

А.В. Ільченко, к.т.н., доц.,
В.П. Кур'ята, аспір.

Житомирський державний технологічний університет

ВПЛИВ ДОМІШОК РОСЛИННИХ ОЛІЙ ДО ДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА НА ДИМНІСТЬ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ГАЗІВ ДВИГУНА

У статті наведено результати експериментальних досліджень домішок олій рослинного походження (ріпакової, кукурудзяної, соняшникової, оливкової) до дизельного палива на димність відпрацьованих газів дизельного двигуна. Встановлено, що найменшу димність відпрацьованих газів має двигун, що працює на дизельному паливі з домішками ріпакової олії; димність відпрацьованих газів з домішками інших олій залежить не лише від типу культур, з яких отримані олії, а також від їх об'ємної концентрації у паливі. Зроблено порівняння димності відпрацьованих газів дизельного двигуна для палив з домішками біоетанолу.

Актуальність проблеми, аналіз ситуації із забрудненням атмосферного повітря, постановка проблеми дослідження. Автомобільний транспорт сьогодні є потужним споживачем нафтових палив. Проблема забезпечення автомобільного транспорту енергоресурсами визнана в багатьох країнах (США, країни ЄС) проблемою національної безпеки, для вирішення якої втілюють надзвичайні заходи з розширення використання альтернативних палив. Для України пошук та використання альтернативи нафтовим паливам, в тому числі й з доданням олій рослинного походження (ОРП), також має особливе значення.

Поряд з цим, автомобільний транспорт є потужним джерелом забруднення атмосферного повітря. Викиди шкідливих речовин до атмосферного повітря автотранспортом України в 2004 році зросли на 45 % порівняно з 1997 роком і становили 2076,9 тис. т. З цих даних 95,5 % припадає на пересувні джерела, що складає 32,8 % загального обсягу шкідливих викидів до повітряного басейну [1].

За статистичними даними [2] в 2003 році в Україні на 1 км² території припадало 3440 кг шкідливих речовин, викинутих до атмосфери саме автомобілями, що на одного мешканця складає близько 44 кг. Ця картина є ще гіршою в густонаселених містах. Так, у м. Києві шкідливі викиди до повітря автотранспортом у 2004 році становили 165,1 тис. т, що в 2,4 рази більше, ніж у 1995 році, а на 1 км² території припадало 206,3 т, що в 60 разів перевищувало середній рівень у країні. Внесок автотранспорту в забруднення атмосферного повітря м. Києва становив 83,4 % від загального обсягу викидів.

Найвагомішими чинниками, що погіршують дану ситуацію в Україні, можна вважати:

- збільшення кількості автомобілів;
- старіння парку автомобілів через відсутність (малість) інвестування на його відновлення;
- масове ввезення в країну екологічно небезпечних автомобілів застарілої конструкції, що вже перебували в експлуатації за кордоном (екологічний рівень цих автомобілів відповідає рівню 90-х років минулого століття);
- інерційність у введенні сучасних екологічних вимог до автомобілів і палив, що вони використовують;
- відсутність заходів державного регулювання, спрямованих на економічне заохочення впровадження перспективних технологій, що забезпечують кращі показники екологічної безпеки та енергозбереження;
- відсутність ефективного контролю за технічним станом автомобілів, що знаходяться в експлуатації.

Таким чином, покращення екологічних показників автомобілів та розширення паливної бази автомобільного транспорту шляхом застосування дизельних палив (ДП) з домішками ОРП на сьогоднішній день є надзвичайно актуальними.

Дотримання жорстких екологічних вимог до автомобілів і двигунів, що запроваджуються в країнах ЄС, можливе лише за умови використання моторних палив високої якості. Тому одним зі шляхів покращення екологічної ситуації в нашій державі можна вважати підвищення вимог до моторних палив. Частково цю проблему можна вирішити (покращити) застосуванням ДП з домішками ОРП. За останні десятиліття значно зросла частка рослинних базових олій — пальмової, ріпакової, соєвої та інших у світовому виробництві палив для дизельних двигунів. Насьогодні світовий ринок споживає близько 44 млн. т ОРП, і в майбутньому обсяги їх споживання будуть лише зростати.

