

Таблиця 2 – Екологічні показники двигуна Д-243 при роботі на різних видах палива (навантаження номінальна)

Зміст у вихлопних газів, %	Види палива		
	Дизельне	біодизельне	композитне
	$n = 1400 \text{ хв}^{-1}$		
Оксид вуглецю (II)	0,22	0,25	0,13
Вуглеводні	0,0012	0,0015	0,001
Димність	29,3	32,2	23,3
	$n = 1600 \text{ хв}^{-1}$		
Оксид вуглецю (II)	0,41	0,44	0,32
Вуглеводні	0,0013	0,0015	0,001
Димність	53,7	56,3	43,5
	$n = 1800 \text{ хв}^{-1}$		
Оксид вуглецю (II)	0,52	0,55	0,42
Вуглеводні	0,0014	0,0016	0,001
Димність	67,5	70,5	56,3
	$n = 2000 \text{ хв}^{-1}$		
Оксид вуглецю (II)	0,57	0,6	0,44
Вуглеводні	0,0015	0,0018	0,0011
Димність	73,5	76,4	63,3
	$n = 2200 \text{ хв}^{-1}$		
Оксид вуглецю (II)	0,62	0,63	0,46
Вуглеводні	0,0017	0,002	0,0011
Димність	76,0	79,1	65,1

Використання палива композитного складу дозволяє створювати технології з високими природоохоронними характеристиками за рахунок виключення застосування токсичних речовин нафтового походження, зменшувати шкідливий вплив мобільної енергетики на довкілля, вплинути на розширення сировинної енергетичної бази.

Література

1. Пат. 2374302 Російська Федерація, С10L 1/18. Склад рідкого палива / С.А. Нагорнов, С.В. Романцова, О.В. Матвеев, А.П. Ліксутіна, І.А. Рязанцева. – Бюл. винаходів. – 2009. – № 33.
2. Грудника, І.Б. Про оцінку енергії процесів окислення в техногенних і біогенних системах / І.Б. Грудника, Є.І. Грегор // Хімія і технологія палив і олив, – 2006. – № 6. – С. 36-37.

УДК 62229.316.0002.51

ВИКОРИСТАННЯ ПРОДУКТІВ ПЕРЕРОБКИ РОСЛИННОЇ ОЛІЇ ЯК АЛЬТЕРНАТИВНЕ ПАЛИВО

Осадчук П.І. канд. тех. наук, доцент
Одеський державний аграрний університет, м. Одеса
Кудашев С.М. канд. тех. наук, ст. наук. спів.

Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса

У статті наводиться аналіз дослідів відомих фірм Америки та Європи відносно роботи двигунів на біодизельному паливі. Аналізуються позитивні та негативні боки впливу біодизельного пального на експлуатаційні режими двигунів.

In the article the analysis of experiments of the known firms of America and Europe is pointed in relation to work of engines on a biodiesel fuel. The positive and negative sides of influence of biodiesel fuel are analysed on the operating modes of engines.

Ключові слова: біодизельне паливо, фракційний склад, рослинні олії, метилові ефіри.

Фізико-хімічні показники біодизельного палива більшою мірою відповідають товарному нафтовому дизельному паливу, у порівнянні з характеристиками рослинних олій.

Починаючи з 1997 р., в Америці та країнах Європи з'явилися стандарти на біодизельне паливо, куди увійшли фізико-хімічні показники, які визначають якість метилових ефірів рослинних олій (МЕРО), що використовуються не тільки як самостійний вид палива, але й як компонент сумішевого палива (наприклад, в суміші з нафтовим дизпаливом (ДП)).

Оскільки жирно-кислотний склад ефірів рослинних олій може дещо варіюватися, то й характеристики біодизельного палива можуть змінюватися. У таблиці 1 представлено усереднені характеристики біодизельного палива, отриманого з різних олій та вимоги до МЕРО за стандартами DIN EN 14214 і за ГОСТ 395-82.

