

УДК 665.71:504/502

КОФАНОВА О.В.,

доктор педагогічних наук, кандидат хімічних наук,
професор кафедри інженерної екології
Національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут»

КОФАНОВ О.Є.,

магістр кафедри інженерної екології
Національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут»

МЕХАНІЗМИ ПОСИЛЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОСТІ ВІТЧИЗНЯНОГО АВТОТРАНСПОРТУ ЗА РАХУНОК ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЙОГО СТАЛОГО РОЗВИТКУ

Анотація. Стаття присвячена актуальним питанням підвищення екологічності автотранспортного комплексу та забезпечення вітчизняних споживачів власними паливними ресурсами. Проведено аналіз техногенного тиску на довкілля з боку автотранспорту, а також наслідків викидів забруднюючих речовин для здоров'я людини. Запропоновано дієві заходи з ресурсозбереження, в тому числі й з виробництва альтернативного біологічного моторного палива.

Ключові слова: автотранспортний сектор; альтернативне паливо; біопаливо; сталий розвиток суспільства й біосфери; навколишнє природне середовище; моторне паливо.

Кофанова Е.В., д. пед. н., к. х. н., професор кафедри інженерної екології Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»; **Кофанов А.Е.,** магістр кафедри інженерної екології Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»

МЕХАНИЗМЫ УСИЛЕНИЯ ЭКОЛОГИЧНОСТИ ОТЕЧЕСТВЕННОГО АВТОТРАНСПОРТА ЗА СЧЕТ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕГО УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

Аннотация. Статья посвящена актуальным вопросам повышения экологичности автотранспортного комплекса и обеспечения отечественных потребителей горючим. Проведен анализ техногенного влияния на окружающую природную среду со стороны автотранспорта, а также последствий загрязнения атмосферы выхлопными газами для здоровья людей. Предложены действенные ресурсосберегающие меры, в том числе и по производству альтернативного биологического горючего.

Ключевые слова: автотранспортный сектор альтернативное топливо; биотопливо; устойчивое развитие общества и биосферы; окружающая природная среда; моторное топливо.

Kofanova O.V., Doctor of Pedagogics, Ph.D. in Chemistry, Professor of Engineer Ecology Department, National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute»; **Kofanov O.E.,** Master of Engineer Ecology Department, National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute»

MECHANISMS OF THE ECOLOGICAL COMPATIBILITY AMPLIFICATION OF THE NATIONAL MOTOR TRANSPORT BY ENSURING ITS SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Abstract. The article is devoted to the topical issues of motor transport environmental sustainability increasing and ensuring of the national consumers with motor fuel. The anthropogenic influence of the vehicles on the environment, as well as the exhaust gases pollution impact on the human health have been investigated. Effective resource conservation measures, including alternative biological fuel production, have been proposed.

Keywords: road transport sector; alternative fuels; biofuels; sustainable development of society and biosphere; environment; motor fuel.

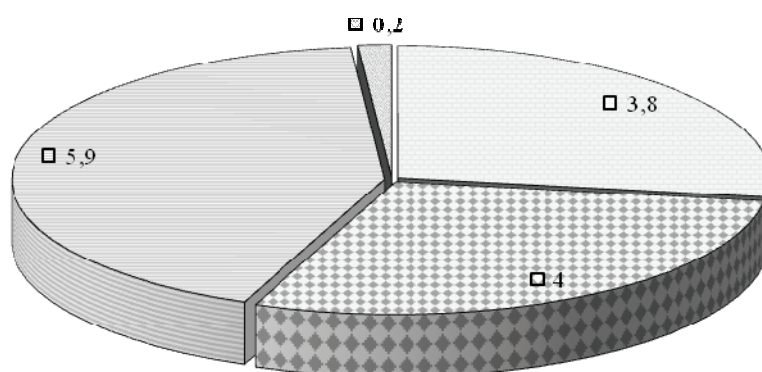
Постановка проблеми. Просування України до спільного європейського науково-економічного простору зумовлює необхідність пошуку оптимальних шляхів та механізмів співпраці з Європейським Союзом, адаптації вітчизняного законодавства й нормативної бази, в тому числі й в сфері екології автотранспорту. На думку міжнародних експертів, вже до 2030 р. приблизно дві третини населення світу житиме у містах, і при цьому урбанізація чинитиме значний тиск і на інфраструктуру, і на природні та енергетичні ресурси, і на навколишнє середовище в цілому [1]. Значущість автопереvezень у соціально-економічному розвитку будь-якої розвинутої країни та необхідність забезпечення сталого розвитку її автотранспортного комплексу (АТК) обумовлюють надзвичайну актуальність досліджень у сфері раціонального природокористування та екологізації автотранспорту, особливо у зв'язку з інтегруванням вітчизняного АТК до Транс'європейської транспортної мережі (TEN-T).

