

УДК 656.13
UDC 656.13

**ПРО ДЕЯКІ ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ БІОДИЗЕЛЬНИХ ПАЛИВ В
ДВИГУНАХ КОЛІСНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ РОЗШИРЕННЯ ЇХ
ПАЛИВНОЇ БАЗИ**

Говорун А.Г., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ,
Україна

Павловський М.В., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ,
Україна

Бугрик О.В., аспірант, Національний транспортний університет, Київ, Україна

**ABOUT SOME FEATURES USE BIODIESEL IN ENGINES WHEELED VEHICLES
EXPANSION OF FUEL BASE**

Hovoroon A.G., Ph.D., National transport university, Kyiv, Ukraine

Pavlovsky M.V., Ph.D., National transport university, Kyiv, Ukraine

Bugryk O.V., postgraduate, National transport university, Kyiv, Ukraine

**О НЕКОТОРЫХ ОСОБЕННОСТЯХ ПРИМЕНЕНИЯ БИОДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА В
ДВИГАТЕЛЯХ КОЛЕСНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ С ЦЕЛЬЮ РАСШИРЕНИЯ ИХ
ТОПЛИВНОЙ БАЗЫ**

Говорун А.Г., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев,
Украина

Павловский М.В., кандидат технических наук, Национальный транспортный университет,
Киев, Украина

Бугрик А.В., аспирант, Национальный транспортный университет, Киев, Украина

На сучасному етапі виробництва та споживання енергоносіїв (палив) для двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ) виникла необхідність в реформуванні паливно-енергетичного балансу країни використанням альтернативних видів палив із поновлюваних джерел енергії.

Світовим лідером у використанні альтернативних видів палив є США, де на сьогоднішній день виробляють біопаливо як для двигунів з іскровим запалюванням, так і для дизелів.

Приблизно 90% біодизельного палива в основному отримують із соєвої олії, крім того, використовують і інші види палив, включаючи тваринні жири. Україна має досить добре освоєну перспективну сировинну базу для виробництва біодизельних палив.

На рис. 1-3 показана динаміка зміни валового збору ріпаку, соняшнику та сої в Україні, а на рис. 4-5 – динаміка виробництва деяких видів промислової продукції в Україні, а саме:

- жирів та олій тваринного чи рослинного походження, хімічно модифікованих;
- сумішей жирів та олій тваринного чи рослинного походження, нехарчових;
- жирів свійської птиці.

Досвід по використанню альтернативних палив на автомобільному транспорті отриманий на кафедрі «Двигуни та теплотехніка» Національного транспортного університету (НТУ) вказує на те, що одним із оптимальних способів їх використання в двигунах колісних транспортних засобів (КТЗ) є адаптація фізико-хімічних властивостей біопалив до технічних вимог дизелів, які перебувають в експлуатації.

Будь-яке паливо нафтового походження є сумішшю вуглеводнів різних груп, до складу якого входять в різних пропорціях парафінові, нафтонові, ароматичні та інші вуглеводні [1]. Такий підхід при виготовленні штатних палив забезпечує його необхідні фізико-хімічні характеристики (густину, кінематичну в'язкість, цетанове число, нижчу теплоту згорання та інше). Саме аналогічний підхід необхідно використовувати при виготовленні біопалив, що дозволить суттєво розширити сировинну базу для виробництва біодизельного палива використанням тваринних жирів, жирів свійської птиці і олій хімічно-модифікованих рослин.

Відповідно до ДСТУ 6081:2009 «Паливо моторне. Ефіри метилові жирних кислот, олій і жирів для дизельних двигунів. Технічні вимоги» [2] на сьогоднішній день обмежено об'ємний вміст

біодизельного компонента у дизельному паливі до 7%.

Незначний об’ємний вміст метилових ефірів в сумішевих біодизельних паливах пояснюється суттєвими відмінностями фізико-хімічних властивостей метилових ефірів, які виготовляють із різного насіння.

Таблиця 1 – Основні фізико-хімічні властивості метилових ефірів

Фізико-хімічні властивості	Дизельне паливо, зимове/літнє	Метилові ефіри			
		ріпакової олії	соняшникової олії	соєвої олії	жирів свійської птиці
Густина при 20°C, кг/м ³	825/830	877	894	884	871
Кінематична в’язкість при 20°C, мм ² /с	4/5,6	9,8	20,1	4,1	12,4
Цетанове число	51/49	51	49	46	49

В табл. 1 наведено основні фізико-хімічні характеристики метилових ефірів жирних кислот, отриманих з різного насіння найбільш розповсюджених в нашій кліматичній зоні олійних культур і жирів свійської птиці.

