© Поляков А.П., Галущак О.О., Галущак Д.О. 2016

УДК 618.31.05
UDC 618.31.05

Поляков А.П., Галущак О.О., Галущак Д.О.
Вінницький національний технічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ДИНАМІЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ВІДСОТКОВОГО СКЛАДУ СУМІШІ ПАЛИВ НА ПОКАЗНИКИ ДИЗЕЛЯ ЯМЗ-238

В статті представлено результати дослідження впливу динамічного регулювання відсоткового складу суміші дизельного та біодизельного палив на показники дизеля ЯМЗ-238 залежно від навантаження та режимів роботи.

Ключові слова: біодизель, дизель, система живлення, паливна суміш.

Вступ. В часи тотальної залежності економік держав від енергетичних ресурсів імпорт енергоносіїв в Україні складає приблизно 43 % від загальних потреб. Одним з найбільших споживачів рідких нафтових палив є двигуни внутрішнього згоряння. Їх масове використання також стало причиною значного погіршення екологічного стану навколишнього середовища.

З метою зниження залежності двигунів внутрішнього згоряння від нафтових палив та зменшення шкідливих викидів відпрацьованих газів перспективним є використання альтернативних відновлюваних видів палива, які могли б частково, а в подальшому повністю, замінити традиційні палива викопного походження. Біодизельне паливо є одним з найбільш перспективних замінників традиційного палива на основі нафти. Його використання дозволяє не тільки зменшити експлуатаційні витрати на двигуни внутрішнього згоряння, а й зменшити кількість шкідливих викидів відпрацьованих газів.

Фізико-хімічні властивості біодизельного палива відрізняються від дизельного [1]. Різниця проявляється в більшій густині та в'язкості, більшому цетановому числі, більшій кількості кисню в складі палива та меншій нижчій теплоті згоряння біодизельного палива. Це обумовлює деякі особливості протікання робочих процесів двигуна і впливає на його техніко-економічні та екологічні показники. Тому, для збереження базових показників двигуна при переводі його на роботу на біодизельному паливі, виникає потреба у корегуванні управління системою живлення дизеля.

Для зменшення негативного впливу біодизельного палива на протікання робочих процесів двигуна, на нашу думку, доцільно використовувати його в суміші з дизельним паливом. Залежно від режиму роботи дизеля, для забезпечення ефективного протікання робочих процесів, буде змінюватись раціональний відсотковий склад суміші палив. Враховуючи те, що дизелі в процесі експлуатації працюють переважно на режимі часткових навантажень, проте 10 – 15 % часу роботи працюють на режимі максимальних навантажень, то доцільно змінювати відсотковий склад суміші палив, що забезпечить ефективне протікання робочих процесів при збереженні технічних показників дизеля на всіх його режимах роботи.

В роботі запропонована гіпотеза: оскільки двигун працює в широкому діапазоні навантажень та частот обертання колінчастого валу, то для збереження його технічних показників на базовому рівні виникає необхідність в зміні відсоткового складу суміші палив залежно від режимів роботи двигуна. Для практичної реалізації запропонованої гіпотези була розроблена система живлення дизеля сумішшю палив з динамічним регулюванням її відсоткового складу, яка забезпечує необхідні циклову подачу та відсотковий склад суміші палив залежно від режимів роботи двигуна, зберігаючи його технічні показники на базовому рівні. Система забезпечує запуск та прогрів двигуна на дизельному паливі, для цього перед його зупинкою, система живлення (паливні трубопроводи низького тиску після змішувача, паливні трубопроводи високого тиску, ПНВТ, форсунки) заповнюються дизельним паливом.

Дана стаття присвячена дослідженню впливу динамічного регулювання відсоткового складу суміші палив на показники дизеля ЯМЗ-238.

Основна частина. Для визначення впливу на показники дизеля динамічного регулювання відсоткового складу суміші палив проведено розрахункове дослідження з використанням удосконаленої математичної моделі «Двигун – система живлення сумішшю дизельного та біодизельного палив» [2]. В якості об’єкта дослідження обрано двигун ЯМЗ-238.

В математичній моделі в якості навантаження на колінчастий вал дизеля використовувалась залежність моменту навантаження від часу, який пропорційний моменту опору руху автомобіля КрАЗ-6510, який рухається за магістральним циклом відповідно до ГОСТ 20306-90 [3].

