

УДК 665.6

В.В. ТКАЧУК

Луцький національний технічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА З ДОДАВАННЯМ БІОДОБАВОК

В.В. ТКАЧУК

Луцкий национальный технический университет

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ДИЗЕЛЬНЫХ ТОПЛИВ С ДОБАВЛЕНИЕМ БИОДОБАВОК

V.V. TKACHUK

Lutsk National Technical University

RESEARCH PROPERTIES OF DIESEL FUEL ADDITION WITH ADDITIVES

<https://doi.org/10.36910/6775-2310-5283-2020-13-21>

***Мета.** Оцінка впливу біодобавок на підвищення експлуатаційних властивостей дизельних палив.*

***Результати.** При згоранні дизельного палива відпрацьовані гази автомобілів з дизельними двигунами містять оксиди вуглецю, сірки, азоту, сажу, вуглеводні і канцерогенні поліциклічні вуглеводні. При згорянні палива, що містить домішки сірки, утворюється переважно двоокис сірки. При утриманні зольних елементів (наприклад, металовмісні присадки) частина сірки переходить в сульфати і викидається у вигляді твердих частинок. Діоксид сірки подразнює органи дихання, бере участь в утворенні кислотних дощів, в процесах корозії, руйнує каталітичні нейтралізатори. Отже, посилення норм викидів шкідливих речовин з відпрацьованими газами двигунів внутрішнього згорання, обмеження емісії діоксиду вуглецю, а також економія енергоносіїв нафтового походження, змушують більшість країн шукати шляхи зниження небезпеки впливу теплових двигунів на навколишнє середовище. Ці проблеми сьогодення призвели до посилення вимог щодо екологічних властивостей продукції нафтопереробної промисловості.*

За результатами досліджень було встановлено, що комплекс показників якості дизельного палива нафтового походження та зразків естерів ріпакової олії децю відрізняється від показників нафтового дизельного палива, а ряд показників екологічних властивостей є кращими, ніж показники палива нафтового походження.

У результаті встановлено, що при додаванні біокомпонентів до нафтового дизельного палива в кількості 7 % покращуються в першу чергу показники екологічних властивостей: вміст сірки, масова частка ароматичних вуглеводнів, зольність. Також

збільшується цетанове число та значно покращується змащувальна здатність, що збільшує ресурс двигуна автомобіля. Окрім того, біодизельне паливо економить витрати на паливо, оскільки є дешевшим за нафтове дизельне паливо.

Наукова новизна. Встановлено вплив біодобавок: метилового естеру ріпакової олії (МЕРО) та ізопропілового естеру ріпакової олії (ІПЕРО) на експлуатаційні властивості дизельного палива.

Практична значимість. При додавання біокомпонентів до нафтового палива покращились експлуатаційні властивості, зокрема, такі показники, як цетанове число, густина та в'язкість, вміст сірки, зольність, масова частка поліциклічних ароматичних вуглеводнів.

Ключові слова: нафтопереробна промисловість, дизельне паливо, біодобавки, експлуатаційні властивості.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Дизельне паливо (ДП) - одне з найбільш популярних видів пального, що використовується для двигунів внутрішнього згорання. Воно більш економічне, ніж бензин, до того ж коштує дешевше [1,2].

Але при згоранні дизельного палива відпрацьовані гази автомобілів з дизельними двигунами містять оксиди вуглецю, сірки, азоту, сажу, вуглеводні і канцерогенні поліциклічні вуглеводні. При згоранні палива, що містить домішки сірки, утворюється переважно двоокис сірки. При утриманні зольних елементів (наприклад, металовмісні присадки) частина сірки переходить в сульфати і викидається у вигляді твердих частинок. Діоксид сірки подразнює органи дихання, бере участь в утворенні кислотних дощів, в процесах корозії, руйнує каталітичні нейтралізатори. Отже, посилення норм викидів шкідливих речовин з відпрацьованими газами двигунів внутрішнього згорання, обмеження емісії діоксида вуглецю, а також економія енергоносіїв нафтового походження, змушують більшість країн шукати шляхи зниження небезпеки впливу теплових двигунів на навколишнє середовище. Ці проблеми сьогодення призвели до посилення вимог щодо екологічних властивостей продукції нафтопереробної промисловості.

