

УДК 656.13  
UDC 656.13

**ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ БІОДИЗЕЛЬНИХ ПАЛИВ, ОТРИМУВАНИХ  
УТИЛІЗАЦІЄЮ ВІДХОДІВ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ В ДВИГУНАХ КОЛІСНИХ  
ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ**

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

**PROSPECTS OF USE OF BIODIESEL FUELS DERIVED WASTE MANAGEMENT  
FOOD INDUSTRY IN THE ENGINES OF WHEELED VEHICLES**

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

**ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОДИЗЕЛЬНЫХ ТОПЛИВ, ПОЛУЧАЕМЫХ  
УТИЛИЗАЦИЕЙ ОТХОДОВ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В ДВИГАТЕЛЯХ  
КОЛЁСНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ**

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

Процес розвитку конструкцій двигунів внутрішнього згорання повинен бути підпорядкований сучасним законодавчим вимогам охорони навколишнього середовища. Ці вимоги стосуються не тільки самих двигунів, а також використовуваних палив. Тому сучасна спрямованість на використання для живлення ДВЗ палив, які отримують з поновлюваних джерел та утилізацією відходів харчової промисловості, зумовлена зростанням дефіциту традиційних моторних палив з сировини природного походження.

Постає питання про достатність сировинної бази для отримання необхідного обсягу палива для забезпечення потреб транспорту.

На сьогодні є два основні напрями розширення сировинної бази:

- цілеспрямоване вирощування технічних культур, з яких отримують сировину для виробництва біопалива;
- раціональна утилізація (повторне використання з користю) відходів виробництв, побутових відходів і стічних вод та інше.

Перший напрям прийнятний лише у тому разі, якщо це не є перепорою у вирощуванні продуктів харчування. В усьому світі вирощування технічних культур на родючих землях вважають аморальним.

Другий напрям, більш привабливий з низки причин, а саме:

- 1) запобігає забрудненню довкілля,
- 2) розширює сировинну базу для виробництва моторних палив,
- 3) зменшує собівартість біопалив,
- 4) підвищує енергетичну ефективність використання біопалив.

На даний час Україна має досить добре освоєну, перспективну сировинну базу для виробництва біодизельних палив, тому особливо гостро постає питання про розширення використання біопалив коли виникне дефіцит енергоносіїв необхідних для виробництва продуктів харчування.

Відповідно до ДСТУ 7688:2015 «Паливо дизельне. Технічні вимоги» [1] на сьогоднішній день в Україні обмежено об'ємний вміст біодизельного компонента у дизельному паливі до 7%. Проте за температури довкілля нижче ніж мінус 20 °С не рекомендовано використання в дизельному паливі метилових/ етилових естерів жирних кислот.

В табл.1 наведено основні фізико-хімічні показники дизельного палива відповідно до ДСТУ 7688:2015

Таблиця 1 – Основні фізико-хімічні показники дизельного палива

Фізико-хімічні властивості	Значення для марок		
	Л	З	Арк
Густина при 15°C, кг/м <sup>3</sup>	820-845	800-845	800-840
Кінематична в'язкість при 40°C, мм <sup>2</sup> /с	2.00-4.50	1.50-4.00	1.50-4.00
Цетанове число, не менше	51	49	48

Будь-яке паливо нафтового походження є сумішшю вуглеводнів різних груп, до складу якої входять, в різних пропорціях, парафінові, нафтеніві, ароматичні та інші вуглеводні [2]. Такий підхід при виготовленні штатних композитних палив забезпечує його необхідні фізико-хімічні характеристики (густина, кінематичну в'язкість, цетанове число, нижчу теплоту згорання та інше). Аналогічного підходу необхідно дотримуватись і при виготовленні біопалив, що дозволить суттєво розширити сировинну базу для виробництва біодизельного палива з тваринних жирів, жирів свійської птиці та олій хімічно-модифікованих рослин, які підлягають утилізації.

Біодизельні палива, отримані із рослинних олій та тваринних жирів мають в своєму складі незначну кількість сірки та поліциклічних ароматичних вуглеводнів, крім того у випадку потрапляння в природний ґрунт чи воду вони практично повністю розкладаються [3].

В табл. 2 наведено основні фізико-хімічні характеристики метилових естерів жирних кислот, найбільш розповсюджених в нашій кліматичній зоні олійних культур і жирів свійської птиці.