Автомобіль КрАЗ-6510 відноситься до вантажних транспортних засобів. При дослідженнях приймалось, що повна маса автомобіля без вантажу складає 11015 кг, з повним завантаженням 23015 кг. Магістральний цикл руху автомобіля повною масою понад 3,5 т реалізується на ділянці прямолінійної, горизонтальної дороги з асфальтобетонним або цементобетонним покриттям, протяжністю 4000 м і складається з 8-ми ділянок, на яких автомобіль рухається з усталеними швидкостями 30, 50, 70, 50, 70, 75, 65 і 45 км/год. Між цими ділянками відбуваються розгони або сповільнення автомобіля.

Проте, у зв'язку з тим, що максимальна швидкість автомобіля КрАЗ-6510 рівна 68 км/год [4], а згідно вимог ГОСТ 20306-90 при русі за магістральним циклом найбільша швидкість складає 75 км/год, то його швидкість на ділянках руху зі швидкостями 70 та 75 км/год була зменшена на 10 км/год. Змінена схема магістрального циклу показана на рис. 1. Для даного дослідження ця зміна практичного значення не має.

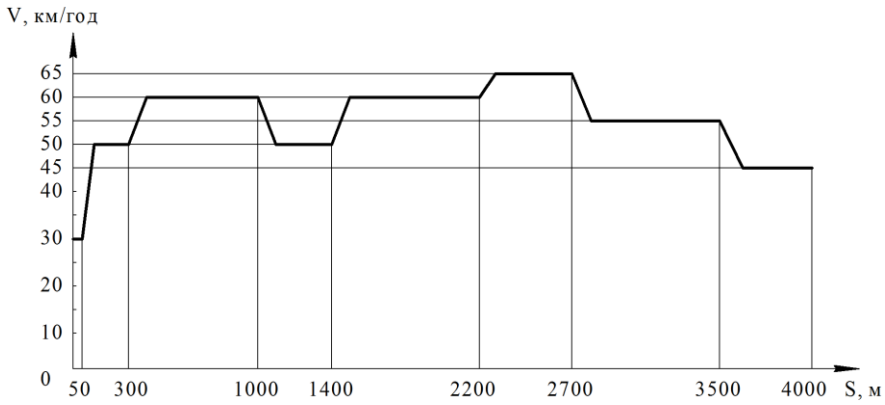


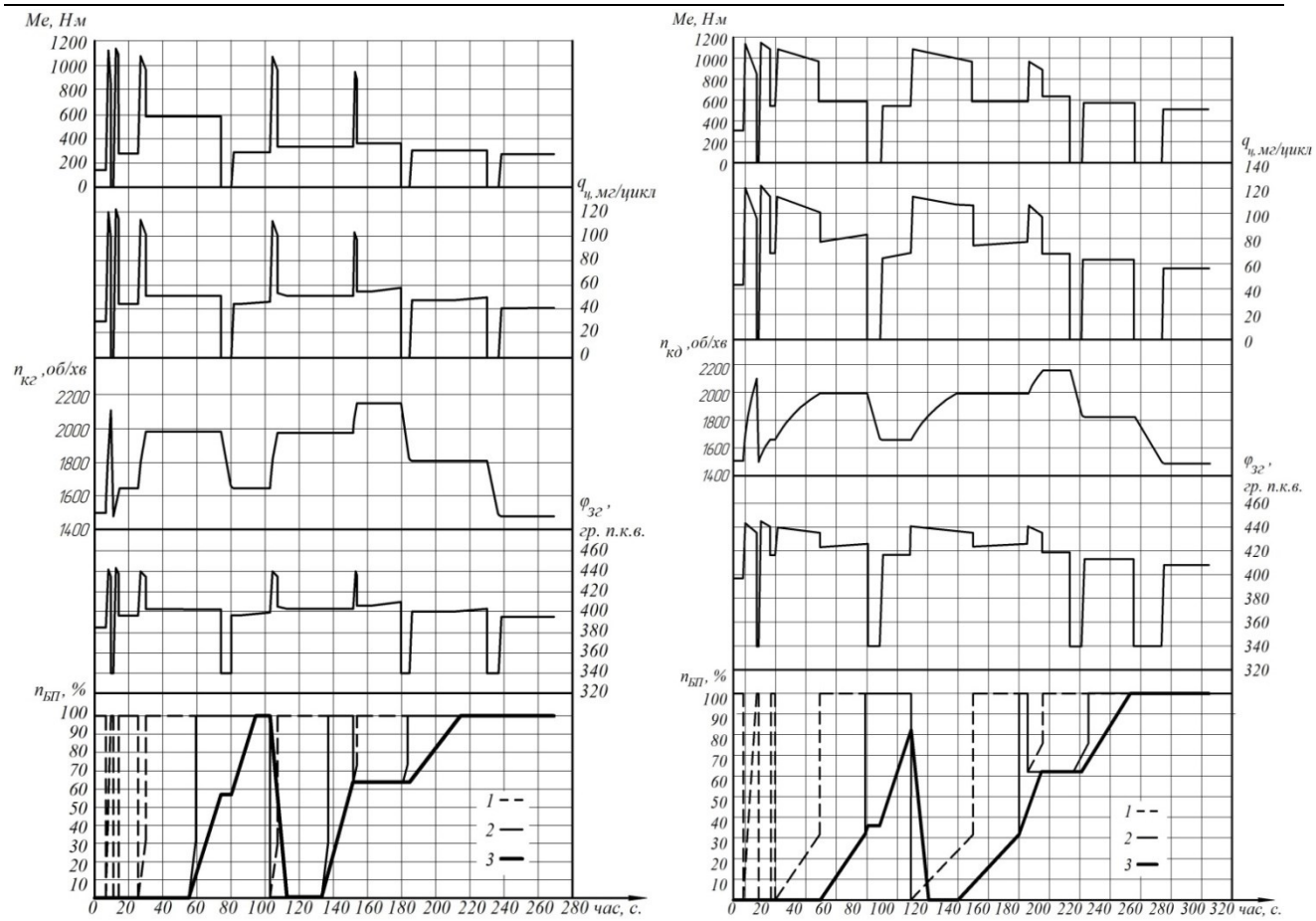
Рис. 1. Схема магістрального циклу руху автомобіля КрАЗ-6510