Аналіз фізико-хімічних властивостей метилових ефірів вказує на те, що не всі вони можуть бути використані як компонент біодизельних палива через істотні відмінності їх кінематичної в’язкості (ν) та цетанового числа (ЦЧ).

З усіх найпоширеніших олійних культур, вирощуваних в Україні, найбільш прийнятне як біопаливо для дизелів є метиловий ефір соєвої олії. Даний ефір має кінематичну в’язкість ідентичну штатному паливу, тому його можна використовувати в якості біопалива як самостійно, так і як добавку до штатного палива. Одним з його недоліків є низьке ЦЧ, тому при використанні метилового ефіру соєвої олії як біопалива, необхідна відповідна корекція ЦЧ спеціальними додатками.

Найскладнішим для використання як моторного палива є метиловий ефір соняшникової олії. Кінематична в’язкість в п’ять разів перевищує аналогічний показник штатного палива мінерального походження, тому самостійне використання його буде малоефективним. Використовувати метиловий ефір соняшникової олії доцільно як компонент композитного біодизельного палива.

Композитні біопалива - це суміш штатного палива нафтового походження, метилових ефірів жирних кислот і палива з незначною кінематичною в’язкістю.

Понаднормове збільшення в’язкості біодизельного палива може привести до того, що споживачі палива можуть понести значного збитку, із-за виходу з ладу паливної апаратури двигунів або пришвидшеного її зносу.

Оптимізувати основні фізико-хімічні властивості біодизельних палив можна 3 способами:

- використанням композитних палив, які складаються із декількох складових кожна з яких забезпечує оптимізацію фізико-хімічних характеристик біодизельного палива;
- використанням регульованого підігріву біодизельного палива;
- використанням композитних палив і регульованого підігріву біопалива.

Одним із основних недоліків більшості біодизельних палив є те, що енергія яка виділяється при згорянні біопалив не набагато більше енергії, що витрачається на його виробництво. З точки зору енергетичної та економічної доцільності на сучасному етапі розвитку технології виробництва біодизельних палив і існуючої сировинної бази більш доцільно використовувати біопалива як добавки до штатного палива.

Найбільшу рентабельність мають біопалива, отримані з утилізованих рослинних олій та жирів, які повністю виконали свої продовольчі функції. Отримані біопалива з утилізованих рослинних олій та жирів мають енергетичну та економічну рентабельність значно вище, ніж рентабельність штатних палив, що отримують з нафти.

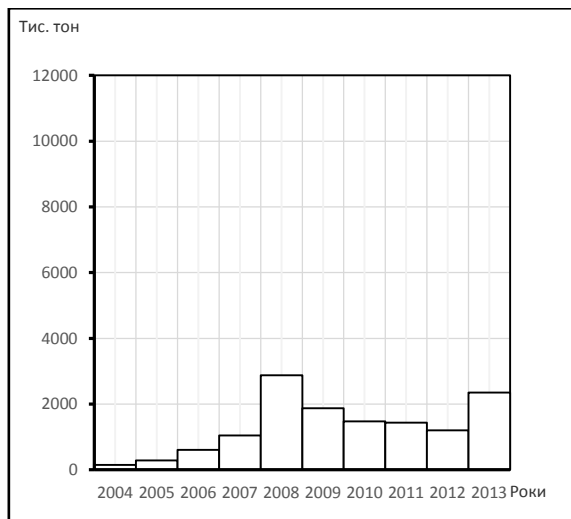


Рисунок 1 – Виробництво ріпаку в Україні у 2004-2013 роках.

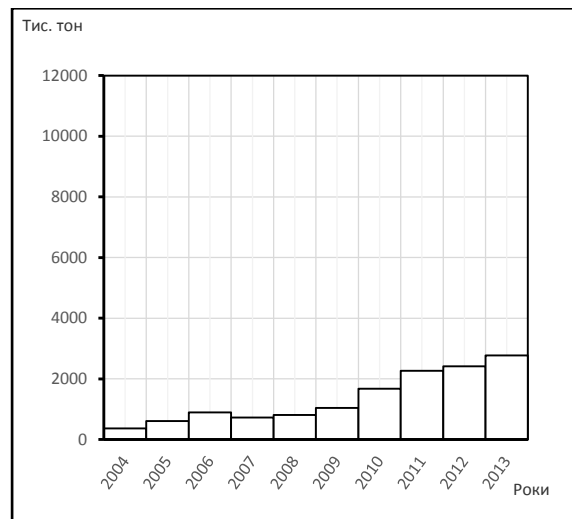


Рисунок 2 – Виробництво сої в Україні у 2004-2013 роках.

