

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТРАНСПОРТНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Сімоненко Віталій Васильович



УДК 629.341 : 621.436.12

**ПОЛІПШЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ МІСЬКИХ
АВТОБУСІВ ВИКОРИСТАННЯМ ДИЗЕЛЬНОГО БІОПАЛИВА**

Спеціальність: 05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ – 2016

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі «Дорожні машини» Національного транспортного університету (НТУ) Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: кандидат технічних наук, доцент
Ковбасенко Сергій Володимирович,
Національний транспортний університет, доцент
кафедри «Дорожні машини».

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Поляков Андрій Павлович,
Вінницький національний технічний університет,
професор кафедри «Автомобілі та транспортний
менеджмент»;

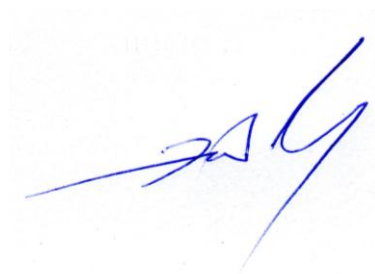
кандидат технічних наук, доцент
Клименко Олексій Андрійович,
ДП «ДержавтотрансНДІпроект»,
заступник завідувача лабораторії дослідження
використання палив та екології.

Захист відбудеться «11» березня 2016р. о 10⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.059.03 в Національному транспортному університеті за адресою: 01010, м. Київ, вул. Суворова, 1, ауд. 333.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного транспортного університету за адресою: 01103, м. Київ, вул. Кіквідзе, 42.

Автореферат розісланий «05» лютого 2016р.

В. о. вченого секретаря
спеціалізованої вченої ради



Е. К. Посвятенко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. У зв'язку з тим, що дизелі набули широкого розповсюдження на автомобільному транспорті, в світі виникло багато проблем, пов'язаних з виснаженням нафтових родовищ, забрудненням довкілля токсичними викидами, глобальним потеплінням, тощо. В умовах поступового зростання цін на енергоносії та посилення норм викидів шкідливих речовин (ШР) з відпрацьованими газами (ВГ) постає питання заміни традиційних палив нафтового походження альтернативними.

В Україні, яка має великі земельні та сировинні ресурси, щорічно виробляється понад 100 тис. тонн дизельного біопалива на рік, однак, близько 90 % наслідків ріпаку експортується до країн ЄС. При повному завантаженні українські заводи та установки здатні виробляти понад 500 тис. тонн дизельного біопалива на рік. Це дозволить зменшити енергетичну залежність від імпорту нафти.

Дизельне біопаливо має низку переваг в порівнянні з традиційним дизельним паливом: є відновлюваним джерелом енергії; майже не містить сірки та поліциклічних ароматичних вуглеводнів; при використанні такого палива знижується загальний вихід ШР з ВГ та зменшується гострота проблем, пов'язаних з парниковим ефектом, оскільки в процесі згоряння палив рослинного походження вивільнюється та кількість теплоти, що була поглинена рослинами в процесі зростання.

Частковим вирішенням представлених проблем може стати переведення на дизельне біопаливо (метилові ефіри ріпакової олії) парку міських автобусів, які є одними з основних споживачів традиційного дизельного палива та джерелом забруднення атмосфери в містах України.

Отже, актуальними є дослідження можливості використання дизельного біопалива міськими автобусами та порівняння їх паливно-економічних та екологічних показників при роботі на традиційному дизельному паливі та дизельному біопаливі.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана згідно з планами науково-дослідних робіт НТУ за держбюджетною темою «Створення та дослідження робочого та ходового обладнання дорожніх та землерийних машин з метою підвищення їх продуктивності, надійності роботи, зниження металоємкості, терміну проектування, удосконалення методів технічної експлуатації. Етап – Покращення економічних та екологічних показників дорожніх транспортних засобів шляхом застосування альтернативних палив» (№ держреєстрації 0110U000118).

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є розширення паливної бази та поліпшення екологічних показників автобусів з дизелем використанням дизельного біопалива.

Для досягнення поставленої мети в роботі вирішувалися такі задачі:

1. Аналіз використання альтернативних палив дизелями дорожніх транспортних засобів.
2. Уточнення математичної моделі руху автобуса з дизелем в режимах міського їздового циклу згідно з ГОСТ 20306-90 для визначення паливно-

економічних та екологічних показників автобуса при роботі на традиційному дизельному паливі та дизельному біопаливі.

3. Проведення експериментальних досліджень автотракторного дизеля 4Ч11,0/12,5 (Д-241) при роботі на традиційному дизельному паливі та дизельному біопаливі для визначення його паливної економічності та екологічних показників; перевірка адекватності поліноміальних моделей дизеля 4Ч11,0/12,5 (Д-241) при роботі на традиційному дизельному паливі та дизельному біопаливі.

4. Розробка методики визначення раціональних експлуатаційних параметрів руху автобуса в міських умовах при роботі на дизельному біопаливі.

5. Проведення дорожніх випробувань автобуса ПА3-32054 з дизелем 4Ч11,0/12,5 (Д-241) при роботі на традиційному дизельному паливі та дизельному біопаливі.

6. Перевірка адекватності уточненої математичної моделі руху автобуса з дизелем в режимах міського їздового циклу згідно з ГОСТ 20306-90 при роботі на традиційному дизельному паливі та дизельному біопаливі.

7. Виконання розрахункових досліджень на математичній моделі з визначенням екологічних показників і паливної економічності автобуса та визначення раціональних експлуатаційних параметрів руху міських автобусів при використанні дизельного біопалива.

Об'єкт дослідження – вплив дизельного біопалива на паливно-економічні та екологічні показники автобуса з дизелем.

Предмет дослідження – паливна економічність та екологічні показники автобуса з дизелем при роботі на традиційному дизельному паливі та дизельному біопаливі.

Методи дослідження. В дисертаційній роботі використано експериментальні та розрахункові методи дослідження. Ефективні показники дизеля 4Ч11,0/12,5 (Д-241) при роботі на традиційному дизельному паливі та дизельному біопаливі, витрату палива автобусом ПА3-32054 з дизелем 4Ч11,0/12,5 (Д-241) при русі в режимах міського їздового циклу згідно з ГОСТ 20306-90 на традиційному дизельному паливі та дизельному біопаливі досліджено *експериментальним методом*. *Розрахунковим методом* визначено коефіцієнти поліноміальних моделей, які описують дизель 4Ч11,0/12,5 (Д-241) як споживач палива і повітря та джерело викидів ШР з ВГ при роботі на традиційному дизельному паливі та дизельному біопаливі; за допомогою математичної моделі визначено зміни паливно-економічних та екологічних показників автобуса ПА3-32054 з дизелем 4Ч11,0/12,5 (Д-241) при русі на традиційному дизельному паливі та дизельному біопаливі в режимах стандартного міського їздового циклу та в режимах запропонованого їздового циклу для визначення раціональних параметрів руху.

Наукова новизна одержаних результатів. Уточнено математичну модель руху автобуса з дизелем в режимах міського їздового циклу згідно з ГОСТ 20306-90 для визначення паливно-економічних та екологічних показників при роботі на традиційному дизельному паливі та дизельному біопаливі.

Запропоновано методику визначення раціональних експлуатаційних параметрів та їздовий цикл міського автобуса, що враховує тривалість зупинки автобуса впродовж часу, необхідного для посадки-висадки пасажирів, швидкість

усталеного руху та відстань між зупинками громадського транспорту. Розроблена методика дозволяє визначити раціональні швидкості та відстані між зупинками автобусів, що здійснюють рух в звичайному міському режимі роботи та в режимі «експрес» при використанні дизельного біопалива.

Визначено зміну екологічних та паливно-економічних показників автобуса з дизелем в умовах міського їздового циклу при роботі на дизельному біопаливі в порівнянні з традиційним дизельним паливом.

Практичне значення одержаних результатів. Підтверджено можливість роботи автотракторних дизелів міських автобусів на дизельному біопаливі, що значно розширює їх паливну базу.

Отримано числові значення коефіцієнтів поліноміальних залежностей, які характеризують двигун як споживач палива і повітря та джерело викидів ШР з ВГ при роботі на традиційному дизельному паливі та дизельному біопаливі в широкому діапазоні навантажувальних та швидкісних режимів.

Визначено раціональні експлуатаційні параметри руху міських автобусів при використанні дизельного біопалива та розроблені практичні рекомендації щодо покращення екологічних показників міського автобуса при роботі на дизельному біопаливі шляхом вибору раціональних швидкостей руху на маршруті та відстаней між зупинками громадського транспорту.

Результати досліджень прийняті до впровадження Інститутом відновлюваної енергетики НАН України (м. Київ), Службою організації руху КП «Київпастранс» (м. Київ) та в навчальному процесі Національного транспортного університету (м. Київ) при підготовці фахівців напрямів підготовки «Машинобудування» та «Автомобільний транспорт».

