

О.Є. Нілов<sup>1</sup>, В.В. Ващенко<sup>1</sup>, З.С. Сірко<sup>1</sup>, М.М. Толстушко<sup>2</sup>, Н.О. Толстушко<sup>2</sup>

Український державний науково-дослідний інститут "Ресурс"<sup>1</sup>  
Луцький національний технічний університет<sup>2</sup>

## ЗБЕРЕЖЕННЯ ЯКОСТІ БЕНЗИНУ АВТОМОБІЛЬНОГО В УМОВАХ ДОВГОТРИВАЛОГО ЗБЕРІГАННЯ

У статті висвітлені питання, пов'язані з дослідженнями якості автомобільного бензину під час довготривалого зберігання. Зазначено, що Україна володіє незначними запасами нафтопродуктів, зокрема бензинів. Тому необхідно створювати мінімальні запаси, як це практикується у розвинених країнах. Досить актуальним є збереження якісних показників бензину під час довготривалого зберігання та екологічної безпеки під час їх транспортування і зберігання. Показано, що на фізико-хімічні показники бензину під час довготривалого зберігання діє багато факторів: взаємодія з конструкційними матеріалами резервуарів, вплив зовнішніх факторів, умови зберігання та транспортування тощо. Тому важливо провести випробування бензину автомобільного після довготривалого зберігання на відповідність його якісних показників вимогам стандарту.

**Ключові слова:** бензин автомобільний, довготривале зберігання, фізико-хімічні перетворення, умови зберігання та транспортування, зміна якісних показників бензину.

O. Nilov, V. Vashchenko, Z. Sirko, M. Tolstushko, N. Tolstushko

## PRESERVATION OF THE QUALITY OF AUTOMOTIVE GASOLINE DURING LONG-TERM STORAGE

The article highlights issues related to studies of the quality of automotive gasoline during long-term storage. It is noted that Ukraine has small reserves of petroleum products, in particular gasoline. Therefore, it is necessary to create minimal reserves, as is practiced in developed countries. The preservation of the quality indicators of gasoline during long-term storage and environmental safety during their transportation and storage is quite relevant. It has been shown that many factors affect the physicochemical parameters of gasoline during long-term storage: interaction with the structural materials of tanks, the influence of external factors, storage and transportation conditions, etc. Therefore, it is important to test automobile gasoline after long-term storage for compliance of its quality parameters with the requirements of the standard.

**Keywords:** automobile gasoline, long-term storage, physicochemical transformations, storage and transportation conditions, change in gasoline quality parameters.

**Постановка проблеми.** Україна володіє незначними запасами нафтопродуктів, які необхідні для безперебійного функціонування народного господарства. З метою забезпечення достатньої кількості нафтопродуктів, необхідних для нормальної роботи, значна їх кількість імпортується. Для запобігання наслідків можливої нестачі нафтопродуктів, необхідно створювати мінімальні запаси. Досить актуальним є збереження якості палив під час довготривалого зберігання та екологічної безпеки під час їх транспортування і зберігання. Ефективність використання автомобільного бензину пов'язана з можливістю регулювання фізико-хімічних процесів, що протікають під час взаємодії з конструкційними матеріалами та зовнішнім середовищем під час його транспортування та довготривалого зберігання. Вплив зовнішніх факторів може призвести до таких процесів як кристалізація, поглинання вологи, випаровування і утворення забруднень. Також спостерігається фізико-хімічні перетворення такі як окиснення, конденсація, полімеризація та деструкція. Названі процеси викликають зворотні та незворотні зміни якості бензину та матеріалів, з якими він контактує. Автомобільний бензин, що призначений для довготривалого зберігання, повинен мати спеціальні характеристики, які зможуть забезпечити зменшення втрат під час довготривалого зберігання та збереження показників якості.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Відповідно до Директиви 2009/119/ЄС у розвинених країнах створюються мінімальні запаси нафтопродуктів. До цих країн відноситься і Україна, яка взяла на себе зобов'язання створити такі запаси [1-3]. До палив, що входять до державної системи запасів нафтопродуктів, відноситься автомобільний бензин. Він повинен відповідати вимогам «Технічного регламенту щодо вимог до автомобільних бензинів, дизельного, суднових та котельних палив» [4] та ДСТУ 7687:2015 «Бензини автомобільні Євро. Технічні умови» [5]. З метою довготривалого зберігання бензин також повинен відповідати вимогам ДСТУ 8704:2017 «Бензини автомобільні довготривалого зберігання. Технічні умови» [6]. Цим стандартом встановлено гарантійний термін зберігання – три роки з моменту виробництва.

