

УДК 631.352

В.І.Захарчук, В.В.Ткачук

Луцький національний технічний університет

АНАЛІЗ ВЛАСТИВОСТЕЙ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ПАЛИВ ДЛЯ АВТОТРАКТОРНИХ ДИЗЕЛІВ

В роботі досліджено експлуатаційні показники різних дизельних альтернативних палив.

Ключові слова: *паливо, дизель, біопаливо, ефіри ріпакової олії.*

В даний час в нашій державі є великий парк колісних транспортних засобів та мобільної сільськогосподарської техніки з дизелями, які працюють на дизельному паливі (ДП) нафтового походження. Однак, за даними численних джерел, запасів нафти, доступних для нашого ринку, може вистачити лише до 2015 року, тому вартість дизельного палива буде весь час зростати. В такій ситуації використання альтернативних палив стає економічно виправданим. Крім того, автотракторна техніка є одним з найбільших забруднювачів навколишнього середовища. Тому застосування альтернативних палив дозволить помітно зменшити шкідливі викиди відпрацьованих газів дизелів і покращити екологічну ситуацію в містах і сільських населених пунктах. Застосування такого виду альтернативних палив, як біопалива, які виробляються з поновлюваних джерел, дозволить підвищити незалежність України від імпорту енергоносіїв.

Одним з основних шляхів виходу з цієї ситуації є адаптація дизелів до роботи на альтернативних паливах. Такими паливами є природний газ (ПГ), біодизельні палива, зокрема метиловий ефір ріпакової олії (МЕРО) та диметиловий ефір (ДМЕ). Основні фізико - хімічні властивості цих палив наведені в таблиці 1 [1].

Таблиця 1

Фізико-хімічні властивості дизельного та альтернативних палив

Фізико-хімічні властивості палив	ДП	ПГ	ДМЕ	МЕРО
Масові частки елементів:				
Вуглець С	87.0	76.0	52.2	77,5
Водень Н	12.6	24.0	13.0	12,0
Кисень О	0.4	0	34,8	10,5
Сірка S	0.2	-	-	0,002...0,007
В'язкість кінематична при 20 °С, мм ² /с	3,8	-	0,22	5...8
Цетанове число	45...50	-	55-60	48...56
Температура самозаймання при p=1бар, °С	250	650	235	130
Теплота згоряння нижча H_u , МДж/кг	42,4	50	27,3	37,5

Диметилефір є перспективним альтернативним паливом для дизелів. Сировиною для його отримання є природний газ. Позитивними якостями його є високе цетанове число та повнота згоряння, що забезпечує малий вміст сажі у відпрацьованих газах. Недоліками ДМЕ є в 1,5 рази менша теплота згоряння, що призводить, як показали розрахунки, до збільшення його питомої ефективної витрати при роботі двигуна приблизно до 50%, низька кінематична в'язкість, а також низькі мастильні властивості. Оскільки ДМЕ виробляється з природного газу, то його вартість є вищою за вартість газу. Крім того, для роботи на ДМЕ дизель необхідно переобладнувати.

На думку експертів, більш перспективним альтернативним паливом для дизелів є природний газ. Його запасів набагато більше, ніж запасів нафти. Розширення його використання в якості моторного палива дозволить запобігти кризі, яка виникне через нестачу нафти. Застосування ПГ в якості моторного палива дає значний економічний ефект. В той час, коли ціни на нафту безперервно зростають, ціна ПГ залишається відносно стабільною і є в два рази меншою за ціну рідких моторних палив. ПГ є більш екологічно чистим паливом, ніж дизельне паливо.

До тепер використання газових двигунів в нашій державі невелике. При малих масштабах виробництва економічно виправдано не створення оригінальних конструкцій, а переобладнання рідкопаливних двигунів у газові із забезпеченням їх максимальної уніфікації з базовими

рідкопаливними двигунами. Переобладнання дизелів можливе за двома напрямками - газодизельному і газовому. Застосування газодизельного процесу в даний час значно зменшено, оскільки в цьому випадку дизельне паливо не повністю замінюється газом і екологічні показники газодизеля не набагато кращі, ніж у дизеля. Крім того, в газодизеля нижчою є експлуатаційна надійність. На двигуні повинні бути дві системи живлення – газом і дизельним паливом.

