

УДОСКОНАЛЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТОВАРІВ

УДК 665.633-02 DOI: [https://doi.org/10.31617/tr.knute.2019\(32\)05](https://doi.org/10.31617/tr.knute.2019(32)05)

Ніна МЕРЕЖКО д. т. н., професор, завідувач кафедри товарознавства та митної справи Київського національного торговельно-економічного університету
E-mail: neprod2@knteu.kiev.ua
ORCID: 0000-0003-3077-9636 вул. Кіото, 19, м. Київ, 02156, Україна

Валентина ТКАЧУК к. т. н., доцент кафедри товарознавства та експертизи в митній справі Луцького національного технічного університету,
E-mail: v.tkachuk@ntu.edu.ua
ORCID: 0000-0001-5793-5227 вул. Львівська, 75,
м. Луцьк, Волинська обл., 43000, Україна

Олена ЗІНЧЕНКО начальник Центральної заводської лабораторії ПАТ "Укртатнафта"
E-mail: zinchenko-ev@ukrtatnafta.com
вул. Свіштовська, 3,
м. Кременчук, Полтавська обл., 39610, Україна

ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ БЕНЗИНІВ З БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНИМИ ДОБАВКАМИ

Проаналізовано вплив багатофункціональних добавок на покращення експлуатаційних властивостей бензинів. Для дослідження використано бензини виробництва ПАТ "Укртатнафта" та добавки з Німеччини й Італії. Визначено оптимальний склад паливно-повітряної суміші, який гарантує найбільш ефективне її згоряння.

Ключові слова: бензин, добавка, якість, експлуатаційні властивості, відпрацьовані газы.

Мережко Н., Ткачук В., Зинченко Е. Эксплуатационные свойства бензинов с многофункциональными добавками. Проанализировано влияние многофункциональных добавок на улучшение эксплуатационных свойств бензинов. Для исследования использованы бензины производства ПАО "Укртатнафта" и добавки из Германии и Италии. Определен оптимальный состав топливно-воздушной смеси, который гарантирует наиболее эффективное ее сгорание.

Ключевые слова: бензин, добавка, качество, эксплуатационные свойства, отработанные газы.

© Ніна Мережко, Валентина Ткачук, Олена Зінченко, 2019

Постановка проблеми. Нафта є найпоширенішою сировиною для виробництва палив. На сьогодні її видобуток становить понад 4 млрд т на рік. Випуск бензину від загального об'єму перероблення – 30 %. Через підвищення екологічних вимог до продуктів згорання, збільшення навантаження на двигун, швидкості, довготривалості роботи автомобілів зростають вимоги до якості бензинів.

Випуск бензинів у світі регламентується нормативними документами, одним із яких і найважливішим є Всесвітня паливна хартія (*World-wide fuel charter*), розроблена представниками світових виробників автомобілів – Асоціаціями Америки (*ААМА*), Західної Європи (*АСЕА*), Японії (*ЈАМА*) та Асоціацією виробників двигунів (*ЕМА*), підтримана асоціаціями Канади, Китаю, Кореї та Південної Африки. Цей документ передбачає доволі жорсткі вимоги до палив, необхідні для виконання міжнародних норм щодо вмісту шкідливих речовин у відпрацьованих газах двигунів [1].

Вимоги до якості сучасних автомобільних бензинів поділяють на чотири групи за властивостями, які: забезпечують нормальну роботу двигуна; зумовлені можливостями нафтопереробної промисловості; пов'язані із транспортуванням і зберіганням автомобільних бензинів; екологічні [2; 3].

Вимоги, що висувають виробники двигунів з іскровим запалюванням до експлуатаційних властивостей бензинів: спалювання бензину в суміші з повітрям у камері згорання має відбуватися з нормальною швидкістю без виникнення детонації за всіх режимів роботи двигуна в будь-яких кліматичних умовах [4]. Для задоволення цієї вимоги бензини повинні мати відповідну детонаційну стійкість, тобто здатність палива горіти без детонації. Остання виникає при швидкості поширення полум'я у двигуні в межах 1500–2500 м/с замість звичайних 20–30 м/с. У результаті різкого перепаду тиску з'являється детонаційна хвиля, яка порушує режим роботи двигуна, що призводить до перевитрати палива, зменшення потужності, перегріву двигуна, прогару поршнів і вихлопних клапанів. Ця вимога встановлює норми на детонаційну стійкість бензину. З метою покращення антидетонаційних властивостей до деяких бензинів додають антидетонаційні добавки – антидетонатори. До бензинів, що призначені для двигунів із високим ступенем стиснення, додають різні високооктанові компоненти [5; 6]. Дія антидетонаційних добавок у цій роботі не розглядається.