Вміст продуктів каталітичних процесів переробки нафти призводить до вмісту легко кип'ячих компонентів. Саме вони складають основну частину компонентів, що втрачається і їхня більшість знаходиться у бензині [7, 8]. Зміна якості палива під час довготривалого зберігання обумовлена

фізико-хімічними процесами, які протікають з різною швидкістю і залежать від вуглеводневого складу бензину, зовнішніх факторів, рівня заповнення резервуарів, присадок та технології зберігання [9-12].

**Постановка завдань.** Мета дослідження – збереження показників якості та забезпечення придатності бензину протягом всього терміну довготривалого зберігання.

**Викладення основного матеріалу.** Автомобільні бензини, призначені для формування запасів державного матеріального резерву, повинні мати спеціальні характеристики, що забезпечують:

а) зменшення процесів окиснення та осмолення під час довготривалого зберігання.

Вміст ненасичених вуглеводнів має бути мінімальним, а вміст оксигенатних сполук, які спричиняють швидке окиснення (за винятком етерів C<sub>5</sub> і вище), взагалі повинен бути відсутнім, тобто меншим ніж 0,17% згідно ДСТУ EN 1601 або меншим ніж 0,20% згідно ДСТУ 7683. Крім того, бензини довготривалого зберігання повинні характеризуватися значно вищим значенням показника «Стабільність до окиснення (індукційний період)», ніж звичайні бензини;

б) зменшення природного убутку під час довготривалого зберігання.

У таких бензинах значення верхньої межі тиску насиченої пари має бути нижче, ніж у бензинах для поточного застосування, а за фракційним складом вони мають бути більш важкими;

в) збереження показників якості протягом визначеного гарантійного строку.

Сучасні технології виготовлення автомобільних бензинів передбачають введення до їх складу великого спектру присадок/пакетів присадок, термін збереження властивостей більшості з яких, як правило, обмежений гарантійним терміном бензинів. Присадки з часом схильні до розкладання та леткості, що призводить до можливого розшарування продукту та погіршення фізико-хімічних показників. Тому вважається, що бензини, призначені для довготривалого зберігання, не повинні містити у своєму складі присадок і добавок, окрім антиокиснювальних.

УкрНДІ «Ресурс» проведені дослідження автомобільного бензину А-92-Євро5-Е5 згідно ДСТУ 7687:2015, що вироблений ПАТ «Укртатнафта» у серпні 2019 р., який містив багатофункціональний пакет присадок марки Keropur® Energi концерну BASF з миючими властивостями у кількості 0,055±0.0055% (мас). Автомобільний бензин зберігався у заглибленому траншейному сталевому резервуарі РТС-5000. Дослідження проводилися в рамках періодичного контролю протягом життєвого циклу автомобільного бензину, а саме 2 роки. Методи випробувань автомобільного бензину А-92-Євро5-Е5 наведені у табл. 1.

Табл. 1

**Методи випробувань автомобільного бензину А-92-Євро5-Е5**

№ п/п	Показники	Методи випробувань
1	Показники здатності до збереження	
1.1	Стійкість до окиснення	ДСТУ 7685:2015
1.2	Масова частка кисневих сполук	ДСТУ EN 13132:2012
1.3	Масова частка кисню	ДСТУ EN 13132:2012
2	Показники випарності	
2.1	Характеристика температури фракційного складу	ГОСТ 2177-99
2.2	Тиск насиченої пари	ДСТУ 4160:2003
2.3	Залишок у колбі	ГОСТ 2177-99
3	Показники горючості	
3.1	Октанове число, моторний метод	ДСТУ 8736:2017
3.2	Октанове число, дослідницький метод	ДСТУ 8737:2017
3.3	Об'ємна частка бензолу	ДСТУ EN 12177
3.4	Об'ємна частка ароматичних вуглеводнів	ДСТУ 7686:2015
4	Показники схильності до утворення відкладень	
4.1	Концентрація смол (фактичних)	ДСТУ ГОСТ 1567