Таблиця 2 – Основні фізико-хімічні властивості метилових естерів

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

Аналіз фізико-хімічних властивостей метилових естерів вказує на те, що не всі вони можуть бути використані як компонент композитних біодизельних палив через суттєві відмінності їх кінематичної в'язкості ( $\nu$ ) та цетанового числа (ЦЧ).

Найбільшу енергетичну та економічну рентабельність мають біодизельні палива, отримані з утилізованих відходів харчової промисловості, відходи птахопереробних підприємств, нехарчових жирів та олій тваринного і рослинного походження, хімічно модифікованих та інше. Їх енергетична рентабельність вище ніж у штатного дизельного палива [4].

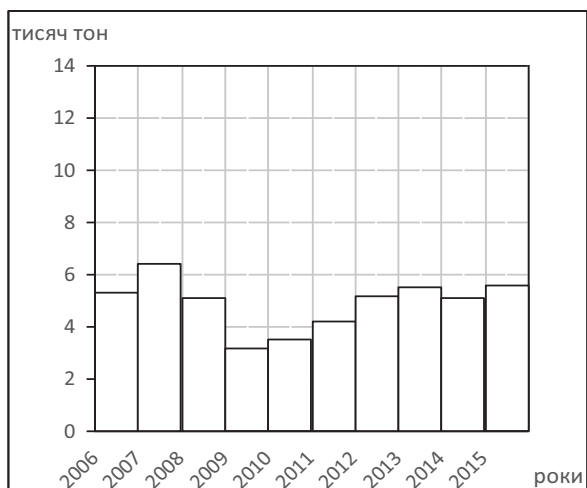


Рисунок 1 – Обсяги відходів жирів, олій та їх сумішей тваринного чи рослинного походження, нехарчових хімічно-модифікованих; в Україні у 2006-2015 роках.

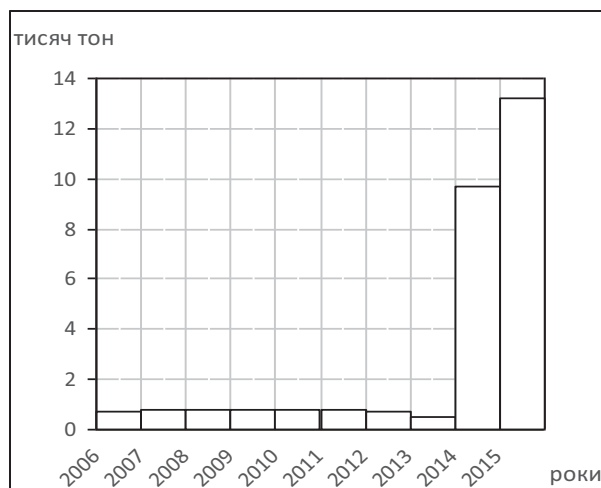


Рисунок 2 – Обсяги відходів жиру свійської птиці в Україні в 2006-2015 роках.

На рис. 1 і 2 показана динаміка виробництва деяких видів промислової продукції в Україні, зокрема:

- нехарчових жирів та олій тваринного чи рослинного походження, хімічно-модифікованих; сумішей жирів та олій тваринного чи рослинного походження,
- жирів свійської птиці, які підлягають утилізації, але можуть бути сировиною для отримання біопалив.

Найбільш типовим прикладом отримання біодизельного палива з утилізованих відходів харчової промисловості є метиловий естер курячого жиру (МЕКЖ).

Для порівняння в таблиці 3 наведено орієнтовний хімічний склад жирних кислот (ЖК) курячого жиру та ріпакової олії.

Таблиця 3 – Орієнтовний склад жирних кислот курячого жиру та ріпакової олії [2,5]

Жирні кислоти	Формула складу	Вміст, % (за масою) ЖК курячого жиру	Вміст, % (за масою) ЖК ріпакової олії
Пальмітинова	$C_{16}H_{32}O_2$	19,82	4,8
Стеаринова	$C_{18}H_{36}O_2$	6,09	1,7
Олеїнова	$C_{18}H_{34}O_2$	37,62	43,7
Лінолієва	$C_{18}H_{32}O_2$	31,59	20,9
Ліноленова	$C_{18}H_{30}O_2$	1,45	8,5
Ейкозенова	$C_{20}H_{38}O_2$	0,37	4,8
Ерукова	$C_{22}H_{42}O_2$	-	15,6
Пальмітоленова	$C_{16}H_{30}O_2$	3,06	-

Проте, якщо проаналізувати світовий досвід використання дизельних та біодизельних палив на сучасних дизелях, наприклад США та західноєвропейські норми, то побачимо що вони суттєво відрізняються від українських стандартів.