Таблиця 1 – Фізико-хімічні показники палив

Параметри	DIN EN 14214	Ефір соняшникової олії	Ефір кукурудзяної олії	Ефір рапсової олії	Ефір льняної олії	ДП літнє (зимове) ГОСТ 305-82
Цетанове число	не нижче 51	53	52	53	53	не нижче 45
Щільність 15 °С, кг·м ⁻³	860 – 900	878	880	883	875	н/н
Щільність 20 °С, кг·м ⁻³	н/н	872	874	876	870	860 (840)
В'язкість, 40 °С, мм ² ·с ⁻¹	3,5 – 5,0	4,0	4,1	5,3	5,0	н/н
В'язкість, 20 °С, мм ² ·с ⁻¹	н/н	6,1 – 7,1	6,4 – 7,4	8,0 – 8,6	7,7 – 8,0	3,0 – 6,0 (1,8 – 5,0)
Температура застигання, °С	не > –20	–19	–19	–20	–18	Не > –10 (–35)
Температура помутніння, °С	н/н	–13	–	–15	–	не вище –5 (–25)
Температура спалаху, °С	не нижче 120	149	152	161	153	не нижче 40 (35)
Зміст сірки, мг·кг ⁻¹	не > 10	7,9	8,5	5,7	6,7	не > 2000 (0,2 %)
Зміст води, мг·кг ⁻¹	не > 500	315	328	325	305	відсутнє
Зміст мехдомішок, мг·кг ⁻¹	не > 24	11,38	13,25	12,75	11,24	відсутнє
Зміст метанолу, %	не більш 0,2	0,03	0,04	0,05	0,004	н/н
Зольність, %	не > 0,02	0,015	0,013	0,014	0,012	не більш 0,01

Як видно з даних, представлених у таблиці, характеристики одержуваних на сучасному етапі метилових ефірів рослинних олій досить близькі і задовольняють вимогам європейського стандарту, сформульованого для компонента дизельного палива; їхні характеристики набагато ближчі до показників товарного палива, ніж відповідні значення для рослинних масел. Однак за рядом параметрів МЕРО не відповідають вимогам, що пред'являються діючими на сьогодні ГОСТ 305-82 або ГОСТ Р 52368-2005.

Так, цетанове число біодизельного палива вище, ніж вимагає ДСТУ, але не перевищує 55 одиниць (при більш високому Цетановому числі погіршується економічність роботи двигуна і збільшується димність відпрацьованих газів). Таке цетанове число забезпечить м'яку, без «стуку» роботу двигуна.

Щільність і, особливо, в'язкість МЕРО помітно нижча, ніж у рослинних олій, але трохи вища, ніж у товарного дизельного палива. Щільність палива ρ , кінематична ν і динамічна в'язкості μ , а також поверхневий натяг σ відносяться до показників палива, які впливають на процеси випаровування, сумішоутворення і згоряння.

У Харківському державному політехнічному університеті вивчали вплив відмінностей у рівні ρ, ν, μ і σ біопалива на характеристики його впорскування, динаміку розвитку паливного факела, дрібності розпилювання та ін [1]. Велика в'язкість продуктів переробки рослинних олій призводить до збільшення дальності паливного факела.

У зв'язку з цим зменшується частка об'ємного сумішоутворення, більша частина пального буде потрапляти на стінки камери згоряння. Крім того, зменшується кут розсіювання паливного факела, збільшується середній діаметр крапель. Зростання поверхневого натягу МЕРО стосовно ДП на 14 % є причиною збільшення неоднорідності розпилювання палива. У зв'язку із зростанням щільності МЕРО по відношенню до ДТ на 6 % збільшиться максимальний тиск пальника, зрушиться у бік збільшення дійсний момент початку впорскування палива.

Проведені розрахунки показали, що використання 100 % МЕРО порівняно з ДП призводить до збільшення середнього діаметра крапель на 14%, при цьому кут розсіювання паливного факела зменшується на 15 %.

При використанні МЕРО в якості палива на випар буде потрібно більше часу, паливо згорить не цілком; збільшиться його витрата; підвищиться інтенсивність нагароутворення.

Фракційний склад палив має дуже важливе експлуатаційне значення, оскільки характеризує його випаровуваність у двигунах і тиск парів при різних температурах, тисках. Паливо для двигунів із запалюванням від іскри повинно мати таку випаровуваність, яка забезпечила б легкий запуск двигуна при низьких температурах, швидкий прогрів двигуна, рівномірний розподіл палива по циліндрах.

Фракційний склад палива також має великий вплив на швидкість його випаровування і створення суміші з повітрям після впорскування.

Якщо рослинні олії при атмосферному тиску закипають при температурі близько 300 °С і розкладаються при нагріванні, то для біодизельного палива можливе визначення фракційного складу, оскільки молекулярна маса ефірів біодизелю практично в три рази менша, ніж у триацілгліцеринів рослинних олій. Однак у середньому їхня маса більша, ніж у компонентів нафтового дизельного палива, тому температури википання 50 % фракцій і, особливо температури початку кипіння у МЕРО вищі, ніж у товарного палива. Відсутність легколетких з'єднань буде ускладнювати запуск двигуна при знижених температурах. У цілому більш важкий фракційний склад біодизеля буде викликати підвищене нагароутворення на деталях двигуна [2].

