

# ЗАСТОСУВАННЯ ПОЛІФУНКЦІОНАЛЬНОЇ МИЮЧЕ-ДИСПЕРГУЮЧОЇ ПРИСАДКИ ДО ПАЛИВА ЯК ЗАСІБ ЗМЕНШЕННЯ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ НА ДОВКІЛЛЯ

I.ROIK, E.KOFANOVA, A.VASYLKEVYCH, N.STEPANOV

## THE USAGE OF POLYFUNCTIONAL DETERGENT-DISPERSANT ADDITIVES FOR FUEL AS A METHOD OF REDUCING NEGATIVE ENVIRONMENTAL IMPACT

**Анотація.** У статті наведено норми токсичності викидів автотранспортних засобів, що діють на території Євросоюзу і України; проаналізовано вплив використання палива низької якості на експлуатаційно-технічні і екологічні показники роботи двигуна внутрішнього згорання. Досліджено застосування поліфункціональної миюче-диспергуючої присадки до вуглеводневого палива з метою зменшення негативного впливу на довкілля. Зроблено висновки щодо перспективності використання поліфункціональних присадок до палива, що дозволить, по-перше, зменшити питомі витрати палива, а по-друге, збільшити повноту його згорання та знизити концентрації шкідливих речовин у відпрацьованих газах автомобіля. Встановлено, що застосування миюче-диспергуючої присадки дозволяє підтримувати максимальну потужність двигуна пропорційно ступеню його зносу, видаляти воду, що накопичилася в паливному баку автомобіля, скоротити витрати на обслуговування та ремонт паливної апаратури двигуна.

**Ключові слова:** паливо, автомобільні бензини, миюче-диспергуючі присадки, викиди відпрацьованих газів, парниковий ефект.

**Анотация.** В статье приведены нормы токсичности выбросов автотранспортных средств, действующие на территории Евросоюза и Украины, проанализировано влияние использования топлива низкого качества на эксплуатационно-технические и экологические показатели работы двигателя внутреннего сгорания. Исследовано применение полифункциональной моюще-диспергирующей присадки к углеводородному топливу с целью уменьшения негативного влияния на окружающую среду. Сделаны выводы о перспективности использования полифункциональных присадок к топливу, что позволит, во-первых, уменьшить удельный расход топлива, а во-вторых, увеличить полноту его сгорания и снизить концентрации вредных веществ в выхлопных газах автомобиля. Установлено, что применение моюще-диспергирующей присадки позволяет поддерживать максимальную мощность двигателя пропорционально степени его износа, удалять воду, накопившуюся в топливном баке автомобиля; сократить затраты на обслуживание и ремонт топливной аппаратуры двигателя.

**Ключевые слова:** топливо, автомобильные бензины, моюще-диспергирующие присадки, выбросы отработанных газов, парниковый эффект.

**Annotation.** The article deals with the exhaust emissions standards for automobile. The analysis of usage of low quality fuel on technical and environmental characteristics of internal combustion engine has been made. The effect of reducing environmental impact of using detergent-dispersant additives for hydrocarbon fuels was studied. It was set that multifunctional additives for fuels reduce the fuel consumption. Besides, they increase the completeness of fuel combustion and reduce the concentration of pollutants in automobile exhaust gases. Usage of detergent-dispersant additives also helps to maintain maximum engine power in proportion to its degree of wear, remove water accumulated in the fuel tank, and reduce the cost of repair of fuel equipment of engine.

**Key words:** fuel, gasoline, detergent-dispersant additives, exhaust emissions, greenhouse effect

### Вступ

У зв'язку із складностями переходу людства до концепції антропоцентризму на сьогодні спостерігається неефективне використання природних ресурсів, що, у свою чергу, спричиняє їх вичерпання та високий рівень забруднення навколишнього середовища. Найбільш гостро ця проблема стосується обмежених запасів природного газу та нафти. За прогнозами вчених [1] всесвітнє споживання енергії з 1970 року збільшилося вдвічі і до 2030 року може зрости ще втричі. Такий попит на енергію зростає внаслідок енергетичних потреб, перш за все, таких країн як США, Росія, Китай та Індія.