Аналіз останніх досліджень, у яких започатковано вирішення проблеми. Окремим аспектам функціонування нафтохімічної промисловості України присвячені праці таких науковців, як П. Топільницький, Б. Бугай, С. Зубенко, О. Гринишин, В. Бростов, С. Бойченко та інші [2, 3]. Праці П. Топільницького присвячені розробленню та впровадженню деемульгаторів для зневоднення нафти, нейтралізаторів та інгібіторів корозії нафтозаводського обладнання, вивчення дії депресорних присадок у дизельних паливах та

зріджених газах, роботи С. Бойченка – проблемам ефективного та раціонального використання паливно-мастильних матеріалів та технічних рідин. Проблемам застосування добавок, їх вплив на експлуатаційні властивості палив досліджували такі вчені, як Пічугін В.Ф., Іванова Л.В., Буров Е.А. [4].

Метою даною статті є дослідження показників експлуатаційних властивостей дизельного палива з додаванням метилового естеру ріпакової олії (МЕРО) та ізопропілового естеру ріпакової олії (ІПЕРО).

Об'єкти дослідження. При проведенні досліджень використовували дизельне паливо ЄВРО 5 марки «Л» та наступні біодобавки: метиловий естер ріпакової олії (МЕРО) та ізопропіловий естер ріпакової олії (ІПЕРО).

Методика проведення досліджень. Дослідження показників якості дизельного палива з додаванням метилового естеру ріпакової олії (МЕРО) та ізопропілового естеру ріпакової олії (ІПЕРО) проведено з використанням стандартних методик, які регламентовані технічним регламентом [5].

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів. Екологічний стандарт Євро 6, який вступив у дію у 2015 р., передбачає зниження викидів двоокису азоту вдвічі для дизельних автомобілів, випущених пізніше цього терміну. Одним з методів розв'язання даної проблеми є додавання певного об'єму екологічно чистих біокомпонентів до дизельних палив.

Дизельні біопалива в останні роки одержують за кордоном все більш широке розповсюдження. Збільшення вироблення дизельного палива з рослинної сировини спостерігається в ряді країн Західної Європи, в першу чергу у Німеччині та Франції, а також у США, Бразилії, Малайзії [6]. В європейських країнах при виробництві дизельного біопалива орієнтуються на використання ріпакової олії, в тому числі із насіння ріпаку, вирощеного в Україні. В США та Бразилії віддають перевагу виробництву біодизельного палива з олії соєвих бобів, а в країнах Південно-Східної Азії – з пальмової олії [7]. Суміш складних метилових естерів, одержаних на базі ріпакової олії (МЕРО) знаходять застосування в якості 100 %-ного дизельного палива в тракторах, які експлуатуються в Австрії. У Франції використовували суміш дизельного палива з 5 % МЕРО. В США метилові естери на базі соєвої олії використовують як 100%-не паливо або в якості 20 % додатку до нафтового палива. На жаль, в Україні ця проблема носить більш теоретичний характер при відсутності даних про результати дослідження масового використання біокомпонентів до дизельних палив.

Якість дизельних палив з рослинної сировини відрізняється від нафтових, що обумовлено різницею в хімічному складі. Найбільш близькі до дизельного палива метилові та ізопропіловієстери ріпакової та соєвої олій, метилові естери на основі пальмової олії суттєво відрізняються за властивостями [8, 9].

Стандарти для біодизельних сумішей постійно переглядаються ASTM International (American society for testing and materials) з метою прийняття біодизельних сумішей виробниками комплектуючого обладнання для автомобілів (Original Equipment manufacturer – OEM). Вимоги до біодизеля в ЄС регламентує EN 14214:2003 «Automotive fuels – Fatty acid methyl esters (FAME) for diesel engines – Requirements and test methods», в США – ASTM D 6751 «Standard Specification for Biodiesel Fuel Blend Stock (B100) for middle Distillate Fuels».