Особистий внесок здобувача. Всі основні результати, що виносяться на захист, отримано здобувачем самостійно та опубліковано в 24 наукових працях. Робота [20] виконана одноосібно. У роботах, виконаних у співавторстві, здобувачу належить: аналіз можливостей використання дизельного біопалива в існуючих двигунах та вплив дизельного біопалива на паливно-економічні та екологічні показники дорожніх транспортних засобів з дизелем [1, 6, 7, 15, 16, 17]; уточнення математичної моделі руху автобуса з дизелем за режимами міського їздового циклу згідно з ГОСТ 20306-90 при роботі на традиційному дизельному паливі та дизельному біопаливі [9, 10, 12, 23]; експериментальні стендові дослідження дизеля 4Ч11,0/12,5 (Д-241) при використанні традиційного дизельного палива та дизельного біопалива [2, 3, 8, 18]; дорожні дослідження автобуса ПАЗ-32054 з дизелем 4Ч11,0/12,5 в умовах міського їздового циклу згідно з ГОСТ 20306-90 на дизельному паливі та дизельному біопаливі [5, 11, 14]; аналіз результатів експериментальних і розрахункових досліджень впливу дизельного біопалива на паливно-економічні та екологічні показники автобуса з дизелем [4, 13, 19, 21, 22, 24].

Апробація результатів дисертації. Результати досліджень доповідались і отримали позитивну оцінку на: науково-практичних конференціях науково-педагогічних працівників, аспірантів, студентів та структурних підрозділів НТУ (м. Київ, 2007 – 2010 pp.; 2012 – 2015 pp.); міжнародній науковій конференції «Metody obliczeniowe i badawcze w rozwoju pojazdów samochodowych i maszyn roboczych

samojednych. Zarządzanie i marketing w motoryzacji» «SAKON 08» (м. Жешув, Польща, 2008 р.); міжнародних наукових конференціях «Systemy i srodki transportu samochodowego», «SAKON 13», «SAKON 14», «SAKON 15» (м. Жешув, Польща, 2013 – 2015 рр.); міжнародних науково-технічних конференціях «Наука – образованию, производству, экономике» (м. Мінськ, Білорусь, 2010, 2011, 2013 – 2015 рр).

Публікації. Результати дисертаційної роботи опубліковано в 24 наукових працях, у тому числі: 5 – у наукових фахових виданнях України, 9 – в закордонних виданнях, 8 – в матеріалах конференцій; 2 – свідоцтва про реєстрацію авторських прав на твір.

Структура та обсяг дисертації. Робота складається зі вступу, п'яти розділів, загальних висновків, додатків і списку використаних джерел. Загальний обсяг дисертації становить 195 сторінок, включаючи 139 сторінок основного тексту, 19 таблиць, 46 рисунків, 7 додатків та список використаних джерел зі 112 найменувань.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** проведено обґрунтування вибору теми, сформульовано мету та задачі дослідження, визначено наукову новизну та практичне значення одержаних результатів.

У **першому розділі** проаналізовано світові запаси нафти, прогнози її вичерпання та наведено основні екологічні проблеми, пов'язані з використанням палив нафтового походження. Визначено шляхи заміни палив нафтового походження альтернативними джерелами енергії. До них можна віднести водень, спирти, стиснений та зріджений природний газ, диметиловий ефір, метилові ефіри ріпакової олії, тощо. Представлено способи отримання, а також переваги і недоліки дизельного біопалива на основі рослинних олій. Проаналізовано світовий досвід використання альтернативних палив дизелями дорожніх транспортних засобів і встановлено потенціал виробництва дизельного біопалива в Україні та прогноз на найближчий період.

Можливості використання дизельного біопалива у своїх роботах висвітлювали провідні вчені України та світу. Серед них д.т.н., проф. Гутаревич Ю.Ф., д.т.н., проф. Поляков А.П., д.т.н., проф. Пилипенко О.М., д.т.н., проф. Анісімов В.Ф., д.т.н., проф. Матейчик В.П., д.т.н., проф. В. Лютко, д.т.н., проф. Луканин В.Н., д.т.н., проф. Девянин С.М., д.т.н., проф. Марков В.А., к.т.н., проф. Говорун А.Г., к.т.н., проф. Корпач А.О., к.т.н., проф. Хачиян О.С., к.т.н., доц. Семенов В.Г. та інші.

Встановлено, що актуальними питаннями сьогодення є скорочення споживання автомобільним транспортом традиційних дизельних палив та зменшення шкідливого впливу ВГ на довкілля, особливо у великих містах. Це досягається використанням дизельного біопалива на основі олії ріпаку.

Однак, незважаючи на значну кількість наукових праць, відсутні дослідження щодо використання дизельного біопалива міськими автобусами з точки зору паливно-економічних та екологічних показників в умовах експлуатації, адже саме автобуси з дизелями є одними з основних споживачів традиційних дизельних палив та джерелом забруднення атмосфери у великих містах України. Це дало можливість

визначити мету дисертаційної роботи та обґрунтувати доцільність проведення теоретичних та експериментальних досліджень.

Другий розділ присвячений уточненню системи «водій – автомобіль – дорога», розробленої в Національному транспортному університеті, яка після уточнення набула назви «водій – автобус – дорога».

Система «водій – автобус – дорога» характеризується складною трирівневою структурою (рис. 1) та функціонує в оточуючому середовищі, яке визначається параметрами: тиском p_0 , температурою T_0 та відносною вологістю φ_0 .

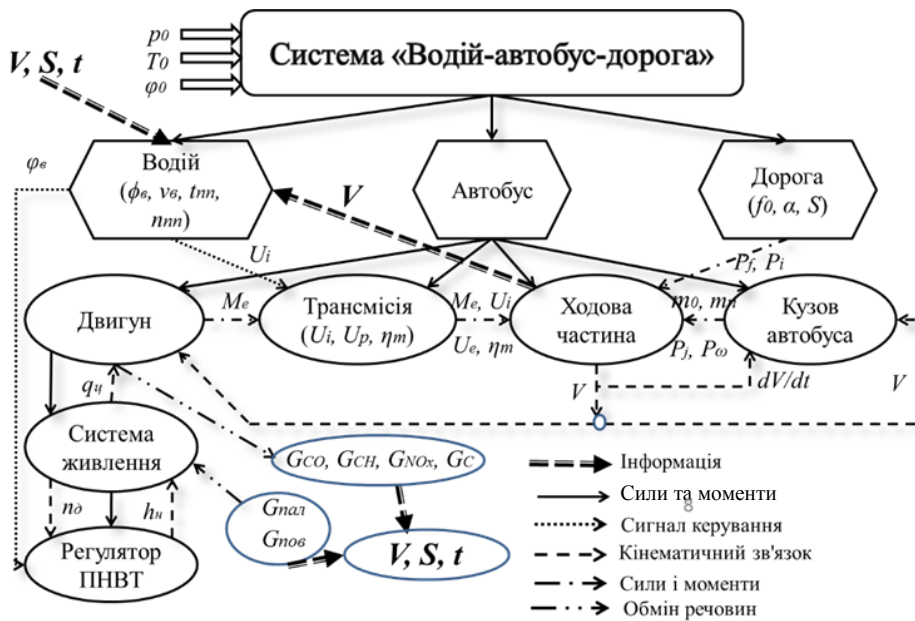


Рисунок 1 – Структурна схема системи «водій – автобус – дорога»

Взаємозв'язок між елементами системи описується за допомогою уточненої математичної моделі руху автобуса за режимами міського їздового циклу згідно з ГОСТ 20306-90.

Математична модель являє собою низку алгебраїчних та диференціальних рівнянь, які описують рух автобуса з дизелем в різних режимах, передбачених їздовим циклом. Для прикладу, рух автобуса зі

зблокованим зчепленням в математичній моделі описується рівнянням:

$$\frac{dV}{dt} = \frac{1}{\delta \cdot (m_0 + m_n)} \left\{ \frac{[M_i(q_c, n_\delta) - M_m(n_\delta)] \cdot U_i \cdot U_p \cdot \eta_m}{r_\delta} - P_f \pm P_i - P_w \right\}, \quad (1)$$

де δ – коефіцієнт врахування мас автобуса, що обертаються;

m_0, m_n – відповідно власна маса автобуса та маса пасажирів, кг;

M_i – індикаторний крутний момент, Н·м;

q_c – циклова подача палива, мм³/цикл;

n_δ – частота обертання колінчастого вала дизеля;

M_m – момент механічних втрат, Н·м;

U_i, U_p – передаточні числа відповідно коробки передач та головної передачі;

η_m – коефіцієнт корисної дії трансмісії;

r_δ – динамічний радіус колеса, м;

P_f, P_i, P_w – сили опору дороги, опору підйому та опору повітря, Н.

В той же час математична модель включає рівняння розрахунку витрати палива, повітря та концентрацій ШР з ВГ при роботі на традиційному дизельному паливі та дизельному біопаливі.