Для покращення експлуатаційних властивостей використовують добавки, які оптимізують процес утворення паливно-повітряної суміші та забезпечують її максимальне ефективне згорання. Результатом є зниження витрат палива та зменшення емісії шкідливих газів. Добавки ефективно захищають паливну систему автомобіля, а також паливне обладнання АЗС, нафтобаз і транспортних засобів від корозії й містять спеціальні компоненти для зниження внутрішнього тертя в моторі, які додатково допомагають знизити витрати палива та забезпечити

оптимальну роботу двигуна в різних кліматичних умовах, зокрема за низьких температур.

При виробництві сучасних автомобільних бензинів залучаються процеси, як-от: каталітичний риформінг, ізомеризація, каталітичний крекінг, алкілування [7–10]. На жаль, в Україні небагато заводів, які могли б випускати бензини та дизельні палива, що відповідали б вимогам сьогодення. Покращення експлуатаційних властивостей таких бензинів досягається введенням багатофункціональних добавок [11–13]. Окремі з них розглянуто у статті.

Саме тому використання багатофункціональних добавок до бензинів з метою покращення їхніх експлуатаційних властивостей є актуальним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Окремим аспектам функціонування нафтохімічної промисловості України присвячено праці науковців, як-от: Ю. В. Голич зі співавторами, О. О. Гайдай та ін. [14; 15]. У попередніх публікаціях нами досліджено якість та перспективи ринку світлих нафтопродуктів [16–18]. З кожним роком все важливішим стає питання використання альтернативних джерел енергії, що відображено у працях учених, які досліджували технологію виготовлення, споживні властивості біопалив, роботу двигунів внутрішнього згорання під час їх використання (С. Бойченко зі співавторами [5], Х. Нойредіні, Б. Теох, Л. Девіс Клементс [19], В. Семенов [20], В. Марченко і В. Сінько [21] та ін.).

Мета статті – дослідити вплив багатофункціональних добавок європейських виробників на експлуатаційні властивості бензину вітчизняного виробництва.

Матеріали та методи. Для проведення досліджень використано бензин виробництва ПАТ "Укртатнафта" найбільш популярних марок А-95 та А-92, які відповідають вимогам технічного регламенту та ДСТУ 7687:2015 [6; 22].

Для покращення експлуатаційних властивостей застосовано добавки *Keropur® Energy* виробництва концерну *Basf* (Німеччина) та *Chimex EP Line* – компанії *Chimex* (Італія). Добавки обох компаній є повністю синтетичними багатофункціональними пакетами і призначені для підтримання чистоти та очищення паливної системи. При додаванні добавок до бензину досліджено показники:

1. Ефективність підтримання чистоти впускної системи. Показник досліджено за одним зі стандартних методів, а саме *SEC F-05-A-93* (двигун *Daimler Chrysler V102E*) [7], який використовується для оцінки мийної дії бензинових добавок. У дослідженні моделюється переважно внутрішньоміський, отже, найбільш критичний стиль їзди, який циклічно повторюється протягом 60 год.

Під час проведення на моторному стенді порівняльного випробування двох добавок використовується той самий двигун, одна моторна олива, бензин однієї партії, близько за часом, тобто варіюється виключно тільки добавка (так званий *back-to-back-тест*) [8]. Збір і визначення рівня

відкладень у камері згоряння (*Total Combustion Chamber' Deposits TCD*) проводиться за методикою стандарту *CEC F-20-98 (Deposit Forming Tendency on Intake Valves and in Combustion Chambers of Gasoline Engines, MB 111 engine)*. Оцінка одержаних результатів має рекомендаційний характер – згідно зі Всесвітньою паливною хартією рівень приросту відкладів у камері згоряння не має перевищувати 40 % проти базового палива. Занадто велика кількість відкладень у камері згоряння двигуна може призвести до необхідності підвищення октанового числа палива (*Octane Requirement Increase ORI*), адже за таких умов двигун стане більш схильним до детонації палива. Оскільки ця умова виконується у бензинах із добавками, *TCD* вимірюється під час проведення випробування на чистоту клапанів (*IVD* тест) за стандартом *CEC F-05-A-93* і в такий спосіб одержуються важливі дані про вплив добавки на рівень відкладів у камері згоряння [1; 7; 8].