Актуальність проблеми обумовлена також і тим, що за останні роки різко погіршилась екологічна ситуація в нашій країні і в світі загалом, що певною мірою спричинено саме неконтрольованим спалюванням вуглеводневого палива. У табл. 1 показана динаміка споживання нафти та продуктів її переробки вітчизняними споживачами за період 2005–2012 рр. [2], а на рис. 1 продемонстровано (на прикладі 2013 р.), що в Україні у переважній більшості нафтова сировина переробляється саме на паливні продукти [3].

Таблиця 1

Споживання нафти та продуктів її переробки (млн. т) в Україні

Показник	2005	2008	2009	2010	2011	2012
Нафта, включаючи газовий конденсат	18,8	10,8	11,3	11,3	9,3	4,8
Бензин моторний	3,7	5,1	4,7	4,6	4,4	4,2
Газойлі (паливо дизельне)	5,1	6,2	5,3	5,7	6,1	6,3
Мазути топкові важкі	0,7	1,2	2,1	0,8	0,9	0,3



□ Нафта, включаючи газовий конденсат □ Бензин моторний
 □ Газойлі (паливо дизельне) □ Мазути топкові важкі

Рис. 1. Споживання нафти та продуктів її переробки (млн. т) в Україні за 2013 рік

Таким чином, найгострішими проблемами національної економіки, від розв'язання яких залежить її сталий, збалансований розвиток, є підвищення екологічності автотранспортних засобів та максимальне забезпечення вітчизняних споживачів власними паливними ресурсами. Суспільству необхідно звернути особливу увагу на розробку заходів зі зменшення антропогенного тиску на довкілля з боку автотранспорту, вдосконалення технологій добування екологічно безпечних видів моторного палива, зокрема на основі біологічних ресурсів країни та відходів виробництва й споживання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Значний внесок у теорію та практику наукових досліджень з проблем охорони атмосферного повітря, зменшення техногенного тиску з боку автотранспорту на довкілля внесли такі вчені, як О. Ф. Балацький, С. В. Бойченко, Б. М. Данилішин, В. М. Ісаєнко, О. І. Запорожець, П. М. Канило, В. Б. Кропивенська, В. С. Міщенко, Г. М. Франчук та інші науковці. На сьогодні транспортне забруднення не тільки суттєво впливає на показники якості атмосферного повітря, а й спричинює зміни клімату на планеті, а також мікроклімату в містах та прилеглих територіях (підвищується температура повітря, знижується рівень ультрафіолетового випромінювання, збільшується кількість опадів, у тому числі й кислотного характеру). Вчені пов'язують це з різким збільшенням концентрації парникових газів в атмосфері (зокрема CO₂, N₂O, NO₂, CH₄, SF₆ та ін.), обумовленою саме діяльністю людини. Тільки в період 2012–2013 рр. обсяги викидів вуглекислого газу в Україні майже досягли рівня 45 млн. т [2; 4; 5].

На думку дослідника О. В. Лямцева [6], особлива небезпека з боку автотранспортного комплексу полягає в тому, що на сьогодні в країні зростає чисельність приватних автотранспортних засобів, особливо великогабаритних, які "наполегливо" витискують з вітчизняного ринку автомобілі економ-класу (табл. 2) [2]. Це спричиняє також неконтрольоване зростання інтенсивності руху автотранспорту у великих містах і передмістях. Як наслідок, в Україні спостерігається стрімке посилення негативного тиску з боку автотранспорту на всі компоненти біосфери і особливо – на атмосферу [7].

Метою статті є дослідження механізмів послаблення енергетичної залежності нашої країни від імпорних енергоносіїв в автотранспортному секторі; розробці та обґрунтуванні способів підвищення екологічності автотранспортних засобів за рахунок упровадження альтернативних видів моторного палива, зокрема біодизелю, а також модифікації властивостей традиційного нафтового палива.