В Україні якість біодизельного палива регламентує ДСТУ 6081:2009 «Паливо моторне. Естери метилові жирних кислот олій і жирів для дизельних двигунів. Технічні умови», ДСТУ 7178:2010 «Паливо альтернативне. Естери етилові жирних кислот олій та жирів для дизельних двигунів. Технічні вимоги та методи контролювання, ДСТУ 7688:2015 «Паливо дизельне Євро. Технічні вимоги», ДСТУ 8695:2016 «Паливо альтернативне для дизельних двигунів. Технічні вимоги». За Технічним регламентом щодо вимог до автомобільних, дизельного, суднових і котельних палив та ДСТУ 7688:2015 передбачено використання метилових або етилових естерів жирних кислот до 7 %.

В основі процесу одержання естерів ріпакової олії лежить реакція переестерифікації ріпакової олії ізопропіловим або метиловим спиртами з використанням лужного каталізатора – алкоголята калію. Реакція переестерифікації полягає в додаванні спирту до тригліцериду в присутності лужного каталізатору, при цьому утворюються естери та гліцерин. Останній з естерами практично не змішується.

Переестерифікацію проводили в скляному реакторі з відділенням гліцеринової фракції знизу. Реакційну суміш при температурі 60 °C перемішували скляною мішалкою за допомогою електродвигуна. Температуру підтримували термостатованою водяною банею. По закінченні реакції відбувається гравітаційне розділення суміші на два шари: біодизельне паливо та гліцерин, який осідає на дні колби. За хімічним складом нове біодизельне паливо є ізопропіловимиестерами ріпакової олії та є рідиною жовто-лимонного кольору з різким запахом спирту [10-12].

На наступному етапі роботи були досліджені фізико-хімічні властивості дизельного палива нафтового походження марки Л, яке виробляється на ПАТ

«Укртатнафта», а також біокомпонентів до нього – МЕРО та ІПЕРО. В таблиці 1 наведено характеристики, які є найбільш важливими для порівняння нафтового палива та естерів кислот ріпакової олії і визначені згідно стандартних методик.

Як видно з таблиці, всі властивості біокомпонентів дещо відрізняються від палива нафтового походження. Цетанове число - основний показник займистості дизельного палива. Воно визначає запуск двигуна, жорсткість робочого процесу (швидкість наростання тиску), витрату палива і димність відпрацьованих газів. Чим вище цетанове число паливо, тим нижче швидкість наростання тиску і тим менш жорстко працює двигун. Як видно з таблиці, цетанове число естерів ріпакової олії є дещо вищим від цетанового числа дизельного палива нафтового походження. В'язкість і густина визначають процеси випаровування і сумішоутворення в дизелі. Більш низька густина і в'язкість забезпечують краще розпилювання палива; з підвищенням зазначених показників якості збільшується діаметр крапель і зменшується повне їх згоряння, в результаті збільшується питома витрата палива, росте димність відпрацьованих газів. Біокомпоненти дещо відрізняються від дизельного палива нафтового походження за цими показниками. Вони мають більш високу густину при 15 °С. Це пояснюється їх хімічною будовою. На відміну від вуглеводнів нафтових палив, які містять від 5 до 16 атомів вуглецю, вуглеводневі ланцюги молекул естерів містять в середньому 14-26 атомів вуглецю. Це обумовлює більші значення молекулярної маси, а відповідно і густини. Також завдяки більшій довжині вуглеводневого ланцюга збільшується в'язкість біокомпонентів порівняно з в'язкістю нафтового палива. Зі збільшенням в'язкості палива зростає опір паливної системи, зменшується наповнення насоса, що може привести до перебоїв в його роботі. При зменшенні в'язкості дизельного палива кількість його, яка просочується між плунжером і втулкою, зростає в порівнянні з роботою на більш в'язкому паливі, в результаті знижується продуктивність насоса. Сірчисті сполуки, ненасичені вуглеводні і метали впливають на нагароутворення в дизелях і є причиною підвищеної корозії і зносів. При згорянні палива, що містить ненасичені вуглеводні, внаслідок окислення в циліндрі двигуна утворюються смолисті речовини, а потім нагар. В результаті цього падає потужність і підвищується знос деталей двигуна. Паливо зменшує силу тертя деталей в паливних насосах і форсунках, а також поршня об дзеркало циліндра, про що свідчить змащуюча здатність дизельного палива. Забруднюючі речовини знижують цю здатність. Особливо негативно впливає наявність води. Можна

