

УДК 621.036.7

Л.А. Кесова, д-р техн. наук, професор; Т.В. Шелешей

**Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»  
ПУТИ УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛА УХОДЯЩИХ ГАЗОВ ПУТЕМ МОДЕРНИЗАЦИИ  
ХВОСТОВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ КОТЛОВ ТЭС**

Одним из эффективных методов малозатратной модернизации котлов с целью повышения их экономических показателей является снижение температуры уходящих газов за счет замены изношенных конвективных поверхностей нагрева на новые.

На котлах типа ПК-14 электростанций АО «Свердловэнерго» была исследована ряд мероприятий по их модернизации. Сначала (вариант 1) при модернизации все гладкотрубный экономайзеры заменено 3 оребренных. Следующим шагом модернизации котла (вариант 2) была попытка объединить энергетический и экологический эффекты. Энергетический эффект достигался, как и в варианте 1, а экологический - использованием эмульгаторов вместо скрубберов и выразился в увеличении степени золоулавливания. В варианте 3 - полная схема модернизации конвективной части котла ПК-14 - был снижен количество избыточного воздуха путем применения двухступенчатой схемы подогрева газов, кроме подогрева газов после эмульгатора, предусмотрен отбор теплоты от котла на теплоснабжение.

Модернизация газомазутных блоков при переводе на сжигание газа является одним из важнейших направлений наращивания мощностей с улучшением экономических и экологических показателей энергоблоков ТЭС.

**Ключевые слова:** малозатратная модернизация, утилизация теплоты, котел, энергоблок, уходящие газы, хвостовые поверхности

Надійшла 28.08.2014

Received 28.08.2014

УДК 502:504

О. В. Кофанова, д-р. пед. наук, канд. хім. наук, доцент, О. Є. Кофанов

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

**ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ "ФІЗИКО-ХІМІЧНОГО  
РЕГУЛЮВАННЯ" ВЛАСТИВОСТЕЙ МОТОРНОГО ПАЛИВА ДЛЯ  
ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОСТІ АВТОТРАНСПОРТНИХ  
ЗАСОБІВ**

У статті проаналізовано способи підвищення екологічності автотранспортних засобів, зокрема за допомогою методу "фізико-хімічного регулювання" властивостей моторного палива. На основі проведених досліджень та вивчення наукових джерел доведена можливість і доцільність застосування цього методу для підвищення екологічності автотранспортних засобів без втрати їх економічних та експлуатаційних показників. Запропоновано підвищити паливну економічність та екологічність двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ) шляхом додавання до моторного палива присадок комплексної дії, що містять як компоненти поверхнево-активні речовини, антиоксиданти та розчинник. Доведено, що додавання пакету присадок до моторного палива дає змогу не тільки підвищити надійність роботи автомобіля та збільшити термін служби двигуна, а й підвищити паливну ефективність автотранспортного засобу та скоротити питомі викиди ДВЗ шкідливих речовин у атмосферне повітря.

**Ключові слова:** автомобільний транспорт, відпрацьовані гази, викиди, парникові гази, моторне паливо, охорона навколишнього середовища, присадки до моторного палива

**Вступ.** Останні роки ознаменувалися суттєвими перетвореннями в усіх сферах життєдіяльності людини, що спричинило закономірну зміну ставлення людства до екологічних проблем. Перехід України на засади сталого розвитку суспільства й біосфери потребує кардинальних перетворень у способах ведення господарської діяльності, особливо в автотранспортній галузі. Отже, проблема підвищення паливної ефективності та зниження рівня споживання природних ресурсів є надзвичайно актуальною для

© Кофанова О.В., Кофанов О.Є., 2014

вітчизняного автотранспортного сектору (АТС). В Україні це питання займає особливе місце, оскільки країна все ще залежить від імпорту енергоносіїв.

**Постановка проблеми.** В останні роки більшість всесвітньо відомих учених пов'язують значне збільшення концентрації парникових газів в атмосфері (зокрема CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, NO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, SF<sub>6</sub> та ін.) саме з діяльністю людини [1; 2]. Людство через своє вкрай необачне ставлення до навколишнього середовища руйнує природні екосистеми, знижуючи самовідновний потенціал біосфери і заважаючи тим самим природі самостійно нейтралізувати забруднення. За рахунок спалювання органічного палива у двигунах внутрішнього згоряння (ДВЗ) до атмосфери потрапляють надлишкові кількості оксидів Карбону, Нітрогену, сполук Сульфуру, вуглеводні (у тому числі й канцерогенної дії) тощо, а також дрібнодисперсні частинки пилу (так званий "black carbon").

На думку експертів Робочої групи зі зміни клімату [1], якщо людство не скоротить обсяги викидів шкідливих речовин, зокрема парникових газів, в атмосферу, то закономірне зростання середньої температури на планеті спричинить неконтрольовані зміни клімату та поставить під загрозу майбутнє людства. У зв'язку з цим Україна активно взаємодіє зі світовою спільнотою в напрямку зменшення викидів парникових газів у атмосферу та протидії глобальній зміні клімату на Землі [3]. Одним з ключових напрямків міжнародної співпраці та одночасно найпотужнішим джерелом викидів шкідливих речовин-полутантів, у тому числі парникових газів, є вітчизняний автотранспортний сектор (АТС).

**Аналіз досліджень.** Живлення природних екосистем відбувається в основному за рахунок споживання сонячної енергії, тоді як створені людиною штучні екосистеми потребують додаткової кількості енергії, зокрема у вигляді вуглеводневого палива. Як наслідок, чим більше сучасна цивілізація потребує та спалює викопного органічного палива, тим сильнішим стає антропогенний тиск на довкілля, який, врешті решт, природа вже не здатна подолати власними силами. Отже, сьогодні людству необхідно відійти від антропоцентричного способу мислення та замислитися над тим, чим воно може допомогти природі.