Швидкість та характер фізико-хімічних перетворень під час зберігання, транспортування та застосування автомобільного бензину визначали за формулою:

$$W_{\text{ф.х.п.}} = f(E_x; \Phi_m; \Phi_y; \Phi_k) \quad (1)$$

де  $W_{\text{ф.х.п.}}$  – швидкість фізико-хімічного процесу, що визначається кількістю речовини (паливного, горючої суміші тощо, що руйнується);

© О.Є. Нілов, В.В. Ващенко, З.С. Сірко, М.М. Толстушко, Н.О. Толстушко

$E_x$  – характеристики експлуатаційної властивості;

$\Phi_m$  – фактори механізму процесу;

$\Phi_y$  – параметри умовного розвитку процесу;

$\Phi_k$  – конструктивні параметри системи, в якій протікають фізико-хімічні перетворення.

Експериментальні дослідження показали, що для характеристики зміни швидкості процесу можна використовувати наступні емпіричні залежності:

$$W_k = f(E_x; \Phi_y) \text{ при } \Phi_k = const; \quad (2)$$

$$W_k = f(E_x; \Phi_k) \text{ при } \Phi_y = const. \quad (3)$$

Випробування показників здатності бензину до збереження проводили у акредитованому випробувальному центрі паливно-мастильних матеріалів (м. Київ). Результати випробувань наведені у табл. 2.

Табл. 2

**Результати випробувань автомобільного бензину А-92-Євро5-Е5**

№ з/п	Показник	Одиниця виміру	Значення за ДСТУ	Паспорт якості виробника	Протокол від 04.10.19	Протокол від 26.03.20	Протокол від 02.06.21	Протокол від 18.10.21
1	Октанове число за дослідним методом		92	92,2	93,3	94	92,2	92
2	Октанове число за моторним методом		82,5	84	84	84	84	85,4
3	Тиск насиченої пари	кПа	45-80	63,5	60,6	60,5	61,3	57,8
4	Фракційний склад - за температури 70°C випаровується, у межах	% (об.)	20,0 -50,0	34	35	39	37	37
	- за температури 100°C випаровується, у межах	% (об.)	46,0 - 71,0	55	56	59	58	56
	- за температури 150°C випаровується, не менше	% (об.)	75	83	86	85	86	86
	Температура викіпання, не вище	°C	210	194	193	193	191	188
	Залишок у колбі, не більше	%	2	1,1	1,3	1,5	1,4	0,5
5	Об'ємна частка вуглеводнів, не більше: - олефінових	%	18	3,162	2,9	3,3	3	3
	- ароматичних	%	35	31,589	31,8	31,2	32	32,4
6	Об'ємна частка бензолу, не більше	%	1	0,691	0,72	0,73	0,76	0,7
7	Об'ємна частка кисню, не більше	%	2,7	1,78	1,52	1,67	1,66	1,65
8	Об'ємна частка етерів (C5 і вище), не більше:	%	15	9,77	8,4	9,1	9,1	9,1
	- інші кисневмісні сполуки з темп. кінця кипіння не вище 200°C	%	10	відсутн.	відсутн.	відсутн.	відсутн.	відсутн.
9	Стабільність до окиснення (індукційний період), не менше	хв.	360,0	більше 1200	1460	1460	більше 1200	1460
10	Концентрація фактичних смола промитих розчинником мг/100 см <sup>3</sup> , не більше	мг/100 см <sup>3</sup>	5,0	1,2	0	1	менше 1	менше 1

Вивчення та визначення виду залежностей (2) і (3) на основі експериментальних досліджень дають наукові основи для розробки методів оцінки та контролю якості автомобільного бензину, а

також методів прогнозування їх поведінки під час зберігання, транспортування та застосування. Основним завданням досліджень, пов'язаних із застосуванням бензину автомобільного, є виявлення зв'язків між процесами що відбуваються та зміною властивостей палива, на основі яких виявляється можливість розробки науково-обґрунтованих вимог до показників якості бензину та визначення шляхів покращення його якості.

#### **Висновки.**

1. Протягом усього часу зберігання автомобільного бензину А-92-Євро5-Е5 відбулися незначні зміни показників якості палива, що не досягли критичних показників та знаходяться у межах відповідності ДСТУ 7687:2015.