Таблиця 2

**Структура автомобільного транспорту України (тис. одиниць) за видами та призначенням
(на кінець кожного року)**

Показник	2005	2008	2009	2010	2011
Вантажні автомобілі	888,5	976,2	935,3	945,2	1337,9
– з них в особистій власності	349,7	474,4	455,5	479,2	795,6
Пасажи́рські автобуси	167,9	188,0	180,4	171,5	249,7
– з них в особистій власності	90,2	114,5	110,5	101,9	120,7
Легкові автомобілі	5539,0	6393,9	6518,7	6769,3	6900,5
– з них в особистій власності	5260,1	6090,4	6216,7	6470,5	6514,5
Інші автомобілі	137,3	213,3	231,6	241,5	73,0
Мототранспорт	982,6	650,9	554,5	528,4	1205,7
– з нього в особистій власності	970,5	645,0	549,2	522,7	1186,9

Виклад основного матеріалу. Пересувні джерела спричинюють забруднення майже всієї території країни, причому найбільший негативний вплив чиниться в житлових (селітебних) районах з великою щільністю населення. За визначенням фахівців, у структурі чинників, що формують ризик здоров'ю людини, перше місце посідає якість повітряного середовища (66,7 %), друге місце – якість харчових продуктів (13,5 %) і третє – шумове забруднення (12,6 %) [8]. На рис. 2 показана динаміка викидів речовин-полутантів навколишнього середовища в атмосферне повітря України пересувними джерелами забруднення у 2012 році. [9].

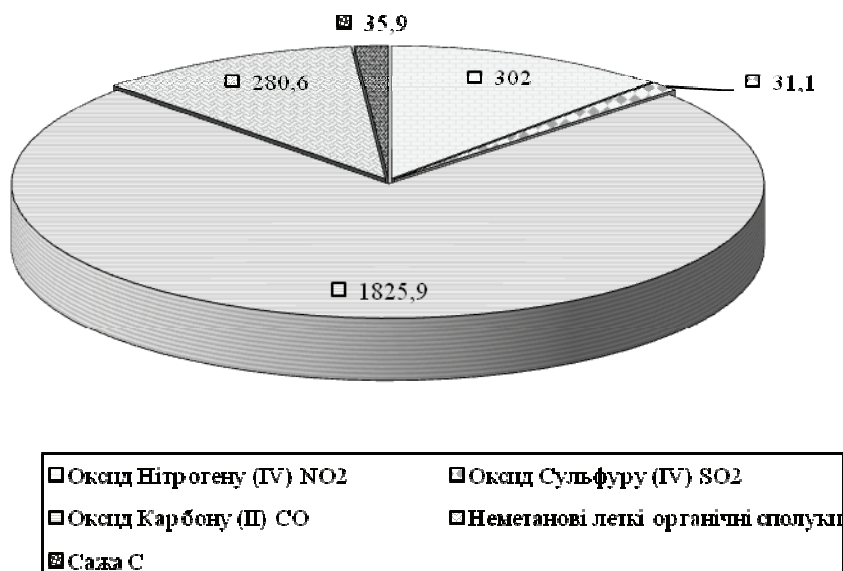


Рис. 2. Динаміка викидів забруднюючих речовин (тис. т) пересувними джерелами забруднення за 2012 рік та їх хімічний склад

За оцінками фахівців, в Україні щорічно в атмосферне повітря потрапляє близько 7 млн. т різноманітних полутантів, небезпечних для здоров'я людей і живих організмів. І велика частка цих забруднень викидається саме з відпрацьованими газами автомобілів. За офіційними даними Державної служби статистики України, загальний обсяг викидів забруднюючих речовин автотранспортом у 2009 р. становив 2514,8 тис. т, у 2010 р. – 2546,4 тис. т та у 2012 р. – 2485,8 тис. т [10]. При цьому середня щільність викидів в атмосферу на території України становить близько 11 т/км², а в окремих регіонах вона в десятки разів перевищує її середнє значення по країні. Це стосується в основному промислово розвинутих територій, де щільність річних викидів в атмосферу коливається в межах від 20 до 60 т/км². Зокрема на території Києва в 2011 р. у розрахунку на 1 км² території було викинуто 318,1 т забруднюючих речовин, що перевищило середній показник по країні майже у 29 разів [11].