зробити висновок, що нагароутворення в двигуні безпосередньо залежить від таких показників дизпалива, як коксованість, вміст сірки і смол, фракційний склад, кількість ароматичних і ненасичених вуглеводнів, зольність. За цими показниками біокомпоненти мають значно кращі властивості, ніж нафтове паливо [13]. Гранична температура фільтрованості дає можливість оцінити низькотемпературні властивості палива, а саме текучість та прокачуваність за низьких температур. В біокомпонентах ця температура є дещо вищою.

Ще одна важлива властивість дизельного палива - температура спалаху. Для дизельних двигунів (особливо, з безпосереднім уприскуванням) дуже важливо, за якої температури спалахує паливна суміш. Підбір оптимальної температури сприяє повному згорянню дизельного пального. Якщо ж температура занадто низька (або навпаки висока), то деякі складові речовини - в основному ненасичені вуглеводні - згорають не в повному обсязі, утворюючи на поверхні циліндрів, свічках і інших елементах двигуна нагар. Масова частка поліциклічних ароматичних вуглеводнів у дизельному паливі вказує на його екологічні характеристики.

При збільшенні вмісту ароматичних вуглеводнів в паливах для двигунів внутрішнього згорання зростає кількість бензапірену. З цієї причини вміст поліциклічних ароматичних вуглеводнів законодавчі акти ряду зарубіжних країн лімітують до рівня 6–11 %. Вміст сірки - основний показник екологічних властивостей дизпалива. Відпрацьовані гази сірки при взаємодії з водою утворюють кислоти. Сірка завдає шкоди не тільки природі, але й двигуну - продукти її згорання провокують корозію металу, а при контакті їх з моторною олією утворюються тверді відкладення (двигун закоксується). Слід зауважити в біокомпонентах відсутній вміст поліциклічних ароматичних вуглеводнів, а вміст сірки є дуже малим.

Згідно з вимогами ДСТУ 7688:2015 кількість біокомпонентів в дизельному паливі може становити не більше 7 %, оскільки у стандартній комплектації більшості автомобілів з дизельними двигунами не може використовуватися дизель з більшим вмістом, ніж 7 % біодобавок. Допускається і більше співвідношення біодобавок в дизелі, проте в такому випадку довелось би додатково адаптувати систему надходження палива, оскільки біодизель, у порівнянні зі звичайним дизелем, більш агресивний до компонентів паливної системи.

Таблиця 1

**Фізико-хімічні показники дизельного палива
Євро 5 марки «Л» та альтернативних палив**

Показник	Методи випробувань	Норма для ДП згідно з ДСТУ 7688:2015	Фактичні дані		
			Дизпаливо	Ізопропіловий естер ріпакової олії	Метилловий естер ріпакової олії
Цетанове число, не менше ніж	ДСТУ ISO 5165	51	49	53	54
Густина за температури 15 °С, кг/м ³ , у межах	ДСТУ ENISO 3675	820-845	835	875	880
Масова частка поліциклічних ароматичних вуглеводнів, %, не більше ніж	ДСТУ EN 12916	8	7	0	0
Вміст сірки, мг/кг, не більше ніж	ДСТУ ENISO 20884	10	8	4	3
Температура спалахнення в закритому тиглі, °С, не нижче ніж	ДСТУ ISO 2719	55	58	62	59
Зольність, % (мас.), не більше ніж	ДСТУ ENISO 6245	0,005	0,004	0,004	0,003
Змащувальна здатність: діаметр плями зносу за температури 60 °С, мкм, не більше ніж	ДСТУ ISO 12156	460	450	420	430
Кінематична в'язкість за температури 40 °С, мм ² /с, у межах	ДСТУ ГОСТ 33	2,00-4,50	3,7	12,1	5,6
Гранична температура фільтрованості, °С, не вище ніж	ДСТУ EN 116	-5	-10	-3	-8

