

УДК 665.6

Мережко Н. В.,

neprod2@knteu.kiev.ua, ORCID ID: 0000-0003-3077-9636, Researcher ID: 3270-2016,

д.т.н., проф., завідувач кафедри товарознавства та митної справи, Київський національний торговельно-економічний університет, м. Київ

Ткачук В. В.,

v.tkachuk@lntu.edu.ua, ORCID ID: 0000-0001-5793-5227, Researcher ID: 7965-2019,

к.т.н., доц., доцент кафедри товарознавства та експертизи в митній справі, Луцький національний технічний університет, м. Луцьк

Романчук В. В.,

vikarom318@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-2119-9146, Researcher ID: 5250-2017,

к.т.н., старший науковий співробітник, кафедра хімічної технології переробки нафти і газу, Національний Університет "Львівська політехніка", м. Львів

ПОКРАЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ДИЗЕЛЬНИХ ПАЛИВ ДОБАВКАМИ РІЗНИХ ВИРОБНИКІВ

Анотація. Проаналізовано вплив багатофункціональних пакетів добавок різних виробників на дизельні палива з метою покращення експлуатаційних властивостей. Для проведення досліджень використано дизельне паливо виробництва ПАТ "Укртатнафта". Для покращення фізико-хімічних показників використовували добавки Keropur® DP Energy виробництва концерну BASF (Німеччина) та добавки Chimec EP Line компанії Chimec (Італія). Метою даної публікації є проведення випробувань та визначення впливу багатофункціональних добавок європейських виробників на фізико-хімічні показники та зниження відпрацьованих газів дизельного палива. Використання багатофункціональних пакетів добавок для дизельного палива дозволяє підтримувати чистоту системи впорскування палива двигуна на необхідному технічному рівні, що забезпечує оптимальний склад паливно-повітряної суміші і гарантує найбільш повне та ефективно її згорання. При цьому значно знижується рівень викидів шкідливих речовин у відпрацьованих газах – сажі, незгорілих вуглеводнів, чадного газу і оксидів азоту, а також на 2-5 % знижується витрата дизельного палива і, відповідно, виділення вуглекислого газу.

Ключові слова: дизельне паливо, присадка, якість, експлуатаційні властивості, відпрацьовані гази.

Merezhko N. V.,

neprod2@knteu.kiev.ua, ORCID ID: 0000-0003-3077-9636, Researcher ID: 3270-2016,

Doctor of Engineering, Professor, Head of the Department Commodity Science and Customs Affairs, Kyiv National University of Trade and Economics, Kyiv

Tkachuk V. V.,

v.tkachuk@lntu.edu.ua, ORCID ID: 0000-0001-5793-5227, Researcher ID: 7965-2019,

Ph.D., Associate Professor, Associate Professor of the Department of Commodity Science and Expertise in Customs Affairs, Lutsk National Technical University, Lutsk

Romanchuk V. V.,

vikarom318@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-2119-9146, Researcher ID: 5250-2017,

Ph.D., Senior Research Fellow of the Department of Chemical Technology for Oil and Gas Processing, Lviv Polytechnic National University, Lviv

IMPROVING THE QUALITY OF DIESEL FUELS BY ADDITIVES OF DIFFERENT PRODUCERS

Abstract. The effect of multifunctional additive packages of different manufacturers on diesel fuels is analyzed in order to improve the performance properties of these fuels. Diesel fuel produced by Ukratnafta PJSC was used for the research. Keropur® DP Energy additives from the BASF Concern (Germany) and Chimec EP Line additives from Chimec (Italy) were used to improve the physico-chemical properties. The purpose of this publication is to conduct tests

and determine the impact of multifunctional additives of European manufacturers on the physico-chemical parameters and the reduction of harmful emissions of diesel fuel. The use of multifunctional diesel fuel additives allows to maintain the purity of the engine fuel injection system at the required technical level. Thus, the optimal composition of the fuel-air mixture is ensured and its most complete and efficient combustion is guaranteed. This significantly reduces the level of harmful substances in the exhaust gases - soot, unburnt hydrocarbons, carbon monoxide and nitrogen oxides, as well as 2-5% reduced consumption of diesel fuel and, accordingly, carbon dioxide evolution.

Keywords: diesel, additive, quality, performance, exhaust.