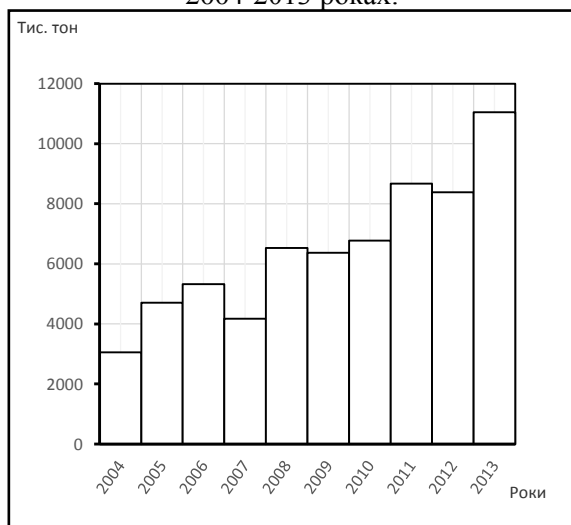


Рисунок 3 – Виробництво соняшнику в Україні у 2004-2013 роках.

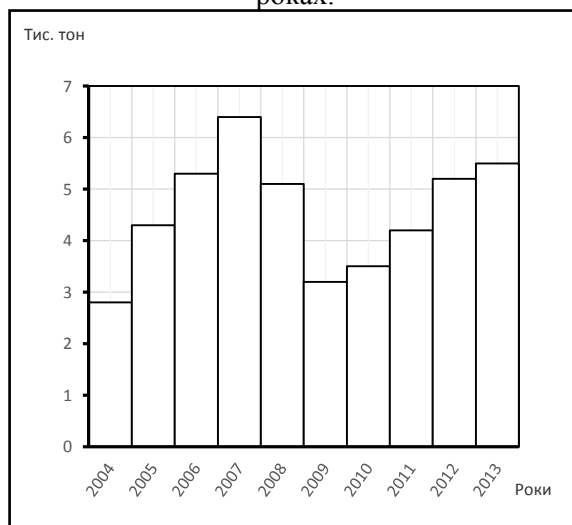


Рисунок 4 – Виробництво жирів та олій тваринного чи рослинного походження, хімічно модифікованих; сумішей жирів та олій тваринного чи рослинного походження, нехарчових в Україні у 2004-2013 роках.

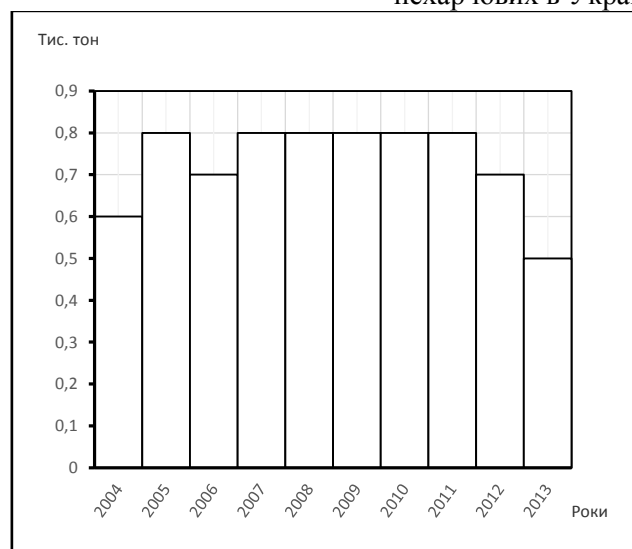


Рисунок 5 – Виробництво жиру свійської птиці в Україні 2004-2013 роках.

Коефіцієнт енергетичної ефективності виробництва палив можна визначити за залежністю [3]:

$$\eta_B = \frac{(h_H - h_B)}{h_H},$$

де h_H - нижча теплота згоряння палива, МДж/кг;

h_B - енерговитрати на виробництво 1 кг палива, МДж/кг.

Коефіцієнт енергетичної ефективності для:

- штатного дизельного палива [3]:

$$\eta_B = 0,506;$$

- біодизельного палива, отриманого з сортів технічних олів:

$$\eta_B = 0,065;$$

- біодизельного палива, отриманого з утилізованих рослинних олій і тваринних жирів:

$$\eta_B = 0,934;$$

- суміш штатного і біодизельного палива у співвідношенні «80%/20%»:

$$\eta_B = 0,418;$$

- суміш штатного і біодизельного палива, отриманого з утилізованих рослинних олій у співвідношенні «80%/20%»:

$$\eta_B = 0,592.$$

Для оцінки можливостей використання сумішевих біодизельних палив для КТЗ розглянемо зміну кінематичної в'язкості ν від температури для штатного і сумішевих біодизельних палив з вмістом метилових ефірів (10, 20, 30%).

