

ЗАХОДИ З ПОЛПШЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МОТОРНОГО ПАЛИВА



О.В. Кофанова, докт. пед. наук, канд. хім. наук,
О.Є. Кофанов

Вступ. Будь-який двигун є потенційним джерелом забруднення навколишнього середовища внаслідок того, що велика частка автомобілів працює на вуглеводневому паливі. За даними Державної служби статистики [1], в Україні налічується близько 1338 тис. вантажних автомобілів, 250 тис. пасажирських автобусів, 6900,5 тис. легкових автомобілів, 1206 тис. мототранспортних засобів, більшість яких знаходяться в особистій власності. Це спричинює неконтрольоване зростання інтенсивності руху автотранспорту у великих містах і передмістях, призводить до утворення так званих техногенних аномалій шкідливих речовин-полютантів навколишнього середовища.

Неповне згоряння моторного палива, неправильно відрегульований режим роботи двигуна спричинюють збільшення концентрації полютантів докільля у відпрацьованих газах автомобілів. За хімічними властивостями й характером дії на організм людини фахівці [2] умовно поділяють викиди автомобілів на нетоксичні (N_2 , O_2 , H_2O , H_2 тощо) і токсичні, шкідливі для здоров'я людини й докільля (CO , C_mH_n , NO_x , SO_2 , H_2S , альдегіди тощо), які можна класифікувати ще за декількома ознаками. Крім того, з вихлопними газами дизелів до атмосфери потрапляють дрібнодисперсні тверді частинки, аерозолі масел, продукти зносу двигунів та іншого обладнання. Якщо кількість таких викидів досить велика, то ці гази стають видимими, і двигун «димить».

Постановка проблеми. Речовини-полютанти можуть утворюватися й унаслідок

додавання до моторного палива різних за призначенням домішок. Зокрема забруднення атмосферного повітря і придорожного ґрунту сполуками Плюмбуму спричинено здебільшого використанням упродовж довгого часу антидетонаційних присадок тетраетилплюмбуму для бензину (так званий етильований бензин). А шкідливий за своєю дією на організм людини й докільля сульфур(IV) оксид утворюється під час роботи дизельних двигунів на паливі, що містить домішки сполук Сульфуру.

Особливо гостро наслідки емісії шкідливих речовин автотранспортом виявляються на перетинах доріг і під час так званих пробок, коли на відносно невеликій території скупчується велика кількість автотранспортних засобів. Низька швидкість пересування автомобілів і робота двигунів на малих обертах спричинюють значне збільшення продуктів неповного згоряння палива і підвищують їхню небезпечність. Погано відрегульована система живлення двигуна, наявність нагару в камері згоряння і в інших його частинах теж збільшують забруднення атмосферного повітря шкідливими компонентами вихлопних газів [3]. Крім того, ще одним наслідком утворення пробок є надмірні витрати цінного вуглеводневого палива.

Отже, для розв'язання проблеми вкрай потрібні наукові розробки стосовно забезпечення повноти згоряння моторного палива і скорочення вмісту шкідливих речовин у відпрацьованих газах автомобілів. Роботи в цьому напрямі здійснюються в усьому світі

й уже приносять певні позитивні результати. Зокрема, сучасні автомобілі, що випускаються в розвинутих країнах, викидають шкідливих речовин, за оцінками спеціалістів, майже в 10–15 разів менше, ніж автомобілі, які вироблялись 10–20 років тому. Навіть автомобілі виробництва 2013 р. порівняно з 2012 р. є більш економічними й екологічними [4].

Аналіз останніх досліджень. Нами в роботі [5] проаналізовано ефективність деяких заходів зі зниження негативного впливу автотранспорту на природно-техногенне урбанізоване середовище. Серед таких заходів відзначимо підвищення економічності двигуна внутрішнього згоряння (ДВЗ) і, як наслідок, його екологічності за рахунок застосування спеціальних пристроїв – економайзерів примусового холостого ходу. Це дає змогу зменшити витрати моторного палива на 1,5–2 %, а вміст карбон(II) оксиду у відпрацьованих газах автомобіля скоротити приблизно вдвічі під час гальмування [6].