За даними національного кадастру антропогенних викидів України в 2012 р. [4], викиди оксиду Карбону (IV), що утворилися внаслідок спалювання палива транспортом, становили 13,2 % всіх викидів CO<sub>2</sub>. Окрім того, за останні роки вітчизняний автопарк зазнав суттєвих негативних змін. За даними О. Токмиленко, на початок 2012 р. приблизно 60 % автомобілів, зареєстрованих в Україні, мали термін експлуатації понад 10 років, а 27 % автомобілів – навіть понад 15 років. Це означає, що такі автомобілі не відповідають навіть нормам Європейського Союзу екологічного класу Евро2, що діяли в Україні починаючи з 2006 року. Крім того, суттєво збільшилась кількість приватних автотранспортних засобів, особливо великогабаритних, які спричинюють сильніший тиск на довкілля, насамперед, через значні викиди парникових газів у атмосферу [5].

Потенційний негативний вплив автотранспорту на навколишнє середовище спричинює посилення вимог до складу відпрацьованих газів автомобілів. Обмеження викидів ДВЗ та зменшення концентрації в них шкідливих речовин-полутантів регулюється урядом шляхом прийняття екологічних законів і норм, що попереджають викиди цих речовин автотранспортними засобами, внесенням конструкційних змін автомобілів та двигунів, контролем за якістю палива тощо [6]. З 1 січня 2014 р. в Україні впроваджено екологічний стандарт ЄС Євро4, проте він стосується тільки тих автомобілів (старих або нових), що реєструються вперше. Для зареєстрованих раніше автотранспортних засобів цей стандарт не застосовується.

Загальновідомо, що існує пряма залежність між кількістю випадків захворювань населення на астму, хронічний бронхіт, інші захворювання дихальних шляхів, частоту серцевих нападів, розлади імунної, кровоносної та нервової систем, а також показниками смертності населення (в тому числі й дитячої смертності) і середнім підвищенням концентрації шкідливих речовин-полутантів у атмосферному повітрі великого міста [7]. Тому, безперечно, головними напрямками розв'язання проблеми скорочення викидів автотранспорту є підвищення його паливної ефективності та вдосконалення системи автоперевезень.

**Метою статті** є дослідити можливість і доцільність застосування методу "фізико-хімічного регулювання" властивостей моторного палива з метою скорочення викидів ДВЗ та зменшення концентрації шкідливих речовин, у тому числі й парникових газів, у відпрацьованих газах автомобілів.

**Основна частина роботи.** У країнах Європи поступово запроваджуються екологічні стандарти Євро 1–6, що на законодавчому рівні обмежують обсяги викидів шкідливих речовин автотранспортними засобами. Крім того, встановлено, що на обсяги та склад відпрацьованих газів автомобілів великою мірою впливає якість пального.

Вимоги до якості пального визначаються показниками якості, які встановлюються в нормативно-технічній документації. Зокрема в хімотології (прикладна технічна наука про властивості, якість та раціональне використання паливно-мастильних матеріалів) властивості нафтопродуктів за їх найважливішими ознаками поділяють на фізико-хімічні та експлуатаційні. Фізико-хімічні властивості палива (густина, в'язкість, випаровуваність, температури спалаху, помутніння, застигання, вміст

механічних домішок, води та ін.), як правило, визначають за стандартними методиками у лабораторних умовах.

Встановлено, що для повного згоряння одного кілограму бензину потрібно 14,8 кг повітря [8]. Проте утворення повністю однорідної паливно-повітряної суміші за тисячні частки секунди, що відводяться на процес згоряння палива в ДВЗ, майже неможливе. Цьому заважають також і продукти згоряння, що залишилися після попереднього циклу роботи двигуна. Отже, паливо не встигає повністю згоріти, і частина його у вигляді продуктів неповного окиснення – карбон(II) оксиду, альдегідів тощо викидається в атмосферне повітря разом з вуглекислим газом, залишковими вуглеводнями, оксидами Нітрогену і Сульфуру.

Відомо, що на процес утворення паливно-повітряної суміші великою мірою впливають фізико-хімічні властивості палива, зокрема його густина та в'язкість. У свою чергу, густина моторного палива визначається його складом. Наприклад, для автомобільного бензину вона коливається в межах 0,735...0,750 г/см<sup>3</sup>, а для дизельного палива – у межах 0,835...0,860 г/см<sup>3</sup>. Оскільки і бензин, і дизельне паливо є сумішшю вуглеводнів, то їх можна охарактеризувати певним фракційним складом [9]. У табл. 1 подано визначені за стандартними методиками деякі фізико-хімічні характеристики (зокрема густина, в'язкість та діелектрична проникність) основних компонентів автомобільного бензину при температурі 298,15 К [9; 10]. Як можна помітити, існують характерні відмінності у фізико-хімічних показниках (за винятком в'язкості) при переході від представників одного гомологічного ряду органічних сполук до іншого.

Таблиця 1

Деякі фізико-хімічні характеристики основних компонентів автомобільних бензинів при 298,15 К

Основні компоненти автомобільних бензинів	Густина, $d$ , г/см <sup>3</sup>	В'язкість, $\eta \cdot 10^{-3}$ , Па·с	Діелектрична проникність, $\xi$
<i>Насичені вуглеводні (парафіни)</i>			
н-Пентан	0,6214	0,2152	1,84
н-Гексан	0,6548	0,2923	1,89
н-Гептан	0,6795	0,3903	1,93
Ізопентан	0,6146	0,2150	1,84
3-Метилпентан	0,6598	–	–
Ізооктан	0,6868	0,5030	1,94
<i>Циклічні насичені вуглеводні (циклопарафіни або нафтени)</i>			
Циклогексан	0,7439	0,8980	2,03
Метилциклопентан	0,7439	0,4780	1,99
Метилциклогексан	0,7657	0,6850	2,02
<i>Ароматичні вуглеводні</i>			
Толуен	0,8623	0,5516	2,38
Бензен	0,8737	0,6028	2,28
м-Ксилол	0,8599	0,5810	2,37
о-Ксилол	0,8760	0,5810	2,37
п-Ксилол	0,8567	0,6050	2,37

Експлуатаційні показники моторного палива характеризують його поведінку безпосередньо в двигуні (агрегаті). До цих показників, зокрема, належать детонаційна стійкість палива, схильність до нагаро- чи осадкоутворення (стабільність палива), миючі, корозійні та інші властивості [9; 11]. Отже, сукупність фізико-хімічних та експлуатаційних характеристик моторного палива надає змогу дійти висновку щодо його якості.

