

УДК 621.43:662.756

ЕКОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ З РІЗНИМИ УМОВАМИ СУМІШОУТВОРЕННЯ ПІД ЧАС РОБОТИ НА БІОДИЗЕЛЬНОМУ ПАЛИВІ

А. І. Атамась, В. Ф. Шапко, С. М. Черненко

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева, 20, 39600, м. Кременчук, Україна. E-mail: shapko46@mail.ru

В. Г. Семенов

ТОВ «НДІ альтернативних палив», м. Харків
вул. Нестерова, 5, 61031, м. Харків, Україна. E-mail: semenovv11@gmail.com

Наведено результати досліджень дизельних двигунів за екологічними показниками з різними умовами сумішоутворення під час роботи на біодизельному паливі порівняно зі стандартним дизельним паливом. Досліджено вплив жирнокислотного та елементного складу біодизельного палива. Проведено порівняння отриманих результатів із показниками дизельного двигуна з розділеною камерою згоряння.

Ключові слова: дизельний двигун, біодизельне паливо, жирнокислотний склад, елементний склад, екологічні показники.

ECOLOGICAL FACTORS OF THE DIESEL ENGINES WITH MISCELLANEOUS CONDITION OF FUELS INJECTION DURING WORK ON BIODIESEL FUEL

A. I. Atamas, V. F. Shapko, S. M. Chernenko

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University
ul. Pervomayskaya, 20, 39600, Kremenchug, Ukraine. E-mail: shapko46@mail.ru

V. G. Semenov

SLL "RI of alternative fuels", Kharkov
ul. Nesterova, 5, 61031, Kharkov, Ukraine. E-mail: semenovv11@gmail.com

Results of the studies of the of the diesel engines to ecological factors with miscellaneous condition of mixture's formation in operation on biodiesel fuel in comparison with standard diesel fuel are led. The explored influence of fat acid and element compositions of biodiesel fuel. The organized comparison of received result with factor of the diesel engine with prepared a camera of combustion.

Key words: biodiesel fuel, fat acid composition, element composition, ecological factors

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ С РАЗНЫМИ УСЛОВИЯМИ СМЕСЕОБРАЗОВАНИЯ ПРИ РАБОТЕ НА БИОДИЗЕЛЬНОМ ТОПЛИВЕ

А. И. Атамась, В. Ф. Шапко, С. М. Черненко

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского
ул. Первомайская, 20, 39600 г. Кременчуг, Украина. E-mail: shapko46@mail.ru

В. Г. Семёнов

ООО «НИИ альтернативных топлив», г. Харьков
ул. Нестерова, 5, 61031 г. Харьков, Украина. E-mail: semenovv11@gmail.com

Представлены результаты исследований дизельных двигателей по экологическим показателям с разными условиями смесеобразования при работе на биодизельном топливе в сравнении со стандартным дизельным топливом. Исследовано влияние жирнокислотного и элементного состава биодизельного топлива. Проведено сравнение полученных результатов с показателями дизельного двигателя с разделённой камерой сгорания.

Ключевые слова: дизельный двигатель, биодизельное топливо, жирнокислотный состав, элементный состав, экологические показатели.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Одними із найважливіших показників двигуна внутрішнього згоряння (ДВЗ) є показники шкідливості відпрацьованих газів (ВГ). Це зумовлено як погіршенням екологічної обстановки, так і посиленням вимог, які визначаються сучасними нормативними документами.

ВГ дизелів є складною багатокомпонентною сумішшю газів, парів, крапель рідин і дисперсних твердих часток.

Підвищити екологічні показники ДВЗ можливо використанням альтернативних палив, що дозволяє знизити шкідливі викиди за рахунок більш повного згоряння та деяких змін у протіканні робочого процесу

ДВЗ.

Особливий інтерес викликають альтернативні палива, отримані з відновлюваних природних ресурсів.

Альтернативне паливо повинно відповідати багатьом вимогам: мати необхідні сировинні ресурси, низьку вартість, не погіршувати роботу двигуна, сполучатися зі сформованою системою постачання паливом і ін.

Таким альтернативним паливом для дизельних двигунів є біодизельне паливо (БП), що є похідним рослинних олій та жирів тваринного походження. БП може використовуватися без значних змін у конструкції

двигуна та змішуватися зі стандартним дизельним паливом (ДП) у будь-якій пропорції.