Глобальне вичерпання запасів нафти безпосередньо призводить до її стрімкого подорожчання. Зокрема з 2000 р. ціна сирової нафти зросла в п'ять разів, при цьому вона неодноразово перевищила критичну позначку 100 доларів за 1 барель [1]. За оцінками експертів, така тенденція триватиме і надалі. У той же час, у світі зростає й попит на автомобілі. Зокрема в

табл. 1 наведено динаміку виробництва легкових автомобілів в Україні [2].

Швидкі темпи зростання автопарку легкових автомобілів, у свою чергу, сприяють збільшенню обсягів споживання енергоресурсів і, як наслідок, викликають забруднення атмосфери викидами оксиду карбону (IV) CO, оксидів нітрогену NO<sub>x</sub>, вуглеводнів C<sub>x</sub>H<sub>y</sub> тощо, які спричинюють парниковий ефект, призводять до надмірного нагрівання атмосфери і, відповідно, до кліматичних змін, які приховують непередбачувані та небезпечні наслідки для всього живого на Землі.

Екологічні проблеми, пов'язані з використанням вуглеводневого палива в двигунах внутрішнього згорання, актуальні не тільки для України, але й для всіх країн світу. Норми токсичності відпрацьованих газів, прийняті в багатьох країнах, встановлюють максимально допустимі питомі масові викиди токсичних речовин (NO<sub>x</sub>, CO, C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>, твердих частинок (ТЧ)).

Таблиця 1

## Динаміка виробництва легкових автомобілів в Україні за 2001 – 2008 рр. [2]

Роки	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Обсяги виробництва, тис. шт.	35,4	48,1	98,3	174,0	192,0	224,81	267,0	380,0
Темп росту обсягу виробництва, %	–	135,88	204,37	177,01	110,34	117,09	118,77	142,32

У нашій країні, окрім раніше діючих норм (ОСТ 37.001.234-81, ОСТ 37.001.054-86), вводяться також загальноєвропейські норми на токсичність відпрацьованих газів транспортних двигунів. Так, з 2006 р. в Україні впроваджено екологічні норми Євро-2 [3] для всіх імпортованих та нових вітчизняних автомобілів, а з жовтня 2007 р. почали діяти нові національні стандарти ДСТУ 4839:2007 [4] та ДСТУ 4840:2007 [5] на автомобільні бензини і дизельне паливо підвищеної якості, призначені для автомобілів з покращеними екологічними властивостями. Для порівняння, в країнах Європи норми Євро-2 введено ще в 1996 році, зараз діють норми Євро-4, і багато моделей вже відповідають вимогам Євро-5. Норми максимально допустимих питомих масових викидів токсичних речовин автомобільними двигунами наведено в табл. 2 [6].

Таблиця 2

## Норми максимально допустимих питомих масових викидів токсичних речовин автомобільними двигунами [6]

Питомі викиди шкідливих речовин	Назва стандартів					
	Євро-0	Євро-1	Євро-2	Євро-3	Євро-4	Євро-5
	1988 р.	1993 р.	1996 р.	1999 р.	2005 р.	2008 р.
Нітроген оксиди NO <sub>x</sub> , г/кВт·год	15,8	9,0	7,0	5,0	3,5	2,0
Карбон (II) оксид CO, г/кВт·год	12,3	4,9	4,0	2,1	1,5	1,5
Вуглеводні C <sub>x</sub> H <sub>y</sub> , г/кВт·год	2,60	1,23	1,10	0,66	0,46	–
Тверді частинки, г/кВт·год	–	0,4	0,15	0,10	0,02	0,02

**Аналіз стану проблеми.** Для введення в Україні норм Євро-3 та вище необхідно, щоб якість автомобільних бензинів також відповідала європейським стандартам. Аналіз літературних джерел дозволив дійти висновку, що одним із дієвих засобів досягнення цих норм є використання спеціальних присадок до вуглеводневого палива автотранспортними засобами.