Концентрація шкідливих речовин від викидів автотранспортних засобів максимальна в зоні подиху людини і особливо – дітей. Встановлено, що близько 20 % викидів автотранспорту залишається поблизу автомагістралей, унаслідок чого формуються техногенні аномалії токсичних і канцерогенних речовин [6]. Негативний вплив викидів автотранспорту відчувається на відстані до 2-х км від автомагістралі та розповсюджується на висоту майже до 300 м [12]. Результати досліджень свідчать, що діти до двох років, які живуть поблизу автодороги, в 2–8 разів частіше страждають уродженими аномаліями, рахітом, діатезом тощо, а у трирічних дітей майже у 18 разів частіше трапляються патології центральної нервової системи [6].

Такі полутанти, як бенз(а)пірен C₂₀H₁₂, альдегіди RC(O)H, оксид Сульфору (IV) SO₂, оксиди Нітрогену NO_x та Карбону CO_x здатні спричинювати астматичні ефекти, особливо в дітей, зростання кількості випадків

захворюваності на рак (канцерогенна дія) та інші негативні наслідки для здоров'я людини. Зокрема концентрація надзвичайно шкідливої речовини бенз(а)пірену (поліциклічний вуглеводень) у відпрацьованих газах автомобілів настільки велика, що його середньодобова концентрація на великих магістралях міста в середньому складає до 3 мкг/100 м³. Тобто в середньому кожен міський житель вдихає приблизно 0,6 мкг/добу бенз(а)пірену (гранично допустимі концентрації (ГДК) шкідливих компонентів відпрацьованих газів автомобілів подано в табл. 3) [6; 12].

Таблиця 3

Гранично допустимі концентрації речовин-поліутантів, що містяться у відпрацьованих газах двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ)

Речовина	Формула	ГДК в атмосферному повітрі населених пунктів, мг/м ³	
		Максимально разова	Середньодобова
Оксид Карбону (II)	CO	5,0	3,0
Оксид Нітрогену (II)	NO	0,4	0,06
Оксид Нітрогену (IV)	NO ₂	0,085	0,04
Вуглеводні	C _x H _y	1,0	не встановлена
Бенз(а)пірен	C ₂₀ H ₁₂	не встановлена	1·10 ⁻⁶
Акролеїн	C ₂ H ₃ C(O)H	0,03	0,03
Формальдегід	HC(O)H	0,035	0,003
Сажа	C	0,15	0,05
Плюмбум	Pb	0,001	0,0003

Склад викидів значною мірою залежить від типу двигуна, технічного стану автотранспортного засобу, швидкості його руху, режиму роботи та терміну й умов експлуатації [13]. Навіть незначні порушення в роботі ДВЗ можуть спричинити збільшення вмісту шкідливих речовин у відпрацьованих газах у декілька разів [14]. Причому бензинові двигуни, особливо карбюраторні, є основними емітентами чадного газу CO, а, наприклад, викиди оксидів Нітрогену, зокрема NO₂, спричинені в основному роботою дизельних двигунів [15]. Окрім того, невідрегульований дизельний двигун "димить" через викиди дрібнодисперсних твердих частинок, зокрема частинок сажі. Останні, в свою чергу, є надзвичайно шкідливими, оскільки здатні адсорбувати на своїй розвинутій поверхні інші токсичні речовини, в тому числі й канцерогенні.

Встановлено, що викиди забруднюючих речовин найбільш інтенсивні при змінних режимах роботи двигуна, а також при роботі в холостому режимі. Тому на перехрестях, де працюють світлофори та утворюються автомобільні затори, у повітрі спостерігається дуже висока концентрація речовин-токсикантів. Близько 50 % викидів автотранспорту в межах міста припадає саме на траси з малою швидкістю руху і менше 25 % – на швидкісні траси [14]. З метою запобігання забрудненню навколишнього природного середовища шкідливими компонентами відпрацьованих газів автомобілів у країнах ЄС було прийнято досить жорсткі стандарти щодо викидів відпрацьованих газів автотранспортними засобами та якості моторного палива (Євро 2...6). Зараз у ЄС діють норми Євро 5 (запроваджуються з 2008 р. для різних типів автомобілів).

У табл. 4 показано вимоги екологічних стандартів ЄС щодо вмісту у відпрацьованих газах автомобілів речовин-поліутантів навколишнього природного середовища, зокрема оксидів Карбону та Нітрогену, вуглеводнів, дрібнодисперсних частинок пилу, а також димності двигунів. Очікується найближчим часом (поки ще його введення відкладено) прийняття екологічного стандарту Євро 6, який передбачає, що викиди, наприклад, тільки вуглекислого газу новими марками легкових автомобілів повинні бути меншими, ніж 130 г на 1 км шляху [16]. В Україні з 1 січня 2014 р. діють стандарти Євро 4; тобто всі автомобілі (як нові, так і старі), що підлягають першій реєстрації, повинні відповідати саме цим нормам. Але, якщо автомобіль уже зареєстрований, ці зміни його не стосуються [17]. Тому багато автотранспортних засобів, що експлуатуються в нашій країні, є досить застарілими та не відповідають навіть екологічним стандартам Євро 2.

