

## СУЧАСНІ НАПРЯМКИ ВИКОРИСТАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ПАЛИВ В АВТОМОБІЛЬНИХ ДИЗЕЛЯХ

*Корпач А.О.*, кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна, akorpach@ukr.net, orcid.org/0000-0002-7070-7883

*Левківський О.О.*, кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна, oleksandr.levkivskyi@gmail.com, orcid.org/0000-0002-2951-2312

### MODERN WAYS OF USING ALTERNATIVE FUELS IN AUTOMOBILE DIESEL ENGINES

*Korpach A.O.*, Ph.D., National Transport university, Kyiv, Ukraine, akorpach@ukr.net, orcid.org/0000-0002-7070-7883

*Levkivskyi O.O.*, Ph.D., National Transport university, Kyiv, Ukraine, oleksandr.levkivskyi@gmail.com, orcid.org/0000-0002-2951-2312

### СОВРЕМЕННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ТОПЛИВ В АВТОМОБИЛЬНЫХ ДИЗЕЛЯХ

*Корпач А.А.*, кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина, akorpach@ukr.net, orcid.org/0000-0002-7070-7883

*Левковский А.А.*, кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина, oleksandr.levkivskyi@gmail.com, orcid.org/0000-0002-2951-2312

#### Постановка проблеми.

На сьогоднішній день автомобільний транспорт являється основним споживачем палив нафтового походження. За даними Організації країн-експортерів нафти (ОПЕК) у 2017 р. в середньому за добу використовувалось близько 13,3 млн. тон нафти, з них автомобільним транспортом – 5,97 млн. тон, іншими видами транспорту – 1,66 млн. тон, нафтохімічною промисловістю – 1,78 млн. тон, іншими галузями промисловості – 3,89 млн. тон [1]. Згідно прогнозів ОПЕК, до 2023 р. споживання нафти автомобільним транспортом продовжить зростати в середньому на 1,1% в рік. Крім того, автомобільний транспорт являється одним з основних джерел забруднення навколишнього середовища шкідливими речовинами та парниковими газами. За даними досліджень, емісія діоксиду вуглецю ( $CO_2$ ) в атмосферу до 2040 року може підвищитись на 22% з 33,3 млрд. тон у 2015 р. до 40,6 млрд. тон [1].

Порівняння співвідношення кількості автомобілів у Європі за типом двигуна (табл. 1) показує, що на кінець 2016 р. близько половини легкових автомобілів та переважна більшість вантажних автомобілів та автобусів обладнано дизелями. Значний попит на автомобілі з дизелем пояснюється кращою паливною економічністю та високим крутним моментом автомобільних дизелів в широкому діапазоні швидкісних режимів в порівнянні з двигунами, що працюють на бензині або газових паливах. Автомобілі всіх типів з електричними та гібридними двигунами, на сьогоднішній день, не знайшли широкого розповсюдження у зв'язку з низьким запасом ходу та відсутністю розвинутої інфраструктури зарядних станцій, а також значною тривалістю процесу відновлення запасу ходу у порівнянні з автомобілями з тепловими двигунами.

Таблиця 1 – Співвідношення кількості автомобілів за типом двигуна [2]

Table 1 – Correlation of vehicles by engine type [2]

	Бензинові двигуни, %	Дизелі, %	Електричні та гібридні двигуни, %	Двигуни, що працюють на стисненому або зрідженому газі, %	Інші, %
Легкові автомобілі	53,9	42	0,7	2,8	0,6
Вантажні автомобілі та автобуси загальною масою до 3,5 т.	7,7	89,9	0,2	1,2	1,0
Вантажні автомобілі та автобуси загальною масою понад 3,5 т.	1,0	96,1	0,1	0,5	2,3

Недоліком автомобільних дизелів вважаються більш високі викиди оксидів азоту ( $NO_x$ ) та сажі (С) в порівнянні з іншими типами двигунів внутрішнього згорання. З метою зниження забруднення атмосфери шкідливими речовинами запроваджено ряд міжнародних стандартів. Сучасні екологічні стандарти Євро 5 та Євро 6 суттєво обмежують викиди шкідливих речовин автомобільними дизелями, що потребує від виробників додаткового обладнання двигунів системами очистки відпрацьованих газів [3]. Однак не вирішеним залишається питання зниження викидів шкідливих речовин з відпрацьованими газами автомобільних дизелів, що знаходяться в експлуатації та виготовлені до запровадження вищевказаних стандартів.