Наприклад декілька місяців тому в США був відкритий завод для переробки соєвої олії з метою виробництва домішок до ДП і технічних мастильних матеріалів. В той же час у Німеччині вже виробляється більше одного млн. т альтернативного палива. Крім того, у значних об'ємах виробляються масла (індустріальні, гідравлічні, трансмісійні) на основі ріпакової олії (РО) та її складових.

Провідні автовиробники також „роблять кроки” назустріч біопаливу. Так, сьогодні вже в багатьох країнах розроблені дизельні двигуни, що „приспособовані” до використання ОРП та продуктів на їх основі, насамперед ефірів кислот, а також суміші нафтового ДП з РО, або відповідними ефірами.

Хоча зараз собівартість рослинних компонентів ДП і мастильних матеріалів дещо вища за свої нафтові аналоги, в перспективі цінова різниця нівелюється. Це пояснюється подальшим зростанням цін в світі на нафту і зниженням вартості ОРП в зв'язку з покращенням технології їх виробництва, підвищенням врожайності сільськогосподарських культур.

В Україні є значний науково-технічний і виробничий потенціал для виробництва не лише ДП з домішками РО, але й мастильних матеріалів. Так, наприклад, завод «Аріан» (м. Фастів, Київська обл., представництва і філії у Києві, Львові, Одесі, Дніпропетровську, Харкові, Миколаєві), що займається розробкою, випробуваннями і виробництвом дослідних і серійних партій технічних масел, присадок та іншої нафтохімічної продукції з 1991 року, провів випробування з використання РО для виробництва гідравлічних, індустріальних (МГ-30У, ГТ-50, ИСПи-25, Ирп-75 та ін.) та трансмісійних (АК-15, ТС-14,5, ТАп-15В, ТАД-17и, ТСП-15к та ін.) масел.

Україна також має не лише саму велику в Європі площу ораних земель, але й резервні посівні площі для вирощування ріпаку. При цьому необхідно підняти його врожайність до рівня розвинених західноєвропейських країн, а також використовувати для посівів ріпаку тридцятикілометрову зону Чорнобиля. Таким чином, найбільш перспективною домішкою до ДП серед усіх ОРП можна вважати РО [3, 4], хоча дизельні двигуни, що працюють на паливах з домішками рослинних олій, потребують додаткової уваги вчених, в тому числі й з екологічної точки зору.

Викиди шкідливих речовин дизелів оцінюють за димністю відпрацьованих газів (ВГ). Вперше обмеження димності було прийняте в 1972 році Правилами ЄЕК ООН № 24 та Директивою 72/306/ЕЕС. Останні поправки серії 03 до цих правил були внесені в 1986 році. Сучасні екологічні вимоги для автомобілів з дизелями стають дедалі жорсткими, в тому числі й щодо показника димності. Так, наприклад, рівні вимог „Євро-2” (2000 року) та „Євро-5” (2008 року) передбачають зменшення димності ВГ дизелів (при випробуванні за циклами ESC та ELR) з $0,8 \text{ м}^{-1}$ до $0,15 \text{ м}^{-1}$, тобто більше, ніж в 5,3 рази.