В режимі мінімальної частоти обертання колінчастого вала, а також під час прискорення дизеля в режимі активного холостого ходу (XX) розрахунок витрати палива, повітря, концентрацій ШР та димності ВГ виконується з використанням поліноміальних залежностей другого степеня від частоти обертання колінчастого вала n_∂ :

$$G_{нал,нов}, K_{CO,CH,NOx,K}(n_\partial) = A_0 + A_1 \cdot n_\partial + A_2 \cdot n_\partial^2, \quad (2)$$

де A_0, A_1, A_2 – коефіцієнти поліноміальних залежностей при роботі на традиційному дизельному паливі або дизельному біопаливі.

Витрату палива і повітря, концентрації ШР та димність ВГ в режимі примусового холостого ходу (ПХХ) при роботі на традиційному дизельному паливі та дизельному біопаливі можна описати поліноміальними залежностями другого порядку від частоти обертання колінчастого вала n_∂ , які мають вигляд:

$$G_{нал,нов}, K_{CO,CH,NOx,K}(n_\partial) = B_0 + B_1 \cdot n_\partial + B_2 \cdot n_\partial^2, \quad (3)$$

де B_0, B_1, B_2 – коефіцієнти поліноміальних залежностей при роботі на традиційному дизельному паливі або дизельному біопаливі.

В навантажувальних режимах годинна витрата палива та повітря описуються поліноміальними залежностями другого порядку від частоти обертання колінчастого вала n_∂ та ефективного крутного моменту M_e :

$$G_{нал,нов}(n_\partial, M_e) = C_3 + C_4 \cdot n_\partial + C_2 \cdot M_e + C_5 \cdot n_\partial^2 + C_1 \cdot M_e^2 + C_0 \cdot n_\partial \cdot M_e, \quad (4)$$

де $C_0, C_1, C_2, C_3, C_4, C_5$ – коефіцієнти поліноміальних залежностей витрати палива та повітря при роботі на традиційному дизельному паливі або дизельному біопаливі.

Концентрації ШР, а також димність ВГ дизеля при роботі на дизельному паливі або дизельному біопаливі в навантажувальних режимах описуються поліноміальними залежностями третього порядку від частоти обертання колінчастого вала n_∂ та ефективного крутного моменту M_e :

$$K_{CO,CH,NOx,K}(n_\partial, M_e) = D_6 + D_7 \cdot n_\partial + D_3 \cdot M_e + D_8 \cdot n_\partial^2 + D_2 \cdot M_e^2 + D_4 \cdot n_\partial \cdot M_e + D_5 \cdot n_\partial^2 \cdot M_e + D_0 \cdot n_\partial \cdot M_e^2 + D_9 \cdot n_\partial^3 + D_1 \cdot M_e^3, \quad (5)$$

де $D_0, D_1, D_2, D_3, D_4, D_5, D_6, D_7, D_8, D_9$ – коефіцієнти поліноміальних залежностей концентрацій оксиду вуглецю, вуглеводнів, оксидів азоту та димності ВГ при роботі на традиційному дизельному паливі або дизельному біопаливі.

Масова витрата палива під час руху в окремому інтервалі їздового циклу визначається для кожного виду палива за залежністю:

$$G_{нал\Sigma_k} = \sum_{i=1}^m \frac{(t_i - t_{i-1}) \cdot (G_{нал_i} + G_{нал_{i-1}})}{2} \cdot \frac{1}{3600}, \quad (6)$$

де k – окремий інтервал їздового циклу;

m – кількість розрахункових точок;

t_i – час руху в i розрахунковій точці, с;

$G_{нал_i}$ – витрата палива в i -й точці, кг/год.

Розрахунок масової витрати повітря під час руху в окремому інтервалі їздового циклу виконується аналогічно до розрахунку витрати палива.

Враховуючи коефіцієнти вагомості окремих інтервалів їздового циклу, обчислюється сумарна масова витрата палива за цикл:

$$G_{нал\Sigma} = S_{\Sigma} \cdot \sum_{k=1}^z \frac{\delta_k \cdot G_{нал\Sigma_k}}{S_k}, \quad (7)$$

де S_{Σ} – загальна протяжність їздового циклу, м;

z – кількість окремих складових інтервалів їздового циклу, $z = 6$;

δ_j – коефіцієнти вагомості окремих складових циклу. Згідно з ГОСТ 20306-90:

$\delta_1 = 0,029$; $\delta_2 = 0,062$; $\delta_3 = 0,143$; $\delta_4 = 0,214$; $\delta_5 = 0,213$; $\delta_6 = 0,339$;

$G_{нал\Sigma_k}$ – масова витрата палива на окремому інтервалі циклу, кг;

S_k – протяжність окремого складового інтервалу їздового циклу. Згідно з ГОСТ 20306-90: $S_1 = 65$ м; $S_2 = 140$ м; $S_3 = 250$ м; $S_4 = 350$ м; $S_5 = 450$ м; $S_6 = 665$ м.

Розрахунок масової витрати повітря за цикл виконується аналогічно до розрахунку масової витрати палива.

Витрата палива в тепловому еквіваленті розраховується за формулою:

$$Q_{нал\Sigma} = G_{нал\Sigma} \cdot Q_n, \quad (8)$$

де Q_n – нижча теплота згоряння палива.

Масові викиди ШР з ВГ розраховуються з урахуванням елементарного складу кожного виду палива за методикою, розробленою в НТУ.

Загальна токсичність ВГ характеризується сумарними масовими викидами ШР, приведеними до оксиду вуглецю та розраховується окремо для кожного виду палива з урахуванням коефіцієнтів відносної агресивності кожного компоненту за формулою:

$$G_{\Sigma CO} = \sum R_i \cdot G_i, \quad (9)$$

де G_i – масові викиди i -ї ШР з ВГ;

R_i – коефіцієнт відносної агресивності i -ї ШР у ВГ.

У **третьому розділі** наведено мету, задачі, методику та результати експериментальних досліджень дизеля 4Ч11,0/12,5 (Д-241) та дорожніх випробувань автобуса ПА3-32054.

Метою експериментальних досліджень є визначення екологічних та паливно-економічних показників дизеля 4Ч11,0/12,5 (Д-241) та автобуса ПА3-32054 при роботі на традиційному дизельному паливі та дизельному біопаливі. Задачі, які вирішувались в процесі проведення експериментальних досліджень:

1. Визначення екологічних показників дизеля та його паливної економічності в режимах активного і примусового холостого ходу та широкому діапазоні навантажувальних і швидкісних режимів при роботі на традиційному дизельному паливі та дизельному біопаливі.

2. Отримання вихідних даних для розрахунку на математичній моделі руху автобуса за режимами міського їздового циклу під час роботи на традиційному дизельному паливі та дизельному біопаливі.

3. Визначення паливно-економічних показників автобуса з дизелем в дорожніх умовах при роботі на традиційному дизельному паливі та дизельному біопаливі за режимами міського їздового циклу та під час руху автобуса з усталеною швидкістю.

За результатами досліджень одержано швидкісні та навантажувальні характеристики дизеля при роботі на традиційному дизельному паливі та дизельному біопаливі двох зразків різних виробників. На рис. 2, для прикладу,

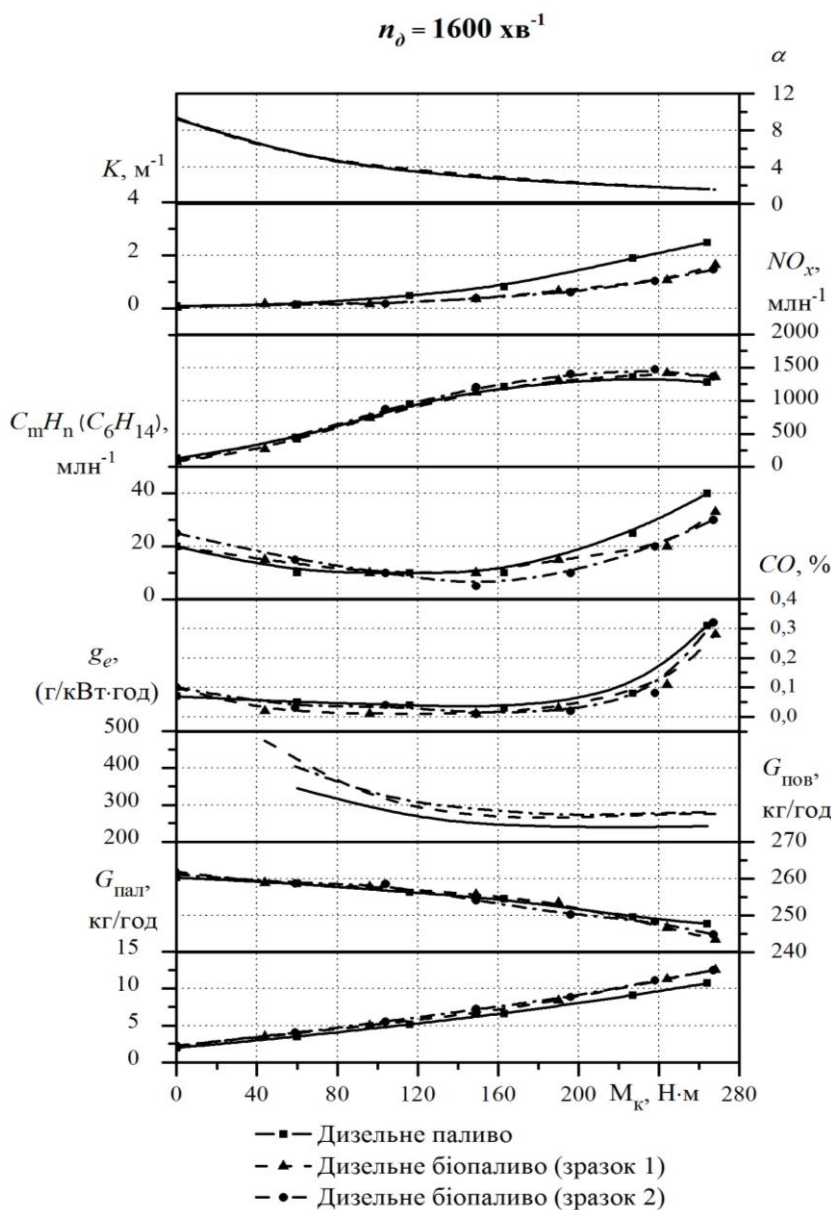


Рис. 2 – Навантажувальні характеристики дизеля 4C11,0/12,5 (Д-241)

наведено навантажувальні характеристики дизеля при частоті обертання колінчастого вала 1600 хв^{-1} .