Таким чином, на сьогоднішній день, актуальні дослідження направлені на вивчення можливостей зменшення обсягів споживання палив нафтового походження та зниженню викидів шкідливих речовин з відпрацьованими газами автомобілів з дизелем, що перебувають а експлуатації. Вирішення даних проблем можливе шляхом заміни дизельних палив нафтового походження – альтернативними.

#### **Аналіз останніх досліджень і публікацій.**

Питанню використання альтернативних палив в автомобільних дизеля присвячено ряд робіт вітчизняних та закордонних вчених. Сучасні технології переробки видобувних енергоресурсів дозволяють виробляти синтетичні моторні палива, що можуть використовуватись в автомобільних дизелях. Дана група альтернативних палив включає синтетичні дизельні палива одержані з кам'яного вугілля, горючих сланців, торфу та видобувних і супутніх газоподібних палив за допомогою процесів газифікації, прямої гідрогенізації, коксування, термодинамічного розчинення, піролізу, гідролізу та ін. [4]. Але вищевказані технології виробництва палив залишаються достатньо дорогими та не вирішують проблеми забруднення оточуючого середовища.

Інша група альтернативних палив включає високооктанові мінеральні та органічні палива такі як: природний газ, суміші фракцій супутніх нафтових газів [5] та спирти (метанол, етанол, бутанол та інші) [6]. Використання високооктанових палив дозволяє знизити викиди шкідливих речовин з відпрацьованими газами дизелів при незначному погіршенні паливної економічності. Однак використання даних палив потребує значної адаптації паливної системи, що ускладнює їх застосування в дизелях автомобілів які перебувають в експлуатації.

Найбільш перспективними паливами для дизелів вважаються прості та складні ефіри, мінерального або органічного походження. Ефіри утворюються в результаті взаємодії неорганічних кислот і спиртів. У більшості ефірів відсутній основний недолік спиртів як дизельного палива – низьке цетанове число. В молекулі простих ефірів, що має загальну формулу  $R-O-R$ , атом кисню з'єднує два однакових (симетричні ефіри) або різних (несиметричні ефіри) радикали ( $CH_3$ ,  $C_2H_5$ ,  $C_3H_7$  та ін.) [7].

Найбільшого поширення серед простих ефірів, в якості палива для автомобільних дизелів, отримав диметиловий ефір, також можливо використовувати диетиловий ефір, дибутиловий ефір, та інші [7]. Фізико-хімічні властивості простих ефірів дозволяють використовувати їх в якості палива для автомобільних дизелів. При цьому спостерігається зниження викидів шкідливих речовин з відпрацьованими газами. До основних недоліків пов'язаних з використанням простих ефірів відносять зростання годинної витрати палива та необхідність переобладнання системи живлення (більшість простих ефірів знаходяться в газоподібному стані).

Дизельні палив на основі складних ефірів включають жири, ацетати, та ін. Найбільш перспективним вважається використання жирів органічного походження [8], оскільки вони відносяться до відновлюваних енергоресурсів та характеризуються високим показником біологічної розчинності (при потраплянні в оточуюче середовище повністю розчиняються на протязі одного – двох тижнів), низькою емісією  $CO_2$  в атмосферу (під час згорання жирів виділяється стільки ж  $CO_2$ , скільки рослина поглинула за час свого існування), низьким вмістом сірки та поліциклічних ароматичних вуглеводнів [9]. Враховуючи собівартість та доступність, найбільшого розповсюдження в якості сировини для виробництва альтернативних дизельних палив, отримали рослинні олії.

**Метою роботи** є визначення найбільш ефективного альтернативного палива для автомобільних дизелів, що перебувають в експлуатації, з метою зменшення споживання палив нафтового походження та зниження викидів шкідливих речовин з відпрацьованими газами.