У результаті аналізу попередніх досліджень було виявлено, що у світі широко проводилися випробування двигунів при роботі на БП та його сумішах із дизельним паливом [1, 2].

Випробування проводилися під час роботи ДВЗ на БП, сировиною для яких були різні олії [2], на двигунах із розділеними та нерозділеними камерами згоряння [1, 2].

Із даних досліджень виявлено, що під час роботи дизельних двигунів на БП порівняно з ДП спостерігається зменшення викидів продуктів неповного згоряння, зокрема оксиду вуглецю (СО), вуглеводнів (C_nH_m), і твердих часток (С). Крім того, дисперсність часток сажі, які утворюються під час згоряння БП, нижча порівняно із частинками, що утворюються при роботі на стандартному ДП [2]. Щодо викидів оксидів азоту (NO_x), то у деяких випадках було зафіксоване їх підвищення, а деяких – навпаки, зниження.

Завдяки зменшенню викидів сажі, яка забруднює каталізатор, використання БП дозволяє не тільки знизити викиди шкідливих речовин із ВГ дизельних двигунів, а також підвищити стабільність роботи каталізаторів.

Таким чином, не до кінця з'ясованим залишається питання, які чинники і яким чином впливають на екологічні показники дизельних двигунів, що працюють на біопаливі.

У зв'язку з цим метою даної роботи є:

– дослідження впливу жирнокислотного та елементного складу біодизельного палива на формування екологічних показників дизельного двигуна;

– експериментальні дослідження екологічних показників дизельного двигуна з нерозділеною камерою згоряння під час роботи на БП порівняно зі стандартним ДП;

– порівняння отриманих результатів із показниками дизельного двигуна з розділеною камерою згоряння.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Для дослідження впливу жирнокислотного та елементного складу біодизельного палива на формування екологічних показників дизельного двигуна використовувалися наступні зразки палива: метилові ефіри ріпакової олії (МЕРО), соєвої олії (МЕСО) і яловичого жиру (МЕЯЖ).

Жирнокислотний склад біодизельних палив визначався шляхом газорідинної хроматографії даних зразків.

Основним показником, що характеризує жирнокислотний склад БП, є індекс ненасиченості ІН [3], який визначається за формулою [2]:

$$IH = \Sigma P_j / 100,$$

де P_j – добуток умісту (у % за вагою) ненасичених жирних кислот і кількості подвійних зв'язків у кожній кислоті.

Більше значення ІН характеризує більш високу реакційну здатність палива через наявність більшої кількості подвійних зв'язків. Елементний склад палив визначався за методикою, наведеною у роботі [4]. Результати визначення елементного складу та індексу ненасиченості зразків БП наведені у табл. 1.

Таблиця 1 – Порівняння складу біодизельних палив рослинного та тваринного походжень

Зразок палива	ІН	Масові частки хімічних елементів, %		
		g_C	g_H	g_O
МЕРО	1,43	77,17	11,97	10,86
МЕСО	1,53	76,75	11,78	11,47
МЕЯЖ	0,985	76,28	12,08	11,64

Визначення екологічних показників дизельного двигуна під час роботи на зазначених зразках БП проводилися у СНУ ім. В. Даля. Випробування проводилися на дизельному одноциліндровому чотиритактному вихрокамерному двигуні 1С48,5/11 потуж-

ністю 1,94 кВт при частоті обертання колінчастого валу 1000 хв⁻¹ [3].

Результати випробувань двигуна 5Д2 наведено у табл. 2.