Як видно з характеристик, робота двигуна на дизельному біопаливі представлених зразків супроводжується зростанням годинної та питомої витрат палива в середньому на 12%. При цьому концентрації оксидів азоту NO_x , збільшуються в залежності від навантаження дизеля: при малих навантаженнях вони є нижчими (на 3%), ніж при роботі на традиційному дизельному паливі, а при збільшенні навантаження – вищі (до 7%). Водночас спостерігається значне зниження димності відпрацьованих газів (майже до 34%).

Зі збільшенням навантаження концентрації CO та $C_m H_n$ є нижчими, в порівнянні з традиційним дизельним паливом.

Вцілому, екологічні показники двигуна при роботі на метилових ефірах ріпакової олії змінюються наступним чином:

- в широких межах швидкісних і навантажувальних режимів спостерігається зростання годинної та питомої витрат палива в середньому на 11...16%;
- концентрації оксиду вуглецю CO та вуглеводнів C_mH_n змінюються в залежності від навантаження дизеля, причому зі збільшенням навантаження концентрації CO та C_mH_n є нижчими, в порівнянні з традиційним дизельним паливом, на 3% та 23% відповідно;
- концентрації оксидів азоту NO_x підвищуються на 7...9% в порівнянні з дизельним паливом на всіх швидкісних та навантажувальних режимах;
- димність ВГ дизеля при роботі на дизельному біопаливі знижується на всіх швидкісних та навантажувальних режимах. Максимальне зниження димності ВГ (на 35...42%) досягається при максимальному навантаженні.

Для дослідження показників руху автобуса в реальних умовах експлуатації та для перевірки адекватності математичної моделі були проведені дорожні випробування автобуса ПАЗ-32054 з дизелем 4Ч11,0/12,5 (Д-241) за міським їздовим циклом, який регламентовано ГОСТ 20306-90.

Згідно з програмою дорожніх випробувань визначали такі показники і характеристики паливної економічності, як витрата палива в режимі міського їздового циклу та паливна характеристика усталеного руху.

Результати дорожніх випробувань наведено в табл. 1.

Таблиця 1 – Витрата палива за міським їздовим циклом під час проведення дорожніх випробувань автобуса ПАЗ-32054

Вид палива	Тривалість циклу, с	Витрата палива, мл/цикл	Витрата палива, кг/цикл	Відносна похибка, %
Дизельне паливо	254,89	411,82	0,343	3,12
Дизельне біопаливо	255,60	441,22	0,386	3,17

За результатами дорожніх досліджень автобуса ПАЗ-32054 з дизелем 4Ч11,0/12,5 (Д-241) в умовах міського їздового циклу, встановлено підвищення масової витрати дизельного біопалива на 12,53% в порівнянні з традиційним дизельним паливом при русі в режимі міського їздового циклу. Слід відмітити, що витрата палива в тепловому еквіваленті практично не змінилася.

У **четвертому розділі** визначено коефіцієнти поліноміальних моделей, що описують дизель 4Ч11,0/12,5 (Д-241) як споживач палива і повітря та джерело викидів ШР з ВГ при роботі на традиційному дизельному паливі та дизельному біопаливі. Адекватність поліноміальних залежностей перевірено та підтверджено з використанням коефіцієнта кореляції (R) та F-критерію Фішера (F_p).

Проведено розрахунки на математичній моделі руху автобуса за режимами міського їздового циклу згідно ГОСТ 20306-90 при роботі на традиційному дизельному паливі та дизельному біопаливі.

Адекватність уточненої математичної моделі підтверджено шляхом порівняння результатів розрахункових досліджень з результатами дорожніх

випробувань автобуса ПАЗ-32054 при русі за режимами стандартного міського їздового циклу. Розбіжність результатів дорожніх випробувань та розрахункових досліджень на математичній моделі по витраті палива складає 4,56% для традиційного дизельного палива та 3,47% – для дизельного біопалива.

За результатами розрахунків на математичній моделі руху автобуса в умовах міського їздового циклу встановлено, що при роботі на дизельному біопаливі масова витрата палива за цикл зростає на 11,45%. Однак, в перерахунку в тепловому еквіваленті витрата дизельного біопалива практично не змінюється, в порівнянні з традиційним дизельним паливом. При роботі автобуса на дизельному біопаливі спостерігається зниження сумарних масових викидів ШР з ВГ, приведених до викидів оксиду вуглецю, на 2,63%.

П'ятий розділ присвячений розробці методики та визначенню раціональних експлуатаційних параметрів руху автобусів для покращення показників їх роботи на міських маршрутах. Необхідність розробки методики пояснюється тим, що для оцінки паливної економічності та токсичності міських автобусів використовувався їздовий цикл згідно з ГОСТ 20306-90, який складається із послідовних циклів, що передбачають розгін, рух зі сталою швидкістю, сповільнення та гальмування автобуса до повної зупинки. Однак, даний їздовий цикл не враховує роботу двигуна в режимі мінімальної частоти обертання протягом часу, необхідного для посадки-висадки пасажирів. Крім того, автобус може працювати в звичайному режимі та в режимі «експрес», а відстань між зупинками для посадки-висадки пасажирів, середні швидкості руху автобуса та час зупинок можуть значно відрізнятися.

Тому для визначення раціональних експлуатаційних параметрів руху міських автобусів розроблена методика включала:

1. Дослідження роботи дизеля автобуса під час зупинок та визначення вагомості режиму роботи дизеля в режимі мінімальної частоти обертання ХХ під час перебування на експлуатаційному маршруті.

2. Розробка міського їздового циклу автобуса, що враховує тривалість зупинки впродовж часу, необхідного для посадки-висадки пасажирів, швидкість усталеного руху та відстань між зупинками громадського транспорту.

3. Розробка математичної моделі руху міського автобуса за режимами запропонованого їздового циклу, з використанням залежностей математичної моделі руху автобуса за режимами їздового циклу згідно ГОСТ 20306-90.

4. Проведення розрахункових досліджень показників автобуса в русі за режимами розробленого їздового циклу при роботі на дизельному паливі та дизельному біопаливі.

5. Аналіз результатів розрахунків та визначення раціональних експлуатаційних параметрів руху міських автобусів.

Результати стендових випробувань засвідчили, що при роботі двигуна на дизельному біопаливі в режимі мінімальної частоти обертання ХХ спостерігається зростання масової витрати палива на 2,8 %, в порівнянні з традиційним дизельним паливом. При цьому масові викиди CO , CH , NO_x з ВГ дизеля знижуються, відповідно, на 7%, 15% та 4,9%. Масові викиди сажі при роботі двигуна на дизельному біопаливі практично не змінюються, а сумарні масові викиди ШР з ВГ, приведені до викидів оксидів вуглецю, знижуються на 5,1%.

Для проведення адекватної прогностичної оцінки експлуатаційних показників, витрати палива та викидів ШР з ВГ автобуса з дизелем під час роботи на традиційному дизельному паливі та дизельному біопаливі було запропоновано міський їздовий цикл (рис. 3), що передбачає наступні режими роботи: розгін автобуса до швидкості, з якою здійснюється рух в усталеному режимі; рух автобуса зі сталою швидкістю; уповільнення та зупинка автобуса; робота дизеля в режимі мінімальної частоти обертання холостого ходу під час зупинки в місцях посадки-висадки пасажирів.