2. Запас якості автомобільного бензину, що досліджувався, дозволяє його зберігати протягом гарантійного терміну – 3 роки від дати виготовлення.

3. Для закладання на довготривале зберігання автомобільний бензин повинен відповідати вимогам ДСТУ 8704:2017. «Бензини автомобільні довготривалого зберігання. Технічні умови» (зі зміною № 1). Особливі вимоги мають бути встановлені до наступних фізико-хімічних показників:

– тиск насиченої пари бензинів довготривалого зберігання не повинний перевищувати 66,7 кПа;

– бензини довготривалого зберігання повинні мати стабільність до окиснення (індукційний період) не менше ніж 1200 хв.;

– не допускається вміст кисневмісних сполук (метанолу, (біо)етанолу, ізопропілового, ізобутилового, третбутилового спиртів та інших кисневмісних сполук з температурою кінця кипіння не вище ніж 210°C, крім етерів C5 і вище.

4. Використання багатофункціонального пакету присадок марки Keropur® Energi не призвело до погіршення показників якості бензинів та їх експлуатаційних характеристик, а також до розшарування продукту з плином часу. Використання інших присадок/пакетів присадок має бути підтверджено результатами випробувань протягом гарантійного терміну.

#### **Список використаних джерел**

1. Рябцев Г.Л. Основні підходи до формування в Україні запасів нафти і нафтопродуктів відповідно до вимог Європейського енергетичного співтовариства. Вісник Національної академії державного управління при Президентіві України. 2015. № 1. С. 107-112.

2. Директива 2009/119/ЄС Ради від 14 вересня 2009 р. стосовно накладення на держав членів ЄС зобов'язання щодо підтримки мінімальних запасів сирої нафти та/або нафтопродуктів. 2009. URL:<http://old.minjust.gov.ua> (дата звернення 07.04.2025).

3. Потєтєєва М.В. Мобілізаційний резерв як складова системи забезпечення безпеки держави. Social development Security. 2018. № 3. С. 66-75. <http://doi.org/10.5281/zenodo.1403775>.

4. Технічний регламент щодо вимог до автомобільних бензинів, дизельного суднових та котельних палив, затверджений Постановою Кабінету Міністрів України від 1 серпня 2013 р. № 927. 2013. URL:<http://zakon1.rada.gov.ua> (дата звернення 07.04.2025).

5. ДСТУ 7687:2015. Бензини автомобільні Євро. Технічні умови. Київ. Дата введення 2016-01-01.

6. ДСТУ 8704:2017. Бензини автомобільні довготривалого зберігання. Технічні умови. Київ. Дата введення 2017-09-01.

7. Бойченко С.В., Шутко В.М., Чернобаєва Н.А. Визначення факторів, що впливають на величину втрат легких вуглеводнів від випаровування з бензинів у резервуарах сталевих. Наукоємні технології. 2014. № 2. С. 236-239.

8. Бойченко О.В. Моніторинг природних втрат палив при зберіганні та застосування сорбентів для їх зменшення: автореф. дис. канд. техн. наук. Київ: НАУ, 2001. 21 с.

9. Матвєєва О.Л. Зміна якості вуглеводневих палив для газотурбінних двигунів в умовах життєвого циклу. Системи обробки інформації. 2013. № 1. С. 97-100.

10. Бойченко С.В., Калмикова Н.Г. Причинно-наслідковий аналіз втрат нафтопродуктів у резервуарному парку. Наукоємні технології. 2020. Вип. 46.2. С. 218-235. <http://doi.org/10.18372/2310-5461.46.14810>.

11. Matvyeyeva O., Vovk Yu., Nilov O. Microbiological contamination of motor fuels: analysis and identification in fuelling companies. Proceedings of the National Aviation University. 2021. № 86 (1). p. 43-56 <http://doi.org/10.18372/2306-1472.86.15444>.

12. Вязніцев Ю.В., Лісафін Д.В. Дослідження зміни фізико-хімічних властивостей авто бензинів під час довготривалого зберігання. Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. 2004. № 2. С. 70-74.

**Рецензент:** Шимчук Сергій Петрович, кандидат технічних наук, доцент кафедри галузевого машинобудування Луцького національного технічного університету.