Також зменшиться час між замінами масла і фільтрів. Тому саме таку кількість біокомпонентів додавали до дизельного палива нафтового походження. Суміші нафтового палива та біокомпонентів готували перемішуванням протягом 10 хвилин за допомогою механічного гомогенізатора. Суміші не містили воду та не розшаровувались. В результаті одержали два види пального: ДП + 7 % ізопропілового естеру ріпакової олії та ДП + 7 % метилового естеру ріпакової олії. В одержаних біопаливах визначали відповідні фізико-хімічні властивості, які наведені в таблиці 2.

Таблиця 2

Фізико-хімічні показники альтернативного дизельного палива з біокомпонентами

Показник	Методи випробувань	Норма для ДП згідно з ДСТУ 7688:2015	Фактичні дані	
			ДП + 7 % ізопропілового естеру ріпакової олії	ДП + 7 % метилового естеру ріпакової олії
Цетанове число, не менше ніж	ДСТУ ISO 5165	51	51	51
Густина за температури 15 °С, кг/м ³ , у межах	ДСТУ ENISO 3675	820-845	842	839
Масова частка поліциклічних ароматичних вуглеводнів, %, не більше ніж	ДСТУ EN 12916	8	7	7
Вміст сірки, мг/кг, не більше ніж	ДСТУ ENISO 20884	10	7,2	7,1
Температура спалаху в закритому тиглі, °С, не нижче ніж	ДСТУ ISO 2719	55	60	59
Зольність, % (мас.), не більше ніж	ДСТУ ENISO 6245	0,005	0,004	0,004
Змашувальна здатність: діаметр плями зносу за температури 60 °С, мкм, не більше ніж	ДСТУ ISO 12156	460	430	438
Кінематична в'язкість за температури 40 °С, мм ² /с, у межах	ДСТУ ГОСТ 33	2,00-4,50	4,3	3,9
Гранична температура фільтрованості, °С, не вище ніж	ДСТУ EN 116	-5	-6	-9

При додавання біокомпонентів до нафтового палива збільшилось цетанове число. А чим вище цей показник, тим нижче рівень шуму і димність при роботі двигуна. Крім наших досліджень, ці дані підтверджуються більш, ніж двадцятирічним досвідом застосування такого палива в Європі і США.

Густина та в'язкість завдяки біокомпонентам дещо збільшились, проте нові значення відповідають вимогам нормативного документу. Це забезпечить прокачуваність палива по паливній системі автомобіля та забезпечить його протизношувальні властивості. Це підтверджується і тим, що площа

змащуючої плівки, яка вкриває поверхню, збільшується при використанні біокомпонентів.

За вмістом сірки, зольності та масовій частці поліциклічних ароматичних вуглеводнів нове біопаливо має значно кращі показники порівняно з нафтовим, що покращує його екологічні властивості. Ще одна з переваг полягає в тому, що паливо з додаванням метилових та ізопропілових естерів ріпакової олії має поліпшені якості за миючими властивостями. Решта показників знаходяться в межах вимог ДСТУ 7688:2015.

Висновки. За результатами досліджень було встановлено, що комплекс показників якості дизельного палива нафтового походження та зразків естерів ріпакової олії дещо відрізняється від показників нафтового дизельного палива, а ряд показників екологічних властивостей є кращими, ніж показники палива нафтового походження.

У результаті встановлено, що при додаванні біокомпонентів до нафтового дизельного палива в кількості 7 % покращуються в першу чергу показники екологічних властивостей: вміст сірки, масова частка ароматичних вуглеводнів, зольність. Також збільшується цетанове число та значно покращується змащувальна здатність, що збільшує ресурс двигуна автомобіля. Окрім того, біодизельне паливо економить витрати на паливо, оскільки є дешевшим за нафтове дизельне паливо.