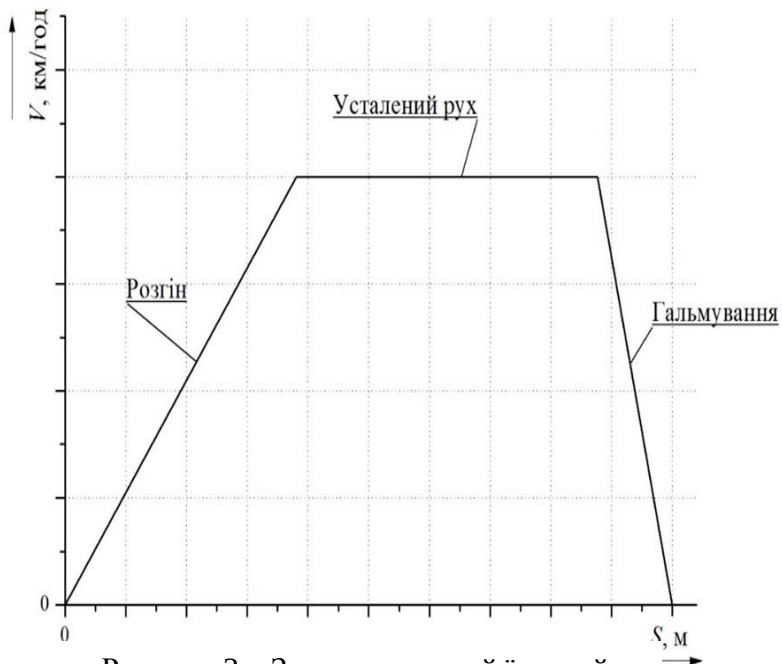
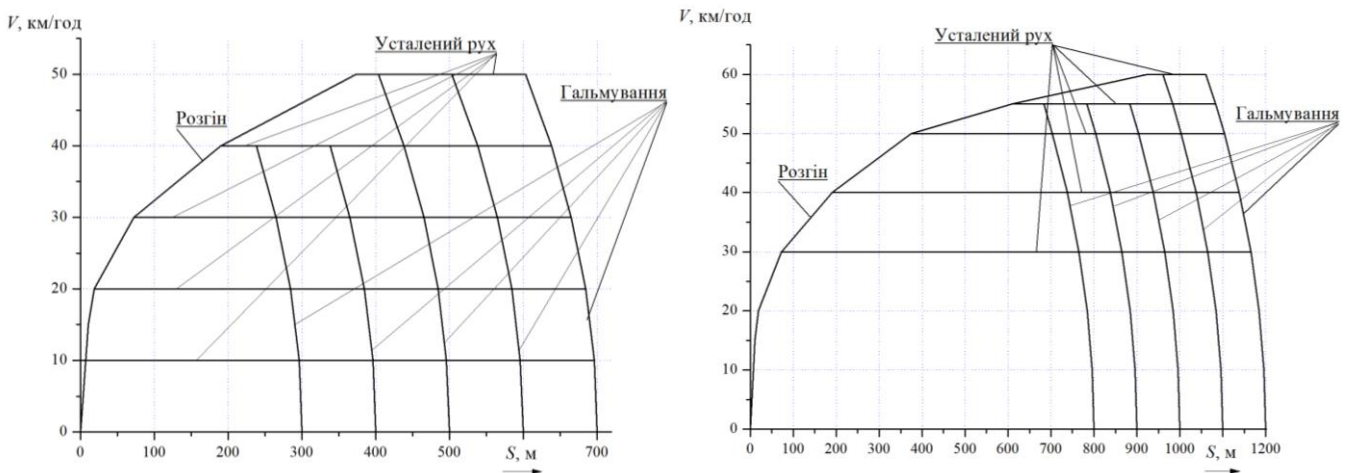


Рисунок 3 – Запропонований їздовий цикл для визначення експлуатаційних показників автобусів в міських умовах

Дослідити зміну показників автобуса, що працює на традиційному дизельному паливі та дизельному біопаливі, в умовах представленого їздового циклу можливо шляхом розрахунків на математичній моделі, розробленій на основі залежностей математичної моделі, наведеної в розділі 2.

Згідно з правилами розміщення та обладнання зупинок міського електро- та автомобільного транспорту у межах забудови відстань між зупинками на маршрутах, транспортні засоби яких працюють у звичайному режимі, повинна становити 400...600 м та 800...1200 м – для транспортних засобів, які працюють в режимі «експрес».

Рух автобуса в усталеному режимі під час виконання їздового циклу розглядався зі швидкостями 10, 20, 30, 40, 50 та 60 км/год (рис. 4).



а)

б)

Рисунок 4 – Міський їздовий цикл для автобусів, що працюють:

а) – в звичайному режимі; б) – в режимі «експрес»

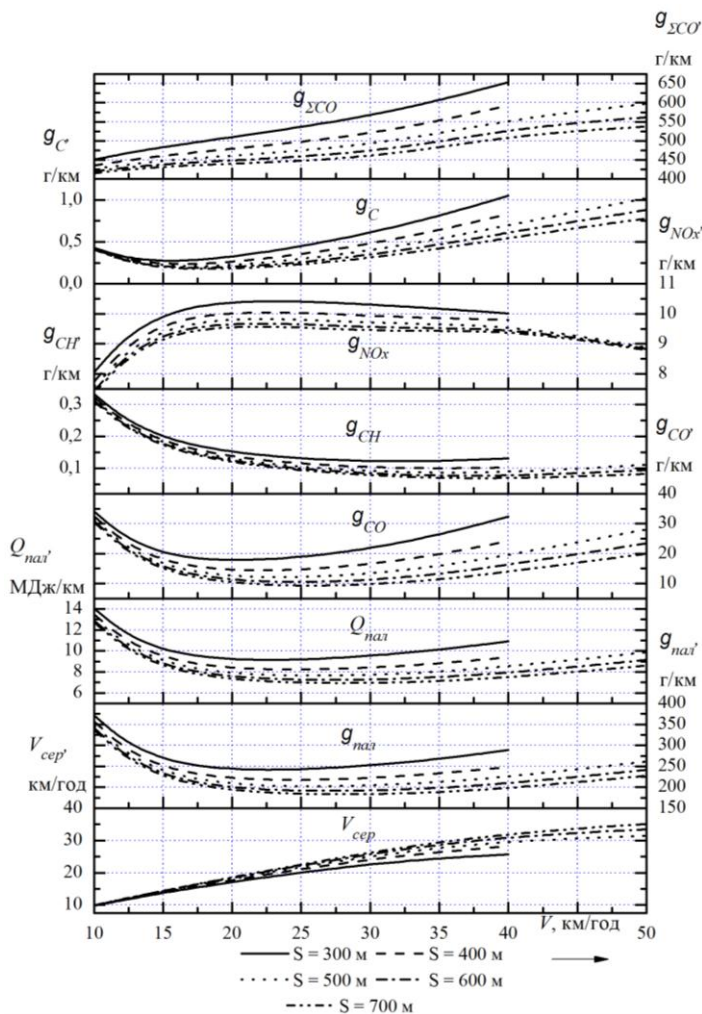


Рис. 5 – Залежність показників автобуса, що працює на маршруті в звичайному режимі, від швидкості усталеного руху

вуглецю має місце при швидкості 20...30 км/год, а вуглеводнів – при швидкості 35...45 км/год. Мінімальна кількість оксидів азоту спостерігається при швидкості, близькій до 30 км/год. Викиди сажі з відпрацьованими газами дизеля різко зростають при швидкості руху автобуса понад 30 км/год. Мінімум сумарних масових викидів ШР, приведених до викидів оксидів вуглецю, відповідає діапазону швидкостей 20...30 км/год, тобто близькому до економічної швидкості руху.

З метою досягнення найвищої паливної економічності, зниження сумарної токсичності ВГ дизеля та збереження достатньо високої

Час, необхідний для посадки або висадки пасажирів на зупинках громадського транспорту, приймався рівним 30 с (згідно з середньостатистичними даними).

Проаналізувавши залежності середньої швидкості руху, питомих показників витрати палива та токсичності ВГ, отримані при різній протяжності їздового циклу від швидкості усталеного руху автобуса при роботі на дизельному біопаливі в звичайному та експрес режимах (рис. 5 та рис. 6), встановлюємо, що найбільш економічною швидкістю руху автобуса при звичайному режимі роботи є швидкість в межах 25...30 км/год. Мінімум викидів оксидів