Разом з тим, останні роки суспільство все активніше акцентує увагу на екологічних показниках моторних палив. Згідно з Технічним регламентом щодо вимог до автомобільних бензинів, дизельного, суднових та котельних палив, затвердженим Постановою Кабінету Міністрів України від 1 серпня 2013 р. № 927 [12], на території України для автомобільних бензинів та дизельного пального (ДП) за їх екологічними показниками встановлено такі екологічні класи: Євро3, Євро4 та Євро5 (табл. 2 та 3). У таблицях курсивом показано принципові відмінності у вимогах до якості цих видів моторного палива. Урядом встановлено також кінцеві терміни введення в обіг автомобільних бензинів та дизельного палива екологічного класу Євро3 – до 31 грудня 2015 р.; екологічного класу Євро4 – до 31 грудня 2017 р.; екологічного класу Євро5 – термін не обмежений.

Вимоги до якості автомобільного бензину екологічних класів Євро3, Євро4 та Євро5 [12]

Назва показника	Одиниця виміру	Значення норм за екологічним класом		
		Євро3	Євро4	Євро5
Вміст Сульфуру	мг/кг	не більше 150	не більше 50	не більше 10
Об'ємна частка бензену	%	не більше 1	не більше 1	не більше 1
Концентрація Плюмбуму	мг/дм <sup>3</sup>	не більше 5	не більше 5	не більше 5
Масова частка Оксигену:	%			
–для бензинів Е5, Е7		не більше 2,7	не більше 2,7	не більше 2,7
–для бензинів Е10		не більше 3,7	не більше 3,7	не більше 3,7
Об'ємна частка вуглеводнів:	%			
–ароматичних		не більше 42	не більше 35	не більше 35
–олефінових		не більше 18	не більше 18	не більше 18
Детонаційна стійкість:				
– октанове число за дослідним методом:	одиниць			
для бензинів марки А-80		не менше 80	не менше 80	
для бензинів марки А-92		не менше 92	не менше 92	не менше 92
для бензинів марки А-95		не менше 95	не менше 95	не менше 95
для бензинів марки А-98		не менше 98	не менше 98	не менше 98
–октанове число за моторним методом:	одиниць			
для бензинів марки А-80		не менше 76	не менше 76	
для бензинів марки А-92		не менше 82,5	не менше 82,5	не менше 82,5
для бензинів марки А-95		не менше 85	не менше 85	не менше 85
для бензинів марки А-98		не менше 88	не менше 88	не менше 88
Тиск насиченої пари:	кПа			
–у літній період		у межах 45-80	у межах 45-80	у межах 45-80
–у зимовий період		у межах 60-100	у межах 60-100	у межах 60-100
–у перехідний період		у межах 50-90	у межах 50-90	у межах 50-90
Об'ємна частка біоетанолу:	%			
–для бензинів Е5		не більше 5	не більше 5	не більше 5
–для бензинів Е7		понад 5 та не більше 7	понад 5 та не більше 7	понад 5 та не більше 7
–для бензинів Е10		понад 7 та не більше 10	понад 7 та не більше 10	понад 7 та не більше 10

## Примітка.

1. Для бензинів Е5 і Е7 додатково дозволяється використання інших, крім біоетанолу, оксигеновмісних добавок (метанолу – до 3 %, ізопропілового спирту – до 10 %, ізобутилового спирту – до 10 %, третбутилового спирту – до 7 %, простих етерів – до 15 %, інших органічних оксигеновмісних сполук з температурою кінця кипіння не вище ніж 210 °С – до 10 %) за умови, що масова частка Оксигену не перевищуватиме 2,7 %.

2. Для бензинів Е10 додатково дозволяється використання інших, крім біоетанолу, оксигеновмісних добавок (метанолу – до 3 %, ізопропілового спирту – до 12 %, ізобутилового спирту – до 15 %, третбутилового спирту – до 15 %, простих етерів – до 22 %, інших органічних оксигеновмісних сполук з температурою кінця кипіння не вище ніж 210 °С – до 15 %) за умови, що масова частка Оксигену не перевищуватиме 3,7 %.

Вимоги до якості дизельного палива екологічних класів Євро3, Євро4 та Євро5 [12]

Назва показника	Одиниця виміру	Значення норм за екологічним класом		
		Євро3	Євро4	Євро5
Вміст Сульфуру	мг/кг	не більше 350	не більше 50	не більше 10
Температура спалаху в закритому тиглі	градусів	не нижче 40	не нижче 55	не нижче 55
Фракційний склад – 95 % об. переганяється при температурі	градусів	не вище 360	не вище 360	не вище 360
Масова частка поліциклічних ароматичних вуглеводнів	%	не більше 11	не більше 11	не більше 8
Цетанове число:	одиниць			
дизельного палива літнього		не менше 51	не менше 51	не менше 51
дизельного палива зимового		не менше 49	не менше 49	не менше 49
дизельного палива арктичного		не менше 48	не менше 48	не менше 48
Гранична температура фільтрованості:	градусів			
дизельного палива літнього		не вище мінус 5	не вище мінус 5	не вище мінус 5
дизельного палива зимового		не вище мінус 20	не вище мінус 20	не вище мінус 20
дизельного арктичного палива		не вище мінус 30	не вище мінус 30	не вище мінус 30
Змащувальна здатність (діаметр плями зносу при температурі 60 °С)	мкм	не більше 460	не більше 460	не більше 460
Об'ємна частка метилових/етилових естерів жирних кислот:	%			
для дизельних палив В0		0	0	0
для дизельних палив В5		не більше 5	не більше 5	не більше 5
для дизельних палив В7		понад 5 та не більше 7	понад 5 та не більше 7	понад 5 та не більше 7
Примітка.				
1. Об'ємна частка метилових/етилових естерів жирних кислот визначається у разі їх додавання до дизельного палива.				
2. При температурі навколишнього природного середовища нижче мінус 20 °С не рекомендовано використання в дизельному паливі метилових/етилових естерів жирних кислот.				