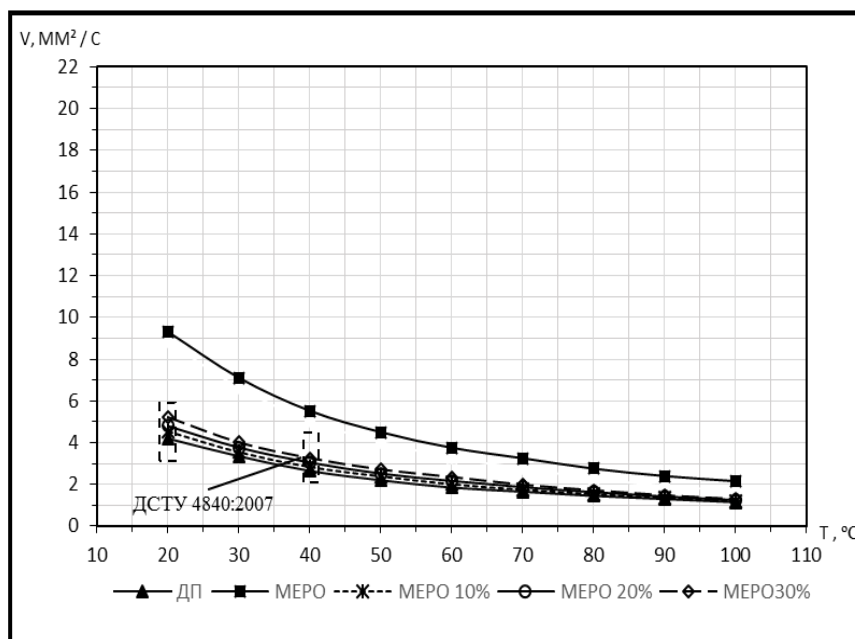


Рисунок 6 – В'язкісно-температурні характеристики метилового ефіру ріпакової олії та його сумішей з дизельним паливом.

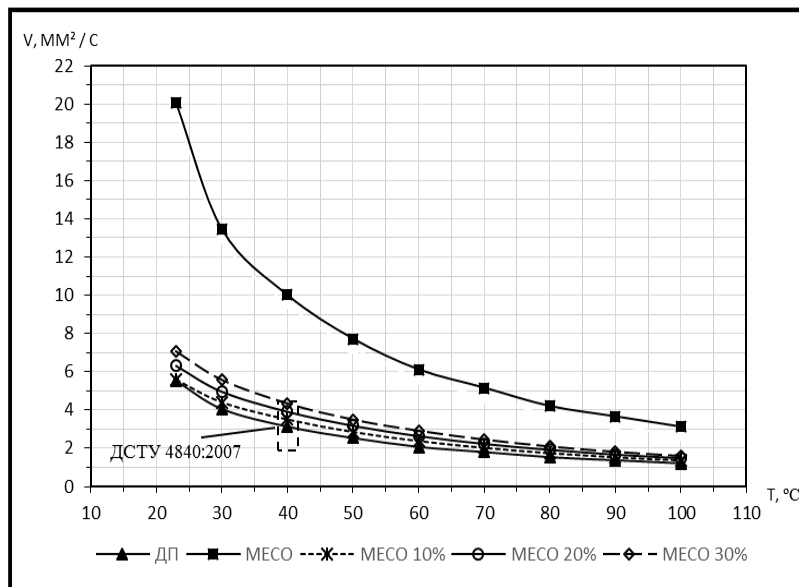


Рисунок 7 – В'язкісно-температурні характеристики метилового ефіру соняшникової олії та його сумішей з дизельним паливом.

Результати дослідження наведено на рис. 6-8 для сумішей дизельного палива і метилових ефірів ріпакової, соняшникової олій і курячого жиру. Аналіз результатів дослідження вказує на те, що жодне сумішеве біодизельне паливо не відповідає в'язкісно-температурним характеристикам DSTU-4840.2007 для штатного дизельного палива.

Моторні випробування двигунів VAG ASV 1.9 Tdi і Д-241 за роботи на сумішевих біодизельних паливах проведені на кафедрі «Двигуни і теплотехніка» НТУ показали [4], що звичайне змішування двох палив не забезпечує необхідних фізико-хімічних властивостей палив, що погіршує паливну економічність двигуна.