2. Зависання впускних клапанів проведено за стандартною методикою *CEC F-16-T-96 (Volkswagen, 1.9 L Wasserboxer* – опозитний 4-циліндровий двигун 1.9 л VW із системою водяного охолодження). Цей метод є тестом на наявність шкідливих побічних ефектів (*No-Harm Test*), який доводить, що застосування добавки не призводить до неприпустимого залипання стрижнів клапанів впускної системи.

При тестуванні двигун працює протягом 2.5 год і потім вночі охолоджується до 5 °С. Наступного ранку він приводиться в рух стартером, і водночас замірюється компресія в циліндрах. Якщо клапан відкривається і закривається, у циліндрі періодично створюється тиск. У тому разі, коли компресії не спостерігається, це означає, що клапан, хоч і відкривається, але не закривається знову – відбувається зависання клапана. Такі випробування проводилися циклічно протягом трьох днів, впродовж яких не виявлено проблем із компресією. Тільки в такому випадку випробування вважається пройденим і добавка отримує оцінку "*Pass*" (пройшов), в іншому – "*Fail*" (не пройшов) [7]. Застосування деяких добавок за знижених температур призводить до утворення високов'язкої плівки, внаслідок чого відбувається залипання стрижнів клапанів у напрямній клапана. З цим негативним побічним ефектом необхідно боротися ретельним підбором складу добавки із застосуванням високоякісної сировини. В іншому разі це може призвести до серйозних проблем під час реалізації та використання палива.

Метод *CEC F-05-A-93* розроблений так, щоб паливо, яке пройшло це випробування, не спричиняло виникнення проблем при експлуатації, зокрема в умовах знижених температур. Для регіонів, де можуть спостерігатися дуже низькі зимові температури, це випробування проводиться за мінусових температур (наприклад –18 °С) і в такий спосіб більш чітко моделюються реальні умови експлуатації автомобіля.

3. Корозія сталі. У Всесвітній паливній хартії (*World-wide fuel charter*) відсутні вимоги до бензинів щодо захисту від корозії металів. Проте вона може становити значну проблему, тому пакети добавок

містять високоефективні інгібітори корозії, дія яких досліджується за стандартним методом *ASTM D665 A mod.* (суміш бензин – вода, 4 год, температура 20–23 °С). У модифікації В цього стандарту застосовується солоня вода, що імітує морську. Вміст інгібітора в пакеті підбирається так, щоб при дозуванні добавок, які найчастіше застосовуються, забезпечувався достатній антикорозійний захист в більшості представлених на ринку марок бензинів. Щодо особливо критичних палив підбір величини дозування може мати вирішальне значення [4].

Результати досліджень. На першому етапі проведено дослідження експлуатаційних властивостей бензинів щодо виконання вимог із підтримки чистоти паливної системи (*табл. 1*). Базовий бензин А-95 дає величину відкладень у середньому близько 90 мг/клапан, а відкладів в камері згоряння – 1277 мг/циліндр. Для бензину А-92 зазначені параметри становлять відповідно 151 мг/клапан і 1120 мг/циліндр. Ці значення – на рівні типових результатів стандартних європейських бензинів.

При дозуванні добавки *Keropur Energy* в кількості 600 мг/кг (ppm) у бензині А-95 металеві поверхні впускних клапанів залишаються майже чистими. Відкладення на клапанах у середньому становлять усього 9 мг/клапан. При зниженні дозування до 550 мг/кг значення *IVD* несуттєво підвищуються (до 15 мг/клапан) і в такий спосіб цілком задовольняють вимоги Всесвітньої паливної хартії для палив як Категорії 2, так і Категорій 3 та 4 (менше ніж 30 мг/клапан). При зменшенні дозування добавки до 500 мг/кг відкладення становили 48 мг/клапан, що відповідає вимогам тільки Категорії 2.