Таким чином, доходимо висновку, що й екологічні, й експлуатаційні властивості моторних палив багато в чому визначаються його фракційним складом, тобто безпосередньо залежать від його фізико-хімічних характеристик. Метод цілеспрямованої зміни цих характеристик за допомогою введення до моторного палива спеціальних речовин – присадок, добавок тощо набув назву метод "фізико-хімічного регулювання" [13–15]. Зокрема, за даними авторів роботи [16], модифікація вуглеводневого палива шляхом додавання присадок різного функціонального призначення (депресорні, цетанопідвищуючі, противозносні, антидимні, миючі, диспергуючі присадки, оксигенати й антиоксиданти, інгібітори корозії тощо) надає змогу досягти покращення не тільки експлуатаційних характеристик автотранспортних засобів, а й підвищити їх екологічні показники.

На сьогодні присадки (добавки) до моторних палив використовуються і для забезпечення відповідності моторного палива чинним стандартам (додаються під час одержання товарного продукту), і для поліпшення характеристик, у тому числі й екологічних, стандартного вуглеводневого палива (додаються, як правило, під час споживання палива). Крім того, домішки, наприклад, біопалива, зокрема біоетанолу, біометанолу, біодизелю тощо (див. табл. 2 і 3) можуть використовуватися як альтернативне паливо.

Технічний регламент щодо вимог до автомобільних бензинів, дизельного, суднових та котельних палив [12] надає таке тлумачення термінів "добавка" або "присадка". Це речовина (або суміш речовин – примітка авторів), яку додають до моторного палива для надання йому спеціальних якостей або покращення його експлуатаційних і фізико-хімічних властивостей без погіршення екологічних показників. Останнє зауваження є особливо важливим, оскільки чинним регламентом заборонено використання в автомобільних бензинах екологічних класів Євро 3–5 добавок (присадок), що мають у своєму складі Фосфор, сполуки Плюмбуму та Феруму, а також ароматичні аміни (зокрема монометиланіліни, моноетиланіліни та ін.).

З 1 січня 2017 р. також забороняється використання в автомобільних бензинах класу Євро5 присадок з концентрацією Мангану більше  $6 \text{ мг/дм}^3$ . Дозволено додавати до бензинів домішки біоетанолу, метанолу (біометанолу), ізопропілового, ізобутилового та третбутилового спиртів, етил-третбутилового етеру тощо, а до дизельного пального – добавок на основі метилових або етилових естерів жирних кислот, які не погіршують експлуатаційних показників палива і не впливають негативно на екологічні, енергетичні та економічні показники двигунів автомобілів [12].

На сьогодні вітчизняний ринок присадок до моторного палива, особливо присадок комплексної дії, все ще залишається недостатньо розвинутим. Тому АТС України споживає широкий асортимент імпортованих присадок і добавок до моторних палив, хоча серед експертів існують певні розбіжності у думках щодо ефективності цих присадок та їх екологічної безпеки.

Зокрема авторами патенту [17] розроблено багатофункціональну присадку на основі етанолу, що не тільки забезпечує підвищення октанового числа (ОЧ) палива, але й сприяє суттєвому скороченню токсичності відпрацьованих газів автомобіля. Проте деякі дослідники відзначають, що складні присадки такого типу здатні до пероксидних перетворень унаслідок автоокиснення повітрям. Окрім того, між компонентами присадки можлива хімічна взаємодія, що спричинює зменшення стабільності палива, накопичення карбонових кислот та зменшення корозійної стійкості двигуна, ємкостей для зберігання палива тощо, а також ускладнення процесу утворення паливно-повітряної суміші [18]. Наявність же у композиційному складі присадки сполук Нітрогену та металорганічних сполук може спричинити підвищення вмісту оксидів Нітрогену та інших шкідливих компонентів у відпрацьованих газах.

Таким чином, частина розроблених на сьогодні присадок не може бути широко застосована в АТС у зв'язку з їх підвищеною токсичністю або негативним впливом на експлуатаційні характеристики двигуна [19]. Отже, для забезпечення сталого розвитку автотранспорту вкрай необхідно продовжувати пошуки більш екологічних та економічних паливних присадок, що нададуть змогу без погіршення експлуатаційних характеристик двигуна розв'язати низку проблем екологічного та економічного характеру. Цікавими у цьому зв'язку вважаємо наші роботи з моделювання складу автомобільного бензину на основі трьохкомпонентних систем гексан–циклогексан–бензен [20] і гексан–циклогексан–толуен [21] та дослідження фізико-хімічних властивостей цих модельних систем. Зазначимо, що автори патенту [18] також створювали модельні паливні системи для дослідження октанопідвищувальної властивості розроблених ними присадок. Вони як модельну застосовували стандартну вуглеводневу суміш гептан–ізооктан (1:4), що характеризується  $\text{ОЧ} = 80$ , та чистий пентан,  $\text{ОЧ}$  якого (за визначенням) дорівнює нулю.