- за вимогами американських норм на штатне дизельне паливо EPA, кінематична в'язкість  $\nu$  при температурі 40°C складає 1,6..2,0 мм<sup>2</sup>/с

- за вимогами західноєвропейських норм на біодизельне паливо «Ekodiesel (EDL) ONM Standart», кінематична в'язкість  $\nu$  при температурі 40°C складає 1,9..2,7 мм<sup>2</sup>/с.

Наприклад, в Польщі в 2000 році [6] реалізовувались на ринку 3 види палива:

ON-стандартне дизельне паливо,

ONM-міське дизельне паливо,

EDL- екодизель.

Незначний об'ємний вміст метилових естерів в сумішевих біодизельних паливах можна пояснити суттєвими відмінностями фізико-хімічних властивостей метилових естерів, які виготовляють із насіння різних культур.

Одним із основних недоліків більшості біодизельних палив є те, що енергія, яка виділяється при згорянні біопалив, не набагато більша за енергію, що витрачають 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.

Отримані з утилізованих рослинних олій та тваринних жирів біопалива мають енергетичну та економічну рентабельність значно вищу, ніж рентабельність штатних палив, що отримують з нафти.

Залежності зміни ефективних коефіцієнтів корисної дії двигуна за навантажувальними характеристиками дизеля при частоті обертання колінчастого вала  $n = 1500 \text{ хв}^{-1}$  наведені на рис. 4:

$\eta_e$  - ефективний коефіцієнт корисної дії дизеля (1 - при живленні штатним паливом, 2 - при живленні біодизельним паливом)

$\eta_z = \eta_B \times \eta_e$  - загальний коефіцієнт корисної дії двигуна з урахуванням витрат на виробництво палив (3 – суміші штатного і біопалива, виготовленого з утилізованої сировини; 4 – штатного дизельного палива 5 – суміші штатного і біопалива, виготовленого з спеціально вирощених технічних культур).

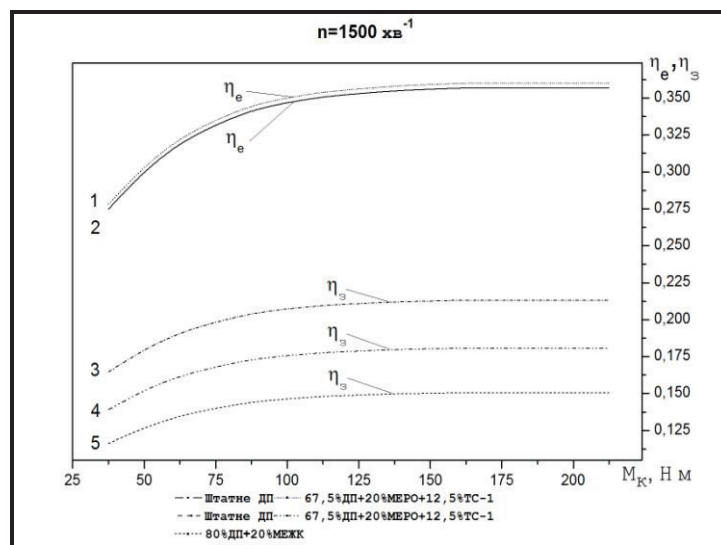


Рисунок 4 – Залежність зміни  $\eta_e$  та  $\eta_z$  від навантаження двигуна VAG ASV 1.9 Tdi

Розраховані коефіцієнти енергетичної ефективності для:

- штатного дизельного палива [4]:

$$\eta_B = 0,506;$$

- біодизельного палива, отриманого з технічних культур:

$$\eta_B = 0,065;$$

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

$$\eta_B = 0,934;$$

- суміші штатного і біодизельного палива у співвідношенні 80% до 20%:

$$\eta_B = 0,418;$$

- суміші штатного і біодизельного палива, отриманого з утилізованих рослинних олій у співвідношенні 80% до 20%:

$$\eta_B = 0,592.$$

Тому організаціям від яких залежать фізико-хімічні показники палив, які потрапляють на ринок, необхідно орієнтуватися на норми США та західноєвропейські норми при виготовленні палив.

Розрахунковими дослідженнями встановлено, що роботу двигуна при живленні сумішевим біодизельним паливом з використанням метилових естерів жирних кислот, отриманих з утилізованих олій і жирів, характеризує найвищий загальний коефіцієнт корисної дії двигуна з урахуванням витрат на виробництво [7].