Нормованим параметром димності дизеля прийнятий натуральний показник (коефіцієнт) поглинання, який характеризує оптичну густину ВГ і вимірюється в м^{-1} . Випробування проводять на режимі без зовнішнього навантаження і здійснюють не менше, ніж з десятиразовим повторенням розгону і сповільнення дизеля від мінімальної до максимальної частоти обертання колінчастого вала. За результат вимірювань приймається середнє значення коефіцієнта поглинання за останні чотири розгони, коли результат відрізняється між собою не більше, як на $0,25 \text{ м}^{-1}$. Значення димності повинно відповідати скорегованому значенню коефіцієнта поглинання, визначеному при затвердженні колісного транспортного засобу, чи двигуна згідно з Правилами № 24 або Директивою 72/306/ЕЕС. Якщо такі дані відсутні, або компетентний орган країни-члена ЄС вирішує не застосовувати скориговані значення коефіцієнта поглинання, граничні значення димності становлять для дизелів без наддуву $2,5 \text{ м}^{-1}$, з наддувом – $3,0 \text{ м}^{-1}$ для дизелів, що відповідають нормам Євро-4, Євро-5 – $1,5 \text{ м}^{-1}$. Ця норма стане обов'язковою для всіх колісних транспортних засобів, що вводяться в експлуатацію, або вперше реєструються після 01.07.2008 р. [5].

За даними різних дослідників існують суперечливі висновки щодо зміни димності ВГ дизелів при використанні ДП з домішками ріпакової та інших рослинних олій. Дослідження [4] показують, що за наявності різних ОРП в ДП відбувається зміна викидів сажі з відпрацьованими газами двигуна автомобіля.

Суперечливі висновки різних дослідників про зміну в бік зменшення (або збільшення) викидів сажі, можливо, пов'язані з різним способом сумішоутворення в різних двигунах, впливом різних концентрацій у паливі різних ОРП на процеси сумішоутворення і, відповідно, згорання. Тому, теоретичні моделі потребують експериментальної перевірки та уточнення залежно від способу сумішоутворення, природи рослинних олій, їх концентрацій тощо.

Завданням даного дослідження є: експериментальне визначення димності ВГ дизельного двигуна при використанні палив з доданням ріпакової, кукурудзяної, соняшникової, оливкової олій. Додатково також потрібно визначити показники димності при використанні малих об'ємних концентрацій біоетанолу (БЕ) як добавки до ДП.

Викладення основного матеріалу. На кафедрі автомобілів і механіки технічних систем ЖДТУ вже багато років проводяться роботи щодо удосконалення процесу використання ДП з домішками ОРП для дизельних двигунів. Сьогодні, як вказує досвід багатьох дослідників, використання вказаних палив пов'язано з цілим рядом проблем. Це – й зміна надійності роботи двигуна, наприклад через накопичення відкладень в елементах паливної апаратури; зміна витрат палив залежно від концентрації різних олій в ДП, зміна показників токсичності тощо.

Основною характеристикою токсичності ВГ дизельного двигуна, що нормується в експлуатації, вважається димність. Вона залежить від викидів перш за все твердих часток, у склад яких входить сажа.

Сажа утворюється під час згоряння вуглеводнів за певними умовами: температурою, тиском, нестачею (відсутністю) кисню, тобто під час згоряння збагачених сумішей. У дизелі такі суміші можуть з'являтися в зонах локалізації остаточних газів (наприклад, між циліндром та поршнем над верхнім компресійним кільцем).

Теоретичні дослідження зміни показників токсичності ВГ дизеля показують, що збільшення концентрації ОРП в ДП повинно призводити до збільшення сажі у ВГ, але ці дослідження не повністю відбивають реальну ситуацію з димністю ВГ, оскільки не повною мірою враховують зміну показників сумішоутворення, а лише пов'язані зі зміною коефіцієнта надлишку повітря, тому потребують теоретичного і експериментального уточнення.

Об'єктом дослідження був обраний автомобіль МАЗ-5335 (рис. 1) з двигуном ЯМЗ-236 Державного підприємства міністерства оборони України „Укрвійськбуд-75 УНР”, державний номер 52-45 С1, що мав на момент випробувань пробіг 75000 км після капітального ремонту, який виконувався в 2004 році. Перед проведенням досліджень автомобілю було виконано технічне обслуговування № 2. Кліматичні умови на момент проведення досліджень: атмосферний тиск 740 мм. рт. ст., температура повітря – 1,3 °С.