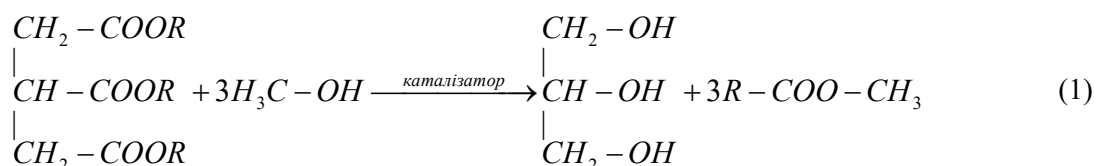
#### **Виклад основного матеріалу.**

Безпосереднє використання рослинних олій в якості палива для автомобільних дизелів ускладнено у зв'язку з неоднорідністю хімічного складу (з хімічної точки зору рослинні олії являють собою механічну суміш моногліцеридів, дигліцеридів та тригліцеридів, вільних жирних кислот, фосфоліпідів, фосфатидів, каротину і інших з'єднань) зі значним вмістом домішок та води в не

переробленій сировині. Основний компонент рослинних олій (близько 90%) – тригліцериди, які складаються з ефірів трьох жирних кислот, що зв'язані між собою молекулою гліцерину. На сьогоднішній день розроблено ряд технологічних процесів виробництва з рослинних олій палив, що придатні для використання в автомобільних дизелях.

Найбільш перспективним вважається виробництво палива з рослинних олій шляхом трансестерифікації. В результаті переробки рослинних олій можливо одержати паливо, що має фізико-хімічні властивості схожі до мінерального дизельного палива [10]. Дана група альтернативних палив отримала назву біодизельні палива.

Трансестерифікація – хімічний процес, який відбувається між рослинними оліями та одновалентними спиртами в присутності каталізаторів (1). Під час реакції трансестерифікації тригліцериди, що входять до складу рослинних олій, взаємодіють зі спиртами утворюючи складні ефіри, а також гліцеролову фазу наступного хімічного складу: 56% – гліцерину, 4% – спирту, 13% – жирні кислоти, 8% – вода, 9% – неорганічні солі, 10% – складні ефіри. Для протікання реакції використовують суміші рослинної олії зі спиртом у співвідношенні 9 до 1 та каталізатор у кількості 1% від маси рослинної олії. У зв'язку з оборотністю реакції трансестерифікації в більшості випадків необхідно підвищувати концентрацію спирту, надлишки якого вимиваються водою після завершення реакції. Реакція протікає при температурі 60...80 °C і атмосферному тиску.



В результаті процесу трансестерифікації молекулярна маса рослинних олій знижується в три рази при цьому кінематична в'язкість знижується приблизно у вісім разів і дещо підвищується теплота згорання.

Для виробництва біодизельного палива в Україні та інших країнах Європи найбільшого поширення набули олії соняшника, сої, ріпаку, коноплі (табл. 2).

Таблиця 2 – Середній вихід рослинної олії та біодизельного палива з різних видів сільськогосподарських культур [8]

Table 2 – Average volume of vegetable oil and biodiesel from different types of crops [8]

Сільськогосподарська культура	Вміст олії, %	Середній вихід олії з однієї тонни насіння, кг	Середній вихід біодизельного палива при етерифікації однієї тонни насіння, кг
1. Соняшник	29...57	400	350
2. Соя	13...25	180	170
3. Ріпак	36...40	370	340
4. Коноплі	30...38	340	-

В процесі виробництва біодизельного палива можливо використовувати будь-які одноатомні спирти та їх ізомери [10]. Зі збільшенням молекулярної маси спирту ускладнюється технологія виробництва, що обумовлено погіршенням розділення фракцій біодизельного палива та необхідністю використання більшого об'єму спирту. Таким чином найбільшого розповсюдження отримали етилові та метилові ефіри. В роботі [11] розглянуто переваги та недоліки використання метилового та етилового спиртів під час виробництва біодизельного палива. Перевагами етилового ефіру вважається менша токсичність в процесі виробництва, а також менша агресивність до деталей двигуна в процесі експлуатації. Метилові ефіри, за рахунок більш низької молекулярної маси, мають нижчу в'язкість, кращу економічність та більш простий процес виробництва в порівнянні з етиловими ефірами, що, наряду з непродуктивним значенням метилового спирту, сприяє більш широкому використанню в порівнянні з етиловим.

З метою прискорення протікання реакції трансестерифікації використовують кислотні або лужні каталізатори [10]. Кислотні каталізатори (сірчана кислота, соляна кислота, р-толуолсульфонова кислота і т.п.) у зв'язку з високою собівартістю не набули широкого розповсюдження і переважно використовуються лише в реакціях з оліями які мають значний об'єм жирних кислот, які

нейтралізують дію лужних каталізаторів. Лужні каталізатори (гідроксид калію, гідроксид натрію та ін.) широко використовуються в процесі виробництва біодизельного палива. Ефективність реакції етерифікації при використанні різних лужних каталізаторів майже ідентична. На сьогоднішній день, переважно використовується гідроксиди калію або натрію.