Таблиця 1

**Результати випробувань ефективності добавок
за методом CEC F-05-A-93**

Добавка	Дозування, мг/кг	Бензин, марка	Відкладення	
			мг/клапан	мг/циліндр
<i>Keropur® Energy</i>	0	А-95	90	1277
	500		46	1746 (+ 37 %)
	550		15	1617 (+ 27 %)
	600		9	1554 (+ 22 %)
	0	А-92	151	1120
	550		40	1471 (+ 33 %)
600	14		1402 (+ 25 %)	
<i>Chimec EP Line</i>	0	А-95	> 150	–
	350		< 20	–
	500		< 10	–

Відкладення в камері згоряння (*TCD* тест) при оптимальному дозуванні змінюються на 27 % проти базового бензину. Отже, виконується вимога щодо обмеження приросту *TCD* – не більш як 40 %.

Аналогічні результати отримані й для бензину А-92. У цьому разі оптимально рекомендоване дозування для бензину Категорій 3 і 4 становить 600 мг/кг. Варто зазначити, що відклади, які утворюються в камері згоряння, у бензину А-92 як базового, так і з добавкою на 8–15 % менші, ніж у А-95. Водночас відкладення на клапанах *IVD* для базових палив у А-95 на 66 % менше, ніж у А-92. Для дослідження здатності добавки ефективно знижувати наявні відкладення (*Clean-up Test*) спочатку проведено 60-годинний тест із базовим бензином без добавки та зі спеціальною бензиною сумішшю, що дає значні відкладення на клапанах (так званий прогін на забруднення *Dirty-up*). Після зважування впускних клапанів і визначення кількості нагару (*IVD*), що утворився, їх без очищення ще раз монтували у двигун. Потім знову проводили 60-годинний прогін із тестованим паливом, але вже з оптимальним вмістом дозування добавки.

Під час дослідження добавок *Chimes EP Line* встановлено, що при дозуванні 350 мг/кг бензину А-95 кількість відкладів становить < 20 мг/кг, а < 10 мг/кг – при дозуванні 500 мг/кг, що відповідає вимогам Всесвітньої паливної хартії.

Пакет добавок *Keropur® ENERGY* досліджено на зависання клапанів *CEC F-16-T-96* у бензині А-95 за температури –18 °С при дозуванні 1200 мг/кг. Бензин із добавкою однозначно пройшов випробування, на всіх циліндрах спостерігалася повна компресія. Отже, не варто очікувати проблем при експлуатації автотранспорту, зокрема і зимою в умовах низьких мінусових температур, спричинених зависанням клапанів і складнощами з холодним запуском двигуна.

Результати випробувань на інгібування корозії показано в *табл. 2*. Для кількісної характеристики корозійної стійкості використано шкали *DIN* (Німеччина) та *NACE* (США).

Таблиця 2

Результати випробувань ефективності добавок на інгібування корозії

Присадка <i>Keropur® Energy</i> , мг/кг	Оцінка за шкалою		Добавка <i>Chimes EP Line</i> , мг/кг	Оцінка за шкалою	
	<i>DIN</i> *	<i>NACE</i> **		<i>DIN</i> *	<i>NACE</i> **
Бензин А-95					
0	3	Е	0	3	Е
–	–	–	500	1	В++
550	0	А	550	0	А
Бензин А-92					
0	3	Е	–	–	–
600	0	А	–	–	–

* *DIN* 51585: 0 = корозія відсутня; 1 = сліди; 2 = помірна; 3 = сильна корозія [7].

** *NACE* (% загальної повноти корозії): А = 0; В++ = 0.1 і менше; В+ = 0.1 – 5; В = 5 – 25; С = 25 – 50; D = 50 – 70; Е = 75 – 100 [7].

Базові бензини в цьому дослідженні продемонстрували високу корозійну активність. За 4 год спостерігалася сильна корозія сталі (більш як 75 % поверхні). Пакети добавок *Keropur® ENERGY* та *Chimes* ефективно запобігали процесам корозії. При рекомендованому дозуванні 550 і 600 мг/кг добавки *Keropur® ENERGY* та 500 і 550 мг/кг добавки *Chimes EP Line* для бензину А-95 повністю відсутні сліди корозійного впливу.

Результати випробувань щодо ефективності застосування добавок для зниження емісії шкідливих речовин наведено в табл. 3.