На сучасних автомобілях передбачено інжекторне сумішоутворення із застосуванням електронних систем корегування складу паливно-повітряної суміші, що дає змогу підтримувати її оптимальний склад при різних режимах роботи ДВЗ залежно від температурного режиму, кліматичних умов тощо [7]. Унаслідок цього підвищується паливна економічність автотранспортного засобу і приблизно на 5 % скорочуються викиди речовин-полутантів в атмосферу. Є також багато марок двигунів, які штатно працюють на збіднених паливно-повітряних сумішах, у разі запуску холодного двигуна (коли потрібна збагачена паливом суміш) застосовують спеціальні автомати для скорочення часу на його прогрівання.

Деякі з відомих автомобільних концернів удаються до суттєвого зниження маси автомобіля, заміни його конструкційних матеріалів на більш легкі. Це обумовлено тим, що на кожну «зайву» тонну маси автомобіля додатково витрачається приблизно 2,5 л бензину або 1,6 л дизельного палива на кожні 100 км. Отже, цей спосіб дає змогу заощадити в середньому до

8–10 % цінного вуглеводневого палива [6]. Не менш перспективним є зменшення опору повітря руху автомобіля, а застосування альтернативних видів моторного палива є нині одним із найголовніших напрямів удосконалення конструкції автомобіля. Як альтернативне паливо можна використовувати газ (зріджений нафтовий або стиснений природний), водень, електроенергію або біопаливо. Зокрема використання газу як моторного палива надає змогу зменшити токсичність вихлопів автомобіля за карбон(II) оксидом – у 3–4 рази; за оксидами Нітрогену – в 1,2–2 рази та за залишковими вуглеводнями – в 1,2–1,4 рази [6]. Проте і такі автомобілі, на думку фахівців, також мають певні недоліки, що лімітують обсяги їхнього виробництва й продажу [8].

Зниження токсичності вихлопів (відпрацьованих газів) досягається цілою низкою технічних рішень. Це, наприклад, встановлення на автомобілі нейтралізаторів відпрацьованих газів, спеціальних фільтрів, а також уведення до вуглеводневого палива присадок різного функціонального призначення [5; 9; 10]. Зокрема для скорочення викидів оксидів Нітрогену застосовують рециркуляцію, тобто частину відпрацьованих газів спрямовують до впускного трубопроводу, що надає можливість знизити температуру згоряння палива і зменшити таким чином реакційну здатність Нітрогену. Отже, автомобільні компанії постійно працюють у напрямі вдосконалення конструкції автотранспортних засобів, застосовуючи нові, більш прогресивні й ефективні системи живлення, каталітичні нейтралізатори вихлопних газів тощо.

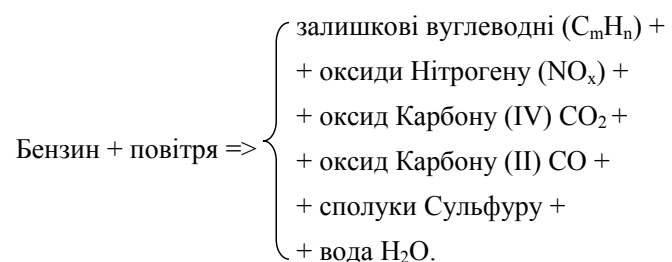
Мета роботи – дослідити ефективність заходів з поліпшення екологічних характеристик моторного палива задля забезпечення повноти його згоряння і зменшення вмісту шкідливих речовин у відпрацьованих газах автомобілів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Загальновідомо, що згоряння палива у ДВЗ належить до процесу окиснення, який є одним із найбільш розповсюджених процесів

у природі й техніці. У вузькому значенні під окисненням розуміють хімічну реакцію будь-якої речовини з киснем, у широкому розумінні окиснення – це хімічний процес віднімання електронів від вільних атомів чи іонів. Незабезпеченість цього процесу в повному обсязі найчастіше й спричинює утворення та емісію з відпрацьованими газами автомобілів шкідливих для здоров'я людини й довкілля речовин-поллютантів.

