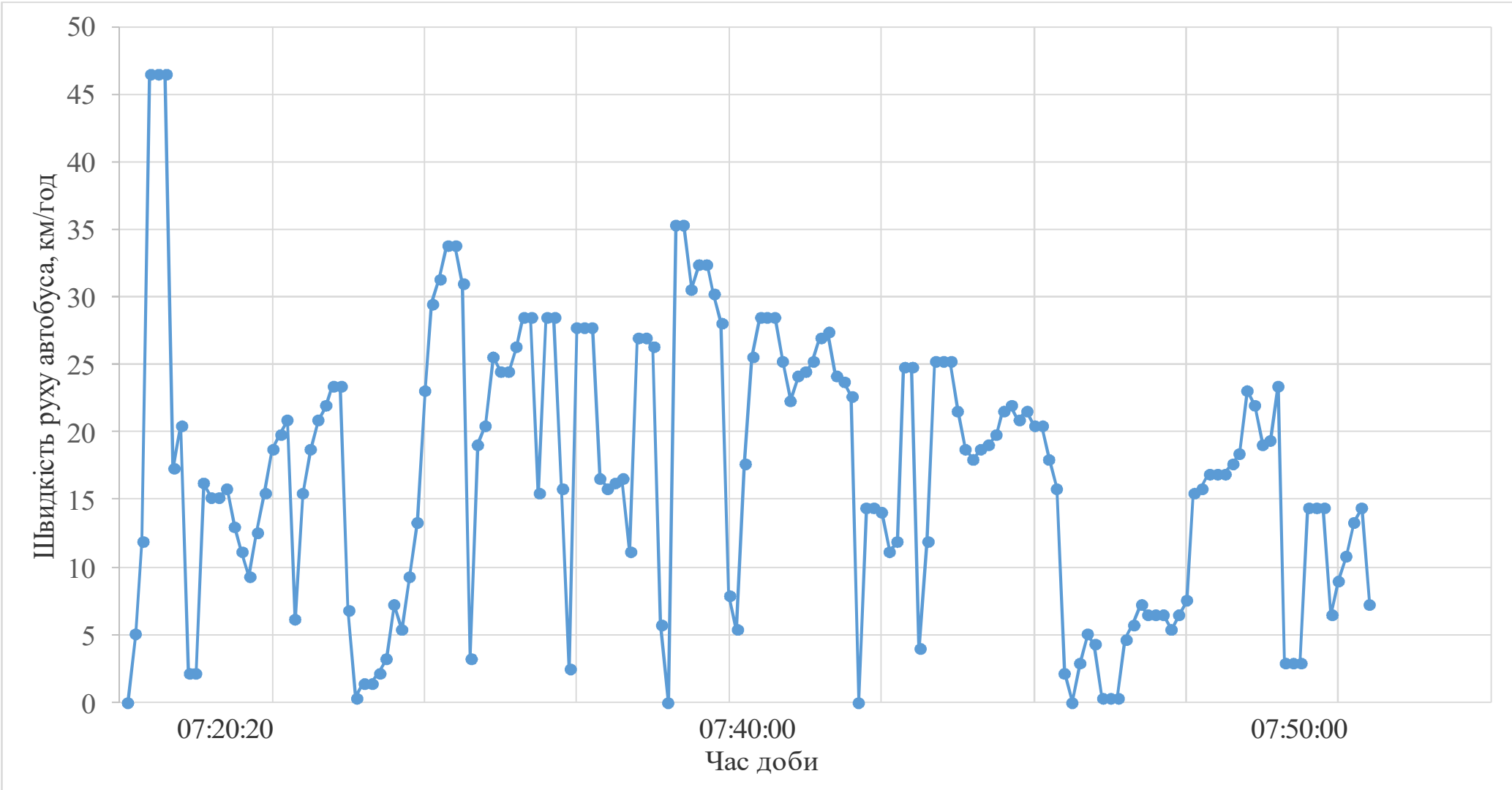
Зведений звіт про пробіг і витрату палива автобуса, що рухався за маршрутом №19 «Вишенька - Немирівське шосе»

Зведений звіт про пробіг і витрату палива за період з 20.09.2019 00:00:00 по 21.09.2019 23:59:59 (часовий пояс "Europe/Kiev")								
№ п/п	Об'єкт	Дата	Час	Відстань км	Приріст відстані, км	Швидкість, км/год	Стан	Витрати палива, л
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	AB0655 AA	20.09.19	00:00:20	0,000	0,000	0,000	Стоянка	0,000
2	AB0655 AA	21.09.19	06:01:21	0,103	0,103	1,800	Поїздка	0,041
3	AB0655 AA	21.09.19	06:01:23	0,155	0,051	1,080	Поїздка	0,062
4	AB0655 AA	21.09.19	06:44:20	0,175	0,020	0,000	Стоянка	0,070
5	AB0655 AA	21.09.19	07:05:05	0,198	0,023	5,400	Поїздка	0,079
6	AB0655 AA	21.09.19	07:05:06	0,201	0,003	5,400	Поїздка	0,080
7	AB0655 AA	21.09.19	07:05:19	0,209	0,008	3,600	Поїздка	0,084
8	AB0655 AA	21.09.19	07:05:20	0,211	0,002	6,120	Поїздка	0,084
9	AB0655 AA	21.09.19	07:05:20	0,213	0,002	3,600	Поїздка	0,085
10	AB0655 AA	21.09.19	07:05:20	0,213	0,000	3,600	Поїздка	0,085
11	AB0655 AA	21.09.19	07:05:20	0,213	0,000	3,600	Поїздка	0,085
12	AB0655 AA	21.09.19	07:05:28	0,233	0,020	4,680	Поїздка	0,093
13	AB0655 AA	21.09.19	07:06:20	0,236	0,004	0,000	Стоянка	0,095
...
1892	AB0655 AA	21.09.19	13:59:20	91,269	0,000	41,040	Поїздка	36,508
1893	AB0655 AA	21.09.19	13:59:20	91,269	0,000	41,040	Поїздка	36,508
1894	AB0655 AA	21.09.19	13:59:43	91,384	0,115	12,240	Поїздка	36,554
1895	AB0655 AA	21.09.19	13:59:49	91,399	0,015	2,520	Поїздка	36,560
1896	AB0655 AA	21.09.19	14:00:08	91,401	0,002	4,680	Поїздка	36,561