JEL Classification: Q 38

DOI: <https://doi.org/10.36477/2522-1221-2020-23-02>

Постановка проблеми. Економічний розвиток країни багато у чому залежить від забезпечення постійно зростаючої потреби економіки в моторних паливах. На сьогодні та в найближчій перспективі обсяг споживання нафтопродуктів залишатиметься високим. Науково-технічний прогрес у галузі автомобілебудування разом із підвищенням екологічних вимог та умов експлуатації автотранспорту висуває високі вимоги до якості моторних палив, у тому числі дизельних. Використання добавок дає можливість забезпечити виконання сучасних вимог до якості таких палив.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Окремим аспектам функціонування нафтохімічної промисловості України присвячені праці таких науковців, як П. Топільницький, Б. Бугай, О. Гайдай, С. Зубенко, О. Гринишин, В. Бростов, С. Бойченко та інші [1-3]. Зокрема, праці П. Топільницького присвячені розробленню та впровадженню деемульгаторів для зневоднення нафт, нейтралізаторів та інгібіторів корозії нафтозаводського обладнання, вивченню дії депресорних присадок у дизельних паливах та зріджених газах, роботи С. Бойченка – проблемам ефективного та раціонального використання паливно-мастильних матеріалів та технічних рідин. У наших попередніх публікаціях досліджено якість світлих нафтопродуктів, проблеми та перспективи ринку даної продукції [4-6].

Постановка завдання: провести випробування та визначити вплив багатофункціональних добавок європейських виробників на фізико-хімічні показники та зниження шкідливих викидів дизельного палива.

Виклад основного матеріалу дослідження. Дизельне паливо (ДП) - одне з найбільш популярних видів пального, що використовується для двигунів внутрішнього згорання. Воно більш економічне, ніж бензин, до того ж, ціна його дещо нижча [7]. Основними показниками його експлуатаційних властивостей є цетанове число, фракційний склад, в'язкість та густина, чистота палива, температура спалаху, низькотемпературні характеристики палива. На роботу паливної системи і загальні характеристики двигуна в цілому значно впливають якість та склад палива. В основному це стосується потужності і витрат. Неякісне паливо призводить до руйнування двигуна у результаті підвищеного навантаження і зносу рухомих

елементів. Покращені експлуатаційні властивості даних палив досягаються введенням багатофункціональних пакетів добавок.

Для проведення досліджень використано дизельне паливо виробництва ПАТ “Укртатнафта”, яке відповідає вимогам нормативних документів [8].

Для покращення фізико-хімічних показників (підвищення екологічності палив) використовували добавки Keropur® EnergyDP виробництва концерну Basf (Німеччина) та добавки Chimes EP-D plus компанії Chimes (Італія). Дані пакети добавок є повністю синтетичними та багатофункціональними, мають властивості з підтримання чистоти (keep clean) і очищення (clean-up) паливної системи, що дозволяє оптимізувати процес утворення паливно-повітряної суміші і забезпечити її максимально ефективне згорання, в результаті знижується витрати палива і зменшується емісія шкідливих відпрацьованих газів. Добавки ефективно захищають паливну систему автомобіля, а також все паливне обладнання АЗС, нафтобаз і транспорту, що перевозить паливо, від корозії. Деемульгатор, що входить до складу обох добавок, забезпечує оптимальний фазовий розподіл між дизельним паливом і водою, що з урахуванням високої схильності дизельного палива до емульгування є важливим для запобігання потрапляння слідів води в паливний бак при заправці.

Добавки містять також спеціальний піногасник, який істотно знижує об'єм піни, що утворюється при заправці та перекачуванні палива, і прискорює її осадження. Комплекс компонентів, що входять до складу добавки, дозволяє значно підвищити окиснювальну стабільність дизельного палива при тривалому зберіганні, зокрема при додаванні до дизельного палива нестабільних вуглеводневих фракцій [9].

Ефективність мийних добавок з підтримки чистоти системи упорскування дизельного двигуна була визначена за найбільш поширеним стандартизованим методом СЕС-F23-A-01 [10]. Незважаючи на стандартизований метод випробувань, є безліч факторів, які істотно можуть впливати на кінцевий результат. Наприклад, одне і те ж паливо може дати різні результати випробування на двох моторах одного типу. Тому при проведенні на моторному стенді порівняльного випробування двох добавок використовується один і той самий двигун, одна моторна олива, дизельне паливо однієї партії, а

порівняльні випробування проводяться один за одним, близько за часом, тобто варіюється виключно тільки присадка (т.зв. back-to-back - тест). Відтворюваність результатів досліджень забезпечується постійним калібруванням двигуна за допомогою спеціально призначеного для цих цілей стандартного палива фірми "Haitermann".