Роботи з цілеспрямованої модифікації властивостей вуглеводневого палива за методом "фізико-хімічного регулювання" з метою підвищення екологічності роботи ДВЗ та забезпечення його паливної економічності проводяться на базі Галузевої науково-дослідної лабораторії "Реактор" ОКБ "Шторм" Національного технічного університету України "КПІ". Розроблені в лабораторії багатофункціональні пакети присадок до моторних палив вводяться споживачем під час заправки автомобіля та містять неіоногенні поверхнево-активні речовини і антиоксиданти. Як допоміжні речовини (розчинник) використовуються вуглеводневі керосинові фракції (фракції нафти, що википають в інтервалі температур  $200\text{--}300^\circ\text{C}$ ), біодизель або дизельне паливо [22; 23].

Композиційний склад присадок до моторних палив розробляється на основі речовин, що мають дозвіл на використання МОЗ України та є повністю біодеградуючими. Крім того, обов'язково проводиться контроль відповідності якості моторного палива з присадкою існуючим в Україні стандартам [12; 24]. Результати проведених випробувань показують, що введення до палива розроблених пакетів присадок комплексної дії сприяє скороченню викидів парникових газів та інших шкідливих речовин у атмосферне повітря, а також дає змогу підвищити октанове число вихідного палива і забезпечити зменшення його питомої витрати [22].

#### **Висновки.**

Підвищення ефективності використання моторного палива автотранспортними засобами та зменшення вмісту шкідливих речовин-полутантів, у тому числі й парникових газів, у відпрацьованих газах є одним з основних завдань вирішення екологічних проблем АТС. На основі проведених досліджень та вивчення наукових джерел доведена можливість і доцільність застосування методу

"фізико-хімічного регулювання" властивостей моторного палива з метою підвищення екологічності автотранспортних засобів без втрати їх економічних та експлуатаційних показників. Запропоновано підвищити паливну економічність та екологічність ДВЗ шляхом додавання до моторного палива присадок комплексної дії, що містять як компоненти поверхнево-активні речовини, антиоксиданти та розчинник на основі вуглеводневих керосинових фракцій, біодизелю або дизельного палива.

Отже, додавання пакету присадок різного функціонального призначення до моторного палива надає змогу не тільки підвищити надійність роботи автомобіля, збільшити термін служби двигуна та знизити витрати на його технічне обслуговування, а й підвищити паливну ефективність автотранспортного засобу та скоротити питомі викиди шкідливих речовин у навколишнє середовище.

#### **Список літератури.**

1. Робоча група зі зміни клімату [Електронний ресурс]: [Сайт]. – Режим доступу: [http://climategroup.org.ua/?page\\_id=75](http://climategroup.org.ua/?page_id=75). – Назва з екрану.
2. Робоча група неурядових екологічних організацій України з питань зміни клімату [Електронний ресурс]: [Сайт]. – Режим доступу: [http://climategroup.org.ua/?page\\_id=75](http://climategroup.org.ua/?page_id=75). – Назва з екрану.
3. Друге національне повідомлення України з питань зміни клімату. Підготовлене відповідно до зобов'язань України по Рамковій конвенції ООН про зміну клімату (затвердженого Розпорядженням КМУ від 18 серпня 2005 р. № 346-р.). – К.: УкрНДГМІ "Інтерпрес ЛТД", 2006. – 80 с.
4. Український реєстр вуглецевих одиниць. Офіційне інтернет-представництво [Електронний ресурс]: [Сайт]. – Режим доступу: <http://www.carbonunitsregistry.gov.ua/>. – Назва з екрану.
5. Токмиленко О. Фіскальні методи регулювання викидів CO<sub>2</sub> автотранспортом в Україні: доповідь / Олена Токмиленко. – Національний екологічний центр України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [www.pesu.org.ua](http://www.pesu.org.ua). – Назва з екрану.
6. Рябцев Г. Л. "Зачистка" продолжается: отмена "старых" стандартов на топливо может быть использована против потребителей и трейдеров / Геннадий Рябцев // Терминал. – 2013. – № 23. – С. 6–10.
7. Гутаревич Ю. Ф. Екологія та автомобільний транспорт: навч. посіб. / Ю. Ф. Гутаревич, Д. В. Зеркалов, А. Г. Говорун – К.: Арістей, 2006. – 292 с.
8. Куров Б. М. Как уменьшить загрязнение окружающей среды автотранспортом? / Б. М. Куров // Россия в окружающем мире: 2000. – [Електронний ресурс] : [Сайт]. – Режим доступу: <http://www.eco-mpери.narod.ru/book/2000-10.htm>. – Заголовок з екрану.
9. Паливо-мастильні матеріали, технічні рідини та системи їх забезпечення: навч. посіб. Кн. 1. Паливо-мастильні матеріали і технічні рідини / За ред. В. Я. Чабанного; 2-ге вид., перероб. та доп. – Кіровоград: Центрально-Українське вид-во, 2008. – 353 с.
10. Справочник химика. Т. 2: Основные свойства неорганических и органических соединений; 3-е изд., испр. – Л.: Химия. Ленинградское отделение, 1971. – 1168 с.
11. Бойко Е. В. Химия нефти и топлив: учеб. пособ. / Е. В. Бойко. - Ульяновск: УлГТУ, 2007. – 60 с.
12. Технічний регламент щодо вимог до автомобільних бензинів, дизельного, суднових та котельних палив, затверджений Постановою Кабінету Міністрів України від 1 серпня 2013 р. № 927 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/927-2013-%D0%BF>.
13. Казначевский В. Л. Повышение энергетических, экономических и экологических качеств дизеля 8413/14 регулированием физико-химических свойств топлива / Казначевский Владимир Леонидович. – Дисс. ... канд. техн. наук: 05.04.02 – Тепловые двигатели, М., 2006. – 156 с.
14. Виноградский В. Л. Регулирование дизеля изменением физико-химических свойств топлива добавкой сжиженного нефтяного газа / Виноградский Владимир Леонидович. – Дисс. ... канд. техн. наук: 05.04.02 – Тепловые двигатели. – М., 2002. – 165 с.
15. Русинов А. Р. Повышение эффективности работы дизеля добавкой легких синтетических парафиновых углеводородов в дизельное топливо. – Дисс. ... канд. техн. наук: 05.04.02 – Тепловые двигатели. – М., 2007. – 158 с.
16. Марченко А. И. Влияние молекулярной массы нефтяных сульфонов 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.
17. Патент 2148077 Российская Федерация, МПК C10L1/18, C10L1/22. Добавка к бензину и композиция, ее содержащая / Аветисян В. Е.; Афанасьев А. М.; Дьяченко О. Б.; Емельянов В. Е.; Звягин Г. М.; Кислов А. И.; Климова Т. А.; Малиновский А. С.; Онойченко С. Н.; Самсонов В. В.; Титов А. К.; заявитель и патентообладатель Закрытое акционерное общество "Самарская нефтехимическая компания" [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ru-patent.info/21/45-49/2148077.html>. – Заголовок з екрану.
18. Патент 2365617 Российская Федерация, МПК C 10 L 10/10. Октаноповышающая добавка к