Рис. 1. Дослідження непрозорості (димності) ВГ автомобіля МАЗ-5335 при роботі на паливах з домішками ОРП та БЕ

Перед проведенням випробувань двигун автомобіля був прогрітий до температури 90 °С охолоджувальної рідини системи охолодження.

Димність ВГ вимірювалася за допомогою димоміра „ИНА-109” [6] за методикою [7]. Додатково вимірювалася димність на режимах холостого ходу двигуна. Палива, що використовувалися, були виготовлені безпосередньо перед початком випробувань, однорідність палива забезпечувалася надмірним механічним перемішуванням компонент, що входили до їх складу. Під час досліджень використовувалися ДП та наступні сумішеві палива на його основі:

- ДП та 20 % за об'ємом РО;
- ДП та 40 % за об'ємом РО;
- ДП та 20 % за об'ємом кукурудзяної олії (КО);
- ДП та 40 % за об'ємом КО;
- ДП та 20 % за об'ємом соняшникової олії (СО);
- ДП та 40 % за об'ємом СО;
- ДП та 20 % за об'ємом оливкової олії (ОО);
- ДП та 40 % за об'ємом ОО;
- ДП та 4 % за об'ємом БЕ;
- ДП та 8 % за об'ємом БЕ;

Результати досліджень наведено в табл. 1, додатково розраховані середнє арифметичне чотирьох останніх отриманих значень димності ВГ K_{sp7-10} та їх середньоквадратичне відхилення σ_{7-10} .

Таблиця 1

Вимі-	Результати вимірювання димності ВГ дизеля при роботі на різних паливах, $K, м^{-1}$
-------	-------------------------------------------------------------------------------------

рвання	ДП	ДП+ 20 % РО	ДП+ 40 % РО	ДП+ 20 % КО	ДП+ 40 % КО	ДП+ 20 % СО	ДП+ 40 % СО	ДП+ 20 % ОО	ДП+ 40 % ОО	ДП+ 4 % БЕ	ДП+ 8 % БЕ
Холостий хід	0,24	0,17	0,2	0,17	0,13	0,2	0,2	0,29	0,17	0,17	0,3
Режим прискорення											
1	0,9	0,64	0,66	1,28	1,48	1,38	1,7	1,43	0,81	1,14	1,07
2	0,45	0,32	0,37	0,28	0,43	0,49	0,42	0,62	0,47	0,43	0,49
3	0,42	0,3	0,35	0,35	0,36	0,27	0,42	0,43	0,36	0,31	0,51
4	0,47	0,33	0,35	0,28	0,43	0,31	0,31	0,47	0,36	0,29	0,46
5	0,47	0,33	0,36	0,24	0,36	0,35	0,42	0,47	0,36	0,3	0,49
6	0,44	0,31	0,36	0,24	0,36	0,27	0,31	0,45	0,3	0,43	0,76
7	0,31	0,22	0,3	0,28	0,43	0,27	0,38	0,47	0,29	0,3	0,61
8	0,42	0,21	0,34	0,28	0,49	0,24	0,38	0,44	0,3	0,4	0,53
9	0,42	0,26	0,32	0,32	0,47	0,24	0,38	0,51	0,3	0,3	0,53
10	0,43	0,28	0,29	0,32	0,42	0,27	0,48	0,45	0,36	0,36	0,57
$K_{\text{ср}7-10}$	0,4	0,24	0,3	0,3	0,45	0,25	0,41	0,47	0,31	0,34	0,56
σ_{7-10}	0,05	0,03	0,02	0,02	0,03	0,02	0,05	0,03	0,03	0,05	0,04

Отримані останні чотири значення не утворюють спадну послідовність, лежать в зоні шириною не більше, ніж $0,25 \text{ м}^{-1}$, що відповідає вимогам [7].