Зокрема такі поллютанти, як бенз(а)пірен, альдегіди, сульфур (IV) оксид, оксиди Нітрогену та Карбону здатні спричинювати ускладненість дихання, астматичні ефекти, особливо в дітей, зростання кількості випадків захворюваності на рак (канцерогенна дія) та інші негативні наслідки. Отже, проблема забруднення довкілля автотранспортними засобами є надзвичайно гострою й потребує швидкого й комплексного розв'язання.

Схематично процес згоряння палива (на прикладі двигуна, що працює на бензині) можна зобразити так [11]:



Розглянемо стехіометрію процесу хімічного окиснення палива в ДВЗ, спираючись на дані авторів [7]. Отже, для повного згоряння одного кілограму бензину потрібно 14,8 кг повітря. Проте утворення повністю однорідної паливно-повітряної суміші за тисячні частки секунди, що відводяться на процес згоряння палива в циліндрі, майже неможливе. Цьому заважають і продукти згоряння, що залишилися після попереднього циклу роботи двигуна. Це означає, що паливо не встигає повністю згоріти, і частина його у вигляді продуктів неповного окиснення – карбон(II) оксиду, вуглеводнів, альдегідів тощо викидається в атмосферне повітря.

Крім того, якщо при середньому навантаженні двигуна автомобіля до циліндрів подається збіднена, так звана економічна паливно-повітряна суміш, то в разі максимального його навантаження (а також у разі запуску холодного двигуна) потрібна сильно збагачена паливом суміш, тому для забезпечення необхідної потужності двигуна і швидкої зміни режимів роботи автомобіля в циліндри часто вводиться більше палива, ніж це стехіометрично обґрунтовано. Тобто на багатьох режимах роботи ДВЗ паливно-повітряна суміш не відповідає теоретично необхідному співвідношенню її компонентів. Це також спричинює емісію до атмосфери шкідливих речовин-поллютантів і надмірну витрату моторного палива, призводить до нераціонального використання цінних, невідновлювальних природних ресурсів [7].

Сучасне екологічне законодавство ЄС налічує велику кількість законодавчих актів – директив, регламентів, рішень тощо. Зокрема розробкою загальноєвропейських правил і стандартів у сфері екології автотранспорту займається Комітет внутрішнього транспорту в рамках діючої Європейської Економічної Комісії ООН (ЄЕК ООН) [12]. Серед чинних законодавчих актів відзначимо директиви 98/70/ЄС (зі змінами та доповненнями 2000/71/ЄС) щодо якості бензину і дизельного палива; 93/12/ЄС (зі змінами і доповненнями 99/32/ЄС) щодо вмісту Сульфуру в рідкому пальному; 94/63/ЄС щодо викидів унаслідок зберігання та реалізації бензину і моторного палива; 99/94/ЄС щодо палива і викидів вуглекислого газу новими пасажирськими транспортними засобами, а також Рішення 2002/159/ЄС щодо даних про якість палива і Рішення 93/389/ЄС (змінене та доповнене 1999/296/ЄС) щодо моніторингу викидів вуглекислого газу та інших парникових газів тощо.

Отже, виробники автомобілів, а також автомобільних двигунів і моторного палива змушені постійно вдосконалювати свою

продукцію, звертаючи увагу саме на її екологічність, щоб запобігти шкідливому впливу автотранспортних засобів на довкілля.

У країнах ЄС встановлено спеціальні екологічні норми Євро (1...6 – залежно від вимог) максимально можливих обсягів викидів двигунів автомобілів і токсичності відпрацьованих газів, що викидаються в атмосферу. Уперше ці стандарти було введено ЄЕК ООН у 1993 р. (Євро 1, 1993–1996 рр.). Зараз в ЄС діють норми Євро 5 (запроваджуються з 2008 р. для різних типів автомобілів), хоча розроблено також і норми Євро 6. При цьому ЄС також робить усе можливе для узгодження законодавств країн-членів у сфері протидії забрудненню навколишнього природного середовища автотранспортом (Директива 70/220/ЄС (зі змінами та доповненнями) – стосовно заходів з протидії забрудненню атмосферного повітря викидами транспортних засобів; Директива 88/77/ЄС (зі змінами та доповненнями) – щодо заходів з протидії забрудненню атмосферного повітря газоподібними викидами дизельних двигунів та багато інших).