Таблиця 3

Вплив добавок на зниження емісії шкідливих речовин

Шкідлива речовина	Зниження емісії, %	
	<i>Keropur® ENERGY</i>	<i>Chimes EP Line</i>
Вуглеводні, які не згоріли	20	21
CO	24	23
NO _x	13	14
CO ₂	4	5

Застосування добавок для зниження емісії шкідливих речовин уможливорює значно знизити рівень їх викидів у відпрацьованих газах – вуглеводнів, які не згоріли (HC), чадного газу (CO) й оксидів азоту (NO_x), а також до 4–5 % зменшити витрату бензину і, відповідно, виділення вуглекислого ("парникового") газу CO₂ [11; 23].

Висновки. Результати досліджень засвідчили ефективну роботу двигуна автомобіля, гарантуючи виконання вимог стандартів "Євро-5" при використанні поліфункціональних добавок *Keropur® ENERGY* (компанія *BASF*) і *Chimes EP Line* (компанія *Chimes*).

Оптимальна витрата добавок *Keropur® ENERGY* та *Chimes EP Line* становить відповідно 600 і 550 мг/кг. За ринкової ціни на добавку *Keropur® ENERGY* 2920 €/т та на *Chimes EP Line* 3120 €/т збільшення собівартості бензину становитиме відповідно 1.752 та 1.716 €/т, що є виправданим, враховуючи суттєве покращення їхніх експлуатаційних властивостей.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. World-wide fuel charter 2002. URL: <http://fliphtml5.com/pkir/qnxi/basic>.
2. Бойченко С. В., Пушак А. П., Топільницький П. І., Лейда К. Моторні палива: властивості та якість: підручник. Київ: Центр учбової літератури, 2017. 324 с.
3. Бурячко В. Р., Гук А. В. Автомобильные двигатели: Рабочие циклы. Показатели и характеристики. Методы повышения эффективности энергопреобразования. СПб.: НППКЦ, 2005. 292 с.
4. ASTM D 665 A mod. Standard Test Method for Rust-Preventing Characteristics of Inhibited Mineral Oil in the Presence of Water. URL: <http://ppapco.ir/wp-content/uploads/2019/07/ASTM-D665-2014.pdf>.

5. Бойченко С. В., Іванов С. В., Бурлака В. Г. Моторні палива і масла для сучасної техніки: монографія. Київ: НАУ, 2005. 216 с.
6. ДСТУ 7687:2015. Бензини автомобільні Євро. Технічні умови. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=62187.
7. Методи дослідження палив, присадок та рідин в ЄС. URL: https://www.cectests.org/public/info/_g003/cec10_2194_p.pdf.
8. Zinchenko O., Topilnytskyy P., Romanchuk V. Equipment of PJSC "Ukratnafta" laboratories in the aspect of the quality of petroleum products: monografia; pod red. nauk. Kazimierza Lejdy. *Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej*. 2018. N 14. Seria: Transport. P. 135-140.
9. Башкатова С. Т., Гришина И. Н., Смирнова Л. А., Колесников И. М., Винокуров В. А. О механизме действия присадок в топливных дисперсных системах. *Химия и технология топлив и масел*. 2009. № 5 (555). С. 11-14.
10. Капустин В. М., Рудин М. Г. Химия и технология переработки нефти. М.: Химия, 2013. 496 с.
11. Топільницький П. І., Гринишин О. Б., Лазорко О. І., Романчук В. В. Фізико-хімічні та експлуатаційні властивості товарних нафтопродуктів: навч. посіб. Львів: Вид-во Львівської політехніки, 2015. 248 с.
12. Загидуллин Р. Н., Идрисов В. А., Дмитриева Т. Г., Гильмутдинов А. Т. Пакет присадок к альтернативным автомобильным топливам. *Химия и технология топлив и масел*. 2011. № 3 (565). С. 15-17.
13. Данилов А. М. Присадки к топливам как решение химмотологических проблем. *Химия и технология топлив и масел*. 2014. № 5 (585). С. 31-34.
14. Голич Ю. В., Бойченко С. В., Топільницький П. І., Романчук В. В. Залежність зневоднення нафт від їх фізико-хімічної характеристики. *Нафтогазова галузь України*. 2015. № 1. С. 25-30.
15. Гайдай О. О., Зубенко С. О., Полункін Є. В., Пилявський В. С. Екологічні та експлуатаційні характеристики палива моторного біологічного Е-85. Матеріали збірника наукових статей III Всеукраїнського з'їзду екологів. Вінниця: ВНТУ, 2011. С. 308-310.
16. Ткачук В. В. Товарознавча оцінка бензинів, що реалізуються на ринку м. Луцька. *Товарознавчий вісник. Збірник наукових праць*. 2013. Вип. 6. С. 125-130.
17. Ткачук В. В. Оцінка якості світлих нафтопродуктів. *Міжнар. наук.-практ. журн. "Товари і ринки"*. 2014. № 1 (17). С. 131-138.
18. Tkachuk V., Rechun O., Merezhko N., Bozhydarnik T., Karavaiev T. Assessment of the quality of alternative fuels for gasoline engines. *Advances in Design, Simulation and Manufacturing. Proceedings of the 2nd International Conference on Design, Simulation, Manufacturing: The Innovation Exchange, DSMIE-2019, June 11-14 2019. Lutsk, 2019. P. 871-881.*
19. Neoureddini H., Teoh B. C., Davis Clements L. Viscosities of Vegetable Oils and Fatty Acids. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 1992. Vol. 69. N 12. P. 189-191.
20. Семенов В. Г. Гармонізація національного стандарту на біодизельне паливо до європейського та американського стандартів. Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції "Проблеми хімітології" (15-19 травня 2006 р.). Київ, 2006. С. 119-121.
21. Марченко В., Сінько В. Ефективність та доцільність використання біодизельного палива в Україні. *Пропозиція*. 2005. № 10. С. 36-39.