Робота транспортних двигунів оцінюється комплексом експлуатаційно-технічних показників, а саме: питомою потужністю і масогабаритними показниками, паливною економічністю, токсичністю відпрацьованих газів, динамічними якістьми та ін. Це обумовлено як погіршенням екологічної ситуації у країні, так і посилення вимог, що висувуються до двигунів внутрішнього згорання сучасними нормативними документами [3] на токсичність відпрацьованих газів.

У процесі експлуатації двигуна внутрішнього згорання відбуваються зміни, пов'язані з природним зносом деталей, вузлів і механізмів паливної апаратури [7]. Використання палив низької якості значно пришвидшує ці негативні зміни, результатом яких є порушення процесу підготовки паливоповітряної суміші та погіршення режиму її згорання. У свою чергу, це призводить до:

- зменшення об'єму камери згорання за рахунок утворення відкладів на поршнях, стінках циліндрів і клапанах двигуна;
- забруднення і засмічення паливної апаратури (карбюратора, інжектора, форсунок

дизельного двигуна і т.ін.);

- зниження повноти згорання, підвищення токсичності викидів і надмірної витрати палива тощо [7].

На даний час у виробництві високоякісних вуглеводневих палив застосовують присадки різного функціонального призначення, зокрема, депресорні, цетанопідвищувальні, протизносні, антидимні, миючі, антиокислювальні, диспергуючі, а також інгібітори корозії та ін. Це дозволяє модифікувати паливо з метою покращення його експлуатаційних та екологічних характеристик [8]. За даними експертів [9], частка миюче-диспергуючих присадок становить до 50 % від загального обсягу присадок, тому їх можна вважати найбільш розповсюдженим типом.

Основне призначення домішок такого типу до автомобільних бензинів полягає в:

- запобіганні утворення відкладень продуктів окислення на металевих поверхнях двигунів шляхом утримування в зваженому стані нерозчинних у маслі продуктів згорання (наприклад, сажі, часток солей Плюмбуму розміром близько 0,04 мкм тощо);
- усуненні агломерації асфальтенів у тверді частинки (до розмірів 0,6...1,5 мкм) [9].

Крім того, поліфункціональні миюче-диспергуючі присадки на основі поверхнево-активних речовин (ПАР) також допомагають покращити якісний склад бензину чи дизпалива. Наприклад, в Європі велика частина автомобільного палива, що продається на заправках, містить спеціальні присадки, які покращують паливо. Проте в даному випадку для всіх типів автомобілів не можуть бути застосовані "універсальні" присадки.

Різноманітні добавки до палив необхідні також двигунам автомобілів із значним пробігом. За даними Асоціації дилерів автомобілів [1], в Україні стрімко збільшується сегмент автомобілів старше 9 років. Вже тепер частка цього сегмента складає майже 70 %, тому дана проблема є актуальною саме для нашої країни. Крім того, лише незначна кількість палива в Україні відповідає нормам та задекларованим сертифікатам [4, 5], все інше паливо потребує значного якісного покращення. Все це спричиняє ряд вищенаведених негативних наслідків як для навколишнього середовища, так і для власників автомобілів.

### Мета роботи

Для вирішення проблем скорочення викидів шкідливих речовин в атмосферне повітря та з метою покращення фізико-хімічних і експлуатаційних характеристик автомобільних палив у галузевій науково-дослідній лабораторії «Реактор» ОКБ «Шторм» НТУУ «КПІ» за участі кафедри інженерної екології розроблено поліфункціональну миюче-диспергуючу присадку до вуглеводневого палива.

Метою даного дослідження є встановлення впливу миюче-диспергуючої присадки до автомобільних бензинів на їх фізико-хімічні та експлуатаційні характеристики, оцінка інтегральної токсичності відпрацьованих газів за європейським 13-ступінчастим циклом *ESC* (*European Stady-State Cycle*) [10].