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ:

1. ДСТУ 7688:2015 Паливо дизельне Євро. Технічні умови
2. Вырубов Д.Н. Двигатели внутреннего сгорания: \_авлов \_авловськ и комбинированных двигателей. Уч. Для вузов по специальности «Двигатели внутреннего сгорания» / Д.Н. Вырубов, Н.А.Иващенко, В.И. Ивин и \_ав.; Под \_авл. А.С. Орлина и М.Г. Круглова. – 4-е \_ав., перераб. И доп. – М.: Машиностроение, 1983 г. – 372 с.
3. ДСТУ 6081:2009 Паливо моторне. Ефіри метилові жирних кислот олій і жирів для дизельних двигунів. Технічні вимоги.
4. 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.
5. Муштрук М., \_авловсь Ю, \_авловсь В, «Дизельне паливо з жирних відходів птахопереробних підприємств» -К., Техніка і технологія АПК, №10(49) жовтень 2013, с. 34-36.
6. Лютко В., Луканин В.Н., Хачиян А.С., Применение альтернативных топлив в двигателях внутреннего сгорания. – М.:МАДИ(ТУ), 2000. – 311 с.
7. Говорун А.Г. Улучшение энергетических и экологических показателей работы \_авловс путем применения трех \_авловський\_ смесевых биодизельных топлив / А.Г. Говорун, М.В. \_авловський // Вісник Севастопольського технічного університету. – 2011. – № 121. – с. 158 – 161.

#### REFERENCES:

1. DSTU 7688:2015 Fuel diesel Evro. Specifications. (Ukr)
2. 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. (Rus)
3. DSTU 6081:2009 Motor fuel. Methyl esters of fatty acids of oils and fats for diesel engines. Specifications. (Ukr)
4. 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. (Ukr)
5. Mushtruk M. Sukhenko Yu, Sukhenko B, "Diesel Fuel type h fatty vidhodiv ptahopererobnih of companies" -K., Tehnika i tehnologiya APK, №10 (49) Zhovten 2013, p. 34-36.
6. Lotko V., Lukanin V. N., Khachiyani A. S., The use of alternative fuels in internal combustion engines. – Moscow:MADI(TU), 2000. – 311 p.

7. 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. (Rus)

### РЕФЕРАТ

Бугрик О.В. Перспективи використання біодизельних палив, отримуваних утилізацією відходів харчової промисловості в двигунах колісних транспортних засобів. / О.В. Бугрик // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К. : НТУ, 2017. – Вип.. 1 (37).

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 використані як рекомендації при підготовці та застосуванні сумішевих біодизельних палив для автомобільного транспорту.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** ДИЗЕЛЬ, АЛЬТЕРНАТИВНІ ПАЛИВА, БІОДИЗЕЛЬНІ ПАЛИВА, МЕТИЛОВИЙ ЕСТЕР КУРЯЧОГО ЖИРУ, ПАЛИВНА ЕКОНОМІЧНІСТЬ, ЕКОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ.

### SUMMARY

Buhryk O.V. Prospects of use of biodiesel fuels derived waste management food industry in the engines of wheeled vehicles. Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection. – Kyiv: National Transport University, 2017. – Issue 1 (37).

The tendency 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 are examined in the article.

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 are experimental-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 usage of mixed biodiesel fuels for road transport.

**KEY WORDS:** DIESEL, ALTERNATIVE FUEL, BIODIESEL, METHYL CHICKEN FAT, FUEL ECONOMY, ENVIRONMENTAL PERFORMANCE.



## РЕФЕРАТ

Бугрик А.В. Перспективы использования биодизельных топлив, получаемых утилизацией отходов пищевой промышленности. / А.В. Бугрик // Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник. – К. : НТУ, 2017. – Вып. 1 (37).

В статье рассмотрены направление улучшения экологических показателей автомобилей с современными дизелями, находящихся 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, находящихся 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 ЕФИР КУРИНОГО ЖИРА, ТОПЛИВНАЯ ЭКОНОМИЧНОСТЬ, ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ.

### **АВТОРИ:**

Бугрик Олексій Вікторович, Національний транспортний університет, аспірант кафедри «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:**

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:**

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 технічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор кафедри «Автомобілі», Київ, Україна.

Новікова А.М., доктор економічних наук, заступник директора ДП «ДЕРЖАВТОТРАНСПОРТПРОЕКТ», Київ, Україна.

### **REVIEWER:**

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

Novikova A.M. Ph.D Economics (Dr.), Deputy Director DP "DERZHAUTOTRANSNDIPROJECT", Kyiv, Ukraine.