Ідея переобладнання дизеля у газовий двигун з іскровим запалюванням виникла недавно. Але зараз над цим питанням працюють в багатьох країнах світу. Було здійснено переобладнання окремих марок дизелів, зокрема в Німеччині, США, Японії та Росії [2]. У 2006 році в Луцькому національному технічному університеті розроблено технологію переобладнання дизелів у газові двигуни з іскровим запалюванням [3, 4]. За розробленою технологією можна переобладнати будь-який дизель в газовий двигун, незалежно від кількості та розміщення його циліндрів та інших конструктивних особливостей, від того, турбодизель це чи атмосферний дизель. Таке переобладнання можна здійснювати в умовах невеликих майстерень, оскільки ставилось за мету здійснити саме просте переобладнання з використанням серійних вузлів систем запалювання та живлення газом. Технологія дозволяє отримати прийнятні показники двигуна за помірних затрат на переобладнання. При її розробці враховувався досвід як закордонних, так і вітчизняних наукових шкіл.

За розробленою технологією в лабораторії автомобільних двигунів ЛНТУ переобладнано дизель

Д-240 в газовий двигун. Ступінь стиску газового двигуна зменшено з 16 до 12 одиниць. Тобто дизель конвертували в газовий двигун з зовнішнім сумішоутворенням та іскровим запалюванням встановленням системи запалювання чотирициліндрового бензинового двигуна. Переобладнання дизеля в газовий двигун здійснювалось з можливістю зворотної конвертації в дизель.

Експериментальні випробування конвертованого газового двигуна включали моторні дослідження на електричному гальмівному стенді КИ-4893 ГОСНИТИ. Була знята серія навантажувальних характеристик з заміром токсичності відпрацьованих газів [5]. Для визначення полів оптимальних регулювань газового двигуна зняті його регулювальні характеристики за складом суміші та за кутом випередження запалювання з одночасним записом на комп'ютер індикаторних діаграм спеціально розробленим комплексом приладів. Газовий двигун при роботі на паливоповітряних сумішах з коефіцієнтом надлишку повітря близьким до одиниці розвиває номінальну потужність на декілька відсотків більшу, як дизель Д-240. Питома ефективна витрата палива на режимах максимальної потужності на 20...25 % більша, ніж у дизеля, оскільки газовий двигун працює на більш багатих сумішах. Рівень викидів нормованих шкідливих речовин у газового двигуна менший і відсутня сажа у відпрацьованих газах. Сумарна токсичність газового двигуна, зведена до оксиду вуглецю СО, в 1,83 рази менша, ніж у дизеля. Шум при роботі газового двигуна значно менший, ніж у дизеля.

Особливо виправданою є конвертація в газові двигуни дизелів при необхідності ремонту їх циліндро-поршневої групи або паливної апаратури. В цьому випадку витрати на переобладнання дизеля частково компенсуються за рахунок коштів, які все одно необхідно витратити на ремонт. Самі прості економічні розрахунки показують, що при переході на газ затрати на паливо-мастильні матеріали зменшуються приблизно у два рази. Вартість переобладнання вантажного автомобіля з дизелем в газобалонний автомобіль становить до 2000 у.о. Розрахунки показують, що термін окупності інвестицій на конвертацію складає від 9 до 12 місяців. Надалі власник такого автомобіля буде отримувати суттєвий річний прибуток за рахунок використання дешевшого палива.

Оскільки газовий двигун викидає менше шкідливих речовин з відпрацьованими газами, зовсім не викидає сажі і має малу шумність, доцільним є установка газових двигунів замість дизелів на міських автобусах, що дозволить значно поліпшити екологічну обстановку у великих містах. Найбільш значним недоліком природного газу є низька концентрація енергії в одиниці об'єму, яка майже в тисячу разів менша, ніж у рідкого нафтового палива. Тому є необхідність його зберігання на транспортних засобах під тиском до 20 МПа у масивних газових балонах. Маса одного балона становить 93 кг. Це призводить до зменшення корисної вантажопідйомності автомобіля. На міських автобусах можливе встановлення меншої кількості газових балонів і застосування дозаправки газом на кінцевих зупинках від міської газотранспортної мережі або від пересувних автогазозаправників.