22. Технічний регламент щодо вимог до автомобільних бензинів, дизельного, суднових та котельних палив. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/927-2013-%D0%BF>.
23. Запорожець О. І., Бойченко С. В., Матвєєва О. Л., Шаманський С. Й., Дмитруха Т. І., Маджд С. М. Транспортна екологія: навч. посіб.; за заг. ред. С. В. Бойченка. Київ: Центр учбової літератури, 2017. 508 с.

Стаття надійшла до редакції 18.10.2019.

Merezhko N., Tkachuk V., Zinchenko O. Operational properties of gasoline with multifunctional additives.

Background. Due to the increased environmental requirements for combustion products, increased load on the engine, speed, longevity of cars, requirements for the quality of gasoline are increasing.

During the production of modern motor gasoline such processes are involved as: catalytic reforming, isomerization, catalytic cracking and alkylation. Unfortunately, there are not many factories in Ukraine that could produce gasoline and diesel fuel that would meet the requirements of today. Improving the performance of such gasoline is achieved by the introduction of multifunctional additives. Some of them are discussed in the article.

The aim of the article is to investigate the influence of multifunctional additives of European manufacturers on the operational properties of gasoline of domestic production.

Materials and methods. The research used gasoline produced by Ukratnafta, the most popular brands A-95 and A-92, which meet the requirements of technical regulations and SSTU 7687: 2015.

Keropur® Energy (BASF, Germany) and *Chimec EP Line (Chimec, Italy)* synthetic additives were used to maintain cleanliness and purification of the fuel system to improve performance.

When adding additives to gasoline, the following parameters were investigated: efficiency of maintaining the purity of the intake system according to the standard method of SES F-05-A-93, suspension of the inlet valves – according to SES F-16-T-96, corrosion of steel – for ASTM D 665 A mod.

Results. When dosing of 600 mg/kg (ppm) of *Keropur® Energy* in A-95 gasoline, the metal surfaces of the intake valves remain virtually clean. The deposits on the valves average 9 mg/valve. Similar results were obtained for gasoline A-92. The optimum recommended dosage for Category 3 and 4 gasoline is 600 mg/kg.

In the study of *Chimec EP Line* additives it was found that at a dosage of 350 mg/kg of gasoline A-95 the amount of deposits is < 20 mg/kg, and at a dosage of 500 mg/kg the amount of deposits is < 10 mg/kg, which meets the requirements of the World Fuel Charter.

The *Keropur® ENERGY* additive package was tested for hang-ups of SES F-16-T-96 valves in A-95 gasoline at –18 °C at a dosage of 1200 mg/kg. Gasoline with the additive was uniquely tested, all cylinders were fully compressed.