На рис. 9 показані залежності зміни ефективного коефіцієнту корисної дії двигуна за навантажувальними характеристиками дизеля при частоті обертання колінчастого вала $n = 1500 \text{ хв}^{-1}$. На характеристиках наведено:

η_e – ефективні коефіцієнти корисної дії дизеля за роботи на штатному і біодизельних паливах;

η_3 – загальний коефіцієнт корисної дії двигуна з урахуванням витрат на виробництво палив (

$$\eta_3 = \eta_B + \eta_e).$$

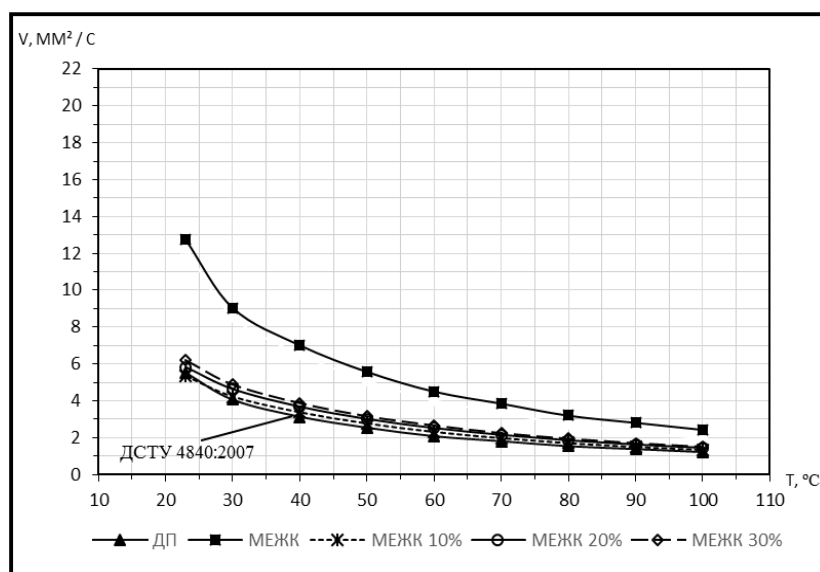
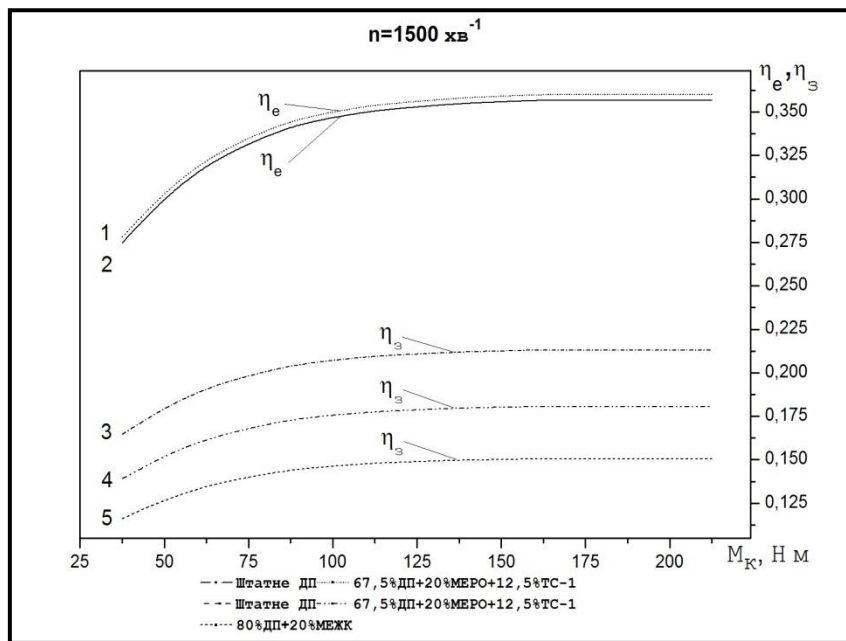


Рисунок 8 – В'язкісно-температурні характеристика метилового ефіру жиру курячого та його сумішей з дизельним паливом.

Рисунок 9 – Залежність зміни η_e та η_3 від навантаження двигуна VAG ASV 1.9 Tdi.

З рис.9 видно, що за роботи дизеля на трикомпонентному сумішевому біодизельному паливі з часткою МЕРО 20% загальний коефіцієнт корисної дії в навантажувальному діапазоні змінюється від 12,4 до 15,7 %, а за роботи двигуна на штатному ДП η_3 змінюється в межах від 14,6 до 18,4 %. За роботи на трикомпонентному паливі з використанням метилових ефірів отриманих з утилізованих олив і жирів, загальний коефіцієнт корисної дії дещо вище, ніж при використанні штатного палива.

Розрахунковими дослідженнями встановлено, що при роботі двигуна на сумішевому біодизельному паливі з використанням метилових ефірів жирних кислот, отриманих з утилізованих олив і жирів, можна отримати найвищий загальний коефіцієнт корисної дії двигуна з урахуванням витрат на виробництво.

Аналіз результатів досліджень вказує на те, що при наближенні кінематичної в'язкості сумішевого біодизельного палива до рівня аналогічного показника штатного палива, ефективний ККД двигуна дещо підвищується, ще пояснюється більш якісним процесом згоряння завдяки наявності кисню в молекулі біодизельного палива.