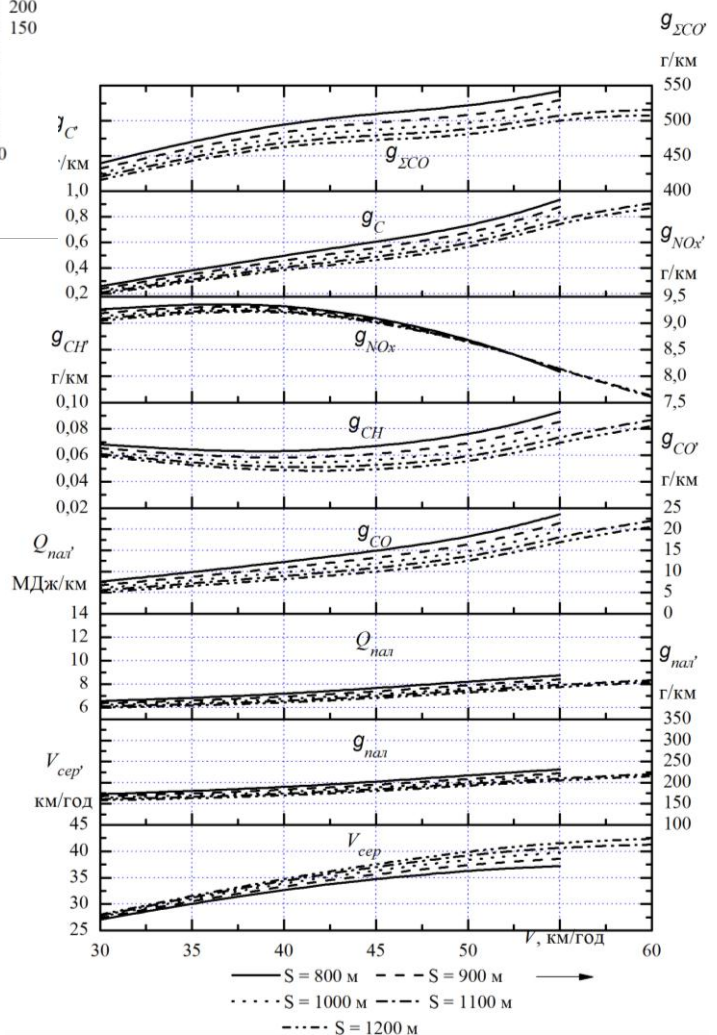


Рисунок 6 – Залежність показників автобуса, що працює на маршруті в режимі «експрес», від швидкості усталеного руху

середньої швидкості при русі міського автобуса в звичайному режимі в умовах розробленого їздового циклу, раціональною є швидкість усталеного руху автобуса, що працює на дизельному біопаливі в межах 25...30 км/год (рис. 5), при цьому, в порівнянні з традиційним дизельним паливом, питома витрата палива зростає на 9,8%, а сумарна токсичність ВГ знижується на 2,97% (рис. 7). Для автобуса, який працює на дизельному біопаливі в режимі «експрес» найбільш раціональною є швидкість руху, що знаходиться в діапазоні 40...50 км/год (рис. 6), при цьому, в порівнянні з традиційним дизельним паливом, спостерігається підвищення питомої витрати палива на 11...12% та зниження сумарної токсичності до 7% (рис. 7).

Під час аналізу залежностей питомих показників автобуса з дизелем, що працює на дизельному біопаливі, від раціональної швидкості усталеного руху (рис. 7) можна встановити, що найбільш раціональними є відстані між зупинками 600 м для звичайного міського режиму роботи та 1200 м – для режиму «експрес».

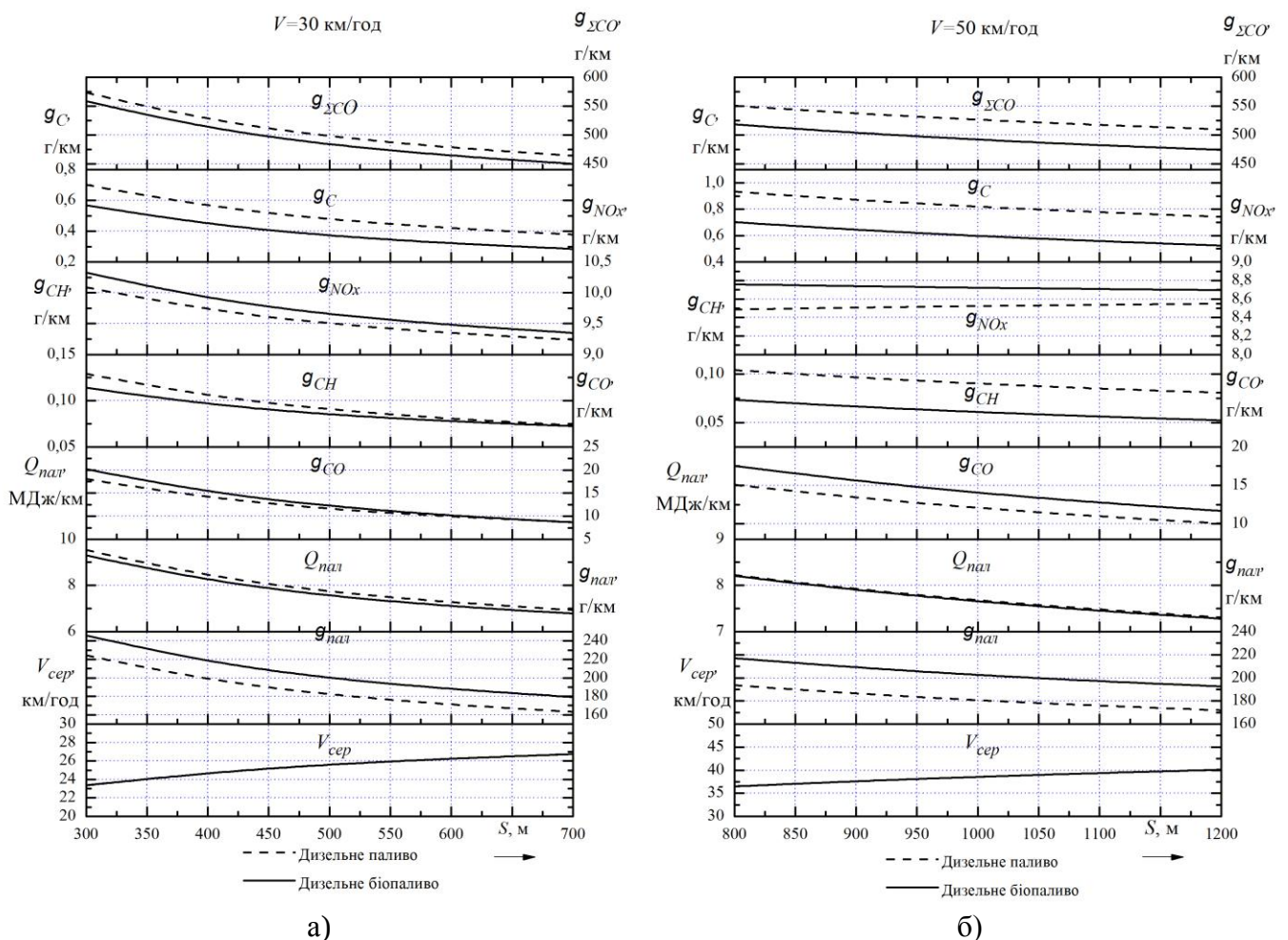


Рис. 7 – Порівняння показників автобуса, що працює на дизельному паливі та дизельному біопаливі в залежності від відстані між зупинками:
а) – звичайний режим роботи; б) – режим «експрес»

Отже, проведені дослідження підтверджують можливість поліпшення екологічних показників міських автобусів використанням дизельного біопалива, а дотримання визначених раціональних експлуатаційних параметрів руху дозволяє досягти зниження сумарної токсичності ВГ до 7%.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі поставлена та вирішена науково-практична задача використання дизельного біопалива міськими автобусами, що дозволить розширити їх паливну базу, зменшити споживання традиційних нафтових палив та поліпшити екологічні показники автобусів. Вирішення поставленої задачі дозволило одержати наступні наукові та практичні результати:

1. В умовах енергетичної залежності України питання повної або часткової заміни традиційних палив нафтового походження є актуальними. Однак, незважаючи на значну кількість наукових праць, відсутні дослідження щодо використання дизельного біопалива міськими автобусами з точки зору паливно-економічних та екологічних показників в умовах експлуатації. Оскільки дизелі міських автобусів є одними з основних споживачів моторних палив та джерелом забруднення довкілля, постає необхідність проведення подальших теоретичних та експериментальних досліджень в цьому напрямку.

2. За результатами проведених стендових експериментальних досліджень дизеля 4Ч11,0/12,5 (Д-241) підтверджено можливість використання дизельного біопалива в автотракторних дизелях без внесення змін в їх конструкцію та встановлено: годинна та питома витрати дизельного біопалива зростають, в середньому, на 11...16% в порівнянні з традиційним дизельним паливом в широких межах швидкісних і навантажувальних режимів; концентрації оксидів вуглецю CO та вуглеводнів C_mH_n змінюються в залежності від навантаження дизеля, причому зі збільшенням навантаження концентрації CO та C_mH_n є нижчими, на 3% та 23% відповідно, в порівнянні з традиційним дизельним паливом; концентрації оксидів азоту NO_x на деяких швидкісних і навантажувальних режимах дещо підвищуються (на 7...9%), в порівнянні з роботою двигуна на дизельному паливі; зниження димності відпрацьованих газів спостерігається на всіх швидкісних та навантажувальних режимах роботи двигуна на 35...42%, в порівнянні з роботою на традиційному дизельному паливі.

3. Уточнено математичну модель руху автобуса за режимами міського їздового циклу згідно ГОСТ 20306-90 з врахуванням особливостей цього циклу та описанням поліноміальними залежностями експериментально визначених енергетичних показників, витрати палива, повітря та концентрацій шкідливих речовин у відпрацьованих газах дизеля при роботі на традиційному дизельному паливі та дизельному біопаливі.