Keropur® ENERGY and *Chimec A-95* gasoline packs effectively prevented corrosion processes.

The use of additives to reduce the emission of harmful substances can significantly reduce the level of emissions of harmful substances in the exhaust gases – hydrocarbons, which are not burned (HC), carbon monoxide (CO) and nitrogen oxides (NOx), as well as to 4–5 % and reduce gasoline consumption respectively the evolution of carbon dioxide ("greenhouse") CO₂.

Conclusion. The results of the studies testify to the efficient operation of the car engine, ensuring that the requirements of the Euro-5 standards are fulfilled when using *Keropur® ENERGY* and *Chimec EP Line* multifunctional additives.

The optimal consumption of *Keropur® ENERGY* and *Chimec EP Line* supplements is 600 and 550 mg/kg respectively. At the market price of *Keropur® ENERGY* 2920 €/t and *Chimec EP Line* 3120 €/t, the increase in the cost of gasoline will be 1.752 and 1.716 €/t, respectively, which is justified, given the significant improvement in their performance.

Keywords: gasoline, additive, quality, operational properties, exhaust gas.

REFERENCES

1. World-wide fuel charter. (2002). Retrieved from <http://fliphtml5.com/pkir/qnxi/basic> [in English].
2. Bojchenko, S. V., Pushak, A. P., Topil'nyč'kyj, P. I., & Lejda, K. (2017). *Motorni palyva: vlastyvoſty ta jakist'* [Motor fuels: properties and quality]. Kyi'v: Centr uchbovoi' literatury [in Ukrainian].
3. Burjachko V. R., & Guk A. V. (2005). *Avtomobil'nye dvigateli: Rabochie cikly. Pokazateli i harakteristiki. Metody povyšhenija jeffektivnosti jenergo-preobrazovanija* [Car engines: Working cycles. Indicators and characteristics. Methods to improve energy conversion efficiency]. Saint Petersburg: NPIKC [in Russian].
4. ASTM D 665 A mod. Standard Test Method for Rust-Preventing Characteristics of Inhibited Mineral Oil in the Presence of Water. Retrieved from <http://ppapco.ir/wp-content/uploads/2019/07/ASTM-D665-2014.pdf> [in English].
5. Bojchenko, S. V., Ivanov, S. V., & Burlaka, V. G. (2005). *Motorni palyva i masla dlja suchasnoi' tehniky* [Motor fuels and oils for modern technology]. Kyi'v: NAU [in Ukrainian].
6. Benzyny avtomobil'ni Jevro. Tehnichni umovy [Gasoline automobile Euro. Specifications]. (2015). *DSTU 7687:2015*. Retrieved from http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=62187 [in Ukrainian].
7. *Metody doslidzhennja palyv, prysadok ta ridyn v JeS* [Research methods for fuels, additives and liquids in the EU]. Retrieved from https://www.cectests.org/public/info/_g003/cec10_2194_p.pdf [in Ukrainian].
8. Zinchenko, O., Topilnytskyj, P., & Romanchuk, V. (2018). Equipment of PJSC "Ukratnafta" laboratories in the aspect of the quality of petroleum products. K. Lejda (Eds.). *Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, 14. Seria: Transport*. Rzeszów [in English].
9. Bashkatova, S. T., Grishina, I. N., Smirnova, L. A., Kolesnikov, I. M., & Vinokurov, V. A. (2009). *O mehanizme dejstvija prysadok v toplivnyh dispersnyh sistemah* [On the mechanism of action of additives in fuel disperse systems]. *Himija i tehnologija topliv i masel – Chemistry and technology of fuels and oils, 5 (555)*, 11-14 [in Russian].
10. Kapustin, V. M., & Rudin, M. G. (2013). *Himija i tehnologija pererabotki nefti* [Chemistry and oil refining technology]. Moscow: Himija [in Russian].
11. Topil'nic'kij, P. I., Grinishin, O. B., Lazorko, O. I., & Romanchuk, V. V. (2015). *Fiziko-himichni ta ekspluatacijni vlastyvoſty tovarnih naftoproduktiv* [Physico-chemical and operational properties of commodity petroleum products]. L'viv: Vidavnicтво L'vivs'koï politehniky [in Ukrainian].
12. Zagidullin, R. N., Idrisov, V. A., Dmitrieva, T. G., & Gil'mutdinov, A. T. (2011). *Paket prysadok k al'ternativnym avtomobil'nym toplivam* [Alternative car fuel additive package]. *Himija i tehnologija topliv i masel – Chemistry and technology of fuels and oils, 3 (565)*, 15-17 [in Russian].
13. Danilov, A. M. (2014). *Prisadki k toplivam kak reshenie himmotologicheskikh problem* [Additives to fuels as a solution to chemical problems]. *Himija i tehnologija topliv i masel – Chemistry and technology of fuels and oils, 5 (585)*, 31-34 [in Russian].