Зменшення кінематичної в'язкості суміші штатного палива та метилового ефіру ріпакової олії (МЕРО) досягнуто завдяки додаванню в цю суміш гасу ТС-1, що має кінематичну в'язкість нижчу, ніж штатне дизельне паливо. Орієнтовний склад трикомпонентних сумішевих біодизельних палив:

- 85% ДП + 10% МЕРО + 5% ТС-1;
- 67,5% ДП + 20% МЕРО + 12,5% ТС-1;
- 52% ДП + 30% МЕРО + 18% ТС-1.

Добавка гасу в дизельне паливо - широковідомий метод зниження кінематичної в'язкості. Даний метод часто використовують при переході від літньої до зимової експлуатації автомобілів. Ці заходи не є зовсім бажаними через зниження температури спалаху і ЦЧ, але це краще ніж експлуатація автомобіля в умовах від'ємних температур на паливі з підвищеною кінематичною в'язкістю.

Крім того за роботи двигуна на композитних паливах спостерігається зниження сумарної токсичності відпрацьованих газів.

Аналогічний характер зміни ККД двигуна спостерігався при випробуванні тракторного двигуна Д-241 на сумішах штатного палива та метилового ефіру ріпакової олії [5].

Оптимізацію кінематичної в'язкості використовуваних палив можна досягти, крім застосування композитних палив, використанням додаткового регульованого підігріву по відношенню до величини природного підігріву штатного палива в підкапотному просторі.

Величину додатково підігріву сумішевого біодизельного палива, можна визначити використовуючи залежності, що наведено на рис. 6-8 за умови рівності кінематичної в'язкості штатного та сумішевого біодизельного палива, і з урахуванням зміни температури штатного палива в підкапотному просторі.

Додатковий підігрів сумішевого біодизельного палива крім зменшення його кінематичної в'язкості пропорційно забезпечує зменшення густини палива та коефіцієнта поверхневого натягу, від яких залежить циклова подача палива і якість його розпилювання в камері згорання.

Для фермерських господарств з низькотехнологічним способом виробництва біодизельних палив можна рекомендувати застосовувати додатковий підігрів палива з використанням теплоти рідини системи охолодження двигуна.

Для міського транспорту доцільним є запозичення досвіду використання біопалив Європейських країн. Доведено, що використання біодизельних палив на транспортних засобах міського громадського транспорту більш екологічно доцільніше при залученні для їх виробництва якомога більшої частини утилізованих олій і жирів. Однак у цьому випадку необхідні певні заходи з обліку, збору та переробки утилізованих відходів. Не дивлячись на труднощі, виробництво біопалив необхідно виконувати промисловим способом, що дозволить підвищити загальну рентабельність.

За результатами проведених досліджень композитних біопалив встановлено, що саме застосування композитних біопалив як моторного палива для міського транспорту є одним з основних способів підвищення ефективності їх використання і зниження токсичності відпрацьованих газів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Вырубов Д.Н. Двигатели внутреннего сгорания: Теория поршневых и комбинированных двигателей. Уч. для вузов по специальности «Двигатели внутреннего сгорания» / Д.Н. Вырубов, Н.А.Иващенко, В.И. Ивин и др.; Под ред. А.С. Орлина и М.Г. Круглова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1983 г. – 372 с.
2. ДСТУ 6081:2009 Паливо моторне. Ефіри метилові жирних кислот олій і жирів для дизельних двигунів. Технічні вимоги.
3. Забарний Г.М. «Термодинамічна ефективність та ресурси рідкого біопалива України» / Г.М. Забарний, С.О. Кудря, Г.Г. Кондратюк, Г.О. Четверик // – К: Інститут відновлюваної енергетики НАН України, 2006 р. – 226 с.
4. Говорун А.Г. Улучшение энергетических и экологических показателей работы дизелей путем применения трех компонентных смесевых биодизельных топлив / А.Г. Говорун, М.В. Павловский // Вісник Севастопольського технічного університету. – 2011. – № 121. – с. 158 – 161.
5. Корпач А.О., Визначення токсичності відпрацьованих газів дизеля вантажного автомобіля, що працює на біодизельному паливі / А.О.Корпач, О.О. Левківський // Вісник НТУ – К: НТУ. 2013 – Випуск 28 – с. 242 – 247.