Останнім часом все більш широке застосування знаходить біодизельне паливо, яке являє собою метилові або етилові ефіри рослинних олій, найбільш поширеною з яких є ріпакова олія. Дослідження палив, виготовлених з рослинних олій, проводять відомі двигунобудівні фірми США, Великобританії, Німеччини, Швеції, Японії. В даний час в Європі виробляється більше 6,5 млн т біопалива. Ведуться роботи щодо застосування ефірів рослинних олій як дизельного палива на теренах колишнього СРСР. Варто відзначити роботи МВТУ ім. Баумана, МДАУ ім. Горькіна, Клайпедського університету, Національного університету біоресурсів і природокористування України, ХПІ та ін. Застосування біодизеля не вимагає змін в конструкції двигуна. За розрахунком збільшення витрати біодизеля складає до 10%, порівняно з нафтовим дизельним паливом внаслідок меншої теплоти згоряння, в той же час зменшуються викиди з відпрацьованими газами деяких шкідливих речовин. Біодизельне паливо завдяки своєму хімічному складу та підвищеному вмісту кисню має кращі змащувальні властивості порівняно з нафтовим дизельним паливом.

Традиційне біодизельне паливо (МЕРО) виробляється із застосуванням метилового спирту, який є високотоксичним та небезпечним для здоров'я людей. Це суттєвий негативний фактор з точки зору екологічної безпеки при виробництві біопалива (особливо в умовах сільськогосподарського виробництва) та його використанні, адже через ефекти деструкції можливе виділення з біопалива метилового спирту, особливо при відхиленні від нормальної роботи паливної системи двигуна. Суттєвим недоліком метилового ефіру є те, що він є досить агресивною речовиною по відношенню до матеріалів деталей двигуна (метали, гума)[1]. Проведені випробування виявили розбухання гумових кілець ущільнювачів насосних секцій паливних насосів. Згідно з ДСТУ 6081:2009 біопаливо з підвищеним вмістом метанолу підлягає вибраковуванню.

Тому в ЛНТУ створене нове біодизельне паливо з використанням замість метилового - ізопропілового спирту, який має незначну токсичність та агресивність. Це паливо отримало назву ізопропілового ефіру ріпакової олії (ІЕРО). Його одержання дозволить розширити асортимент сучасних біодизельних палив. Нове паливо має кращі експлуатаційні властивості (таблиця 2), зокрема нижчу температуру застигання, що дасть можливість покращити роботоздатність сільськогосподарської техніки та дизельних транспортних засобів у зимовий період [5]. На нове паливо отримано токсиколого-гігієнічний паспорт, розроблено та затверджено технічні умови. На приватному підприємстві «Лімакс Інвест» здійснено промислову апробацію виробництва запропонованого біопалива. В найближчому майбутньому будуть проводитись стендові випробування дизеля на такому паливі.

З таблиці видно, що цетанове число нового біопалива вище, ніж відповідне значення еталона. Це забезпечить легкий пуск двигуна і «м'яку» роботу. В'язкість ІЕРО вища порівняно з відповідним значенням нормативних вимог, що може утруднити проходження палива через фільтри, подачу палива форсунками та погіршити сумішоутворення. Це можна вважати недоліком ІЕРО. Тому при низьких температурах таке паливо доцільно використовувати в сумішах з нафтовим дизельним паливом. Проте підвищена в'язкість палива забезпечить добре мащення деталей паливної апаратури дизеля. Температура застигання ІЕРО вдвічі менша, ніж в МЕРО, і в 2,2 рази менша, ніж вимагає ДСТУ для нафтового дизельного палива марки «Л». Це важлива перевага нового продукту над існуючими аналогами, адже вона дає можливість використовувати таке паливо в зимовий період при температурі до -22°C , тоді як еталонне до -12°C . Кислотність у біодизельних паливах відсутня, тобто вони не є корозійно активними. Зольність ІЕРО та МЕРО в межах норми, що свідчить про низький вміст у біодизельних паливах мінеральної золи. Біодизельне паливо, в першу чергу ІЕРО, є більш безпечним з точки зору екології. Як показали досліди, біодизель при попаданні у воду не спричиняє шкоди живим організмам. Крім того, він повністю біологічно розпадається в ґрунті або в воді мікроорганізмами за 28 днів. Проведені токсиколого-гігієнічні дослідження ІЕРО дозволили зробити висновок, що це паливо належить в цілому до 4 класу небезпеки (найнижчий клас).