У біопалив, отриманих при переробці ріпакової і соняшникової олій, починаючи з 20 до 80 % температура разгонки практично постійна. Сумішеві складки поводяться, як дизельне паливо незалежно від концентрацій складових. Все: і ефіри й суміші мають максимально наближені значення кінця перегонки.

Низькотемпературні характеристики біодизеля дозволяють використовувати його без додавання депресорних присадок тільки в якості літнього палива.

Висока температура спалаху робить це паливо більш безпечним при зберіганні, транспортуванні та експлуатації.

Низький вміст сірки покращує екологічні характеристики біодизеля.

Чистота палива оцінюється, насамперед, змістом механічних домішок. ГОСТ 305-82 нормує його як «відсутність», метод випробування – за ГОСТ 6370, показує, що масова частка механічних домішок до 0,005 % (50 мг / кг) включно оцінюється як їхня відсутність. Стандарт DIN EN 14214 жорсткіше нормує цей показник (до 24 мг / кг), цього вимагає конструкція найсучасніших дизельних двигунів. Видно, що МЕРО задовольняють цим вимогам.

Одним з найбільш важливих переваг використання біодизельного палива є зниження викидів шкідливих речовин з відпрацьованими газами. Проведено велику кількість досліджень впливу сумішевих та чистих біодизельних палив на викиди окремих компонентів відпрацьованих газів дизелів. Практично всі дослідники відзначають зниження викидів оксиду вуглецю, вуглеводнів, дисперсних частинок і деяке підвищення викидів оксидів азоту.

За даними Міністерства енергетики США (Department of Energy – DOE) застосування біодизельного палива знижує викиди практично всіх викидів шкідливих речовин, за винятком оксидів азоту, знижує канцерогенність вихлопу на 94 %, мутагенність на 80 – 90 % (у разі застосування чистого біодизельного палива).

У Дослідному інституті палив і двигунів в Колорадо (Colorado Institute for Fuels and Engine Research), США, проводилися дослідження впливу складу біодизельного палива, в тому числі пов'язаного з використовуваною сировиною, на викиди шкідливих речовин. Досліджувалися метилові і етилові ефіри жирів рослинного і тваринного походження, а також окремі ефіри жирних кислот (лінолевої, ліноленової, стеаринової, пальмітинової та ін.) Викиди оксидів азоту порівняно з роботою на дизельному паливі зростили на 1 – 10 % при використанні похідних рослинних і тваринних жирів і змінювалися в межах від – 10 % для метилового ефіру стеаринової кислоти до +21 % для метилового ефіру ліноленової кислоти [3].

Цікаві результати були отримані в Національній лабораторії з поновлюваних джерел енергії США (National Renewable Energy Laboratory - NREL), де проводилися випробування двох автобусів на бігових барабанах по замському їздовому циклу для важких автомобілів (City Suburban Heavy Vehicle Cycle). Автобуси були обладнані дизелями Cummins ISM 2000. Дослідження проводили з використанням зви-

чайного дизельного палива та суміші 20 % біодизельного палива з дизельним (B20). Було відзначено, як і в інших дослідженнях, зниження викидів дисперсних частинок на 24 %, вуглеводнів – на 40 %, оксиду вуглецю – на 32 % при роботі на паливі B20. Також відзначалося деяке зниження викидів оксидів азоту – на 5 %, що, мабуть, можна пояснити особливостями складу застосовуваного палива та режимів роботи двигуна в даному їздовому циклі [4].

При роботі дизеля на біодизельному паливі практично відсутня викид сполук сірки, оскільки вміст сірки в паливі знаходиться на рівні не більше 10 – 15 мг / кг.