### Матеріали і результати дослідження

Розроблена миюче-диспергуюча присадка, основу якої складають неіоногенні ПАР, антиоксиданти та допоміжні речовини (всі речовини мають дозвіл на використання МОЗ України і є повністю біодеградуючими), являє собою комплексну багатофункціональну, розчинну в бензині рідину, яка додається до палива при заправці автомобіля. Присадка має добре виражену миючу дію: змиває раніше утворені відкладення і не дозволяє утворюватися новим. Крім того, вона також слугує для очищення паливної апаратури, циліндропоршневої групи і клапанного механізму від відкладень нагару, смолистих і лакових забруднень, тим самим подовжуючи термін служби двигуна.

Композиційний склад присадки підібраний таким чином, щоб паливо з присадкою не виходило за межі норм [4], а саме: вміст Сульфуру в паливі з присадкою не повинен перевищувати 10 мг/кг; концентрація Плюмбуму – не більше, ніж 5 мг/дм<sup>3</sup>. Крім того, при додаванні присадки до 0,5 % вона не впливатиме негативно на детонаційну стійкість бензину, а також на експлуатаційні характеристики двигуна.

Адсорбуючись на поверхні розділу фаз «повітря – паливо», присадка знижує поверхневий натяг бензину, що, у свою чергу, полегшує перехід вуглеводнів у парову фазу, що сприяє кращому згоранню палива. Для визначення інтегральних показників токсичності відпрацьованих газів автомобільних двигунів сьогодні застосовують європейський 13-ступінчастий цикл *ESC* (рис.1) [10].

Цей випробувальний цикл включає 13 сталих режимів: три з них – на холостому ході з мінімальною частотою обертання колінчатого валу

$n = 0,25 \dots 0,3 n_{\text{ном}}$  (всього 25 % часу роботи), п'ять режимів навантажень (10, 25, 50, 75, 100 % навантаження) при номінальній частоті обертання  $n_{\text{ном}}$ , та інші п'ять – при частоті обертання  $n_{\text{max}} = 0,6 \dots 0,7 n_{\text{ном}}$ , що відповідає максимальному крутному моменту двигуна. Частка номінального режиму зазвичай становить 10 % від загального часу роботи двигуна.

Наприкінці кожного режиму тривалістю 10 хв визначаються середні значення концентрацій оксидів нітрогену  $\text{NO}_x$ , карбону  $\text{CO}$ , вуглеводнів  $\text{C}_x\text{H}_y$ , твердих часток у відпрацьованих газах, а також ефективна потужність  $N_e$ . Як і всі європейські випробувальні цикли, випробування за циклом ESC починаються на заздалегідь прогрітому двигуні транспортного засобу. Для визначення інтегральних показників токсичності відпрацьованих газів бензинового двигуна ВАЗ-2101 у дослідженні було здійснено випробування при сталих режимах за 13-ступінчастим циклом ESC (рис.1).

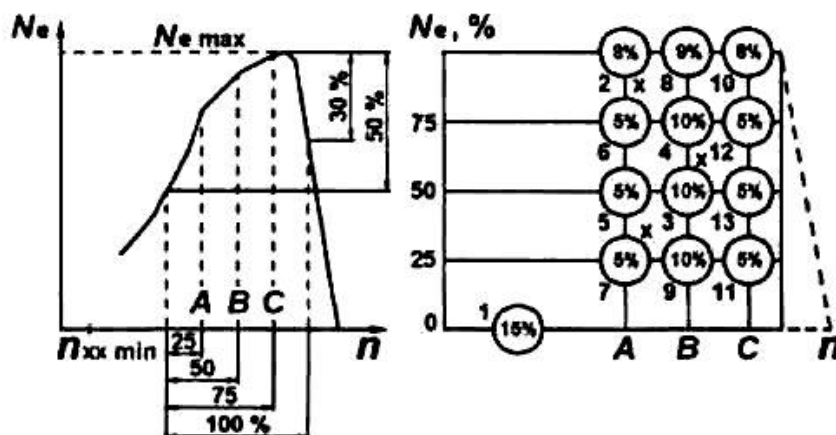


Рис.1. Європейський 13-ступінчастий цикл ESC для випробувань колісних транспортних засобів (норми EURO-3) [10]