Для оцінки ефективності застосування динамічного регулювання відсоткового складу суміші палив на показники дизеля ЯМЗ-238 використовувались моменти навантаження, які пропорційні моменту опору руху автомобіля КрАЗ-6510 без завантаження та з повним завантаженням, результати яких наведені на рис. 2.

У чотиритактному двигуні робочий процес здійснюється за два оберти колінчастого валу, тобто за 720° повороту колінчастого валу (п.к.в.). При цьому приймається, що 0 – 180° – такт впуску; 180 – 360° – такт стиснення; 360 – 540° – робочий хід; 540 – 720° – такт випуску. Випередження впорскування палива для дизеля ЯМЗ-238 приймається рівним 20° п.к.в. до верхньої мертвої точки, тобто паливо починає впорскуватись в циліндр двигуна в точці, що відповідає положенню колінчастого валу 340°.

Відмінності фізико-хімічних властивостей дизельного і біодизельного палив та необхідність збільшення циклової подачі суміші палив для збереження технічних показників дизеля, призводять до зростання тривалості її впорскування, випаровування та згоряння, зі збільшенням відсоткового вмісту біодизельного палива в суміші.

Проведено розрахункове дослідження впливу режиму роботи дизеля на тривалість протікання робочих процесів в циліндрі двигуна, яка визначалась за тривалостями процесів впорскування, випаровування та згорання палива і оцінювалась значенням кута п.к.в. дизеля при закінченні горіння суміші палив ($\varphi_{зг}$). Максимальне значення тривалості процесів впорскування, випаровування та згорання дизельного палива, незалежно від режимів роботи дизеля, не перевищує 105° п.к.в., що відповідає його положенню 445°. В дослідженні прийнято, що на всіх режимах роботи дизеля при використанні дизельного палива відбувається ефективне протікання робочих процесів і тривалість впорскування, випаровування та горіння палива знаходиться в допустимих межах. В удосконаленій математичній моделі значення відсоткового складу суміші палив та її циклової подачі, для дизеля ЯМЗ-238, визначаються виходячи з умови не перевищення допустимого значення $\varphi_{зг}$ (445° п.к.в.).



а *б*

Рис. 2. Графік залежності ефективного крутного моменту M_e, циклової подачі палива $q_ц$, частоти обертання колінчастого валу дизеля $n_{кв}$, значення кута *п.к.в.* при закінченні горіння суміші палив $\varphi_{зг}$ та відсоткового складу суміші палив $n_{БП}$ від часу роботи дизеля при русі автомобіля без завантаження (*а*) та з повним завантаженням (*б*)

Збільшення циклової подачі суміші палив можливе до 12,4 % залежно від її відсоткового складу, оскільки таке збільшення навіть за використання біодизельного палива, забезпечить крутний момент рівний тому, який забезпечується при роботі дизеля на дизельному паливі. Що дає можливість компенсувати менше значення нижчої теплоти згорання суміші палив та забезпечується повітрям для повного її згорання [6].

Для визначення відсоткового складу суміші палив проведено аналіз її тривалості впорскування, випаровування та горіння. Вміст біодизельного палива в суміші збільшується поки значення $\varphi_{зг}$ не досягло 445°[5] або відсотковий вміст біодизельного палива в суміші не стане рівним 100 %. Якщо значення $\varphi_{зг}$ більше 445°, то вміст біодизельного палива в суміші палив зменшується.