Таблиця 2 – Результати випробувань двигуна 5Д2 під час роботи на БП порівняно з ДП

Показники	ДП «Л»	МЕРО		МЕСО		МЕЯЖ	
		Значення показника	Відмінність від ДП, %	Значення показника	Відмінність від ДП, %	Значення показника	Відмінність від ДП, %
ККД двигуна	0,236	0,248	5,1	0,239	1,3	0,229	- 3,0
Температура ВГ, °С	309	296	- 4,2	303	- 1,94	310	0,32
Температура у вихровій камері згоряння, °С	589	655	11,2	584	- 0,85	573	- 2,72
Коефіцієнт надлишку	1,98	2,06	4	1,92	- 3,0	1,88	- 5,05

повітря							
CO, млн ⁻¹	373	246	- 34	254	- 32	257	- 31,0
NO _x , млн ⁻¹	606	670	10,6	603	- 0,5	558	- 7,9
Сажа, г/м ³	0,185	0,074	- 60	0,0711	- 61,6	0,0679	- 63,3

З табл. 2 видно, що при роботі двигуна на МЕЯЖ спостерігається зниження ККД двигуна та підвищення викидів CO з ВГ порівняно з МЕРО та МЕСО. Це можна пояснити більш високим вмістом атомів вуглецю в метилових ефірах ненасичених жирних кислот у БП рослинного походження, що, в свою чергу, змінює загальний баланс хімічної реакції, за якою відбувається процес згоряння у ДВЗ.

Про це свідчить збільшення середньої температури у вихровій камері згоряння. При цьому відбувається підвищення викидів оксидів азоту, що є результатом більш повного згоряння вільного азоту повітря. Найбільші викиди сажі з ВГ спостерігаються під час роботи на МЕРО, які мають найбільший вміст вуглецю g_c та найменший вміст кисню g_o .

Визначення екологічних показників дизельного двигуна з нерозділеною камерою згоряння проводилися у КНУ ім. М. Остроградського. Об'єкт випробувань – дизельний восьмициліндровий чотиритактний двигун із безпосереднім упорскуванням палива 8ЧН13/14 (ЯМЗ-238М2). Як навантажувальне гальмо на стенді використовувався електричний генера-

тор постійного струму типу МПБ-42,3/30 з балансною установкою статора, який з'єднано з ваговим пристроєм типу ЗКМ-1 для виміру величин навантаження.

Витрата палива вимірювалася об'ємним методом.

Температура відпрацьованих газів у випускному трубопроводі фіксувалася хромель-копельовою термомпарою (Т_{ВГ}).

Випробування проводилися на режимах потужності двигуна від 0 до 58,8 кВт при частоті обертання колінчастого валу 1000 хв⁻¹.

Досліджуваним зразком біодизельного палива були метилові ефіри жирних кислот суміші соєвої та соняшникової олій, отримані у компанії «Біодизель-Днепр». Жирноокислотний та елементний склад даного зразку БП близький до складу МЕРО: ІН = 1,464; $g_c = 77,2\%$; $g_H = 11,9\%$; $g_o = 10,9\%$. Дослідження проводилися порівняно з ДП виробництва Кременчуцького нафтопереробного заводу (КНПЗ). Результати випробувань наведені у табл. 3.

Таблиця 3 – Екологічні показники дизельного двигуна ЯМЗ – 238 М2 під час роботи на дизельному та біодизельному паливах

Ne, кВт	$\frac{Me}{Me_{max}}, \%$	Концентрація CO, %			Концентрація C _n H _m , млн ⁻¹			Оптична димність, %		
		ДТ	БТ	Відмінність	ДТ	БТ	Відмінність	ДТ	БТ	Відмінність
0	0	0,061	0,053	- 13,11	32	27	- 15,63	3,58	2,58	- 27,9
14,7	15,92	0,054	0,049	- 9,26	31	27	- 12,90	4,20	3,05	- 27,4
29,4	31,84	0,053	0,046	- 13,21	32	28	- 12,50	5,58	4,03	- 27,8
44,1	47,75	0,056	0,047	- 16,07	35	31	- 11,43	8,90	6,45	- 27,5
58,8	63,66	0,063	0,051	- 19,05	39	34	- 12,821	22,50	16,30	- 27,6

Порівняння результатів випробувань двигунів із різними умовами сумішоутворення наведені у табл. 4.

З табл. 4 видно, що більше зниження викидів продуктів неповного згоряння під час роботи на БП порівняно з ДП спостерігається під час роботи двигуна з розділеною камерою згоряння. Можливо припустити, що вихрокаммерне сумішоутворення нівелює недоліки сумішоутворення з безпосереднім упорскуванням при використанні БП, а саме: збільшення далекобійності паливного факела та збільшення се-

реднього діаметру крапель палива, що призводить до збільшення частки приповерхнього сумішоутворення на відносно холодних стінках камери згоряння. Це забезпечується шляхом інтенсивного перемішування БП із повітрям і підігрівом від стінок вихрової камери. Останнє активізує вплив молекулярного кисню (близько 10%) з воднем і вуглецем, що перебувають у біодизельному паливі. Потім БП потрапляє у високоінтенсивний повітряний вихор і ефективно згоряє.