При оцінці інтегральної токсичності відпрацьованих газів двигуна на кожному режимі визначалися концентрації токсичних компонентів ( $C_{\text{NO}_x}$ ,  $C_{\text{CO}}$ ,  $C_{\text{C}_x\text{H}_y}$ ,  $C_{\text{Tч}}$ ) у відпрацьованих газах та розраховувалися їхні годинні масові викиди ( $E_{\text{NO}_x}$ ,  $E_{\text{CO}}$ ,  $E_{\text{C}_x\text{H}_y}$ ,  $E_{\text{Tч}}$ ). Набуті значення підсумовувалися за весь цикл по кожному компоненту (з урахуванням коефіцієнтів  $K_i$ , що відображають частку кожного режиму за часом), далі визначалися питомі викиди шкідливих речовин на умовну середню потужність двигуна за випробувальний цикл  $\sum(N_{ei} \cdot K_i)$  за формулами [10]:

$$e_{\text{NO}_x} = \frac{\sum_{i=1}^{13} (E_{\text{NO}_x} \cdot K_i)}{\sum_{i=1}^{13} (N_{ei} \cdot K_i)};$$

$$e_{\text{CO}} = \frac{\sum_{i=1}^{13} (E_{\text{CO}} \cdot K_i)}{\sum_{i=1}^{13} (N_{ei} \cdot K_i)};$$

$$e_{\text{C}_x\text{H}_y} = \frac{\sum_{i=1}^{13} (E_{\text{C}_x\text{H}_y} \cdot K_i)}{\sum_{i=1}^{13} (N_{ei} \cdot K_i)};$$

$$e_{\text{Tч}} = \frac{\sum_{i=1}^{13} (E_{\text{Tч}} \cdot K_i)}{\sum_{i=1}^{13} (N_{ei} \cdot K_i)}.$$

Набуті значення питомих викидів токсичних компонентів, віднесені до одиниці виробленої потужності ( $e_{\text{NO}_x}$ ,  $e_{\text{CO}}$ ,  $e_{\text{C}_x\text{H}_y}$ ,  $e_{\text{Tч}}$ ), порівнювалися з гранично допустимими нормами. Результати випробувань бензинового двигуна УМЗ-4216 при роботі на автомобільному бензині марки А-95 з присадкою (0,5 % за об'ємом) та без неї за методикою випробувального циклу ESC [10] наведено у таблиці 3.

Як видно з табл. 3, при використанні бензину з добавкою миюче-диспергуючої присадки спостерігалось збільшення повноти згорання палива, що, у свою чергу, спричинило скорочення викидів карбон (II) оксиду  $\text{CO}$  та вуглеводнів  $\text{C}_x\text{H}_y$ .

Таблиця 3

Результати випробувань бензинового двигуна УМЗ-4216 при роботі на автомобільному бензині марки А-95 з присадкою (0,5 % за об'ємом) та без неї за методикою випробувального циклу ESC

Показник	Бензин А-95	Бензин А-95 з присадкою	Зміна показника з використанням присадки $\Delta$ , %
Концентрація карбон (II) оксиду CO за об'ємом, г/кВт·год	13,85	11,50	-17,0
Концентрація сумарних вуглеводнів $C_xH_y$ за об'ємом, г/кВт·год	0,40	0,38	-5,0
Питома витрата палива $g_v$ , г/кВт·год	348,83	348,57	-0,1

### Висновки

Проведений аналіз літературних джерел показав доцільність розробки поліфункціональної присадки до вуглеводневих палив, застосування якої не лише покращило б їх фізико-хімічні характеристики, а й позитивно вплинуло на екологічність транспортних засобів. Встановлено, що миюче-диспергуючі присадки сприяють утворенню гомогенної високодисперсної паливовітряної суміші, стабілізують процеси горіння та підвищують повноту згорання паливної суміші, видаляють нагароутворення в камері згорання і полегшують запуск холодного двигуна, таким чином покращуючи економічні та екологічні показники автомобіля.