Повнота процесу згоряння палива та, як наслідок, склад і токсичність відпрацьованих газів великою мірою залежать від сорту та якості моторного палива. Тому, окрім модернізації двигунів і автомобілів, на кожному з етапів упровадження норм Євро 1–5 відбувалось удосконалення технологій виробництва моторного палива, оскільки вимоги до якості бензину (скорочення вмісту Сульфуру, обмеження концентрації ароматичних вуглеводнів, зокрема бензену, заборона використання плюмбумвмісних антидетонаційних присадок тощо) й інших видів моторного палива ставали все жорсткішими [13; 14]. Таким чином, автомобільне пальне має відповідати певним фізико-хімічним, експлуатаційним і екологічним характеристикам, які регулюються законодавством країни або співдружності країн.

У результаті аналізу статистичних даних щодо вітчизняного автотранспортного парку фахівці дійшли висновку, що в нашій країні

багато автомобілів не відповідають навіть вимогам Євро 2, а тим більше вимогам Євро 5, що діють у країнах ЄС [14]. Відсутність жорстких вимог до обсягів і токсичності відпрацьованих газів ДВЗ призводить до того, що автомобілісти матеріально не зацікавлені в скороченні викидів і підвищенні економічності й екологічності автотранспортних засобів, оскільки забруднення атмосферного повітря й прилеглих до автомагістралей територій безпосередньо не позначається на їхньому матеріальному добробуті. Разом з тим з 1 січня 2014 р. в Україні діють стандарти Євро 4, а це означає, що всі автомобілі (як нові, так і старі), які підлягають першій реєстрації, мають відповідати саме цим нормам. Але, якщо автомобіль уже зареєстрований, ці зміни його не стосуються [15].

Нині існує багато способів інтенсифікації процесу окиснення моторного палива – фізичні, хімічні, а також конструкційні методи цілеспрямованого впливу на кінетику процесу горіння. Одним із способів, що дає змогу досягти комплексної дії на ефективність процесу згоряння палива, є введення до складу бензину спеціальних речовин-присадок [16]. Так, у США 100 % бензинів містять комплексні присадки; у розвинутих країнах Європи – близько 70 % [17].

Присадки вводяться з метою інтенсифікації самого процесу окиснення палива, а також для підвищення октанового (цетанового) числа, зменшення нагароутворення в камері згоряння та/або інших функціональних частинах карбюратора (наприклад, миюче-диспергуючі присадки до бензину і дизельного пального). Зокрема підвищити детонаційну стійкість бензину, яка характеризується октановим числом (ОЧ), можна шляхом введення індивідуальних і комплексних антидетонаційних присадок, у тому числі й оксигенатів (оксигеновмісних сполук і їхніх сумішей – прості й складні ефіри, спирти, карбонільні сполуки тощо) [18].

Авторами роботи [19] розроблено багатофункціональну присадку на основі етанолу,

що не тільки забезпечує підвищення октанового числа, але й сприяє суттєвому скороченню токсичності вихлопних газів. Проте деякі дослідники [18] відзначають, що складні присадки такого типу здатні до пероксидних перетворень унаслідок автоокиснення повітрям. Крім того, між компонентами присадки можлива хімічна взаємодія, що спричинює зменшення стабільності палива, накопичення карбонових кислот і зменшення корозійної стійкості двигуна, ємностей для зберігання палива тощо, а також ускладнення процесу утворення паливно-повітряної суміші. Наявність же в композиційному складі присадки сполук Нітрогену і металоорганічних сполук може спричинити підвищення вмісту оксидів Нітрогену й інших шкідливих компонентів у відпрацьованих газах.

Отже, досить велика частина розроблених і запатентованих присадок не може бути застосована через їхню підвищену токсичність або негативний вплив на експлуатаційні характеристики двигуна [20]. Тому для забезпечення сталого розвитку суспільства й біосфери вкрай необхідно продовжити пошуки більш екологічних і економічних паливних присадок, що дадуть змогу без зміни експлуатаційних характеристик двигуна комплексно розв'язати низку проблем, стосовно екологічно безпечної експлуатації вітчизняного автотранспортного парку, а також раціонального використання нафтових природних ресурсів.