Як видно з графіків (рис. 2 *а* та *б*) на всіх режимах роботи дизеля, крім режиму примусового холостого ходу, значення $\varphi_{зг}$ змінюється в межах від 385° до 443°. На режимі примусового холостого ходу паливо в циліндр дизеля не подається, тому на графіках $\varphi_{зг}$ дорівнює 340°.

При визначенні відсоткового складу суміші дизельного та біодизельного палив була врахована інертність системи живлення. Тому в алгоритмі визначення відсоткового складу суміші палив закладено не реагувати на короткочасні зміни режиму роботи двигуна, оскільки поки потрібний відсотковий склад суміші палив потрапить безпосередньо в циліндр дизеля, то його режим роботи вже зміниться. Тобто, на виконавчий механізм змішувача подається сигнал зі значенням відсоткового складу суміші палив, який забезпечить ефективне протікання робочих процесів в циліндрі дизеля протягом останніх 30 с.

Для оцінки інертності системи живлення дизеля було проведено експериментальне дослідження, в результаті якого встановлено, що час, який витрачається на забезпечення подачі палива нового відсоткового складу в циліндр двигуна при роботі на холостому ходу, не перевищує 30 с; при роботі на навантаженнях, близьких до максимальних – 10 с.

На рис. 2 наведені графіки залежності відсоткового складу суміші палив від часу роботи дизеля з врахуванням інертності, де 1 – розрахункове значення раціонального відсоткового складу суміші палив; 2 – значення відсоткового складу суміші палив, яка подається на виконавчий механізм змішувача; 3 – відсотковий склад суміші палив, яка впорскується в циліндр двигуна з урахуванням інертності системи живлення. Приймаємо, що інертність не перевищує 30 с роботи дизеля.

Для визначення ефективності використання динамічного регулювання відсоткового складу суміші палив проведено техніко-економічне обґрунтування. Для цього було проаналізовано ринок нафтопродуктів України станом на 20.10.2015 року [7]. Вартість дизельного палива на автозаправних станціях, в середньому, становить 19,27 грн/л. Вартість БП (за даними компанії "АВТ Груп" [8], яка займається його виробництвом) становить 14,5 грн/л, що на 24,8% менша за вартість дизельного палива. В розрахунковому дослідженні роботи дизеля ЯМЗ-238, при використанні динамічного регулювання відсоткового складу суміші палив, збільшення її витрати складає 12,01 % в порівнянні з дизельним паливом (при русі автомобіля за магістральним циклом без завантаження) та 9,94 % (при русі автомобіля за магістральним циклом з повним завантаженням) при збереженні динамічних показників двигуна та автомобіля відповідно. Зменшення витрат на паливо становить 15,07 % та 11,35 % відповідно.

Висновки. Використання динамічного регулювання відсоткового складу суміші дизельного та біодизельного палив на дизелі ЯМЗ-238 забезпечує ефективне протікання робочих процесів та збереження технічних показники дизеля на рівні базових. Залежно від режиму його роботи змінюється відсотковий склад суміші палив з максимальним використанням біодизельного палива. Для забезпечення технічних показників дизеля на потрібному рівні збільшується витрата суміші палив порівняно з дизельним, проте вартість її зменшується за рахунок меншої вартості біодизельного палива.

1. Марченко А. П. Дослідження фізико-хімічних показників альтернативного біопалива на основі ріпакового масла / А. П. Марченко, В. Г. Семенов, Д. У. Семенова, О. Ю. Ліньков // Вісник Харківського державного політехнічного університету. – 2000. – Вип. 101. – С. 159–163.

2. ПоляковА. П. Математична модель системи «Двигун – система живлення сумішшю дизельного та біодизельного палив» / А.П. Поляков, О.О. Галущак // Міжвузівський збірник "НАУКОВІНОТАТКИ" Луцьк, 2014. Випуск№45. -С. 438-443.

3. . Приходько В.И. Справочник по автомобилям КрАЗ / В.И. Приходько, И.Т. Селин. – Х.: Прапор. – 1977. – 152 с.

4. ГОСТ 20306-90 Автотранспортные средства. Топливная экономичность. Методы испытаний. [Действующий с 1992-01-01]. – М.: Государственный комитет СССР по управлению качеством продукции и стандартам, 1990. – 34 с.

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

6. Поляков А. П. Вплив керування подачею повітря та сумішевого палива на робочі процеси двигуна / А. П. Поляков, О. В. Вдовиченко, О. О. Галущак, М. В. Кривцов // Сборник научных трудов SWorld. Выпуск 1. Том 1, Одесса, 2013 С. 120 – 123.