Список використаних джерел

1. Спиркин В.Г., Татур И.Р., Тонконогов Б.П. Химмотология. Свойства и применение топлив, смазочных и специальных материалов: учеб. пособие для студентов ВУЗов: в 2 ч. Часть 1. Свойства и применение топлив и специальных материалов. М.: Российский Государственный университет нефти и газа им. Губкина И.М., 2014. 246 с.
2. Бойченко С.В., Пушак А.П., Топільницький П.І. Моторні палива: властивості та якість : підручник. К.: Центр учбової літератури, 2017. 324 с.
3. Топільницький П.І., Гринишин О.Б., Мачинський О.Я. Технологія первинної переробки нафти і газу: підручник. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2014. 468 с.
4. Пичугин В.Ф., Иванова Л.В. Буров Е.А. Улучшение триботехнических характеристик металлических пар в дизельном топливе при введении присадки. *Химия и технология топлив и масел*, 2013. № 4 (578). С.20-22.
5. Технічний регламент щодо вимог до автомобільних бензинів, дизельного, суднових та котельних палив. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/927-2013-%D0%BF>
6. Виппер А.Б., Евдокимов А.Ю. Дизельные топлива на базе растительного сырья за рубежом. *Нефтепереработка и нефтехимия*. 2004. № 6. С.11-14.
7. В. Prebo, A.Thurlo Pearson. Совершенствование производства биодизельного топлива в США. *Нефтегазовые технологии*. 2011. № 3. С.85-87.

8. Панкин К.Е., Иванова Ю.В., Кузьмина Р.И., Штыков С.Н. Сравнение жидких биотоплив с нефтяными топливами по эксплуатационным характеристикам. *Химия и технология топлив и масел*. 2011. № 2.С. 23-25.

9. Панкин К.Е., Иванова Ю.В., Кузьмина Р.И., Штыков С.Н. Сравнение жидких биотоплив с нефтяными топливами по экологическим характеристикам. *Химия и технология топлив и масел*. 2011. № 3. С. 3-6.

10. Ткачук В.В, Захарчук В.И. Технология получения и эксплуатационные характеристики изопропилового эфира рапсового масла. *Химия и технология топлив и масел*. 2012. № 6.С. 3-6.

11. Ткачук В.В. Товарознавчий аспект виробництва та споживання біодизельного палива: монографія. Луцьк: РВВ ЛНТУ, 2011. 137 с.

12. Ткачук В.В. Техніко-економічний розрахунок виробництва біодизельного палива [монографія] / колектив авторів за наук. ред. К. Лейду. Жешув: Жешувська політехніка імені І. Лукасевича, 2019 р. Розділ 9. Техніко-економічний розрахунок виробництва біодизельного палива. С. 83-89.

13. Пэн Дэсин. Биодизель для улучшения смазывающих свойств дизельных топлив с низким содержанием серы. *Химия и технология топлив и масел*. 2016. № 6.С.46-48.

References

1. Spirkin V.G., Tatur I.R., Tonkonogov B.P. (2014). Himmotologiya. Svoystva i primeneniye topliv, smazochnyh i specialnyh materialov: Ucheb. posobie dlya studentov VUZov: v 2 ch. – Chast 1. Svoystva v prymeneniye topliv i specialnyh materialov [Properties and application of fuels, lubricants and special materials: Textbook. manual for university students: in 2 hours - Part 1. Properties and use of fuels and special materials]. Moscow: Rossijskijyi universitet neftyi i gaza im. Gubkina I.M. [in Russian].

2. Bojchenko V., Pushak A.P., Topilnyczkyj P.I., Lejda K. (2017). Motorni palyva: vlastyvosti ta yakist [Motor fuels: properties and quality]. Kiev : Centr uchbovoyi literatury. [in Ukrainian].