Аналіз результатів експериментальних досліджень показує, що наявність різних ОРП в ДП різних концентрацій за об'ємом не завжди однозначно змінює димність ВГ. Так, наприклад, для ДП з 20 % домішкою за об'ємом КО спостерігається зменшення димності ВГ дизеля на $0,1 \text{ м}^{-1}$, а при підвищенні концентрації до 40 % за об'ємом, навпаки, – збільшення на $0,05 \text{ м}^{-1}$ відносно ДП. Аналогічна картина для ДП з домішками СО, а для ДП з домішками ОО, картина протилежна, – спочатку спостерігається збільшення димності, а при використанні ДП з 40 % за об'ємом ОО – її зменшення відносно ДП.

Висновки:

1. Наявність домішок олій рослинного походження в дизельному паливі різних концентрацій впливає на димність відпрацьованих газів дизельного двигуна. За ознакою вагомості впливу на димність відпрацьованих газів дизеля олій рослинного походження, що досліджувалися як домішки в 20 % за об'ємом до дизельного палива, можна рекомендувати в наступному порядку: ріпакова, соняшникова, кукурудзяна. Оливкова олія в зазначеній концентрації призводить до збільшення димності відпрацьованих газів відносно дизельного палива на $0,07 \text{ м}^{-1}$.

2. За ознакою зменшення впливу на димність відпрацьованих газів дизеля олій, що досліджувалися як домішки, в 40 % за об'ємом до дизельного палива, можна рекомендувати в наступному порядку: ріпакова та оливкова. Соняшникова та кукурудзяна олії у вказаній концентрації призводять до збільшення димності відпрацьованих газів відносно дизельного палива і не можуть у названих концентраціях бути рекомендовані як домішки.

3. На основі висновків 1 та 2 можна стверджувати, що найбільш перспективною з точки зору зменшення димності відпрацьованих газів дизеля, можна вважати ріпакову олію як домішку до дизельного палива, яка в концентрації 20 % за об'ємом на холостому ході зменшує димність відпрацьованих газів на $0,07 \text{ м}^{-1}$; на режимі вільного прискорення – на $0,16 \text{ м}^{-1}$; 40 % за об'ємом – на холостому ході на $0,04 \text{ м}^{-1}$; на режимі вільного прискорення – на $0,1 \text{ м}^{-1}$ порівняно з дизельним паливом.

4. Неоднозначний вплив концентрації на димність відпрацьованих газів дизельного двигуна у соняшникової, кукурудзяної, оливкової олій вимагає необхідність пошуку їх оптимальних об'ємних концентрацій щодо зменшення димності відпрацьованих газів дизеля.

5. Для зменшення димності відпрацьованих газів дизельного двигуна перспективними можна вважати домішки біоетанолу в 4 % за об'ємом до дизельного палива, які зменшують димність відпрацьованих газів на $0,06 \text{ м}^{-1}$.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Устименко В.С. Поліпшення екологічних показників автомобілів та розширення паливної бази автомобільного транспорту шляхом застосування біоетанолу: Дис... канд. техн. наук. – Київ, 2006. – 178 с.
2. Статистичний щорічник України за 2004 рік: Стат. збірник / Державний комітет статистики України / За ред. О.Г. Осауленка, відп. за вип. В.А. Головка – К.: Консультант, 2005. – 592 с.
3. Ільченко А.В., Кур'ята В.П. Математична модель витрати палива автомобіля з урахуванням збіднення паливо-повітряної суміші (на прикладі моторних палив з домішками олій рослинного походження) // Вісник Житомирського державного технологічного університету. – 2005. – № 1(32). – С. 15–19.