бензину / С. Д. Варфоломеев, Г. Г. Макаров, Г. А. Никифоров, В. Б. Вольева, Л. И. Трусов; заявитель и патентообладатель Учреждение Российской академии наук Институт биохимической физики им. Н. М. Эмануэля РАН (ИБХФ РАН) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.findpatent.ru/patent/236/2365617.html>. – Заголовок з екрану.

19. Патент 2505589 Российская Федерация, МПК С 10 L 10/10. Способ снижения требований автомобильных бензиновых двигателей к величине октанового числа / Магарил Р. З., Магарил Е. Р.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина" (RU) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.findpatent.ru/patent/250/2505589.html>. – Заголовок з екрану.

20. Кофанова Е. В. Определение состава трехкомпонентных систем циклогексан-гексан-бензол и циклогексан-гексан-толуол по денсиметрическим и дизелькометрическим данным / Е. В. Кофанова, Н. И. Кулинич, Г. И. Янчук. – Деп. в ГНТБ Украины, 05.12.94, № 2295–УК94. – 21 с.

21. Кофанова Е. В. Контроль расхода автомобильных бензинов по изменению их денсиметрических характеристик / Е. В. Кофанова, А. Е. Кофанов, А. И. Высоцкий // *Енергетика: економіка, технології, екологія*. – 2010. – № 1(26). – С. 105–109.

22. Застосування поліфункціональної миюче-диспергуючої присадки до палива як засіб зменшення негативного впливу на довкілля / І. В. Роїк, О. В. Кофанова, О. І. Василькевич, М. Б. Степанов // *Енергетика: економіка, технології, екологія*. – № 2 (27). – 2010. – С. 80–85.

23. Роїк І. В. Модифікація палива за допомогою миюче-диспергуючих присадок / І. В. Роїк, О. В. Кофанова // *Матеріали конф. "Людина–Природа–Суспільство: теорія і практика безпеки життєдіяльності, екології та валеології"*. – Вип. 4. – Сімферополь: НІЦ КІПУ, 2011. – С. 101–102.

24. Бензини автомобільні підвищеної якості. Технічні умови (EN 288 : 2004, IDT): ДСТУ 4839:2007. – [Чинний від 2007-10-03]. – К. Держспоживстандарт України, 2007. – 14 с. – (Національний стандарт України).

**O. V. Kofanova, O. E. Kofanov**

**National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute»**

**USAGE OF 'PHYSICO-CHEMICAL REGULATION' OF FUEL PROPERTIES METHOD WITH THE AIM OF INCREASING OF VEHICLES ENVIRONMENTABILITY**

*The article deals with analysis of methods of vehicles environmentability increasing, in particular, by the 'physico-chemical regulation' of fuel properties method. On the research and scientific study the principle possibility and expedience of application of the mentioned method for vehicles environmentability increasing without the losses in their economic and operating characteristics have been proved. It has been suggested to reach the fuel economy and vehicles environmentability increasing by adding to the fuel the complex additives, containing surface-active compounds, antioxidants and solvent. This method of 'physico-chemical regulation' of fuel properties enables not only to reach the fuel economy effect, to increase the vehicle's service term but also to improve fuel combustion conditions, vehicle efficiency and decreasing the level of atmosphere pollutants emission.*

**Keywords:** Motor transport, exhaust gases, greenhouse gases, fuel, vehicle emissions pollution, environmental engineering, additives for motor fuel

1. Robocha grupa zi zminy klimatu [Elektronnyj resurs]: [Sajt]. – Rezhym dostupu: [http://climategroup.org.ua/?page\\_id=75](http://climategroup.org.ua/?page_id=75). – Nazva z ekranu.

2. Robocha grupa neurjadovyh ekologichnyh organizacij Ukrai'ny z pytan' zminy klimatu [Elektronnyj resurs]: [Sajt]. – Rezhym dostupu: [http://climategroup.org.ua/?page\\_id=75](http://climategroup.org.ua/?page_id=75). – Nazva z ekranu.

3. Druge nacional'ne povidomlennja Ukrai'ny z pytan' zminy klimatu. Pidgotovlene vidpovidno do zobov'jazan' Ukrai'ny po Ramkovij konvencii' OON pro zminu klimatu (zatverdzenogo Rozporjadzhennjam KМУ vid 18 serpnja 2005 r. № 346-r.). – К.: UkrNDGMI "Interpres LTD", 2006. – 80 s.

4. Ukrai'ns'kyj rejestr vuglecevyh odynyc'. Oficijne internet-predstavnyctvo [Elektronnyj resurs]: [Sajt]. – Rezhym dostupu: <http://www.carbonunitsregistry.gov.ua/>. – Nazva z ekranu.