3. Topilnyczkyj P.I., Grynyshyn O.B., Machynskyj O.Ya.(2014). Texnologiya pervynnoyi pererobky nafty i gazu: pidruchnyk [Primary oil and gas processing technology: a textbook].- L`viv: Vydavnyctvo Lvivskoyi politexnik. [in Ukrainian].

4. Pichugin V.F., Ivanova L.V. Burov E.A.(2013). Uluchsheniye tribotexnicheskikh harakterystik metallicheskih par v dizelnom toplive privvedenii prisadky [Improving tribological characteristics of metallic pairs in diesel fuel with the introduction of additives]. *Himiya i texnologiya topliv i masel*, 4 (578), 20-22. [in Russian].

5. Texnichnyj reglament shhodo vymog do avtomobilnyh benzyniv, dyzel'nogo, sudnovykh ta kotelnykh palyv. [Technical regulation on requirements for motor gasoline, diesel, marine and boiler fuels] <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/927-2013-%D0%BF>

6. Vipiper A.B., Evdokymov A.Yu. (2004). Dizelnyie topliva na baze rastitelnogo syrya za rubezhom [Diesel fuels based on plant materials abroad]. *Neftepererabotka i neftehimiya*, vol. 6, 11-14. [in Russian].

7. B. Prebo, A. Thurlo Pearson (2011). Sovershenstvovanie proizvodstva biodizelnogo topliva v SShA [Improving US Biodiesel Production]. *Neftegazovyye texnologii* 3, 85-87. [in Russian].

8. Pankin K.E., Ivanova Yu.V., Kuzmina R.I., Shtykov S.N. (2011). Sravnenie zhydkikh biotoplyi s neftyanyimi toplivami po ekspluatatsionnym harakteristikam [Comparison of liquid biofuels with petroleum fuels by operational characteristics]. *Himiya i texnologiya topliv i masel*, vol. 2, 23-25. [in Russian].

9. Pankin K.E., Ivanova I.V., Kuzmina R.I., Shtykov S.N. (2011). Sravnenie zhydkix biotopliv s neftyanyimi toplivamy po ekologicheskim harakteristikam [Comparison of liquid biofuels with petroleum fuels by environmental characteristics]. *Himiya i tekhnologiya topliv i masei*, vol. 3, 3-6. [in Russian].

10. Tkachuk V.V., Zaxarchuk V.I. (2012). Tekhnologiya polucheniya i ekspluatatsionnyye harakteristiki izopropilovogo efira rapsovogo masla [Production technology and performance characteristics of rapeseed oil isopropyl ether]. *Himiya i tekhnologiya topliv i masei*, vol 6, 3-6. [in Russian].

11. Tkachuk V.V. (2011). Tovaroznavchyj aspekt vyrobnycztva ta spozhyvannya biodyzelnogo palyva [Commodity aspect of biodiesel production and consumption]. *Luczk: RVV LNTU* [in Ukrainian].

12. Tkachuk V.V. (2019). Tehniko-ekonomichnyj rozrahunok vyrobnycztva biodyzelnogo palyva [Feasibility study of biodiesel production]. *Zheshuv: Zheshuvs`ka politexnika imeni I. Lukasevy`cha* [in Ukrainian].

13. Pen Desyn (2016). Biodyzel dlya uluchsheniya smazyvayushhix svojstv dizelnyh topliv s nizkim soderzhaniym sery [Biodiesel to improve the lubricity of low sulfur diesel fuels] // *Himiya i tekhnologiya topliv i masei*, vol. 6, 46-48. [in Russian].

Цель. Оценка воздействия биодобавок на повышение эксплуатационных свойств дизельных топлив.

Результаты. При сгорании дизельного топлива отработанные газы автомобилей с дизельными двигателями содержат оксиды углерода, серы, азота, сажу, углеводороды и канцерогенные полициклические углеводороды. При сгорании топлива, содержащего примеси серы, образуется преимущественно двуокись серы. При содержании зольных элементов (например, металлосодержащие присадки) часть серы переходит в сульфаты и выбрасывается в виде твердых частиц.