Для дизельних палив високої якості на ринках країн з законодавчо регульованими рівнями емісії автомобільного транспорту найбільш типовим є обмеження потоку менше 70 %. Для брендів палив більшості провідних європейських виробників середній рівень обмеження потоку менше 65 %, а кращі дизельні палива преміум-сегмента європейського ринку показують обмеження потоку менше 30 %.

Чистота інжекторних форсунок і пов'язане з цим оптимальне утворення й горіння паливоповітряної суміші є одним з визначальних факторів, що впливають на ефективну і тривалу роботу двигуна, зниження емісії шкідливих відпрацьованих газів і економію палива.

Особливо актуальним стає питання мінімізації схильності дизельного палива до нагароутворення для дизельних двигунів сучасних конструкцій з прямим впорскуванням палива (двигуни Common Rail з тиском впорскування до 1500 бар).

У Всесвітній паливній хартії відсутні вимоги до дизельних палив щодо захисту металів від корозії, оскільки корозія може становити значну проблему в інфраструктурі виробництва і споживання палива. Пакети присадок містять високоефективні інгібітори корозії, дія яких досліджується за стандартним методом ASTM D865 A mod. (аналог NACE TM-01-72; суміш ДП-вода 10:1, впродовж 4 годин, за температури 60 °C). У модифікації В даного стандарту застосовується солоня вода, що імітує морську.

Вміст інгібітора в пакеті підбирається таким чином, щоб при тих дозуваннях, які зазвичай застосовуються, забезпечувався достатній антикорозійний захист в більшості представлених на ринку марках дизельного палива. У разі особливо критичних палив підбір величини дозування може мати вирішальне значення.

У стандарті BNPe Foam Rig Test (NF M 07-075) вимірюється обсяг піни, що утворюється при впорскуванні дизельного палива тонким струменем під тиском в калібровану комірку, а також час повного осадження піни. Відповідно до рекомендацій Всесвітньої паливної хартії, розділ 4, вони не повинні відповідно перевищувати 100 мл і 15 с [11].

Одним з основних компонентів багатофункціональних пакетів є спеціальна органічна поверхнево-активна речовина. Її введення в склад дизельного палива не повинно призводити до посилення емульгованості води в ньому. Тому до складу пакета обов'язково вводиться деемульгатор, який забезпечує і покращує (у порівнянні з базовим дизельним паливом) оптимальне фазове розділення між дизельним паливом і водою.

Випробування проводилося за стандартом ASTM 1094. Після струшування суміші дизельного палива з водним фосфатним буферним розчином через 5 хвилин і через 4 години візуально оцінюються зміна обсягу водного шару, ступінь сепарації органічної і водної фаз, а також стан розмежування фаз [12]. Окиснювальна стабільність дизельного палива регламентується стандартами, зокрема EN 590 [12]. Рівень нерозчинних продуктів окиснення у випробуванні по ASTM D 2274 не повинен перевищувати 25г/м³.

Результати досліджень. Для визначення ефективності добавок щодо підтримки чистоти спочатку було досліджено вихідне паливо без додавання добавок. Отримана величина обмеження потоку, що характеризує схильність дизельного палива до нагароутворення на форсунці, для базового палива складала 79,4 %. Це значення знаходиться на рівні результатів типових палив, що відповідають європейському стандарту EN 590.

При додаванні в паливо добавки Keropur® DP ENERGY в кількості 150 мг/кг після 10 год. випробування обмеження потоку склало 58,4 % (табл. 1). Зниження обмеження потоку на більше ніж 20 % означає хорошу ефективність добавки в даному паливі щодо підтримання чистоти системи впорскування (ефект Keep Clean).