REFERENCES

1. Vyubov D.N. Internal combustion engines: The theory of piston engines and combined. Ouch. for high schools in "Internal Combustion Engines" / D.N. Vyubov, N.A. Ivaschenko, V.I. Ivin et al. ; Ed. A.S. Orlin and M.G. Kruglov. – 4th ed., Rev. and add. – M. : Mechanical Engineering, 1983 – 372 p.
2. DSTU 6081:2009 Motor fuel. Methyl esters of fatty acids of oils and fats for diesel engines. Specifications.
3. Zabarnuy G.M. Thermodynamic efficiency and resources of liquid biofuel Ukraine / G.M. Zabarnuy, S.O. Kudrya, G.G. Kondratiuk, G.A. Chetverik // – K: Institute of Renewable Energy National Academy of Sciences of Ukraine, 2006 – 226 p.
4. Govorun A.G/ Improving the energy and environmental performance of diesel engines through the use of three-component mixed biodiesel fuels / A.G. Govorun, M.V. Pavlovsky // Proceedings of the Sevastopol Technical University. – 2011. – № 121. – p. 158 – 161.
5. Korpach A.O. Determination of exhaust gases of diesel truck that runs on biodiesel / A.O. Korpach, O.O. Levkivsky // Visnyk NTU – K: NTU. 2013 – Volume 28 – p. 242 – 247.

РЕФЕРАТ

Говорун А.Г. Про деякі особливості адаптації біодизельних палив для дизелів сучасних транспортних засобів, що перебувають в експлуатації. / А.Г. Говорун, М.В. Павловський, О.В. Бугрик // Вісник Національного транспортного університету. Серія “Технічні науки”. Науково-технічний збірник. – К.: НТУ, 2015. - Вип. 2 (32).

В статті розглянуто напрям поліпшення екологічних показників автомобілів з сучасними дизелями, що перебувають в експлуатації, системним поетапним переходом з живлення дизелів штатним паливом на живлення альтернативними видами палив.

Об’єкт досліджень - вплив сумішевих біодизельних палив на паливно-економічні, екологічні та енергетичні показники автомобіля з дизелем.

Метою досліджень є розширення паливної бази автомобільного транспорту при використанні альтернативних видів палива.

Методи дослідження – експериментально-розрахункові.

Оптимізація фізико-хімічних властивостей сумішевих біодизельних палив є одним із ефективних шляхів зниження токсичності відпрацьованих газів та поліпшення паливної економічності. Це досягається як забезпеченням необхідних фізико-хімічних властивостей сумішевих біодизельних палив, так і звуженням їх меж зміни, тобто адаптацією цих палив до дизелів, що перебувають в експлуатації.

Таким чином, оптимізація фізико-хімічних властивостей сумішевих біодизельних палив дає можливість покращити ефективність його використання в сучасних дизелях, а також зменшити викиди шкідливих речовин з відпрацьованими газами.

Результати статті можуть бути використанні як рекомендації при підготовці та застосуванні сумішевих біодизельних палив для автомобільного транспорту.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ДИЗЕЛЬ, АЛЬТЕРНАТИВНІ ПАЛИВА, БІОДИЗЕЛЬНІ ПАЛИВА, МЕТИЛОВИЙ ЕФІР РІПАКОВОЇ ОЛІЇ, ПАЛИВНА ЕКОНОМІЧНІСТЬ, ЕКОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ.

ABSTRACT

Govorun A.G., Pavlovsky M.V., Buhryk O.V. Some features of adaptation of biodiesel fuels for modern diesel vehicles in use. Visnyk National Transport University. Series “Technical sciences”. Scientific and Technical Collection. - Kyiv. National Transport University, 2015. - Issue 2 (32).

In the article the direction of improving the environmental performance of cars with modern diesel engines in use, systemic gradual transition from regular supply of diesel fuel to power alternative fuel types.

The object of research - the impact of mixed biodiesel fuels for fuel-economic, environmental and energy performance car with a diesel engine.

The purpose of research is to expand the fuel base of motor transport using alternative fuels.

Research methods - experimental and calculated.

Optimization of the physical and chemical properties of mixed biodiesel fuels is one of the effective ways to reduce exhaust emissions and improve fuel economy. This is achieved by providing both the necessary physical and chemical properties of mixed biodiesel fuels, and narrowing their boundaries change, i.e. adaptation of fuels to diesel engines in use.

Therefore, optimization of physical and chemical properties of mixed biodiesel fuels makes it possible to improve the efficiency of its use in modern diesel engines and reduce emissions of harmful substances from exhaust gases.

The results of the article can be used as guidelines in the preparation and application of mixed biodiesel fuels for road transport.

KEY WORDS: DIESEL, ALTERNATIVE FUEL, BIODIESEL, RAPESEED OIL METHYL ESTER FUEL ECONOMY, ENVIRONMENTAL PERFORMANCE.