Присадки також зв'язують і видаляють воду, що накопичилася в паливному баку в процесі експлуатації автомобіля, тим самим запобігають негативним явищам, пов'язаним, наприклад, з обмерзанням систем живлення двигуна і закупорки трубопроводів взимку. Крім того, застосування миюче-диспергуючої присадки дозволяє підтримувати максимальну потужність двигуна пропорційно ступеню його зносу, скоротити витрати на обслуговування та ремонт паливної апаратури двигуна.

Проведене дослідження впливу розробленої поліфункціональної миюче-диспергуючої присадки на основі неіоногенних ПАР та антиоксидантів дозволило отримати такі результати: зменшення питомої витрати палива – на 0,1%; зниження концентрації карбон (II) оксиду CO – на 17,0 % і вуглеводнів  $C_xH_y$  – на 5,0 % у відпрацьованих газах за рахунок підвищення повноти згорання палива. Таким чином, у дослідженні встановлено, що застосування присадки даного типу економічно цілком обгрунтоване, оскільки відбувається скорочення викидів шкідливих речовин, уникнення витрат на хімічне або ультразвукове очищення інжектора, розбирання і промивку карбюратора тощо.

### Література

1. Офіційний веб-сайт Міністерства палива та енергетики. – Режим доступу : <http://mpe.kmu.gov.ua/>
2. Офіційний веб-сайт Державного комітету статистики України. – Режим доступу : <http://www.ukrstat.gov.ua/>
3. Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження дорожніх транспортних засобів стосовно викидів забруднюючих речовин залежно від палива, необхідного для двигунів (Правила ЕЭК ООН № 83-02(03) ABC:1993, IDT) : ДСТУ UN/ECE R 83-02(03):2002. – [Чинний від 2002-12-25]. – К. : Держспоживстандарт України, 2002. – IV, 236 с. – (Національний стандарт України).
4. Бензини автомобільні підвищеної якості. Технічні умови (EN 288 : 2004, IDT): ДСТУ 4839:2007. – [Чинний від 2007-10-03]. – К. : Держспоживстандарт України, 2007. – IV, 14 с. – (Національний стандарт України).
5. Паливо дизельне підвищеної якості. Технічні умови (EN 288: 2004, IDT): ДСТУ 4840:2007. – [Чинний від 2007-10-03]. – К. : Держспоживстандарт України, 2007. – IV, 14 с. – (Національний стандарт України).
6. Офіційний веб-сайт Міністерства охорони навколишнього природного середовища України. – Режим доступу : [www.menr.gov.ua](http://www.menr.gov.ua)
7. Горбунов В. В. Токсичность двигателей внутреннего сгорания / В. В. Горбунов, Н.Н.Патрахальцев. – М. : ФГУП «НАМИ», 2006. – 123 с.
8. Марченко А. И. Влияние молекулярной массы нефтяных сульфонатов на высокотемпературную диспергирующую способность полученных на их основе нейтральных

и высокощелочных присадок / А. И. Марченко, О. Л. Главати, В. Х. Премислов // Химия и технология топлив и масел. –1981. – № 2. – С. 28 – 32.

9. Данилов А. М. Присадки к топливам. Разработка и применение в 1996 – 2000 гг. / А.М.Данилов // Химия и технология топлив и масел. – 2002. – № 6. – С. 43 – 50.
  10. Грицук І. В. До питання вибору і обґрунтування типу випробувального їздового циклу для дослідження показників токсичності відпрацьованих газів двигунів дорожніх транспортних засобів / І. В. Грицук, А. В. Кривопусков, Д. О. Гриценко // Збірн. наук. праць ДонІЗТ. – 2009. - № 17. – С. 106 – 119.
- 
-