Диоксид серы раздражает органы дыхания, участвует в образовании кислотных дождей, в процессах коррозии, разрушает каталитические нейтрализаторы. Итак, ужесточение норм выбросов вредных веществ с отработавшими газами двигателей внутреннего сгорания, ограничение эмиссии диоксида углерода, а также экономия энергоносителей нефтяного происхождения, заставляют большинство стран искать пути снижения опасности влияния тепловых двигателей на окружающую среду. Эти проблемы современности привели к ужесточению требований по экологических свойств продукции нефтеперерабатывающей промышленности.

По результатам исследований было установлено, что комплекс показателей качества дизельного топлива нефтяного происхождения и образцов эфиров рапсового масла несколько отличается от показателей нефтяного дизельного топлива, а ряд показателей экологических свойств являются лучшими, чем показатели топлива нефтяного происхождения. В результате установлено, что при добавлении биокомпонентов к нефтяному дизельного топлива в количестве 7% улучшаются в первую очередь показатели экологических свойств: содержание серы, массовая доля ароматических углеводородов, зольность. Также увеличивается цетановое число и значительно улучшается смазка способность, увеличивает ресурс двигателя автомобиля. Кроме того, биодизельное топливо экономит затраты на топливо, поскольку есть дешевле нефтяное дизельное топливо.

Научная новизна. Установлено влияние биодобавок: метилового эфира рапсового масла (МЕРО) и изопропилового эфира рапсового масла (Ипер) на эксплуатационные свойства дизельного топлива.

Практическая значимость. При добавлении биокomпонентов к нефтяного топлива улучшились эксплуатационные свойства, в частности, такие показатели, как цетановое число, плотность и вязкость, содержание серы, зольность, массовая доля полициклических ароматических углеводородов.

Ключевые слова: нефтеперерабатывающая промышленность, дизельное топливо, биодобавки, эксплуатационные свойства.

Goal. Assessment of the effect of bioadditives on improving the performance of diesel fuels.

Results. When diesel fuel is combusted, the exhaust gases of diesel vehicles contain carbon monoxide, sulfur, nitrogen, soot, hydrocarbons and carcinogenic polycyclic hydrocarbons. The combustion of fuel containing sulfur impurities mainly produces sulfur dioxide. While holding the ash elements (for example, metal-containing additives), part of the sulfur goes into sulfates and is released as solid particles.

Sulfur dioxide irritates the respiratory system, participates in the formation of acid rain, in the process of corrosion, destroys catalytic converters. Consequently, increasing emissions of internal combustion engine exhaust emissions, limiting carbon dioxide emissions, and saving energy from petroleum products, make most countries look for ways to reduce the risk of heat engines from affecting the environment. These problems have led to increased demands on the environmental properties of refined products.

According to the results of research, the complex of indicators of quality of diesel oil of petroleum origin and samples of rapeseed oil esters differs slightly from the indices of petroleum diesel fuel, and a number of indicators of ecological properties are better than indices of petroleum origin fuel.

As a result, it is found that when bio components are added to petroleum diesel oil in the amount of 7%, the indicators of environmental properties are improved first of all: sulfur content, mass fraction of aromatic hydrocarbons, ash content. It also increases the cetane number and greatly improves the lubricating power, which increases the car's engine life. In addition, biodiesel saves fuel costs because it is less expensive than petroleum diesel.

Scientific novelty. The influence of bioadditives: methyl ester of rapeseed oil (MERO) and isopropyl ester of rapeseed oil (IPERO) on the operational properties of diesel fuel has been established.

Practical importance. Adding biocomponents to petroleum fuels has improved performance, such as cetane number, density and viscosity, sulfur content, ash content, and mass fraction of polycyclic aromatic hydrocarbons.

Keywords: oil refining industry, diesel fuel, bioadditives, operational properties.

Стаття рекомендована до публікації доктором технічних наук,
професором Луцького НТУ Байдаковою Л.І.
Стаття надійшла в редакцію 09.12.2019 р.