5. Tokmylenko O. Fiskal'ni metody reguljuvannja vykydiv CO2 avtotransportom v Ukrai'ni: dopovid' / Olena Tokmylenko. – Nacional'nyj ekologichnyj centr Ukrai'ny [Elektronnyj resurs]. – Rezhym dostupu: [www.necu.org.ua](http://www.necu.org.ua). – Nazva z ekranu. ЛІТЕРАТУРА

6. Rjabcev G. L. "Zachistka" prodolzhaetsja: otnena "staryh" standartov na toplivo mozhet byt' ispol'zovana protiv potrebitelej i trejderov / Gennadij Rjabcev // *Terminal*. – 2013. – № 23. – С. 6–10.

7. Gutarevych Ju. F. Ekologija ta avtomobil'nyj transport: navch. posib. / Ju. F. Gutarevych, D. V. Zerkalov, A. G. Govorun – К.: Aristej, 2006. – 292 s.



8. Kurov B. M. Kak umen'shyt' zagriznjenje okruzhajushhej sredy avtotransportom? / B. M. Kurov // Rossiya v okruzhajushhem myre: 2000. – [Elektronnyj resurs] : [Cajt].– Rezhym dostupu: <http://www.eco-mnepu.narod.ru/book/2000-10.htm>. – Zagolovok z ekranu.

9. Palyvo-mastylni materialy, tehnicni ridyny ta systemy ih zabezpechennja: navch. posib. Kn. 1. Palyvo-mastylni materialy i tehnicni ridyny / Za red. V. Ja. Chabannogo; 2-ge vyd., pererob. ta dop. – Kirovograd: Central'no-Ukrai'ns'ke vyd-vo, 2008. – 353 s.

10. Spravochnik himika. T. 2: Osnovnye svojstva neorganicheskikh i organicheskikh soedinenij; 3-e izd., ispr. – L.: Himija. Leningradskoe otdelenie, 1971. – 1168 s.

11. Bojko E. V. Himija nefi i topliv: ucheb. posob. / E. V. Bojko. - Ul'janovsk: UIGTU, 2007. – 60 s.

12. Tehnicnyj reglament shhodo vymog do avtomobil'nyh benzyniv, dyzel'nogo, sudnovyh ta kotel'nyh palyv, zatverdzenyj Postanovoju Kabinetu Ministriv Ukrai'ny vid 1 serpnja 2013 r. № 927 [Elektronnyj resurs]. – Rezhym dostupu: <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/927-2013-%D0%BF>.

13. Kaznachevskij V. L. Povyshenie jenergeticheskikh, jekonomicheskikh i jekologicheskikh kachestv dizelja 8413/14 regulirovaniem fiziko-himicheskikh svojstv topliva / Kaznachevskij Vladimir Leonidovich. – Diss. ... kand. tehn. nauk: 05.04.02 – Teplovyje dvigateli, M., 2006. – 156 s.

14. Vinogradskij V. L. Regulirovanie dizelja izmeneniem fiziko-himicheskikh svojstv topliva dobavkoj szhizhennogo nefljanogo gaza / Vinogradskij Vladimir Leonidovich. – Diss. ... kand. tehn. nauk: 05.04.02 – Teplovyje dvigateli. – M., 2002. – 165 s.

15. Rusinov A. R. Povyshenie jeffektivnosti raboty dizelja dobavkoj legkih sinteticheskikh parafinovyh uglevodorodov v dizel'noe toplivo. – Diss. ... kand. tehn. nauk: 05.04.02 – Teplovyje dvigateli. – M., 2007. – 158 s.

16. Marchenko A. I. Vlijanie molekularnoj massy nefjanyh sul'fonatov na vysokotemperaturnuju dispergirujushhuju sposobnost' poluchennyh na ih osnove nejtral'nyh i vysokoshhelochnyh prisadok / A. I. Marchenko, O. L. Glavati, V. H. Premislov // Himija i tehnologija topliv i masel. –1981. – № 2. – S. 28–32.

17. Patent 2148077 Rossijskaja Federacija, MPK C10L1/18, C10L1/22. Dobavka k benzinu i kompozicija, ee soderzhashhaja / Avetisjan V. E.; Afanas'ev A. M.; D'jachenko O. B.; Emel'janov V. E.; Zvjagin G. M.; Kislov A. I.; Klimova T. A.; Malinovskij A. S.; Onojchenko S. N.; Samsonov V. V.; Titov A. K.; zajavitel' i patentoobladatel' Zakrytoe akcionernoe obshhestvo "Samarskaja neftehimicheskaja kompanija" [Elektronnyj resurs].– Rezhim dostupu: <http://ru-patent.info/21/45-49/2148077.html>. – Zagolovok z ekranu.

18. Patent 2365617 Rossijskaja Federacija, MPK C 10 L 10/10. Oktanopovyshajushhaja dobavka k benzinu / S. D. Varfolomeev, G. G. Makarov, G. A. Nikiforov, V. B. Vol'eva, L. I. Trusov; zajavitel' i patentoobladatel' Uchrezhdenie Rossijskoj akademii nauk Institut biohimicheskij fiziki im. N. M. Jemanujelja RAN (IBHF RAN) [Elektronnyj resurs].– Rezhim dostupu: <http://www.findpatent.ru/patent/236/2365617.html>. – Zagolovok z ekranu.

19. Patent 2505589 Rossijskaja Federacija, MPK C 10 L 10/10. Sposob snizhenija trebovanij avtomobil'nyh benzinyh dvigatelej k velichine oktanovogo chisla / Magaril R. Z., Magaril E. R.; zajavitel' i patentoobladatel' Federal'noe gosudarstvennoe avtonomnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovanija "Ural'skij federal'nyj universitet im. pervogo Prezidenta Rossii B. N. El'cina" (RU) [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupu: <http://www.findpatent.ru/patent/250/2505589.html>. – Zagolovok z ekranu.