Таблиця 1

Ефективність палива з підтримання чистоти (Keep Clean) і очищення (clean-up) форсунок

Продукт	Дозування, ppm	Підняття голки форсунки 0,1 мм				Середнє значення
		Ф. 1	Ф. 2	Ф. 3	Ф. 4	Обмеження потоку, %
		Обмеження потоку, %				
Базове ДП	0	79,6	78,4	83,6	76,1	79,4
Keropur DP ENERGY	150	59,6	54,7	64,6	54,7	58,4
Keropur DP 4510	150	67,7	68,8	66,0	70,2	68,2
Chimec EP-D plus	190	–	–	–	–	52,0

Таблиця 2

Результати дослідження дизельного палива на корозію при додаванні добавки Chimes EP-D plus

Присадка	Дозування, мг/кг	Оцінка за шкалою NACE
Базове ДП (метод А)	0	В
Kerapur DP ENERGY (метод А)	150	А
Базове ДП (метод В)	0	Е
Kerapur DP ENERGY (метод В)	150	С
Chimes EP-D plus (метод В)	190	В++ /A class

Порівняння цього результату з даними для найбільш поширених на європейському ринку дизельних палив показує, що паливо ПАТ “Укртатнафта” з добавкою Kerapur® DP ENERGY в дозуванні вже 150 мг/кг за схильністю до нагароутворення може бути віднесене до сегмента брендів марок провідних міжнародних компаній, таких як Esso, Shell та ін. При додаванні в паливо добавки Chimes EP-D plus у кількості 190 мг/кг після 10 год. випробування обмеження потоку складо 52 %, що теж є високим результатом.

Додатково було проведено випробування ефективності добавки на очищення. При цьому забруднені форсунки після прогону на базовому дизпаливі і визначення обмеження потоку монтується у двигун без очищення від утвореного нагару. Потім двигун проганявся по стандартному циклу вже на дослідженому паливі з пакетом добавок Kerapur DP ENERGY в дозуванні 150 мг/кг. У даному випадку обмеження потоку знижується з 79,4 % (базове дизельне паливо) до 68,2 %, тобто більше половини відкладень, що утворилися, видаляються всього за один прогін протягом 10 год. (табл. 1). Такий результат даного випробування вважається прийнятним для європейських палив.

При визначенні корозійної дії дизельного палива з додаванням пакетів добавок встановлено, що базове дизельне паливо проявляє відносно високу корозійну активність за стандартом ASTM D665 А, а у варіанті В (з морською водою) площа корозії становить понад 75%. Корозію, однак, можна повністю інгібувати при додаванні в паливо багатофункціонального пакета Kerapur® "DP ENERGY в дозуванні 150 мг/кг (за методом А). В значно більш жорсткому варіанті В дослідження спостерігається істотніше гальмування корозійних процесів.

Додавання добавки Chimes EP-D plus у кількості 190 ppm також істотно зменшує корозійну дію дизельного палива. Результати наведені в табл. 2.

Загальноприйнятою для сегмента брендів дизельних палив вважається повна відсутність корозії сталі у варіанті ASTM D 665 А (з дистильованою водою) і допускається обмежена корозійна активність у варіанті В з морською водою. Дизельне паливо ПАТ “Укртатнафта” з пакетом Kerapur® DP ENERGY в дозуванні 150 мг/кг та Chimes EP-D plus в дозуванні 190 мг/кг ці вимоги повністю задовольняє.

Проведення випробувань на визначення антипінних властивостей показало, що застосування у дизельному паливі пакета добавок Kerapur® DP ENERGY в концентрації 150 мг/кг дозволяє знизити об’єм піни, що утворюється, на 64 % з 110 до 40 мл і скоротити час осадження піни в 4 рази від 40 до 10 секунд (табл. 3). Застосування у дизельному паливі пакета добавок Chimes EP-D plus в дозуванні 190 мг/кг дозволяє знизити об’єм піни, що утворюється, на 55 % з 110 до 50 мл і скоротити час осадження піни в 6,7 рази від 40 до 6 секунд.

Таким чином, за даними показниками паливо з добавками перевершує загальноприйняті рекомендації Всесвітньої паливної хартії.

При проведенні дослідження на визначення ефективності сепарування води встановлено, що базове паливо демонструє у даному дослідженні помітну емульгованість води. Додавання 150 мг/кг добавки Kerapur® DP ENERGY та Chimes EP-D plus у дозуванні 190 мг/кг ефективно покращує поведінку ДП при сепаруванні води, як через 5 хв., так і після 4-годинної витримки. В табл. 4 надано отримані експериментальні дані.