Таким чином, спрямування України на євроінтеграцію, входження до єдиного науково-економічного простору потребує суттєвої екологізації паливно-енергетичного комплексу за рахунок удосконалення технічного стану автотранспортних засобів, будівництва сучасних автомагістралей, забезпечення відповідності якості пального європейським стандартам, мінімізації викидів шкідливих речовин-поліутантів з відпрацьованими газами та ін. Перехід до сталого розвитку економіки країни передбачає також підвищення ефективності використання палива, розробку заходів з ресурсозбереження на транспорті та за рахунок цього – запобігання погіршенню якості навколишнього природного середовища.

Необхідність забезпечення основних принципів сталого розвитку країни та її просування до членства в ЄС зумовили розробку й прийняття урядом Транспортної стратегії України до 2020 року [18]. Реалізація цієї Стратегії, серед інших завдань, передбачає створення умов для збалансованого розвитку АТК; впровадження природоохоронних технологій і заходів, спрямованих на підвищення екологізації автотранспорту з огляду на необхідність забезпечення екологічної безпеки країни, розвитку автотранспортної системи України відповідно до Білої книги ЄС щодо транспорту [6]. У свою чергу, екологізація АТК передбачає орієнтацію на основні індикатори та показники його екологічно-збалансованого розвитку, а саме:

– заохочення населення щодо використання автотранспортних засобів, які відповідають європейським стандартам Євро 3, Євро 4 до 2016 р., а також перехід до стандартів Євро 4 та Євро 5 до 2020 р.;

- забезпечення пріоритету у розвитку громадських видів транспорту у містах;
- підвищення кількості транспортних засобів та систем, що використовують альтернативні види палива (до 25 % до 2016 р. та до 50 % до 2020 р. від базового рівня);
- оптимізація дорожнього руху на території великих міст та подальший розвиток громадського електротранспорту;
- збільшення екологічно сприятливих видів міського транспорту до 25 % до 2016 р. і до 50 % до 2020 р.;
- підтримка інноваційних проектів, спрямованих на зменшення рівня шумового забруднення та ін. [19].

Таблиця 4

**Вимоги екологічних стандартів Європейського Союзу щодо викидів шкідливих речовин
автотранспортними засобами**

Стандарт	Концентрація викидів, г/кВт·год; димність, м ⁻¹				
	CO	C _x H _y	NO _x	Тверді частинки	Димність
Євро 0	12,3	2,6	15,8		–
Євро 1	4,5	1,1	8,0 (<115 к.с.)	0,612 (<115 к.с.)	–
	4,5	1,1	9,0 (>115 к.с.)	0,36 (>115 к.с.)	–
Євро 2	4,0	1,1	8,0 (жовтень 1996 р.)	0,25 (жовтень 1996 р.)	–
	4,0	1,1	7,0 (жовтень 1998 р.)	0,15 (жовтень 1998 р.)	–
Євро 3	2,1	0,66	5,0	0,10	0,8
Євро 4	1,5	0,46	3,5	0,02	0,5
Євро 5	1,5	0,46	2,0	0,02	0,5

Зниження токсичності відпрацьованих газів автомобілів досягається низкою технічних рішень, серед яких, наприклад, встановлення на автомобілі нейтралізаторів відпрацьованих газів, спеціальних фільтрів, а також модифікація властивостей палива введенням присадок спеціальної та комплексної дії з метою підвищення ефективності його використання та зменшення вмісту шкідливих речовин (у тому числі й парникових газів) у відпрацьованих газах, застосуванням альтернативних видів палива тощо.