РЕФЕРАТ

Говорун А.Г. О некоторых особенностях применения биодизельного топлива в двигателях колесных транспортных средств с целью расширения их топливной базы / А.Г. Говорун, М.В. Павловский, А.В. Бугрик // Вестник Национального транспортного университета. Серия "Технические науки". Научно-технический сборник. – К.: НТУ, 2015. - Вып. 2 (32).

В статье рассмотрены направление улучшения экологических показателей автомобилей с современными дизелями, находящимися в эксплуатации, системным поэтапным переходом с питания дизелей штатным топливом на питание альтернативными видами топлива.

Объект исследований - влияние смесевых биодизельных топлив на топливно-экономические, экологические и энергетические показатели автомобиля с дизелем.

Целью исследований является расширение топливной базы автомобильного транспорта при использовании альтернативных видов топлива.

Методы исследования – расчетно-экспериментальные.

Оптимизация физико-химических свойств смесевых биодизельных топлив является одним из эффективных путей снижения токсичности отработавших газов и улучшения топливной экономичности. Это достигается как обеспечением необходимых физико-химических свойств

смесевых биодизельных топлив, так и сужением их границ изменения, то есть адаптацией этих топлив к дизелям, находящимся в эксплуатации.

Таким образом, оптимизация физико-химических свойств смесевых биодизельных топлив дает возможность улучшить эффективность его использования в современных дизелях, а также уменьшить выбросы вредных веществ с отработавшими газами.

Результаты статьи могут быть использованы в качестве рекомендаций при подготовке и применении смесевых биодизельных топлив для автомобильного транспорта.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ДИЗЕЛЬ, АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ТОПЛИВА, БИОДИЗЕЛЬНОЕ ТОПЛИВО, МЕТИЛОВЫЙ ЭФИР РАПСОВОГО МАСЛА, ТОПЛИВНАЯ ЭКОНОМИЧНОСТЬ, ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ.

АВТОРИ:

Говорун Анатолий Григорович, кандидат технических наук, доцент, Национальный транспортный университет, профессор кафедры «Двигунів та теплотехніки», e-mail: kafedradvzntu@gmail.com, тел. +38 044 280-47-16, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1, к.303а.

Павловський Максим Вікторович, кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, доцент кафедры «Технічної експлуатації автомобілів і автосервісу», e-mail: maks_pavlovsky@ukr.net, тел. +38 044 280-56-21, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1, к.111.

Бугрик Олексій Вікторович, Национальный транспортный университет, аспирант кафедры «Двигунів та теплотехніки», e-mail: bugrik_a@mail.ru, тел. +38 044 280-47-16, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1, к. 303а.

AUTHORS:

Govorun Anatoliy G., Ph.D., associate professor, National Transport University, professor department of engines and heating, e-mail: kafedradvzntu@gmail.com tel. +38 044 280-47-16, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova str. 1, of. 303 a.

Pavlovsky Maksym V., Ph.D., National Transport University, Associate Professor of "Technical operation of cars and car services» department, e-mail: maks_pavlovsky@ukr.net, tel. : +38 044 280-56-21, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova str. 1, of. 111.

Bugryk Oleksiy V., National Transport University, postgraduate department of engines and heating, email: bugrik_a@mail.ru, tel. +38 044 280-47-16, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova str. 1, of. 303a.

АВТОРЫ:

Говорун Анатолий Григорьевич, кандидат технических наук, доцент, Национальный транспортный университет, профессор кафедры «Двигателей и теплотехники», e-mail: kafedradvzntu@gmail.com тел. +38 044 280-47-16, Украина, 01010, г. Київ, ул. Суворова 1, к. 303а.

Павловский Максим Викторович, кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, доцент кафедры «Технической эксплуатации автомобилей и автосервиса», e-mail: maks_pavlovsky@ukr.net, тел. +38 044 280-56-21, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова 1, к.111.

Бугрик Алексей Викторович, Национальный транспортный университет, аспирант кафедры «Двигателей и теплотехники», e-mail: bugrik_a@mail.ru, тел. +38 044 280-47-16, Украина, 01010, г. Київ, ул. Суворова 1, к. 303а.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Сахно В.П., доктор технических наук, профессор, Национальный транспортный университет, профессор кафедры «Автомобілі», Київ, Україна.

Клименко О.А., кандидат технических наук, заступник завідувача лабораторії ДП «ДЕРЖАВТОТРАНСНДПРОЕКТ», Київ, Україна.

REVIEWER:

Sahno V.P., Ph.D., Engineering (Dr.), professor, National Transport University, professor, department of motor vehicles, Kyiv, Ukraine.

Klymenko O.A., Ph.D., Deputy Head of the Laboratory DP "DERZHAUTOTRANSNDIPROJECT", Kyiv, Ukraine.