14. Golych, Ju. V., Bojchenko, S. V., Topil'nyč'kyj, P. I., & Romanchuk, V. V. (2015). Zalezhnist' znevodnennja naft vid i'h fizyko-himichnoi' harakterystyky [Dependence of oil dehydration on its physical and chemical characteristics]. *Naftogazova galuz' Ukrainy – Oil and gas industry of Ukraine, 1*, 25-30 [in Ukrainian].
15. Gajdaj, O. O., Zubenko, S. O., Polunkin, Je. V., & Pyljavs'kyj, V. S. (2011). Ekologichni ta ekspluatacijni harakterystyky palyva motornogo biologichnogo E-85 [Environmental and operational characteristics of fuel biological motor E-85]. *Proceedings of the zbirnyka naukovykh statej III Vseukrai'ns'kogo z'izdu ekologiv – Proceedings of the collection of scientific articles of the Third All-Ukrainian Congress of Ecologists*. (pp. 308-310). Vinnycja: VNTU [in Ukrainian].
16. Tkachuk, V. V. (2013). Tovaroznavcha ocinka benzyniv, shho realizujut'sja na rynku m. Luc'ka [Commodity evaluation of gasoline sold on the market in Lutsk]. *Tovaroznavchij visnyk – Merchandise Bulletin*. (Iss. 6), (pp. 125-130) [in Ukrainian].
17. Tkachuk, V. V. (2014). Ocinka jakosti svitlyh naftoproduktiv [Evaluation of the quality of light petroleum products]. *Mizhnarodnyj nauково-praktychnyj zhurnal "Tovary i rynky" – International scientific and practical journal "Commodities and Markets"*, 1 (17), 131-138 [in Ukrainian].
18. Tkachuk, V., Rechun, O., Merezhko, N., Bozhydarnik, T., & Karavaiev T. (2019). Assessment of the quality of alternative fuels for gasoline engines. *Advances in Design, Simulation and Manufacturing. Proceedings of the 2nd International Conference on Design, Simulation, Manufacturing: The Innovation Exchange*. (pp. 871-881). Lutsk, Ukraine [in English].
19. Neoureddini, H., Teoh, B. C., Davis Clements, L. (1992). Viscosities of Vegetable Oils and Fatty Acids. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. (Vol. 69), 12, 189-191 [in English].
20. Semenov, V. G. (2006). Garmonizacija nacional'nogo standartu na biodyzel'ne palyvo do jevropejs'kogo ta amerykans'kogo standartiv [Harmonization of national standard for biodiesel to European and American standards]. *Proceedings of the Mizhnarodna nauково-tehnichna konferencija "Problemy himmitologii" – International Scientific and Technical Conference "Problems of Chemistry"*. (pp. 119-121). Kyi'v [in Ukrainian].
21. Marchenko, V., & Sin'ko, V. (2005). Efektyvnist' ta docil'nist' vykorystannja biodyzel'nogo palyva v Ukrai'ni [Efficiency and feasibility of using biodiesel in Ukraine]. *Propozycja – Offer, 10*, 36-39 [in Ukrainian].
22. Tehnichnyj reglament shhodo vymog do avtomobil'nyh benzyniv, dyzel'nogo, sudnovykh ta kotel'nyh palyv [Technical regulation on requirements for gasoline, diesel, marine and boiler fuels]. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/927-2013-%D0%BF> [in Ukrainian].
23. Zaporozhec', O. I., Bojchenko, S. V., Matyjejeva, O. L., Shamans'kyj, S. J., Dmytruha, T. I., & Madzhd, S. M. (2017). Transportna ekologija [Transport ecology]. S. V. Boychenko (Ed.). Kyi'v: Centr uchbovoi' literatury [in Ukrainian].