Екологічні, економічні та експлуатаційні властивості моторних палив багато в чому визначаються їх фракційним складом, тобто безпосередньо залежать від фізико-хімічних характеристик палива. Метод цілеспрямованої зміни (модифікації) цих характеристик за допомогою введення до моторного палива спеціальних речовин – присадок, добавок тощо отримав назву метод "фізико-хімічного регулювання" [20–22]. За даними авторів роботи [23], модифікація вуглеводневого палива шляхом додавання присадок різного функціонального призначення (депресорні, октанопідвищуючі, цетанопідвищуючі, протизносні, антидимні, миючі, диспергуючі присадки, антиоксиданти, інгібітори корозії тощо) надає змогу досягти покращення не тільки експлуатаційних характеристик автотранспортних засобів, а й підвищити їх екологічні показники.

На сьогодні присадки і добавки до моторних палив використовуються і для забезпечення відповідності моторних палив чинним стандартам (додаються під час одержання товарного продукту на нафтопереробному заводі), і для поліпшення характеристик, у тому числі й екологічних, стандартного палива (додаються, як правило, вже під час його споживання). Крім того, домішки біопалива, зокрема біоетанолу, біометанолу, біодизелю тощо можуть використовуватися як поліпшене в екологічному аспекті альтернативне паливо. У табл. 5 показана динаміка споживання рідких біопалив в Україні (в тому числі прогнозні дані) у період 2010–2030 рр. [24].

В ЄС розроблено спеціальну концепцію розвитку виробництва біопалив, що передбачає не тільки заміну частини традиційного нафтового палива на альтернативне, біологічного походження, а й виділення земель для вирощування енергетичної сировини таким чином, щоб не зашкодити навколишньому середовищу і не створити проблем із забезпеченням населення продовольством [25]. В Україні біопаливо також розглядається як реальна альтернатива нафтовому пальному. Заміна традиційного вуглеводневого палива на альтернативні джерела та зменшення за рахунок цього залежності країни від імпорту енергоносіїв є пріоритетними завданнями на всіх ланках економічної діяльності нашої держави.

Таблиця 5

Динаміка споживання рідких біопалив в Україні в період 2010–2030 рр.

Показник	2010	2015	2020	2025	2030
Споживання біоетанолу, млн. т	<0,1	0,3	0,6	0,8	1,1
Споживання біодизелю, млн. т	~0	~0	<0,1	0,3	0,8
Усього, споживання рідких біопалив, млн. т	<0,1	0,3	0,6	1,1	1,9
Частка біопалив від усіх моторних палив в Україні, %	<1	2,5	4,5	7,2	10,9
Частка біопалив від всіх моторних палив у ЄС, %	4,4	7,0	10,0	20,0	31,0

В автомобільних двигунах успішно застосовуються паливні бензинові суміші етанолу, зокрема, E5–E100 та біодизель B2–B100. Літера "E" відповідає англійському слову "Ethanol", а "B" – "Biodiesel". Цифри поряд з

літерами позначають, відповідно, відсоток етанолу або біодизеля на одиницю об'єму паливної суміші. В Україні як паливо для дизельних моторів найширше використовується ріпакова олія та біологічні палива на її основі [26]. Біодизельне паливо не є абсолютно екологічно чистим, але значно чистіше за нафтове. До суттєвих переваг біодизелю відноситься те, що, потрапляючи у ґрунт або природні водні об'єкти, він практично повністю розкладається упродовж декількох тижнів. Окрім того, цей вид палива характеризується малим вмістом Сульфуру та поліциклічних ароматичних вуглеводнів [25].

Дослідження свідчать, що в продуктах згоряння біодизелю на 8–10 % менше оксиду Карбону (II), майже на 50 % менше сажі й значно нижчий вміст Сульфуру (0,005 % проти 0,2 % у нафтовому дизельному паливі). Проте через високий вміст Оксигену в біодизелі продукти його згоряння приблизно на 10 % містять більше оксидів Нітрогену порівняно з традиційним дизельним паливом. Окрім того, біопаливо впливає на техніко-експлуатаційні параметри двигуна. Наприклад, потужність двигуна під час роботи у номінальному режимі на біопаливі знижується на 6–8 %, а витрата палива зростає приблизно на 58 %. Біодизель також є більш агресивним до гумових і полімерних матеріалів деталей двигуна, ніж звичайне нафтове паливо [25]. І хоча біодизельне паливо за своїми фізико-хімічними характеристиками відповідає вимогам надійного функціонування дизельного двигуна, при переводі його на сумішеве паливо з високим вмістом біодизелю (більше 20–30 %) необхідним виявляється регулювання паливної апаратури.