Таблиця 3

Результати випробувань на антипінність при використанні добавок Kerapur® DP ENERGY

Добавка	Об’єм піни (мл)	Час осадження піни (с)
Базове ДП (метод А)	110	40
Базове ДП + Kerapur DP ENERGY	40	10
Базове ДП + Chimes EP-D plus	50	6

Таблиця 4

Результати випробування дизельного палива на ефективність сепарування води при використанні добавок

Присадка	К-сть, мг/кг	Час, хв	Границя розділення фаз, бали	Фаза дизпалива, бали	Водяна фаза, бали	Втрата води, л
Базове ДП	0	5	4	2	3	1
Keropur DP ENERGY	150	5	3	2	1	0
Базове дизельне паливо	0	240	3	2	1	0
Keropur® DP ENERGY	150	240	2	1,5	1	0
Chimes EP-D plus	190	5	2	3	1	0
Chimes EP-D plus	190	240	1	2	1	0

Таблиця 5

Вплив добавок Keropur DP ENERGY та Chimes EP-D plus на зниження шкідливих викидів у дизельному паливі

Шкідлива речовина	Зниження емісії, %	
	Keropur® DP ENERGY	Chimes EP-D plus
Вуглеводні, які не згоріли	15,0	20,0
CO	10,0	9,0
NO _x	2,0	10,7
PM	10,0	5,7
CO ₂	4,0	1,8

При визначенні окиснювальної стабільності встановлено, що базове паливо має високу окиснювальну стабільність зі значним запасом в порівнянні з нормованим рівнем. При введенні 150 мг/кг присадки Keropur® DP ENERGY або Chimes EP-D plus у кількості 190 мг/кг цей показник додатково знижується на 44%.

Використання багатофункціональних пакетів добавок для дизельного палива дозволяє підтримувати чистоту системи впорскування палива двигуна на необхідному технічному рівні. Таким чином, забезпечується оптимальний склад паливно-повітряної суміші і гарантується найбільш повне та ефективне її згорання [13-16].

При цьому значно знижується рівень викидів шкідливих речовин у відпрацьованих газах – сажі (PM), незгорілих вуглеводнів (HC), чадного газу (CO) і оксидів азоту (NO_x), а також на 2-5 % знижуються витрати дизельного палива і, відповідно, виділення вуглекислого газу CO₂ (“парникового газу”). Статистичні дані польових випробувань щодо зниження емісії шкідливих речовин автомобілів наведені в таблиці 5.

Оптимальна витрата добавок Keropur DP ENERGY та Chimes EP-D plus складає 150 та 190 г/т відповідно. При ринковій ціні на добавку Keropur® DP ENERGY 3200 €/т та Chimes EP-D plus 3350 €/т збільшення собівартості дизельного палива складе 0,480 €/т при використанні присадки

Keropur® DP ENERGY та 0,637 €/т при використанні добавки Chimes EP-D plus.

Таким чином, при закупівлі добавок 2-х різних виробників необхідно врахувати, окрім вартості добавки, схему доставки, умови оплати, об’єм одноразових партій, технологічну простоту змішування дизельного палива з добавкою.

Висновки і перспективи подальших досліджень у даному напрямі. Проведено дослідження ефективності додавання добавок Keropur® DP ENERGY та Chimes EP-D plus в дизельні палива та визначено такі показники, як: підтримання чистоти системи впорскування, антипінна ефективність, ефект сепарування води, зменшення корозійної дії, стабільність до окиснення палива, зниження шкідливих викидів.

Отже, паливо ПАТ “Укртатнафта” з присадкою Keropur® DP ENERGY в дозуванні вже 150 мг/кг за схильністю до нагароутворення може бути віднесене до сегмента брендів марок провідних міжнародних компаній, таких як Esso, Shell та ін. Випробування обмеження потоку складо 52 %, що є високим результатом.

Загальноприйнятою для сегмента брендів дизельних палив вважається повна відсутність корозії сталі у варіанті ASTM D 665 A (з дистильованою водою) і допускається обмежена корозійна активність у варіанті B з морською водою [10]. Дизельне паливо ПАТ “Укртатнафта” з пакетом Keropur® DP ENERGY в дозуванні 150 мг/кг та

Chimes EP-D plus в дозуванні 190 мг/кг ці вимоги повністю задовольняє.

Застосування у дизельному паливі пакета добавок Chimes EP-D plus в дозуванні 190 мг/кг дозволяє знизити об'єм піни, що утворюється, на 55% з 110 до 50 мл і скоротити час осадження піни в 6,7 рази від 40 до 6 секунд. При визначенні окиснювальної стабільності встановлено, що базове паливо має високу окиснювальну стабільність зі значним запасом в порівнянні з нормованим рівнем. При введенні 150 мг/кг добавки Kegerup® DP ENERGY або Chimes EP-D plus в кількості 190 мг/кг цей показник додатково знижується на 44 %.