Для визначення ефективності застосування біодизельного палива в автомобільних дизелях порівнюємо результати стендових досліджень при роботі двигуна на дизельному та біодизельних палив з різної сировини. Враховуючи вищевказану інформацію, на сьогоднішній день, найбільш раціонально виробляти та використовувати метилові ефіри ріпакової, соняшникової або соєвої олії. В таблиці 3 наведено основні фізико-хімічні властивості біодизельного палива з різних рослинних олій.

Таблиця 3 – Фізико-хімічні властивості біодизельного палива з різної сировини  
Table 3 – Physicochemical properties of biodiesel from different source

	Метилові ефіри ріпакової олії	Метилові ефіри соєвої олії	Метилові ефіри соняшникової олії	Метилові ефіри конопляної олії
Густина при температурі 15°C, кг/м <sup>3</sup>	886	885	880	858
Кінематична в'язкість при температурі 40°C, мм <sup>2</sup> /с	4,42	4,12	4,74	5,13
Цетанове число	48 – 56	48 – 56	54-58	55
Нижча теплота згоряння МДж/кг	37,3 – 39,87	39,72 – 40,08	38,01 – 38, 47	39,08
Температура спалаху, °C	110	134	85	47
Температура помутніння, °C	0	1	5	-4
Температура застигання, °C	-9	0	-2	-

Оскільки нижня теплота згоряння всіх зразків біодизельного палива нижча ніж у дизельного палива, при однакових умовах годинна та питома витрата біодизельного палива завжди вища ніж дизельного в середньому на 14...16% [12]. Також при використанні біодизельного палива спостерігається незначне підвищення крутного моменту двигуна та температури відпрацьованих газів, що пояснюється зростанням циклової подачі біодизельного палива у зв'язку з більш високою густини та кінематичної в'язкості а також більш високою інтенсивністю згоряння за рахунок наявності вільного кисню в молекулах біодизельного палива.

Концентрація оксиду вуглецю ( $CO$ ) та вуглеводнів ( $C_mH_n$ ) в відпрацьованих газах, що утворюються в результаті неповного згоряння палива при використанні метилових ефірів ріпакової олії при низьких навантаженнях двигуна підвищується, в порівнянні з дизельним паливом, але зі зростанням навантаження спостерігається тенденція до зниження відповідно на 3% і 25% [12]. При використанні метилових ефірів соняшникової олії спостерігається зменшення концентрації  $CO$  при всіх швидкісних та навантажувальних режимах в середньому на 35%, при цьому концентрація  $C_mH_n$  також знижується в порівнянні з дизельним паливом на всіх режимах роботи двигуна, при низьких навантаженнях на 24% і зі зростанням навантаження продовжує знижуватись максимум на 34% [13]. Подібні результати одержано при використанні метилових ефірів соєвої олії, концентрація  $CO$  знижується, в середньому, на 28% а  $C_mH_n$  на 30% в порівнянні з дизельним паливом [14].

Концентрації оксидів азоту при використанні метилових ефірів ріпакової олії підвищується, в порівнянні з дизельним паливом, на всіх швидкісних та навантажувальних режимах в середньому на 9% [12]. При використанні метилових ефірів соняшникової олії концентрація  $NO_x$  також зростає в середньому на 10% [13], а при використанні метилових ефірів соєвої олії на 13% [14] в порівнянні з дизельним паливом. Знизити концентрацію  $NO_x$  в відпрацьованих газах дизеля при роботі на біодизельному паливі можливо шляхом зміни кута випередження впорскування. Результати досліджень автотракторного дизеля Д-240 при роботі на метиловому ефірі ріпакової олії [15] показали, що при зниженні кута випередження впорскування на 2...3 град. повороту колінчастого вала досягається зниження концентрації  $NO_x$  в відпрацьованих газах в середньому на 14% в порівнянні з дизельним паливом.

Викиди сажі з відпрацьованими газами дизеля суттєво знижуються при роботі на всіх зразках біодизельного палива. В залежності від вихідної сировини різниця між викидами сажі при роботі на дизельному та біодизельних паливах коливається в діапазоні від 40% для метилових ефірів ріпакової олії [12] до 68% для метилових ефірів соєвої олії [14].