Розв'язання проблеми енергетичної безпеки країни шляхом заміни частини нафтового пального на біопаливо тільки за рахунок, наприклад, збільшення посівних площ технічних культур є нерентабельним для української економіки, оскільки призведе до виснаження земель, продуктової кризи та занепаду багатьох галузей сільського господарства. Необхідно шукати не тільки способи суттєвого підвищення врожайності технічних культур, а й розробляти нові (або вдосконалювати існуючі) технології переробки відходів виробництва й споживання на моторне або пічне паливо. На сьогодні у КНДЛ "Реактор" ОКБ "Шторм" Національного технічного університету України "КПІ" завершено лабораторні випробування технології виробництва біодизелю з відходів виробництва та споживання, створено пілотну установку для вироблення дослідних партій цільового продукту. Ця технологія може бути реалізована як на великих виробництвах, так і на малих, у тому числі фермерських господарствах. Потенційними користувачами є підприємства аграрного сектору, хімічної промисловості тощо, а також підприємства з виробництва та переробки сільськогосподарської продукції, на яких є теплоагрегати, що працюють на рідкому паливі.

Запропонована технологічна схема переробки рослинних олій та відходів виробництва й споживання на біодизель має такі переваги:

- реакція переестерифікації здійснюється за кімнатної температури (не передбачає нагрів реакційної суміші);
- застосовується стехіометричне співвідношення компонентів реакції (не потрібно використовувати надлишок спирту);
- збільшується вихід цільового продукту – біодизелю приблизно на 10 %;
- знижуються обсяги відходів виробництва, в тому числі токсичних;
- спрощується технологічна схема та завдяки цьому знижуються енерговитрати й собівартість цільового продукту без втрати його якісних характеристик.

Експериментально встановлено, що застосування запропонованої технології виробництва біодизелю сприятиме скороченню споживання вуглеводневого палива та зменшенню антропогенного тиску на довкілля.

Висновки. Таким чином, автотранспортний комплекс є провідною ланкою економіки України, тому неможливо забезпечити стійкий збалансований розвиток країни без урахування його потреб. Це визначає особливу важливість обраної теми дослідження. Для забезпечення сталого розвитку АТК та ресурсозбереження в цій галузі необхідно об'єктивно визначити джерела екологічної небезпеки з боку автотранспорту та розробити спеціальні управлінські рішення, скеровані на економію моторного палива, цілеспрямовану та виправдану модифікацію його властивостей, заміну традиційного нафтового пального на альтернативні джерела біологічного походження тощо.

Список використаних джерел

1. International Energy Agency. 2012. "World Energy Outlook Factsheet" [Електронний ресурс]:[Сайт]. – Режим доступу: <http://www.worldenergyoutlook.org/media/weowebbsite/2012/factsheets.pdf>. – Назва з екрана.
2. Україна у цифрах 2013: Статистич. збірн. / за ред. О. Г. Осауленка; Держ. служб. стат. Укр. – К., 2014. – 240 с.
3. Державна служба статистики України. Паливно-енергетичні ресурси України: Статистич. збірн. / під кер. В. О. Піщейка. – К., Держ. служб. стат. Укр., 2011. – 316 с.
4. Робоча група зі зміни клімату [Електронний ресурс]:[Сайт]. – Режим доступу: http://climategroup.org.ua/?page_id=75. – Назва з екрана.
5. Робоча група неурядових екологічних організацій України з питань зміни клімату [Електронний ресурс]:[Сайт]. – Режим доступу: http://climategroup.org.ua/?page_id=75. – Назва з екрана.
6. Лямцев О. В. Організаційно-економічний інструментарій управління екологічно збалансованим розвитком автотранспортного комплексу: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. екон. наук: спец. 08.00.06 "Економіка природокористування та охорони навколишнього середовища" / О. В. Лямцев. – Суми, 2012. – 20 с.