20. Kofanova E. V. Opredelenie sostava trehkomponentnyh sistem ciklogeksan-geksan-benzol i ciklogeksan-geksan-toluol po densimetriceskim i dijel'kometricheskim dannym / E. V. Kofanova, N. I. Kulinich, G. I. Janchuk. – Dep. v GNTB Ukrainy, 05.12.94, № 2295–UK94. – 21 s.

21. Kofanova E. V. Kontrol' rashoda avtomobil'nyh benzynov po izmeneniju ih densimetriceskih harakteristik / E. V. Kofanova, A. E. Kofanov, A. I. Vysockij // Energetika: ekonomika, tehnologija, ekologija. – 2010. – № 1(26). – S. 105–109.

22. Zastosuvannja polifunkcional'noi' myjuče-dyspergujuchoi' prysadky do palyva jak zasib zmeshennja negatyvnoho vplyvu na dokillja / I. V. Roi'k, O. V. Kofanova, O. I. Vasyl'kevych, M. B. Stepanov // Energetyka: ekonomika, tehnologija, ekologija. – № 2 (27). – 2010. – S. 80–85.

23. Roi'k I. V. Modyfikacija palyva za dopomogoj myjuče-dyspergujučyh prysadok / I. V. Roi'k, O. V. Kofanova // Materialy konf. "Ljudyna–Pryroda–Suspil'stvo: teorija i praktyka bezpeky zhyttjedijal'nosti, ekologiji' ta valeologii'". – Vyp. 4. – Simferopol': NIC KIPU, 2011. – S. 101–102.

24. Benzyny avtomobil'ni pidvyshhenoi' jakosti. Tehnicni umovy (EN 288 : 2004, IDT): DSTU 4839:2007. – [Chynnij vid 2007-10-03]. – K. Derzhspozhyvstandart Ukrai'ny, 2007. – 14 c. – (Nacional'nyj standart Ukrai'ny).

УДК 502:504

Е. В. Кофанова д-р. пед. наук, канд. хим. наук, доцент; О. Е. Кофанов

**Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»  
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ СВОЙСТВ  
МОТОРНОГО ТОПЛИВА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧНОСТИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ  
СРЕДСТВ**

*В статье проанализированы способы повышения экологичности автотранспортных средств, в частности, с помощью метода "физико-химической регуляции" свойств автомобильного топлива. На основе проведенных исследований и изучения научных трудов доказана принципиальная возможность и целесообразность применения данного метода для повышения экологичности автотранспортных средств без потери их экономических и эксплуатационных характеристик. Предложено повысить топливную экономичность и экологичность двигателей внутреннего сгорания (ДВС) путем добавления к моторному топливу пакета присадок комплексного действия, содержащих поверхностно-активные вещества, антиоксиданты и растворитель. Доказано, что добавление присадок к топливу дает возможность не только повысить надежность работы автомобиля и увеличить срок службы двигателя, но и повысить топливную эффективность автотранспортного средства и сократить удельные выбросы ДВС вредных веществ в атмосферу.*

**Ключевые слова:** автомобильный транспорт, отработавшие газы, выбросы, парниковые газы, топливо, охрана окружающей среды, присадки к топливу

Надійшла 26.09.2014

Received 26.09.2014

УДК 662.963

А.М. Ковальчук канд. техн. наук, доцент; М.П. Клопот

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»

**ШЛЯХИ ЗНИЖЕННЯ НЕОБХІДНИХ КАПІТАЛОВКЛАДЕНЬ ДЛЯ  
УСТАНОВКИ АБСОРБЦІЙНОГО ОЧИЩЕННЯ ДИМОВИХ ГАЗІВ  
ВІД ВУГЛЕКИСЛОГО ГАЗУ ВОДНИМИ РОЗЧИНАМИ АМІНІВ**

*У статті проаналізовано результати комп'ютерного моделювання процесу очищення димових газів від вуглекислого газу. Відтворення процесу здійснювалось для різних параметрів та конфігурації обладнання, досліджено їх вплив на вартість установки. Показано, що такі модифікації, як зміна висоти та типу пакування насадки абсорбера, зміна розміру теплообмінника або заміна теплообмінника на нагрівач, по-різному впливають на розмір необхідних капіталовкладень. Зроблено висновки про оптимальну конфігурацію обладнання установки для уловлювання вуглекислого газу.*

**Ключові слова:** абсорбер, капіталовкладення, теплообмінник, Aspen In-Plant Cost Estimator, Aspen HYSYS.

**Вступ.** Існують численні методи та технології уловлювання вуглекислого газу після спалювання палива, зокрема хімічне та фізичне абсорбційне очищення, мембранна сепарація, адсорбція, криогенний поділ [1]. Серед перерахованих технологій для видалення двоокису вуглецю з димових газових потоків, абсорбційне очищення водними розчинами амінів на сьогоднішній день є найбільш дослідженим та вважається найбільш перспективним методом. Ця технологія широко застосовується в області переробки газу, хімічного виробництва та газифікації вугілля. Однак її впровадження потребує великих інвестицій.

**Мета та завдання.** Велика кількість досліджень проведена у напрямку підвищення енергоефективності процесу уловлювання вуглекислого газу. Дана стаття спрямована на пошук можливих технологічних шляхів до зниження рівня необхідних капіталовкладень, що могло б зробити технологію більш привабливою для інвесторів. Основним завданням даного дослідження є вивчення впливу технологічних модифікацій на кінцеву вартість обладнання та визначення оптимальних параметрів обладнання, що дають найнижчий рівень необхідних інвестицій в установку.

**Матеріал і результати досліджень.** За основу дослідження було взято типовий процес очищення потоку димових газів газової електростанції (500 МВт) водним розчином моноетаноламіну (MEA) з ефективністю уловлювання вуглекислого газу на рівні 85% (рис.1) [2].