В природному газі та в біодизельному паливі газі практично не міститься сірки, завдяки чому двигун, працюючий на цих паливах, має практично нульовий рівень викидів SO_2 , що вигідно відрізняє його від дизеля, в якого викиди оксидів сірки наносять суттєву шкоду екології. Це особливо актуально для нашої держави, тому що в дизельному паливі, яке виробляється на наших нафтопереробних заводах, вміст сірки в декілька разів перевищує допустимі норми. Важливою перевагою двигунів, які працюють на природному газі та біодизельному паливі, є малі

викиди в атмосферу двооксиду вуглецю CO_2 , який сприяє утворенню парникового ефекту на Землі. Це пояснюється тим, що в природному газі та в біодизельних паливах міститься менше вуглецю, ніж в нафтових паливах.

Таблиця 2

Показники експлуатаційних властивостей біодизельних палив та дизельного палива

з/п	Найменування показників	Метод випробування	Норми за ДСТУ 3868-99	Дизельне паливо	Біодизельні палива	
					ІЕРО	МЕРО
1.	Цетанове число	ДСТУ 3868-99	Не нижче 45	47	49	48
2.	Густина, г/см ³ при 15°C	ГОСТ 3900-99	Не більше 0,860	0,84	0,88	0,88
3.	Фракційний склад: 50% вик, °C 96% вик, °C	ГОСТ 2177-99	Не вище 280 Не вище 360	274 360	260 322	250 367
4.	В'язкість кінематична при 40 °C, сСт	ДСТУ 33-00	3,0-6,0 при 20 °C	5,4	16,1	5,6
5.	Масова частка сірки, %	ГОСТ 13380-01	Не більше 0,5%	0,540	0,009	0,007
6.	Кислотність, мг КОН на 100 смз палива	ГОСТ 5985-79	Не більше 5,0	2,7	Відс.	Відс.
7.	Температура застигання, °C	ГОСТ 20287-91	Не вище -10	-14	-22	-12
8.	Коефіцієнт фільтрованості	ГОСТ 19006-73	Не більше 3,0	2,3	1,3	1,3
9.	Гранична темп. фільтрованості, °C	ГОСТ 22254-92	Не вище -5	-5	-1	-2
10	Зольність, %	ГОСТ 1461-75	Не більше 0,01	0,002	0,012	0,011

Висновки

Порівняння техніко-економічних показників дизеля при застосуванні альтернативних палив показало, що найбільший економічний ефект буде при використанні природного газу, але це потребує переобладнання дизеля. Застосування біодизельних палив не вимагає переобладнання дизеля, але вартість такого палива є вищою за вартість дизельного палива. Однак, не дивлячись на це, в державах, які не мають власної нафти, застосування такого палива в найближчому майбутньому буде доцільним.

1. Девянин С.Н., Марков В.А., Семенов В.Г. Растительные масла и топлива на их основе для дизельных двигателей. –Х.: Новое слово, 2007. – 452 с.
2. 1. Захарчук В.И. Переоборудование дизелей в газовые двигатели с искровым зажиганием// Автомастер. – 2008 г. - №8. – С. 48-50.
3. Victor Zaharchuk, Ilya Kozachuk. Desing experiment investigation OF THE GAS ENGINE made of THE TRACTOR DIESEL/Polish Academy of Sciences. Branch in Lublin. Commision of motorization and energetics in agriculture. VOL. 7. Lublin 2005, p. 229-236.
4. Технологія переобладнання дизелів в газові двигуни з іскровим запалюванням для роботи на природному газі (керівник розробки Захарчук В.І.)//КАТАЛОГ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ за результатами Всеукраїнського конкурсу інноваційних технологій. - Київ, 2006. – С. 180-181.
5. Захарчук В.І. Застосування альтернативних палив в автотракторних дизелях// Энергосбережение. – 2010. - №2. – С. 26-28.