7. Моніторинг атмосферного повітря. Проблеми моделювання і прогнозування [Електронний ресурс] / [В. В. Трофімович, О. С. Волошкіна, М. М. Фандікова, І. В. Клімова та ін.] // Екологічна безпека та природокоористування: збірн. наук. праць. – К. – 2012. – Вип. 10. – С. 102–120. – Режим доступу: <http://dspace.nbu.gov.ua/handle/123456789/57536>. – Назва з екрана.
8. Боев В. М. Гигиеническая оценка формирования суммарного риска популяционному здоровью на урбанизированных территориях / В. М. Боев, В. И. Дунаев, Р. М. Шагеев, Е. Г. Фролова // Гигиена и санитария. – 2007. – № 5. – С. 12–14.
9. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2012 році [Електронний ресурс]:[Сайт]. – Режим доступу: <http://www.menr.gov.ua/dopovidi>. – Назва з екрана.
10. Державна служба статистики України [Електронний ресурс]:[Сайт]. – Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua/4>. – Назва з екрана.
11. Яценко Л. Д. Екологічний складник національної безпеки: основні показники та способи їх досягнення: аналіт. доп. / Л. Д. Яценко. – К.: НІСД, 2014. – 52 с. – (Сер. "Національна безпека", вип. 7).
12. Бутенко О. С. Механізм визначення кількісних характеристик рівня концентрації забруднюючих речовин викидами автомобільного транспорту [Електронний ресурс] / О. С. Бутенко, В. О. Охарев // Екологічна безпека та природокоористування: збірн. наук. праць. – К. – 2009. – Вип. 3. – С. 14–33. – Режим доступу: <http://dspace.nbu.gov.ua/handle/123456789/19359>. – Назва з екрана.
13. Гутаревич Ю. Ф. Екологія та автомобільний транспорт: навч. посіб. / Ю. Ф. Гутаревич, Д. В. Зеркалов, А. Г. Говорун – К.: Арістей, 2006. – 292 с.
14. Транспортна екологія: Метод.-інформац. матер. до самост. вивч. дисц. та викон. індив. завдань [для студ. напряму підготовки 6.070101 Транспортні технології (за видами транспорту)] / [А. В. Павличенко, С. М. Лисицька, О. О. Борисовська, О. В. Деменко]. – Д.: Нац. гірничий ун-т, 2012. – 39 с.
15. Расчетный мониторинг распространения выбросов автомобильного транспорта в крупном промышленном городе / [Гольдфейн М. Д., Кожевников Н. В., Кожевникова Н. И., Фетисова Н. А.] // Успехи современного естествознания. – 2006. – № 4 – С. 35–36. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.rae.ru/use/?section=content&op=show_article&article_id=4168. – Назва з екрана.
16. Черноштан Т. М. Високі екологічні стандарти Євросоюзу для автотранспорту / Т. М. Черноштан // Гуманітарний вісник ЗДА. – 2013. – № 52. – С. 125–132.
17. Сайт о зеленых автомобилях [Електронний ресурс]:[Сайт]. – Режим доступу: <http://autoeco.info/index.php>. – Назва з екрана.
18. Транспортна стратегія України на період до 2020 року. Схвалена Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 20.10.2010 р. № 2174 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/2174-2010-%D1%80>.] – Назва з екрана.
19. Никифорок О. І. Удосконалення системи екологічного управління – шлях до стійких транспортних систем / О. І. Никифорок // Сталий розвиток та екологічна безпека суспільства в економічних трансформаціях: Матер. Трьогої Всеукр. наук.-практ. конф. (м. Бахчисарай, 15–16 верес. 2011 р.); НДІ сталого розвитку та природокоористування, ДУ "Ін-т економіки природокоористування та сталого розвитку НАН України", Кримський екон. ін-т ДВНЗ "КНЕУ ім. Вадима Гетьмана". – Сімферополь: Фенікс, 2011. – С. 190–192.
20. Казначевский В. Л. Повышение энергетических, экономических и экологических качеств дизеля регулированием физико-химических свойств топлива / Казначевский Владимир Леонидович. – Дисс. ... канд. техн. наук: 05.04.02 – Тепловые двигатели, М., 2006. – 156 с.
21. 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.
22. 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.
23. 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.
24. Гелетуха Г. Г. Место биоэнергетики в проекте обновленной энергетической стратегии Украины до 2030 года / Г. Г. Гелетуха, Т. А. Железная [Ин-т технич. теплофизики НАН Украины] // Пром. теплотехника, 2013, т. 35, № 2. – С. 64–70.
25. Чупайленко О. А. Розвиток використання біопалива для автотранспорту в Україні [Електронний ресурс] / О. А. Чупайленко // Управління проектами, системний аналіз і логістика. Технічна серія. – 2014. – Вип. 13(2). – С. 133–143. – Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Upsal_2014_13\(2\)_16.pdf](http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Upsal_2014_13(2)_16.pdf). – Назва з екрана.
26. Кириллов Н. Г. Альтернативные моторные топлива XXI века / Н. Г. Кириллов // Автогазозаправочный комплекс + альтернативное топливо. – 2003. – № 3. – С. 58–63.