Зміна вмісту шкідливих компонентів в відпрацьованих газах дизеля при роботі на біодизельному паливі пов'язана, в першу чергу, з вмістом кисню (близько 11%) в молекулі біодизельного палива, що сприяє підвищенню температури та інтенсивності згоряння палива. Негативним наслідком зростання температури в циліндрах дизеля являється підвищення концентрації оксидів азоту в відпрацьованих газах, що потребує зміни налаштування паливної апаратури двигуна.

#### **Висновки.**

З широкого переліку альтернативних палив, які можуть замінити дизельні палива нафтового походження, для автомобільних дизелів, що знаходяться в експлуатації, найбільш раціонально використовувати біодизельне паливо. Використання палива з відновлювальних ресурсів рослинного походження дозволяє знизити споживання нафти та зменшити емісію  $CO_2$  в навколишнє середовище. Не залежно від вихідної сировини, біодизельне паливо дозволяє знизити вміст основних шкідливих компонентів в відпрацьованих газах ( $CO$ ,  $C_mH_n$ , сажа). Для зниження вмісту оксидів азоту в відпрацьованих газах необхідно знизити кут випередження впорскування.

#### **ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ**

1. World oil outlook 2040. (2018). OPEC Secretariat. Vienna.
2. ACEA Report. Vehicles in use Europe 2018. (2018). European Automobile Manufacture's Association. Brussels.
3. Hoofman. N. Analysis of Petrol, Diesel and Electric Passenger Cars in a Belgian Urban Setting / N. Hoofman, L. Oliveira, M. Messagie., T. Coosemans, J.V. Mierlo // Environmental Energies 9 (2), 84, 2016, 10.3390/en9020084
4. Клементьев С. М. Автомобильные топлива XXI века: учебное пособие / С. М. Клементьев, В. М. Пономарев, В. М. Федоров. – Екатеринбург.: Изд-во института экономики УрО РАН, 2008. – 139 с.
5. Гайворонский А. И. Использование природного газа и других альтернативных топлив в дизельных двигателях / А. И. Гайворонский, В. А. Марков, Ю.В. Илатовский. – М.: ИРЦ «Газпром», 2007. – 480 с.
6. Марков В. А. Спиртовые топлива для дизельных двигателей / В. А. Марков, Н. Н. Патрахальцев // Транспорт на альтернативном топливе. – 2009. – №6 (12). – С. 40 – 46.
7. Марков В. А. Работа дизеля на нетрадиционных топливах: Учебное пособие / В. А. Марков, А. И. Гайворонский, Л. В. Грехов и др. – М.: Изд-во «Легион-Автодата», 2008. – 464 с.
8. 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. Відділ відновлюваних органічних енергоносіїв, 2006. – 226 с.
9. Корпач А. О. Проблеми використання біодизельного палива в автомобільних двигунах / А. О. Корпач, О. О. Левківський, О. А. Корпач // Вісник Житомирського державного технологічного університету. – 2010. – №2(53). – С. 71 – 73.
10. Knothe G. The biodiesel handbook. 2nd edition/ G. Knothe, J. Van Gerpen, J. Krahl. – Urbana, Illinois, 2015. – 494 p.
11. Корпач А. О. Можливості та перспективи використання біопалива в дизелях / А. О. Корпач, О. О. Левківський // Автошляховик України. Окремий випуск. – 2009. – №12. – С. 156 – 158.
12. Корпач А. О. Результати стендових випробувань автотракторного дизеля за роботи на дизельному та біодизельному паливах / А. О. Корпач, О. О. Левківський // Systems and means of motor transport. Selected problems. – 2010. – №1. – С. 115 – 118.
13. Dragos Tutunea. Analysis of performance and emissions of diesel engine using sunflower biodiesel / Dragos Tutunea, Ilie Dumitru // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 252, conference 1. – 2017.
14. Celikten I. Comparison of performance and emissions of diesel fuel, rapeseed and soybean oil methyl esters injected at different pressures / I. Celikten, A. Koca, M.A. Arslan // Renew Energy. – 2010. – №35. – P 814 – 820.
15. Корпач А. О. Вибір оптимального кута випередження впорскування для автотракторного дизеля за роботи на біодизельному паливі / А. О. Корпач, О. О. Левківський // Вісник СевНТУ. Серія: Машиноприладобудування та транспорт. – 2011. – № 121. – С. 118 – 120.