Використання багатофункціональних пакетів добавок для дизельного палива дозволяє підтримувати чистоту системи впорскування палива двигуна на необхідному технічному рівні. При цьому значно знижується рівень викидів шкідливих речовин у відпрацьованих газах – сажі, незгорілих вуглеводнів, чадного газу і оксидів азоту, а також на 2-5 % знижується витрата дизельного палива і, відповідно, виділення вуглекислого газу.

За результатами проведених досліджень встановлено високу ефективність обох добавок.

ЛІТЕРАТУРА

1. Залежність зневоднення нафт від їх фізико-хімічної характеристики / Ю. В. Голич, С. В. Бойченко, П. І. Топільницький, В. В. Романчук // Нафтогазова галузь України. – 2015. – № 1. – С. 25-30.

2. Екологічні та експлуатаційні характеристики палива моторного біологічного E-85 / О. О. Гайдай, С. О. Зубенко, Є. В. Полункін, В. С. Пилявський // Матеріали збірника наукових статей III Всеукраїнського з'їзду екологів. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – С. 308-310.

3. Бойченко С. В. Моторні палива і масла для сучасної техніки : монографія / С. В. Бойченко, С. В. Семенов, В. Г. Бурлака. – К. : НАУ, 2005. – 216 с.

4. Ткачук В. В. Оцінка якості світлих нафтопродуктів / В. В. Ткачук // Товари і ринки. – К. : КНТЕУ. – 2014. – № 1. – С. 131-138.

5. Assessment of the quality of alternative fuels for gasoline engines / V. Tkachuk, O. Rechun, N. Merzhko, T. Bozhydarnik, T. Karavaiev // Advances in Design, Simulation and Manufacturing II Proceedings of the 2nd International Conference on Design, Simulation, Manufacturing: The Innovation Exchange, DSMIE-2019, June 11-14, 2019, Lutsk, Ukraine. – P. 871-881.

6. Ткачук В. В. Проблеми і перспективи формування і розвитку ринку біопалив в Україні / В. В. Ткачук, Т. В. Божидарнік, О. Ю. Речун // Економічний часопис – XXI. – 2014. – С. 45-48.

7. Химмотология. Свойства и применение топлив, смазочных и специальных материалов: в 2 ч. / [под ред. Спиркина В. Г., Татура И. Р.]. – М. : Российский Государственный университет нефти и газа им. Губкина И.М., 2014. – 246 с.

8. Технічний регламент щодо вимог до автомобільних бензинів, дизельного, судових та котельних палив [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/927-2013-%D0%BF>.

9. Бурячко В. Р. Автомобильные двигатели: рабочие циклы. Показатели и характеристики. Методы повышения эффективности энергопреобразования / В. Р. Бурячко, А. В. Гук. – СПб. : НПИКЦ, 2005. – 292 с.

10. Методи дослідження палив, присадок та рідин в ЄС [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.cectests.org/public/info/_g003/cec10_2194_p.pdf.

11. Всесвітня паливна хартия (World-wide fuel charter), квітень 2002 р. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://fliphtml5.com/pkir/qnxi/basic>.

12. DIN EN 590-1999 Топливо дизельное для двигателей внутреннего сгорания. Технические условия [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.gostinfo.ru/catalog/dinlist?searchString=E N+590>.

13. Топільницький П. І. Технологія первинної переробки нафти і газу : підручник / Топільницький П. І., Гринишин О. Б., Мачинський О. Я. – Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2014. – 468 с.

14. Пичугин В. Ф. Улучшение триботехнических характеристик металлических пар в дизельном топливе при введении присадки / Пичугин В. Ф., Иванова Л. В., Буров Е. А. // Химия и технология топлив и масел. - 2013. - № 4 (578). – С. 20-22.

15. Данилов А. М. Присадки к топливам как решение химмотологических проблем / Данилов А. М. // Химия и технология топлив и масел. - 2014. - №5(585). – С. 31-34.

16. Перспективы улучшения характеристик дизельного топлива с помощью новых присадок отечественного производства / Федосова М. Е., Федосов А. Е., Шишкин А. И., Ерочкин А. И., Бердников Л. А. // Нефтегазопереработка – 2014. Материалы международной научно-практической конференции, апрель 2014. – С. 53-55.