4. Результати розрахунків на уточненій математичній моделі руху автобуса за режимами міського їздового циклу згідно ГОСТ 20306-90, адекватність якої підтверджена дорожніми випробуваннями автобуса ПАЗ-32054, засвідчили: підвищення масової витрати дизельного біопалива міським автобусом на 11,45%, в порівнянні з дизельним паливом, при практично незмінній витраті палива в тепловому еквіваленті; сумарні масові викидів шкідливих речовин з відпрацьованими газами, приведені до викидів оксиду вуглецю CO , при роботі автобуса на дизельному біопаливі знизилися на 2,63%.

5. Запропоновано міський їздовий цикл автобуса, який дає можливість врахувати тривалість роботи дизеля в режимі мінімальної частоти обертання

холостого ходу на зупинках громадського транспорту під час висадки та посадки пасажирів, швидкість усталеного руху та відстань між зупинками.

6. Розроблено методику визначення раціональних експлуатаційних параметрів руху автобуса на основі запропонованого їздового циклу при використанні дизельного біопалива.

7. Проведено розрахункові дослідження міського автобуса, що здійснює рух за режимами розробленого їздового циклу, за результатами яких встановлено зростання питомої витрати палива автобуса на 10...12% при роботі на дизельному біопаливі. Питома витрата палива в тепловому еквіваленті майже не змінюється.

8. Встановлено, що раціональна швидкість руху автобуса в звичайному режимі перевезення пасажирів складає 25...30 км/год, а в режимі «експрес» – 40...50 км/год, при цьому відбувається зниження питомої сумарної токсичності відпрацьованих газів на 2,97 і 7% відповідно, в порівнянні з роботою автобуса на традиційному дизельному паливі. Раціональні відстані між зупинками громадського транспорту під час руху автобуса в режимах звичайного маршруту та в режимі «експрес» складають 600 і 1200 м відповідно, при цьому спостерігається поліпшення всіх питомих паливно-економічних та екологічних показників автобуса.

9. Результати теоретичних та експериментальних досліджень прийняті до впровадження Інститутом відновлюваної енергетики НАН України (м. Київ), Службою організації руху КП «Київпаstrанс» (м. Київ) та використовуються в навчальному процесі Національного транспортного університету при підготовці фахівців за напрямками підготовки «Машинобудування» та «Автомобільний транспорт».

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті в наукових фахових виданнях

1. Ковбасенко С.В. Перспективи виробництва і використання біодизельного палива в Україні / С.В. Ковбасенко, В.В. Сімоненко // Вісник національного транспортного університету: в 2-х частинах: Ч. 2. – К: НТУ, 2007. – Випуск 15. – С.28 – 31.

2. Ковбасенко С.В. Експериментальні дослідження двигуна, який працює на традиційному та біодизельному паливах / С.В. Ковбасенко, В.В. Сімоненко // Вісник національного транспортного університету. – К: НТУ, 2010. – Випуск 20. – С.47 – 50.

3. Ковбасенко С.В. Моторні дослідження показників дизеля при роботі на дизельному біопаливі / С.В. Ковбасенко, В.В. Сімоненко // Вісник національного транспортного університету. – К: НТУ, 2015. – Випуск 1 (31). – С.255 – 262.

4. Ковбасенко С.В. Результати розрахунків на математичній моделі руху автобуса при роботі на традиційному нафтовому паливі та дизельному біопаливі / С.В. Ковбасенко, В.В. Сімоненко, С.Ю. Гутаревич // Автошляховик України. – 2015. – № 1-2. – С 3-5.

5. Ковбасенко С.В. Дорожні випробування автобуса, що працює на традиційному нафтовому паливі та дизельному біопаливі / С.В. Ковбасенко, В.В. Сімоненко // Відновлювальна енергетика. – К: ІВЕ НАН України, 2015. – № 1 (40). – С. 80-86.

Публікації у наукових періодичних виданнях іноземних держав з напрямку

6. Ковбасенко С.В. Перспективи заміни традиційних палив в Україні / С.В. Ковбасенко, В.В. Симоненко // *Metody obliczeniowe i badawcze w rozwoju pojazdów samochodowych i maszyn roboczych samojednych, zarządzanie i marketing w motoryzacji. Sakon'08.* – Rzeszów: zakład pojazdów samochodowych i silników spalinowych, 2008. – С.187 – 192.

7. Ковбасенко С.В. Перспективы применения биодизельного топлива в автотракторных двигателях / С.В. Ковбасенко, В.В. Симоненко // *Наука – образованию, производству, экономике. Материалы 8-й Международной научно-технической конференции.* В 4 томах. Том 2. – Минск: БНТУ. – 2010. – С. 58 – 59.

8. Ковбасенко С.В. Стендовые исследования работы двигателя на традиционном и биодизельном топливах / С.В. Ковбасенко, В.В. Симоненко // *Наука – образованию, производству, экономике. Материалы 9-й Международной научно-технической конференции.* В 4 томах. Том 2, - Минск: БНТУ, 2011. – С.68-69.

9. Ковбасенко С.В. Математическая модель движения автобуса, работающего на биодизельном топливе / С.В. Ковбасенко, В.В. Симоненко // *Наука – образованию, производству, экономике. Материалы 11-й международной научно-технической конференции.* В 4 томах. Том 2, - Минск: БНТУ, 2013. – С. 60-61.

10. Гутаревич Ю. Математична модель руху автобуса з дизелем в режимах міського їздового циклу при роботі на традиційному та біодизельних паливах / Ю. Гутаревич, С. Ковбасенко, В. Симоненко // *Systemy i środki transportu samochodowego. Wybrane zagadnienia / pod redakcją naukową Kazimierza Lejdy Monographia nr 4 ; Seria: Transport ; Politechnika Rzeszyowska im. Ignacego Łukasiewicza.* – Rzeszów : 2013. – С. 231–238.

11. Ковбасенко С. Методика проведення дорожніх випробувань автобуса з дизелем при роботі на традиційному та біодизельному паливах / С. Ковбасенко, В. Симоненко, О. Левківський // *Systemy i środki transportu samochodowego. Wybrane zagadnienia / pod redakcją naukową Kazimierza Lejdy Monographia nr 5 ; Seria: Transport ; Politechnika Rzeszyowska im. Ignacego Łukasiewicza.* – Rzeszów : 2014. – С. 263–268.

12. Ковбасенко С.В. Моделирование движения городского автобуса, работающего на традиционном и биодизельном топливах / С.В. Ковбасенко, В.В. Симоненко // *Наука – образованию, производству, экономике. Материалы 12-й Международной научно-технической конференции.* В 4 томах. Том 1,– Минск: БНТУ, 2014. – С.414.

13. Ковбасенко С. Порівняння показників дизеля міського автобуса при роботі на різних видах палива / С. Ковбасенко, В. Симоненко // *Systemy i środki transportu samochodowego. Wybrane zagadnienia / pod redakcją naukową Kazimierza Lejdy Monographia nr 6 ; Seria: Transport ; Politechnika Rzeszyowska im. Ignacego Łukasiewicza.* – Rzeszów : 2015. – С. 171–176.

14. Ковбасенко С.В. Дорожные испытания автобуса, работающего на традиционном и биодизельном топливах / С.В. Ковбасенко, В.В. Симоненко // *Наука – образованию, производству, экономике. Материалы 13-й Международной научно-технической конференции.* В 4 томах. Том 3, - Минск: БНТУ, 2015. – С.63-64.

Опубліковані праці апробаційного характеру

15. Ковбасенко С.В. Шляхи покращення показників двигунів дорожньо-транспортних засобів / С.В. Ковбасенко, В.В. Сімоненко // 63 науково-практична конференція науково-педагогічних працівників, аспірантів, студентів та структурних підрозділів університету. Тези доповідей. - К.: НТУ, 2007. – С. 17-18.

16. Ковбасенко С.В. Поліпшення показників двигунів внутрішнього згоряння шляхом використання альтернативних видів палив / С.В. Ковбасенко, В.В. Сімоненко // 64 науково-практична конференція науково-педагогічних працівників, аспірантів, студентів та структурних підрозділів університету. Тези доповідей. - К.: НТУ, 2008. – С. 16.

17. Ковбасенко С.В. Перспективи заміни традиційних палив для двигунів дорожніх транспортних засобів / С.В. Ковбасенко, В.В. Сімоненко, І.А. Коломієць // 65 науково-практична конференція науково-педагогічних працівників, аспірантів, студентів та структурних підрозділів університету. Тези доповідей. - К.: НТУ, 2009. – С.18.

18. Ковбасенко С.В. Розширення паливної бази автотракторних дизелів / С.В. Ковбасенко, В.В. Сімоненко // 66 науково-практична конференція науково-педагогічних працівників, аспірантів, студентів та структурних підрозділів університету. Тези доповідей. - К.: НТУ, 2010. – С. 22.