4. Ільченко А.В., Колодницька Р.В., Кур'ята В.П. Вплив домішок рослинних олій на вміст сажі у відпрацьованих газах двигуна автомобіля // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. Даля. – 2005. – № 6 (88). – С. 225–229.
5. Автомобільний транспорт України: стан, проблеми, перспективи розвитку: монографія / Держ. автотрансп. наук.-досл. і проект. інст. / За заг. ред. А.М. Редзюка. – К.: ДП «ДержавтотрансНДІпроект», 2005. – 400 с.
6. Измеритель переносной непрозрачности отработавших газов автомобилей ИНА-109, паспорт 2.850.250 ПС. – 50 с.
7. ДСТУ 4276:2004. Атмосфера. Норми і методи вимірювань димності відпрацьованих газів автомобілів з дизелями або газодизелями. – К.: Держкомітет України з питань технічного регулювання та споживчої політики, 2004. – 8 с.

ІЛЬЧЕНКО Андрій Володимирович – кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобілів і механіки технічних систем Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- енергетичні, економічні та екологічні показники автомобілів як споживачів палив та джерел викидів шкідливих речовин;
- діагностичні мікропроцесорні засоби та системи в автомобілі;
- альтернативні палива для двигунів внутрішнього згорання.

E-mail: ilchenko@ztu.edu.ua

КУР'ЯТА Володимир Петрович – аспірант Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- паливна економічність та екологічна безпека автомобільного транспорту;
- альтернативні моторні палива.

E-mail: amts_kv@zdu.edu.ua

Подано 17.01.2007

Ільченко А.В., Кур'ята В.П. Вплив домішок рослинних олій до дизельного палива на димність відпрацьованих газів двигуна

Ильченко А.В., Курьята В.П. Влияние добавок растительных масел до дизельного топлива на дымность отработанных газов двигателя

Ichenko A.V., Kuriyata V.P. Influence to the exhaust smoke emission by the vegetable oils additions to the diesel oil

УДК 629.113

Вплив домішок рослинних олій до дизельного палива на димність відпрацьованих газів двигуна / А.В. Ільченко, В.П. Кур'ята

У статті наведені результати експериментальних досліджень домішок олій рослинного походження (ріпакової, кукурудзяної, соняшникової, оливкової) до дизельного палива на димність відпрацьованих газів дизельного двигуна. Встановлено, що найменшу димність відпрацьованих газів має двигун, що працює на дизельному паливі з домішками ріпакової олії; димність відпрацьованих газів з домішками інших олій залежить не лише від типу культур, з яких отримані олії, а також від їх об'ємної концентрації у паливі. Зроблено порівняння димності відпрацьованих газів дизельного двигуна для палив з домішками біоетанолу.

УДК 629.113

Влияние добавок растительных масел до дизельного топлива на дымность отработанных газов двигателя / А.В. Ильченко, В.П. Курьята

В статье представлены результаты экспериментальных исследований добавок масел растительного происхождения (рапсового, кукурузного, подсолнечного, оливкового) до дизельного топлива на дымность отработанных газов дизельного двигателя. Установлено, что наименьшую дымность отработанных газов имеет двигатель, работающий на дизельном топливе с добавками рапсового масла, дымность отработанных газов с добавками других масел зависит не только от культуры, из которых получены масла, но также от их объемной концентрации в топливе. Сделано сравнение дымности отработанных газов дизельного двигателя для топлив с добавками биоэтанола.

УДК 629.113

The influence to the exhaust smoke emission by the vegetable oils additions to the diesel oil / A.V. Ichenko, V.P. Kuriyata

In the article shown the experimental investigation results of the exhaust smoke emission of diesel engine by used the vegetable oils additions (rapeseed oil, corn oil, sunflower-seed oil and olive oil) to the diesel oils. The least exhaust smoke emission has engine, which works into diesel oil with rapeseed oil additions. The exhaust smoke emission with others oil additions depend on: culture oils and bulk concentration of vegetable oils in the diesel oil. The exhaust smoke emission of the diesel engine for fuels with bioethanol additions made compare.