Таблиця 4 – Порівняння результатів випробувань двигунів із різними умовами сумішоутворення

Показники	ЯМЗ – 238 М2			5Д2		
	ДТ	БТ	Відмінність %	ДТ	БТ	Відмінність, %
Навантаження, %	63,66			66,14		
Ефективний ККД	0,335	0,291	- 13,1	0,236	0,248	5,1
Т _{вг} , °С	300	301,5	0,5	309	296	- 4,2
Коефіцієнт надлишку повітря α	2,04	1,78	- 12,75	1,98	2,06	4,0

NO _x , чнм	–	–	–	606	670	10,6
CO, %	630	510	– 19,05	373	246	– 34,05
Сажа, г/м ³	0,157	0,125	– 20,4	0,185	0,074	– 60

ВИСНОВКИ. За результатами проведених досліджень можна зробити наступні висновки:

- під час роботи дизельних двигунів на БП спостерігається зниження продуктів неповного згоряння у ВГ;
- підвищення індексу ненасиченості призводить до підвищення ефективного ККД двигуна та концентрації оксидів азоту у ВГ;
- більше зниження концентрацій продуктів неповного згоряння спостерігається під час роботи двигуна з розділеною камерою згоряння;
- для підвищення екологічних показників двигунів з нерозділеною камерою згоряння необхідні з одного боку заходи, спрямовані на підвищення повноти згоряння палива, а з іншого боку заходи, спрямовані на зниження викидів оксидів азоту.

ЛІТЕРАТУРА

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. Васильев И.П. Влияние топлив растительного происхождения на экологические и экономические показатели дизеля: Монография. – Луганск: Изд-во ВНУ им. В. Даля, 2009. – 240 с.
3. Семенов В.Г., Васильев И.П., Атамась А.І. Показники дизеля під час роботи на біодизельних паливах рослинного та тваринного походження / Вісник Кремен. держ. політ. університету ім. М. Остроградського. – Кременчук: КДПУ ім. М. Остроградського, 2009. – Вип. 2/2009(55), част. 1. – С. 78 – 81.
4. Семенов В.Г., Черненко С.М., Атамась А.І. Визначення нижчої теплоти згоряння біодизельного

палива за хроматографічними даними / Вісник Кремен. держ. університету ім. М. Остроградського. – Кременчук: КДУ ім. М. Остроградського, 2010. – Вип. 2/2010 (61), частина 1. – С. 87–91.

REFERENCES

1. S. Devyanin, V. Markov, V. Semenov. The vegetable oils and fuel on their central to diesel engines. – Kh.: Novoe slovo, 2007. – 452 p. [in Russian].
2. I. Vasilev. Influence of the fuels of the vegetable origin on ecological and economic factors of the diesel: monograph. – Lugansk: Publishers of ENU of V. Dal name, 2009. – 240 p. [in Russian].
3. V. Semenov, I. Vasilev, A. Atamas. Factors of the diesel in operation on biodiesel fuels of the vegetable and animal origin // Visnyk of Mykhailo Ostrohradskyi state polytechnical University of Kremenichuk. – Kremenichuk: Mykhailo Ostrohradskyi state polytechnical University of Kremenichuk. – Issue 2/2009 (55), part 1. – P. 78 – 81 [in Ukrainian].
4. V. Semenov, S. Chernenko, A. Atamas. Determination of the undermost heat of combustion of biodiesel fuel as of chromatography // Visnyk of Mykhailo Ostrohradskyi state polytechnical University of Kremenichuk. – Kremenichuk: Mykhailo Ostrohradskyi state polytechnical University of Kremenichuk. – Issue 2/2010 (61), part 1. – P. 87–91 [in Ukrainian].

Стаття надійшла 01.04.2011.
Рекомендована до друку
д.т.н., проф. Солтусом А.П.