Цікавими у цьому зв'язку вважаємо наші роботи з моделювання складу деяких марок автомобільного бензину на основі трьохкомпонентних систем гексан–циклогексан–бензен [21] і гексан–циклогексан–толуен [22] і вивчення їхніх фізико-хімічних властивостей. Зазначимо, що автори патенту [18] також створювали модельні паливні системи для дослідження октанопідвищувальної властивості розроблених ними присадок. Вони, зокрема, застосовували стандартну вуглеводневу суміш гептан–ізооктан (1:4), що характеризується $ОЧ = 80$, і чистий пентан, $ОЧ$ якого (за визна-

ченням) дорівнює нулю.

Запропонована присадка комплексної дії до моторного палива має певні переваги перед аналогами [18–20]. Вона надає змогу не тільки підвищити $ОЧ$, але й сприяє підвищенню детонаційної стійкості бензину, забезпеченню його стабільності і скороченню витрат палива. Як компоненти присадки містить неіоногенні ПАР та антиоксиданти (мають певний функціональний вплив на кінетику процесу згоряння палива), а також розчинник як допоміжну речовину. Як неіоногенні ПАР використано оксиетильовані жирні спирти, загальна формула яких $RO(C_2H_2O)_nH$, (де $R = C_{10}-C_{14}$, а $n = 6-8$) [9; 10].

Присадка вводиться до бензину під час заправки автомобіля та має добре виражену миючу дію. Вона призначена для очищення паливної апаратури, циліндропоршневої групи і клапанного механізму від відкладень нагару, смолистих і лакових забруднень. Крім того, використання присадки дає змогу суттєво знизити токсичність відпрацьованих газів ДВЗ. Методику проведення випробувань детально описано в [10]. Установлено, що вміст карбон(II) оксиду зменшується на 4–10 % залежно від режиму проведення випробувань, карбон(IV) оксиду – на 1,5–3 %, сумарних вуглеводнів – на 3–6 %, а оксидів Нітрогену NO_x – на 8–24 %. Отже, за рахунок забезпечення умов більш повного згоряння палива відбувається скорочення у відпрацьованих газах таких полютантів доквілля, як CO , CO_2 , C_mH_n , NO_x та ін.

Висновки

Автотранспортний парк України, на думку фахівців, не відповідає навіть вимогам ЄВРО-2, а тим більше вимогам ЄВРО-5 чи ЄВРО-6, що діють або обговорюються в країнах ЄС. Змінити це становище лише заборонаю використання застарілих автотранспортних засобів неможливо, тому в роботі проаналізовано різні способи підвищення екологічності автотранспорту. Установлено, що жоден з них не може повністю розв'язати цю складну

проблему.

Вважаємо, що нині одним із перспективних і ефективних напрямів у сфері зниження рівня токсичності емісії автотранспорту є розробка та введення до моторного палива на стадії заправки автомобіля присадок спеціальної та/або комплексної дії. Запропоновано досліджувати вплив присадок на процес окиснення палива, у тому числі й присадок на основі неіоногенних ПАР і антиоксидантів, на модельних паливних системах, що містять основні класи сполук, які входять до складу автомобільного бензину.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Державна служба статистики України [Електронний ресурс] : [сайт]. – Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua>. – Назва з екрана.

2. *Александров В.Ю.* Экологические проблемы автомобильного транспорта (Environmental Problem of Mechanical Transport): Аналит. обзор / *В.Ю. Александров, Л.И. Кузубова, Е.П. Яблокова* // ГПНТБ СО РАН; Новосибир. обл. ком. по экологии и природ. ресурсам; [Сер. Экология, вып. 34]. – Новосибирск: ПО «Север», 1995. – 113 с.

3. Texas Commission on Environmental Quality [Електронний ресурс] : [сайт]. – Режим доступу: <http://www.tceq.texas.gov/airquality/mobilesource/vetech/smokingvehicles.html>. – Заголовок з екрана.