Теплота згоряння чистого біодизельного палива нижча, ніж у дизпалива на 11 – 12,5 % (на одиницю маси) і на 7-8 % (на одиницю об'єму). Більш низька теплота згоряння призводить до деякого (до 10 %) зниження потужності двигуна і збільшення витрати палива. Застосування сумішевого палива B20 знижує потужність на 1-2 %, що практично непомітно в експлуатації. Разом з тим, деякі дослідники відзначають менш значне зниження потужності, і навіть деяке її підвищення на окремих режимах. Дослідження, проведені в Німеччині в Технічному університеті Ганновера (Technical University of Hannover) на дизелі Deutz, показали, що зовнішня навантажувальна характеристика двигуна та крутний момент при роботі на біодизельному паливі з рапсу змінюється дуже незначно. Дослідники з Університету Теннесі (University of Tennessee) проводили випробування дизеля Volvo потужністю 110 к.с. при роботі на біодизельному паливі з соєвого масла. Було відзначено зниження потужності двигуна на 2 – 7 % при роботі на чистому біодизельному паливі в порівнянні з нафтовим дизпаливом залежно від навантаження і частоти обертання колінчастого вала. Однак на режимах, близьких до номінального (частота обертання 3800 хв-1), потужність двигуна на обох паливах була практично однакова. Незвичайним було відзначене підвищення потужності на 13 % на більш низькій частоті обертання (1855 хв-1) при номінальному навантаженні. Таке підвищення потужності можна пояснити, мабуть, більш ефективним процесом згоряння біодизельного палива, через уміст у ньому кисню на режимах з низьким коефіцієнтом надлишку повітря [4].

Дослідження дизелів Cummins і Detroit Diesel для вантажних автомобілів, проведені в Південно-західному дослідному інституті (Southwest Research Institute) у США, показали, що застосування палива B20 призводить до зменшення номінальної потужності двигуна на 1,5 – 2 %, а при використанні чистого біодизельного палива B100 – на 8 % порівняно з дизельним паливом.

Більш низька теплота згоряння біодизельного палива призводить, поряд із зменшенням потужності, також і до збільшення витрати палива. Дослідження, проведені в Південно-західному дослідному інституті показали, що при роботі дизеля Cummins на суміші B20 витрата палива зростає на 2 %, а при роботі на чистому біодизельному паливі B100 з ріпакової олії – на 14 % порівняно з дизельним паливом. Дослідження, проведені компанією CytoCulture на дизелі Mercedes Benz показали збільшення витрати палива на 15 % при роботі на біодизельному паливі, при відсутності помітних змін у потужності і динаміці розгону автомобіля і більш тихій роботі двигуна на холостому ходу. Дослідження Національної лабораторії з поновлюваних джерел енергії США впливу біодизельного палива, отриманого з різних джерел сировини, на показники дизеля Cummins ISB дозволили зробити висновок про підвищення витрати палива на 13,6 – 14,3 % при роботі на чистому біодизельному паливі B100 і при роботі на сумішах B20 на 1,7 – 2,7 % в порівнянні з дизельним паливом [3].

Біодизельне паливо володіє кращими змащувальними властивостями, ніж дизпаливо. Навіть у невеликій кількості 1-2 % біодизельне паливо істотно покращує змащувальні властивості суміші з дизельним паливом. Компанія Exxon досліджувала параметри змазування і зносу при використанні суміші B20 і нафтового дизельного палива. Було відзначено зменшення розміру плями зносу з 492 мкм при змащеннях дизпаливом до 193 мкм при змащеннях сумішшю B20. Відзначалося поліпшення властивості сумішевого палива B20 покривати поверхню деталі плівкою (на 93 % площі в порівнянні з 32 % у дизпалива). Проведені в Південно-західному дослідному інституті дослідження зносу металевих кульок, що труться об поверхню диска за методом BOCLE (Ball On Cylinder Lubricity Evaluator) при змащенні місця контакту чистим біодизельним паливом привели до зменшення маси кульки на 3,5 г, сумішшю B20 – 4,1 г, дизельним паливом – 6,1 г за період проведення тесту [5].

Дослідження надійності дизеля протягом 1000 годин в Університеті Айдахо (University of Idaho) не показали ніяких істотних відмінностей в надійності і зносі двигуна при роботі на біодизельному та дизельному паливі. У ході досліджень визначалися потужність двигуна, закоксування розпилювачів форсунок, знос компонентів двигуна на основі аналізу змісту металів в олії [4].

Дослідження, проведені на замовлення Minnesota Resources and Minnesota Soygrowers Association, протягом двох років (пробіг автомобіля на суміші B20 склав 135 000 миль) не виявили ніяких проблем із підвищенням зносу або зниженням надійності двигуна і паливної системи.