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

8. АВТ груп [Електронний ресурс]: АВТ Груп - альтернативные виды топлива. – Режим доступу: http://avt-group.com.ua/produktsiya.html

REFERENCES

1. Marchenko, A., Semenov, V., Semenova, D. & Linkov, O. (2000). Research of physical and chemical parameters of alternative biofuels based on rapeseed oil. [Doslidzhennia fizyko-khimichnykh pokaznykiv alternatyvnoho biopalyva na osnovi ripakovoho masla]. *Visnyk Kharkivskoho derzhavnoho politekhnichnoho universytetu*, No. 101, pp. 159-163.

2. Polyakov, A. & Galushchak, O. (2014). Mathematical model of the system "The engine - power supply system with a mixture of diesel and biodiesel fuels". [Matematychna model systemy «Dvyhun – systema zhyvlennia sumishshiu dyzelnoho ta biodyzelnoho palyv»]. *Naukovi Notatki*, No. №45, Lutsk, pp. 438-443.

3. Prikhodko, V. & Celine, I. (1977). *Handbook of KrAZ vehicles.* [*Spravochnik po avtomobiliah KrAZ*]. Kharkiv, Prapor Publ., 152 p.

4. *GOST 20306-90.* [State Standard 20306-90]. *Motor vehicles. Fuel economy. Test methods*. Moscow, 1990. 34 p. (In Russian).

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

6. Poliakov A., Vdovichenko, O. & Krivtsov, M. (2013). The impact of control of air and fuel mixtures supply on engine workflow. [Vpliv keruvannya podatchey povitrya ta sumishevogo paliva na robochi processesu dviguna]. *Sbornik nauchnyh trudov SWorld.* Issue 1, Vol. 1, Odessa, pp. 120-123.
7. Fuel. Fuel prices on filling stations in Ukraine. Available at: http://finance.i.ua/fuel/5
8. AVT Group: AVT Group - alternative fuels. Available at: http://avt-group.com.ua/produktsiya.html

Поляков А. П., Галущак А. А., Галущак Д. А. Исследование влияния использования динамического регулирования процентного содержания смеси топлив на показатели дизеля ЯМЗ-238

В статье представлены результаты исследования влияния динамического регулирования процентного состава смеси дизельного и биодизельного топлива на показатели дизеля ЯМЗ-238 в зависимости от нагрузки и режимов работы.

Ключевые слова: биодизель, дизель, система питания, топливная смесь.

***A. Poliakov, O. Galushchak, D. Galushchak*. The study of the impact of fuel blends percentage dynamic regulation on indicators of diesel YAMZ -238.**

The article presents the results of influence of research dynamic regulation percentage of the mixture diesel and biodiesel fuels on the performance of diesel YMZ 238 depending on load and operating modes.

Keywords: biodiesel, diesel, supply system, fuel mixture.

АВТОРИ:

ПОЛЯКОВ Андрій Павлович, доктор технічних наук, професор, професор кафедри автомобілів і транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, e-mail: farv@vntu.edu.ua;

ГАЛУЩАК Олександр Олександрович, здобувач, кафедра автомобілів і транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, e-mail: galushchak_o@meta.ua;

ГАЛУЩАК Дмитро Олександрович, к.т.н., кафедра автомобілів і транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, e-mail: galuschak_d@meta.ua.

АВТОРЫ:

ПОЛЯКОВ Андрей Павлович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры автомобилей и транспортного менеджмента, Винницкий национальный технический университет, e-mail: farv@vntu.edu.ua;

ГАЛУЩАК Александр Александрович, соискатель, кафедра автомобилей и транспортного менеджмента, Винницкий национальный технический университет, e-mail: galushchak_o@meta.ua;

ГАЛУЩАК Дмитрий Александрович, кандидат технических наук, кафедра автомобилей и транспортного менеджмента, Винницкий национальный технический университет, e-mail: galuschak_d@meta.ua.

AUTHORS:

Andrii POLIAKOV, Dr.Sc. Egn., Professor, Professor of the Automobiles and Transport Management Department, Vinnytsia National Technical University, e-mail: farv@vntu.edu.ua;

Oleksandr GALUSHCHAK, applicant, Automobiles and Transport Management Department, Vinnytsia National Technical University, e-mail: galushchak_o@meta.ua;

Dmytro GALUSHCHAK, PhD. in Engineering, Automobiles and Transport Management Department, Vinnytsia National Technical University, e-mail: galuschak_d@meta.ua.

Стаття надійшла в редакцію 30.04.2016р.