## REFERENCES

1. World oil outlook 2040. (2018). OPEC Secretariat. Vienna.
2. ACEA Report. Vehicles in use Europe 2018. (2018). European Automobile Manufacture's Association. Brussels.
3. Hooftman, N.; Oliveira, L.; Messagie, M.; Coosemans, T.; Van Mierlo, J. Environmental Analysis of Petrol, Diesel and Electric Passenger Cars in a Belgian Urban Setting. *Energies* 2016, 9, 84, 10.3390/en9020084
4. Klementev, S. M., Ponomarev, V. M., Fedorov, V. M. (2008) *Avtomobilnyie topliva XXI veka: ucheb noe posobie [Automotive fuels of the 21st century: study guide]*. Ekaterinburg: Instituta ekonomiki UrO RAN [in Russian].
5. Gayvoronskiy, A. I., Markov, V. A., Ilatovskiy, Yu. V. (2007) *Ispolzovanie prirodnoho gaza i drugih alternativnyih topliv v dizelnyih dvigatelyah [Using natural gas and other alternative fuels in diesel engines]*. Moscow: IRTs «Gazprom» [in Russian].
6. Markov, V. A. & Patrahaltsev, N. N. (2009) *Spirtovyie topliva dlya dizelnyih dvigateley [Alcohol fuels for diesel engines]* *Transport na alternativnom toplive – Alternative fuel vehicles*, 6 (12), 40-46 [in Russian].
7. Markov, V. A., Gayvoronskiy, A. I., Grehov, L. V. (2008) *Rabota dizelya na netraditsionnyih toplivah: Uchebnoe posobie [Operation of diesel engine on alternative fuels: Tutoria]*. Moscow: Legion-Avtodata [in Russian].
8. Zabarnyi, H. M., Kudria, S. O., Kondratiuk, H. H., Chetveryk, H. O. (2006) *ermodynamichna efektyvnist ta resursy ridkoho biopalyva Ukrainy [Thermodynamic efficiency and resources of liquid biofuels in Ukraine]*. Kyiv: Instytut vidnovliuvanoi enerhetyky NAN Ukrainy. Viddil vidnovliuvanykh orhanichnykh enerhonosiiv [in Ukrainian].
9. Korpach, A. O., Levkivskiy, O. O., Korpach, O. A. (2010) *Problemy vykorystannia biodyzelnoho palyva v avtomobilnykh dvyhunakh [Problems of using biodiesel fuel in automobile engines]* *Visnyk Zhytomyrskoho derzhavnoho tekhnolohichnoho universytetu – Bulletin of the Zhytomyr State Technological University*. 2(53), – 71-73 [in Ukrainian].
10. Gerhard Knothe, Jürgen Krahl, Jon Van Gerpen (2015) *The biodiesel handbook. 2nd edition*. Urbana, Illinois.
11. Korpach, A. O., Levkivskiy, O. O. (2009) *Mozhlyvosti ta perspektyvy vykorystannia biopalyva v dyzeliakh [Opportunities and prospects of biofuel use in diesel engines]* *Avtoshliakhovyk Ukrainy. Okremyi vypusk.– The car of Ukraine. Installment*, 12. 156-158 [in Ukrainian].
12. Korpach, A. O., Levkivskiy, O. O. (2010) *Rezultaty stendovykh vyprobuvan avtotraktornoho dyzelia za roboty na dyzelnomu ta biodyzelnomu palyvakh [Results of automotive diesel engine bench testing operation on diesel and biodiesel fuels]* *Systems and means of motor transport. Selected problems. 1*. 115-118. [in Ukrainian].
13. Dragos Tutunea & Ilie Dumitru (2017) *Analysis of performance and emissions of diesel engine using sunflower biodiesel IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 252, conference 1*
14. Celikten, I., Koca, A., Arslan, M. A. (2010) *Comparison of performance and emissions of diesel fuel, rapeseed and soybean oil methyl esters injected at different pressures*. *Renew Energy*, 35.814–820.
15. Korpach, A. O., Levkivskiy, O. O. (2010) *Vybir optymal'nogho kuta vyperedzhennja vprorskuvannja dlja avtotraktornogho dyzelja za roboty na biodyzeljnomu palyvi [Selection of optimal fuel injection advance angle for a tractor-type diesel engine operation on biodiesel fuel]* *Visnyk SevNTU. Bulletin of SevNTU*. 121. 118-120. [in Ukrainian].