Дослідження восьми поштових автомобілів Ford і Mack, половина з яких працювала на дизпаливі, а половина - на суміші B20, були проведені в США. Кожен з автомобілів пройшов протягом чотирьох років понад 350 000 миль. У автомобілів Ford не було виявлено ніяких істотних відмінностей, пов'язаних

із видом використовуваного палива, однак у автомобілів Mack на підставі дослідження зносу елементів паливної апаратури дослідники дійшли висновку про необхідність заміни форсунок, інші вузли і деталі двигуна були в межах норми. Проблеми з підвищеним зносом форсунок пов'язують з недостатньо високою якістю використаного палива [5].

У зв'язку з постійно посилюваними вимогами до зниження вмісту сірки в дизпаливі виникають проблеми із забезпеченням змащувальних властивостей палива, що особливо важливо для надійної роботи паливної апаратури. Дослідники відзначають, що навіть добавка в розмірі 1-2 % біодизельного палива до дизельного зможе забезпечити необхідні умови мастила паливного насоса і форсунок.

Біодизельне паливо є досить сильним розчинником, тому при тривалому впливі спостерігалася розм'якшення або пошкодження шлангів, сальників, ущільнень, клеїв. Особливо схильні до дії біодизельного палива поліпропілен, полівініл і деякі сорти гуми. Сумісні з біодизельним паливом фторопласти, тефлон, вітон (Viton). При використанні сумішевих палив із вмістом біодизельного палива до 20 % помітного негативного впливу на матеріали не відзначалося.

У присутності латуні, бронзи, міді, свинцю, олова і цинку відбувається більш інтенсивне окислення біодизельного палива з утворенням солей та інших сполук, що сприяють забиванню фільтрів. Добре сумісні з біодизельним паливом вуглецева і нержавіюча сталь і алюміній.

При переведенні дизелів, що знаходяться в експлуатації, на біодизельне паливо відзначався ефект «вимивання» відкладень із паливного бака і трубопроводів, що призводило до швидкого забивання паливного фільтра.

Література

1. Семенов, В.Г. Фізико-хімічні показники і еколого-економічні характеристики роботи дизельного двигуна / В.Г. Семенов. – Харків, – 2002.
2. Дослідження фракційного складу біопалив, отриманих біоконверсією рослинної сировини / С.А. Нагорнов, С.І. Дворецкий, С.В. Романцова та ін. // Питання сучасної науки і практики. Університет ім. В.І. Вернадського. – 2009. – № 6 (20). – С. 83 – 94.
3. Ikilic, C. Investigation of the Effect of Sunflower Oil Methyl Esther on the Performance of a Diesel Engine / C. Ikilic, H. Yucesu // Energy Sources. – 2006. – Vol. 27. – № 13. – P. 1225 – 1234.
4. Wolfensberger U. Treibstoff im Vordergrund des Interesses / U. Wolfensberger // Schweizer Landtechnik. – 1992. – Jg. 53. – № 7. – P. 4 – 8.
5. Agarwal, A.K. Effect of Biodiesel Utilization of Wear of Vital Parts in Compression Ignition Engine / A.K. Agarwal, J. Bijwe, L.M. Das // Transactions of the ASME. Journal of Engineering for Gas Turbines and Power. – 2003. – Vol. 125. – № 2. – P. 604 – 611.

УДК 664.7.013:005.8

КОМПЛЕКСНЕ ПРОЕКТУВАННЯ ПІДПРИЄМСТВ ЗЕРНОПЕРЕРОБНОЇ ГАЛУЗІ

Браженко В.Є., канд. техн. наук, доцент

Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса

У статті розглянуто варіанти розробок комплексного проектування підприємств по зберігання та переробці зерна. Наведено шляхи інтенсифікації технології виробництва високоякісної конкурентоспроможної продукції з розширенням асортименту.

The article considers the options for the design of complex engineering development of enterprises for the storage and processing of grain. Show ways to improve an intensification of production of high-quality competitive products with range expansion.

Ключові слова: комплексне проектування, енергоефективність виробництва, технологічні процеси, комбікормові підприємства.

Напрямок розвитку агропромислового комплексу України спрямований на підвищення ефективності технологій виробництва високоякісної продукції рослинного та тваринного походження на підприємствах зернопереробної галузі. Подальше вдосконалення виробництва залежить від своєчасного розв'язування завдань, які пов'язані з технічним, технологічним забезпеченням, агрохімічним, біологічним станом та організаційно-економічним розвитком підприємств. Системне вирішення конкретних проблем шляхом застосування інноваційних технологій на основі комплексної механізації та автоматизації виробництва і раціона-