4. *Чорноштан Т.М.* Високі екологічні стандарти Євро-союзу для автотранспорту / *Т.М. Чорноштан* // Гуманітарний вісник ЗДІА. – 2013. – № 52. – С. 125–132.

5. *Проценко С.И.* Сокращение выбросов отработанных газов автомобилей / *С.И. Проценко, Е.В. Кофанова* // Тези ІХ Всеукр. наук. конф. студ., магістрів та аспірантів [«Сучасні проблеми екології та геотехнологій»], (Житомир, 5–7 берез. 2012 р.). – Житомир: ЖДТУ, 2012. – С. 50.

6. *Базаров Б.И.* Экологическая безопасность автотранспортных средств / *Б.И. Базаров*. – Ташкент: ТАДИ, 2004. – 104 с.

7. *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-mnperu.narod.ru/book/2000-10.htm>. – Заголовок з екрана.

8. *Агуреев И.Е.* Конспект лекций дисциплины «Транспортная экология» / *И.Е. Агуреев*. – Тула: Тульский государственный университет, 2008. – 70 с.

9. *Роїк І.В.* Покращення експлуатаційно-екологічних характеристик автомобільних бензинів за допомогою поверхнево-активних присадок / *І.В. Роїк, О.В. Кофанова, О.І. Василькевич, М.Б. Степанов* // Енергетика: економіка, технології, екологія науковий журнал. – № 2 (27). – 2010. – С. 80–85.

10. *Роїк І.В.* Разработка состава многофункциональных присадок к углеводородному топливу / *І.В. Роїк, О.В. Кофанова* // Сб. науч. тр. мол. ученых и студентов 9-й междунар. конф. «Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики», 29–31 окт. 2013 г. / Под общ. ред. И.А. Баса-

лай. – Минск: БНТУ, 2013. – С. 113–116.

11. Air, Breathing and the Environment [Електронний ресурс]: [сайт]. – Режим доступу: <http://www.nutrained.com/environment/carsepa.htm>. – Заголовок з екрана.

12. Донецкий областной транспортный портал [Електронний ресурс]: [сайт]. – Режим доступу: <http://dotp.dn.ua/cgi-bin/dotp/start.cgi?mnb=ts&grp=ООН>. – Заголовок з екрана.

13. *Борисенко А.О.* Впровадження класів економічності автомобілів на Україні / *А.О. Борисенко* // Вісник НТУ «ХП». – 2014. – № 10 (1053). – С. 95–99.

14. *Біляєва І.В.* Аналіз впровадження норм Євро для автотранспорту в Україні / *І.В. Біляєва, Д.В. Захарова* // Екологічний вісник; Київ: Всеукраїнська екологічна ліга, 2013. – С. 29–30 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ea.donntu.edu.ua/handle/123456789/22859>. – Назва з екрана.

15. Сайт о зеленых автомобилях [Електронний ресурс]: [сайт]. – Режим доступу: <http://autoeco.info/index.php>. – Назва з екрана.

16. *Магарил Е.Р.* Моторные топлива: учеб. пособ. / *Е.Р. Магарил, Р.З. Магарил*. – М.: КДУ, 2008. – 160 с.

17. Не одни мы такие...// За рулем.–2000. – № 2.– С. 14 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.autopro.spb.ru/AllOils/VAZ98.html>. – Заголовок з екрана.

18. Пат. 2365617 Российская Федерация, МПК С 10 L 10/10. Октаноповышающая добавка к бензину / *Варфоломеев С.Д., Макаров Г.Г., Никифоров Г.А., Вольева В.Б., Трусов Л.И.*; заявитель и патентообладатель Учреждение Российской академии наук Институт биохимической физики им. Н.М. Эмануэля РАН (ИБХФ РАН) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.findpatent.ru/patent/236/2365617.html>. – Заголовок з екрана.

19. Пат. 2148077 Российская Федерация, МПК С 10L1/18, С10L1/22. 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://tupatent.info/21/45-49/2148077.html>. – Заголовок з екрана.

20. Пат. 2505589 Российская Федерация, МПК С 10L 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) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.findpatent.ru/patent/250/2505589.html>. – Заголовок з екрана.

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

22. *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.