## РЕФЕРАТ

Корпач А.О. Сучасні напрямки використання альтернативних палив в автомобільних дизелях. / А.О. Корпач, О.О. Левківський // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К. : НТУ, 2020. – Вип. 1 (46).

В статті розглянуто сучасний стан та перспективи використання альтернативних палив в дизелях автомобілів, що перебувають в експлуатації.

Об'єкт дослідження – альтернативні дизельні палива.

Мета роботи – визначення найбільш ефективного альтернативного палива для автомобільних дизелів, що перебувають в експлуатації, з метою зменшення споживання палив нафтового походження та зниження викидів шкідливих речовин з відпрацьованими газами.

Метод дослідження – аналітичний.

Розглянуто ряд груп альтернативних палив, що можуть використовуватись в автомобільних дизелях, проаналізовано переваги та недоліки кожної групи палива. Встановлено, що найбільш повно поставленим вимогам відповідають альтернативні палива, що одержані з рослинних олій – біодизельні палива. Виконано аналіз ефективності застосування біодизельного палива з ріпакової, соняшникової і соєвої олій з точки зору зміни паливної економічності та токсичності відпрацьованих газів в порівнянні з дизельним паливом мінерального походження. Встановлено, що розглянуті біодизельні палива, можливо використовувати в автомобільних дизелях, що дозволить знизити споживання палив нафтового походження. Використання біодизельних палив, крім того, дозволяє зменшити забруднення навколишнього середовища парниковими та токсичними компонентами відпрацьованих газів. Встановлено, що при роботі дизеля на біодизельних паливах знижується вміст моно оксидів вуглецю, вуглеводнів та сажі в відпрацьованих газах. Для зниження вмісту оксидів азоту в відпрацьованих газах необхідно зменшити початковий кут випередження впорскування.

Результати висвітлені в статті можуть бути використані для подальших досліджень ефективності використання альтернативних дизельних палив.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** АЛЬТЕРНАТИВНІ ПАЛИВА, ДИЗЕЛЬ, БІОДИЗЕЛЬНЕ ПАЛИВО, ЕКОЛОГІЯ

### **ABSTRACT**

Korpach A.A., Levkovsky A.A. Modern ways of using alternative fuels in automobile diesel engines. Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection. – Kyiv: National Transport University, 2020. – Issue 1 (46).

The article considers the current state and prospects for alternative fuels using in diesel engines of vehicles that are in operation.

The object of study – alternative diesel fuels.

The purpose of the work – determine the most efficient alternative fuel for automotive diesel engines that are in operation, with the aim of reducing the consumption of oil fuels and reducing emissions of harmful substances with exhaust gases.

The research method – analytical.

A number of groups of alternative fuels that can be used in automotive diesel engines are considered, the advantages and disadvantages of each group of fuels are analyzed. It has been established that alternative fuels derived from vegetable oils – biodiesel fuels – meet the most fully met requirements. Comparison of the effectiveness of biodiesel fuel from rapeseed, sunflower and soybean oil in terms of changes in fuel efficiency and toxicity of exhaust gases compared to diesel fuel of mineral origin. It has been established that the considered biodiesel fuels may be used in automotive diesel engines, which will reduce fuel consumption of petroleum origin. The use of biodiesel fuels, in addition, reduces environmental pollution by greenhouse and toxic exhaust gases. It has been established that when a diesel engine runs on biodiesel fuels, the content of the main harmful components in exhaust gases (mono-oxides of carbon, hydrocarbons, soot) decreases. To reduce the content of nitrogen oxides in the exhaust gases, it is necessary to reduce the initial injection advance angle.

The results shown in the article can be used for further research on the alternative diesel fuels using effectiveness.

**KEYWORDS:** ALTERNATIVE FUEL, DIESEL, BIODIESEL FUEL, ECOLOGY

### **РЕФЕРАТ**

Корпач А.А. Современные направления использования альтернативных топлив в автомобильных дизелях. / А.А. Корпач, А.А. Левковский // Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник. – К.: НТУ, 2020. – Вып. 1 (46).

В статье рассмотрены современное состояние и перспективы использования альтернативных топлив в дизелях автомобилей, которые находятся в эксплуатации.

Объект исследования – альтернативные дизельные топлива.