Продовження додатку 3

1897	AB0655 AA	21.09.19	14:00:11	91,408	0,007	10,800	Поїздка	36,563
1898	AB0655 AA	21.09.19	14:00:20	91,450	0,042	20,520	Поїздка	36,580
...
3351	AB0655 AA	21.09.19	19:35:29	164,532	0,009	15,120	Поїздка	65,813
3352	AB0655 AA	21.09.19	19:36:20	164,558	0,027	0,000	Стоянка	65,823
3353	AB0655 AA	21.09.19	19:43:33	164,563	0,005	4,680	Поїздка	65,825
3354	AB0655 AA	21.09.19	19:43:36	164,568	0,004	4,680	Поїздка	65,827
3355	AB0655 AA	21.09.19	19:43:39	164,571	0,003	4,680	Поїздка	65,828
3356	AB0655 AA	21.09.19	19:44:20	164,574	0,003	0,000	Стоянка	65,830
3357	AB0655 AA	21.09.19	19:45:12	164,576	0,001	2,160	Поїздка	65,830
3358	AB0655 AA	21.09.19	19:45:15	164,578	0,002	3,600	Поїздка	65,831

Додаток 4



Зміна швидкості руху автобуса за маршрутом №19 «Вишенька - Немирівське шосе» за часом доби

Додаток 5

Результати розрахунку витрати палива автобуса, що рухався за маршрутом №19 «Вишенька - Немирівське шосе» використовуючи суміш В20

№ п/п	Відстань, км	Приріст відстані, км	Швидкість, км/ч	Стан	Витрати дизельного палива, л	Витрати біодизельного палива, л	Сумарна витрата палива, л
1	2	3	4	5	6	7	8
1	0,000	0,000	0,000	Стоянка	0	0	0
2	0,103	0,103	1,800	Поїздка	0,032	0,011	0,043
3	0,155	0,051	1,080	Поїздка	0,049	0,016	0,065
4	0,175	0,020	0,000	Стоянка	0,055	0,018	0,073
5	0,198	0,023	5,400	Поїздка	0,062	0,021	0,083
6	0,201	0,003	5,400	Поїздка	0,063	0,021	0,084
7	0,209	0,008	3,600	Поїздка	0,066	0,022	0,088
8	0,211	0,002	6,120	Поїздка	0,066	0,022	0,088
9	0,213	0,002	3,600	Поїздка	0,067	0,022	0,089
10	0,213	0,000	3,600	Поїздка	0,067	0,022	0,089
11	0,213	0,000	3,600	Поїздка	0,067	0,022	0,089
...
1885	90,755	0,000	0,000	Стоянка	28,457	9,486	37,943
1886	90,757	0,001	4,320	Поїздка	28,458	9,486	37,944
1887	90,762	0,006	11,160	Поїздка	28,459	9,486	37,946
1888	90,822	0,060	24,840	Поїздка	28,478	9,493	37,971
1889	90,856	0,035	23,040	Поїздка	28,489	9,496	37,986
1890	91,078	0,221	41,040	Поїздка	28,558	9,519	38,078
1891	91,269	0,191	41,040	Поїздка	28,619	9,540	38,158
1892	91,269	0,000	41,040	Поїздка	28,619	9,540	38,158
1893	91,269	0,000	41,040	Поїздка	28,619	9,540	38,158
1894	91,384	0,115	12,240	Поїздка	28,655	9,552	38,206
1895	91,399	0,015	2,520	Поїздка	28,659	9,553	38,213
1896	91,401	0,002	4,680	Поїздка	28,660	9,553	38,214
1897	91,408	0,007	10,800	Поїздка	28,662	9,554	38,216
1898	91,450	0,042	20,520	Поїздка	28,675	9,558	38,233
1899	91,450	0,000	20,520	Поїздка	28,675	9,558	38,233
1900	91,474	0,024	20,880	Поїздка	28,683	9,561	38,244
1901	91,567	0,094	3,240	Поїздка	28,712	9,571	38,283
...
3350	164,523	0,029	16,200	Поїздка	51,588	17,196	68,784
3351	164,532	0,009	15,120	Поїздка	51,591	17,197	68,788
3352	164,558	0,027	0,000	Стоянка	51,599	17,200	68,798
3353	164,563	0,005	4,680	Поїздка	51,600	17,200	68,800
3354	164,568	0,004	4,680	Поїздка	51,602	17,201	68,802
3355	164,571	0,003	4,680	Поїздка	51,603	17,201	68,803
3356	164,574	0,003	0,000	Стоянка	51,604	17,201	68,806
3357	164,576	0,001	2,160	Поїздка	51,604	17,201	68,806
3358	164,578	0,002	3,600	Поїздка	51,605	17,202	68,807