REFERENCES

1. Topilnytskyi, P. I. Golych, Yu. V. Boichenko, S. V. and Romanchuk, V. V. (2015), Zalezgnist znevodnennia naft vid yih fizyko-himichnoyi harakterystyky, *Naftogazova galuz Ukrainy*, №1, pp. 25-30.

2. Gaidai, O. O. Zubenko, S. O. Polunkin, Ye. V. and Pyliavskiy, V. S. (2017), Ecologichni ta expluataciyni harakterystyky palyva motornogo biologichnjgo E-85, *Materialy zbirnyka statei III Vseukrayinskogo zyizdu ekologiv*, Vinnutsya, pp. 308-310.

3. Boychenko, S. V., Ivanov S. V. and Burlaka, V. G. (2005), *Motornye topliva i masla dlya sovremennoy tekhniki: monografiya*, Kyiv, 216 p.

4. Tkachuk, V. V. (2014), *Otsinka yakosti svitylyh naftoproduktiv*, *Tovary i rynky*, №1, Kyiv, pp. 131-138.

5. Tkachuk, V., Rechun, O., Merezhko, N., Bozhydarnik, T. and Karavaiev, T. (2019), "Assessment of the quality of alternative fuels for gasoline engines", *Advances in Design, Simulation and Manufacturing II Proceedings of the 2nd International Conference on Design, Simulation, Manufacturing: The Innovation Exchange, DSMIE-2019*, Lutsk, pp. 871-881.

6. Tkachuk, V., Bozhydarnik, T. and Rechun, O. (2014), Problemy i perspektyvy formuvannia i rozvytku rynku biopalyv v Ukraini, *Ekonomichnyi chasopys – XXI*, Kyiv, pp. 45-48.

7. Himmotologia. Svoystva i primeneniya topliv, smazochnyh i specialnyh materialov: v dvuh chastiah, pod redaktsiye Spirкина V. G., Tatura I. R. (2014), *Rosiyskiy Gosudarstvennyi universitet nefti i gaza im. Gubkina I.M.*, Moskva, 256 p.

8. Tehnichnyi reglament shchodo vymog do avtomobilnyh benzyniv, dyzelnogo, sudnovykh ta kotelnyh palyv, available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/927-2013-%D0%BF>.

9. Buriachko, V. R. and Guk, A. V. (2005), *Avtomobilnyie dvigateli: rabochiye tsykly. Pokazateli i harakteristiki. Metody povysheniya effektivnosti energopreobrazovaniya*, Sankt-Peterburg, 292 p.

10. Metody doslidzennia palyv, prysadok ta ridyn v YeS, available at: https://www.cectests.org/public/info/_g003/cec10_2194_p.pdf.

11. Vsesvitnia palyvna hartiya (World-wide fuel charter), kviten 2002 r., available at: <http://fliphtml5.com/pkir/qnxi/basic>.

12. DIN EN 590-1999 Topливо dizelnoye dlya dvigatelei vnutrennego sgoraniya. Tehnicheskiye usloviya, available at: <http://www.gostinfo.ru/catalog/dinlist?searchString=EN+590>.

13. Topilnytskiy, P. I., Grynshyn, O. B. and Machynskiy, O. Ya. (2014), *Tehnologiya pervynnoi pererobky nafty i gazu*, Lviv, 468 p.

14. Pichugin, V. F., Ivanova, L. V. and Burov, E. A. (2013), Uluchsheniye tribotechnicheskikh harakteristik metallicheskih par v diselnom toplive pri vvadenii prysadki, *Himiya i tehnologiya topliv i masel*, vol. 4 (578), pp. 20-22.

15. Danilov, A. M. (2014), Prysadki k toplivam kak resheniye himmotologicheskikh problem, *Himiya i tehnologiya topliv i masel*, vol. 5(585), pp. 31-34.

16. Fedosova, M. Ye., Fedosov, A. Ye., Shishkin, A. I., Eroshkin, A. I. and Berdnikov, L. A. (2014), Perspektivy uluchsheniya harakteristik dizelnogo topliva s pomoshchu novykh prysadok otechestvennogo proizvodstva, *Neftegazopererabotka-2014*, Materialy Mezhdunarodnoi nauchno-praktycheskoi konferencii, aprel 2014, pp. 53-55.

Стаття надійшла до редакції 20 листопада 2019 р.