Цель работы – определение наиболее эффективного альтернативного топлива для автомобильных дизелей, которые находятся в эксплуатации, с целью снижения потребления топлив нефтяного происхождения и снижение выбросов вредных веществ с отработавшими газами.

Метод исследования – аналитический.

Рассмотрен ряд групп альтернативных топлив, которые могут использоваться в автомобильных дизелях, проанализированы преимущества и недостатки каждой группы топлив. Установлено, что наиболее полно предъявляемым требованиям соответствуют альтернативные

топлива, полученные из растительных масел – биодизельные топлива. Выполнено анализ эффективности применения биодизельного топлива из рапсового, подсолнечного и соевого масла с точки зрения изменения топливной экономичности и токсичности отработанных газов по сравнению с дизельным топливом минерального происхождения. Установлено, что рассмотренные биодизельные топлива возможно использовать в автомобильных дизелях, что позволит снизить потребление топлива нефтяного происхождения. Использование биодизельных топлив, кроме того, позволяет уменьшить загрязнение окружающей среды парниковыми и токсичными компонентами отработавших газов. Установлено, что при работе дизеля на биодизельных топливах снижается содержание моно оксидов углерода, углеводов и сажи в отработавших газах. Для снижения содержания оксидов азота в отработавших газах, необходимо уменьшить начальный угол опережения впрыска.

Результаты, показанные в статье, могут быть использованы для дальнейших исследований эффективности использования альтернативных дизельных топлив.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ТОПЛИВА, ДИЗЕЛЬ, БИОДИЗЕЛЬНОЕ ТОПЛИВО, ЭКОЛОГИЯ

**АВТОРИ:**

Корпач Анатолий Александрович, кандидат технических наук, профессор, Национальный транспортный университет, профессор кафедры двигателей и теплотехники, e-mail: akorpach@ukr.net, тел. +380931203905, Украина, 01010, м. Київ, вул. Омеляновича-Павленка 1. к.303, orcid.org/0000-0002-7070-7883

Левківський Олександр Олександрович, кандидат технических наук, фахівець з технічної підтримки, Товариство з обмеженою відповідальністю «Віннер ЛТД», e-mail: oleksandr.levkivskyi@gmail.com, тел. +380677976448, Україна, 03164, м. Київ, вул. Клавдіївська 40Б, orcid.org/0000-0002-2951-2312

**AUTHORS:**

Korpach Anatolii O., Ph.D., National Transport University, professor department of engines and heating engineering, e-mail: akorpach@ukr.net, тел. +380931203905, Ukraine, 01010, Kyiv, Mykhaila Omelianovycha – Pavlenka Str., of. 303, orcid.org/0000-0002-7070-7883

Levkivskyi Oleksandr Oleksandrovich, Ph.D., technical support specialist, Limited Liability Company «Winner LTD», e-mail: oleksandr.levkivskyi@gmail.com, tel. +380677976448, Ukraine, 03164, Kyiv, Klavdiivska 40B, orcid.org/0000-0002-2951-2312

**АВТОРЫ:**

Корпач Анатолий Александрович, кандидат технических наук, профессор, Национальный транспортный университет, профессор кафедры двигателей и теплотехники, e-mail: akorpach@ukr.net, тел. +380931203905, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова 1. к. 303, orcid.org/0000-0002-7070-7883

Левковський Олександр Олександрович, кандидат технических наук, специалист с технической поддержки, Общество с ограниченной ответственностью «Виннер ЛТД», e-mail: oleksandr.levkivskyi@gmail.com, тел. +380677976448, Украина, 03164, г. Киев, ул. Клавдиевская 40Б, orcid.org/0000-0002-2951-2312

**РЕЦЕНЗЕНТИ:**

Кравченко О.П., доктор технических наук, профессор, Державний університет «Житомирська політехніка», завідувач кафедри автомобілів і транспортних технологій, Житомир, Україна.

Сахно В.П., доктор технических наук, профессор, Национальный транспортный университет, завідувач кафедри автомобілів, Київ, Україна.

**REVIEWER:**

Kravchenko O.P., Engineering (Dr.), professor, Zhytomyr Polytechnic State University, head of automobiles and transport technologies department, Zhytomyr, Ukraine.

Sakhno V.P., Engineering (Dr.), professor, National Transport University, head of the automobiles department, Kyiv, Ukraine.