19. Ковбасенко С.В. Результати експериментальних досліджень двигуна, який працює на традиційному та біодизельному паливах / С.В. Ковбасенко, В.В. Сімоненко // 68 науково-практична конференція науково-педагогічних працівників, аспірантів, студентів та структурних підрозділів університету. Тези доповідей. - К.: НТУ, 2012. – С. 16-17.

20. Сімоненко В.В. Моделювання руху автобуса з дизелем при роботі на біодизельному паливі в умовах міського їздового циклу / В.В. Сімоненко // 69 науково-практична конференція науково-педагогічних працівників, аспірантів, студентів та структурних підрозділів університету. Тези доповідей. - К.: НТУ, 2013. – С.16.

21. Ковбасенко С.В. Порівняння економічних та екологічних показників автобуса з дизелем при роботі на традиційному та біодизельних паливах / С.В. Ковбасенко, В.В. Сімоненко // 70 науково-практична конференція науково-педагогічних працівників, аспірантів, студентів та структурних підрозділів університету. Тези доповідей. - К.: НТУ, 2014. – С.17.

22. Ковбасенко С.В. Перевірка адекватності математичної моделі руху автобуса при роботі на традиційному паливі та біодизелі / С.В. Ковбасенко, В.В. Сімоненко // 71 науково-практична конференція науково-педагогічних працівників, аспірантів, студентів та структурних підрозділів університету. Тези доповідей. - К.: НТУ, 2015. – С.15-16.

Свідоцтва про реєстрацію авторського права на твір

23. Свідоцтво про реєстрацію авторських прав на твір № 62285 «Математична модель руху автобуса, що працює на дизельному біопаливі» / С.В. Ковбасенко, В.В. Сімоненко (Україна). – № 62670; заявл. 31.08.2015; зареєстр. 28.10.2015.

24. Свідоцтво про реєстрацію авторських прав на твір № 62294 «Розрахунки на математичній моделі руху автобуса при роботі на традиційному нафтовому паливі та дизельному біопаливі» / С.В. Ковбасенко, В.В. Сімоненко (Україна). – № 62679; заявл. 31.08.2015; зареєстр. 28.10.2015.

АНОТАЦІЯ

Сімоненко В.В. Поліпшення екологічних показників міських автобусів використанням дизельного біопалива. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту. – Національний транспортний університет. – Київ, 2016.

Дисертація присвячена розширенню паливної бази міських автобусів та поліпшенню їх екологічних показників використанням дизельного біопалива.

Для дослідження паливної економічності та екологічних показників автобуса було уточнено систему «водій – автобус – дорога» та математичну модель руху автобуса за режимами міського їздового циклу згідно ГОСТ 20306-90 з врахуванням особливостей цього циклу та описанням поліноміальними залежностями експериментально визначених енергетичних показників, витрати палива, повітря та концентрацій шкідливих речовин у відпрацьованих газах дизеля при роботі на традиційному дизельному паливі та дизельному біопаливі.

Проведено експериментальні дослідження показників дизеля 4Ч11,0/12,5 (Д-241) та дорожні дослідження автобуса ПАЗ-32054 з дизелем при роботі на традиційному дизельному паливі та дизельному біопаливі.

Розроблено методику та запропоновано їздовий цикл, за допомогою яких визначено раціональні швидкості руху автобуса на маршруті та відстані між зупинками громадського транспорту для звичайного міського режиму роботи автобуса та режиму «експрес» при роботі на дизельному біопаливі.

За результатами досліджень при використанні дизельного біопалива та при дотриманні визначених раціональних параметрів руху автобуса встановлено збільшення витрати палива на 10...12% (витрата палива в тепловому еквіваленті практично не змінюється) та зниження сумарних масових викидів шкідливих речовин з відпрацьованими газами дизеля до 7% в порівнянні з дизельним паливом.

Ключові слова: автобус, дизель, дизельне біопаливо, міський їздовий цикл, паливна економічність, екологічні показники.

АННОТАЦИЯ

Симоненко В.В. Улучшение экологических показателей городских автобусов использованием дизельного биотоплива. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.20 – эксплуатация и ремонт средств транспорта. – Национальный транспортный университет. – Киев, 2016.

Диссертация посвящена расширению топливной базы городских автобусов и улучшению их экологических показателей использованием дизельного биотоплива, поскольку дизели городских автобусов являются одними из основных потребителей моторных топлив и источником загрязнения окружающей среды.

Для исследования топливной экономичности и экологических показателей автобуса было уточнено систему «водитель – автобус – дорога» и математическую модель движения автобуса по режимам городского ездового цикла согласно ГОСТ 20306-90 с учетом особенностей этого цикла и описанием полиномиальными зависимостями экспериментально определенных энергетических показателей, расход топлива, воздуха и концентраций вредных веществ в отработанных газах дизеля при работе на традиционном дизельном топливе и дизельном биотопливе.

Проведены экспериментальные исследования дизеля 4Ч11,0/12,5 (Д-241), в результате которых подтверждена возможность использования дизельного биотоплива без изменения конструкции двигателя. По результатам стендовых исследований дизеля определены полиномиальные зависимости, описывающие двигатель как потребитель топлива и воздуха, а также как источник выбросов токсических веществ с отработавшими газами в широком диапазоне скоростных и нагрузочных режимов при работе на традиционном дизельном топливе и дизельном биотопливе.

В режимах городского ездового цикла согласно ГОСТ 20306-90 были проведены дорожные исследования автобуса ПАЗ-32054 с дизелем 4Ч11,0/12,5 (Д-241) при работе на традиционном дизельном топливе и дизельном биотопливе, результаты которых подтверждают адекватность математической модели.

Результаты расчетов на математической модели движения автобуса в режимах городского ездового цикла согласно ГОСТ 20306-90 показали: повышение массового расхода дизельного биотоплива городским автобусом на 11,45%, по сравнению с дизельным топливом, при этом, следует отметить, что расход топлива в тепловом эквиваленте практически не изменился; суммарные массовые выбросы вредных веществ с отработавшими газами, приведенные к выбросам оксида углерода, при работе автобуса на дизельном биотопливе снизились на 2,63%.

Поскольку ездовой цикл для городских автобусов согласно ГОСТ 20306-90 не учитывает время нахождения автобуса на остановках общественного транспорта во время эксплуатации на маршрутах, была разработана методика и ездовой цикл для определения рациональных эксплуатационных параметров движения автобуса с дизелем при работе на дизельном биотопливе.

Расчетные исследования городского автобуса, осуществляющего движение в режимах разработанного ездового цикла, показали: рост расхода топлива автобуса на 10%...12% при работе на дизельном биотопливе; расход топлива в тепловом эквиваленте почти не изменяется; рациональная скорость движения автобуса в обычном режиме перевозки пассажиров составляет 25...30 км/ч, а в режиме «экспресс» – 40...50 км/ч, при этом происходит снижение удельной суммарной токсичности отработавших газов на 2,97% и 7% соответственно, по сравнению с работой автобуса на традиционном дизельном топливе; рациональные расстояния между остановками общественного транспорта во время движения автобуса в режимах обычного маршрута и в режиме «экспресс» составляют 600 и 1200 м соответственно, при этом отмечается улучшение всех удельных топливно-экономических и экологических показателей автобуса.

Результаты теоретических и экспериментальных исследований приняты к использованию Институтом возобновляемой энергетики НАН Украины (г. Киев),

Службой организации движения КП «Киевпастранс» (г. Киев) и используются в учебном процессе Национального транспортного университета при подготовке специалистов по направлениям подготовки «Машиностроение» и «Автомобильный транспорт»

Ключевые слова: автобус, дизель, дизельное биотопливо, городской ездовой цикл, топливная экономичность, экологические показатели.

SUMMARY

Simonenko V. V. Improvement of the environmental performance of buses using biodiesel. – Manuscript.

Thesis for the degree of candidate of technical science, specialty 05.22.20 – exploitation and repair means of transport. – National Transport University. – Kyiv, 2016.

The thesis is devoted to the expansion of fuel base of city buses and improvement of their environmental performance through the use of biodiesel.

To research the fuel efficiency and environmental performance of the bus the «driver – bus –road» system was specified and the mathematical model of the bus movement under the regimes of urban driving cycle according to All-Union State Standard 20306-90 taking into account the features of this cycle and description of experimentally determined energy performance, consumption of fuel, air and concentration of harmful substances in exhaust gases of diesel when running on traditional diesel and biodiesel through polynomial dependencies.

Experimental research of D-241 diesel performance was carried out and highway research of the PAZ-32054 bus with diesel when running on the traditional diesel and biodiesel.

A method was developed and driving cycle was suggested in which the rational speed of the bus was defined on the bus route and the distance between public transport stops for the usual urban mode of bus work and «express» mode when running on biodiesel.

According to the research results with the use of biodiesel and subject to specified rational parameters of the bus movement the increase of fuel consumption by 10...12% (fuel consumption in thermal terms does not change) and reduction of total mass emissions of pollutants with exhaust gases of diesel to 7% compared to diesel fuel were determined.

Keywords: bus, diesel, biodiesel, urban driving cycle, fuel efficiency, environmental performance.