

УДК 621. 436

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МОТОРНЫХ КАЧЕСТВ СМЕСЕВОГО БИОДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА

А.М. Левтеров., ст. научн. сотр., к.т.н., В.Д. Савицкий, гл. инженер отдела,  
Л.И. Левтерова, ведущий инженер, ИПМаш имени А.Н. Подгорного НАН Украины

*Аннотация.* Использование новых альтернативных топлив связано с необходимостью проверки их моторных качеств. В статье приводятся результаты стендовых испытаний дизельного двигателя Д21 (2Ч 10,5/12) при работе на смеси топлива с различным содержанием биологической составляющей, полученной этанольной переэтерификацией растительного масла.

*Ключевые слова:* ДВС, биодизельное топливо, токсичность, характеристика, эксперимент.

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ МОТОРНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ СУМІШЕВОГО БІОДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА

А.М. Левтеров, ст. наук. співр., к.т.н., В.Д. Савицький, гол. інженер відділу,  
Л.І. Левтерова, провідний інженер, ІПМаш імені А. М. Підгорного НАН України

*Анотація.* Використання нових альтернативних палив пов'язане з необхідністю перевірки їх моторних властивостей. В публікації наводяться результати стендових випробувань дизельного двигуна Д21(2Ч 10,5/12), що працює на сумішевому паливі з різним вмістом біологічної складової, отриманої шляхом етанольної переетерифікації рослинної олії.

*Ключові слова:* ДВЗ, біодизельне паливо, токсичність, характеристика, експеримент.

## EXPERIMENTAL RESEARCHES OF MOTOR QUALITIES OF BLENDERIZED BIODIESEL FUEL

A. Levterov, senior researcher, Candidate of Technical Science, V. Savitskyi, engineer,  
L. Levterova, engineer, IPMash after A. Podgornyi of NAS of Ukraine, Kharkiv

*Abstract.* The application of new alternative fuels is connected with the necessity of their motor properties control. The results of stand tests of D21(2Ч 10,5/12) diesel engine at its operation on blenderized fuel with different content of biological component obtained by means of ethanol interesterification of natural oil are presented in the given article.

*Key words:* ICE, biodiesel fuel, toxicity, the characteristic, experiment.

### Введение

Потребление нефтепродуктов по разным прогнозам будет неуклонно уменьшаться в силу предполагаемого сокращения запасов нефти. На смену классическим топливам приходят альтернативные, которые часто не только расширяют ресурсы энергопотребления, но и улучшают экологические характеристики энергоустановок, их использующих.

Обозначился определенный круг топлив, составляющих альтернативу традиционным

топливам: природный газ (ПГ), шахтный метан и биотоплива, т. е. топлива, получаемые из биомассы различного происхождения. Интерес к биотопливам в Западной Европе возник в начале 90-х годов прошлого столетия; страны Южной Америки и США адаптировали значительную часть своей транспортной системы к спиртовым топливам еще раньше. В странах ЕС уже несколько лет действует система принудительной 5–10 % добавки этанола к бензину и 5 % добавки к дизельному топливу метиловых эфиров жирных кислот при заправке автомобилей на АЗС. Гер-

мания, Швеция, Дания могут служить примером утилизации бытовых и сельскохозяйственных отходов. Использование ненефтяного сырья расширяет ресурсы топлив вообще, позволяет улучшить их экологические характеристики. Большой политической поддержкой и законодательным сопровождением пользуется разработка новых технологий по производству и использованию биотоплива и в Украине [1, 2].

В мировой практике наметились основные технологии производства биотоплив, одна из них – переэтерификация растительных масел и животных жиров обеспечивает производство биологического топлива для дизелей, одного из самых распространенных типов двигателей внутреннего сгорания. В ЕС и США метиловые эфиры жирных кислот (FAME), рапсового масла (RME) и соевого масла (SOME) используются в качестве альтернативных дизельных топлив как в чистом виде, так и в качестве 5–35 % добавок к традиционному дизельному топливу уже несколько лет.

Производство биодизельных топлив в странах ЕС постоянно растет: только за период с 2004 по 2005 год оно увеличилось на 65 % [4]. К 2010 году использование биотоплив (биоэтанола, биодизельного топлива и биогаза) ожидалось на уровне 5,75 % от общего потребления топлив, ожидания 2020 года – 8 % [5]. Для сравнения, в Украине рост развития биоэнергетики в соответствии с Энергетической стратегией развития Украины должен обеспечить увеличение биологической составляющей в балансе топлив с 1,3 млн т в 2005 г. до 9,2 млн т в 2030 г. в пересчете на условное топливо [1]. В соответствии с законодательным сопровождением к 2014 году долю биотоплива в общем энергетическом балансе страны предусмотрено увеличить до 5–7 %, при этом за счет использования собственно биодизельного топлива снизить эмиссию углеводородов и твердых частиц на 50 %, оксидов углерода – на 40–50 %, оксидов азота – на 5–10 %, сажи – на 60 % [2].

### Цель и постановка задачи

О недостатках и преимуществах биодизельного топлива по отношению к традиционному можно говорить, сравнивая их физико-химические свойства, которые, в свою очередь, зависят от состава топливной смеси

(соотношения традиционного и биологического топлив) и исходного сырья. Сырьем для производства биодизельного топлива служат разные виды масел, разные спирты, которые, в конечном итоге, предопределяют и моторные свойства получаемого топлива.

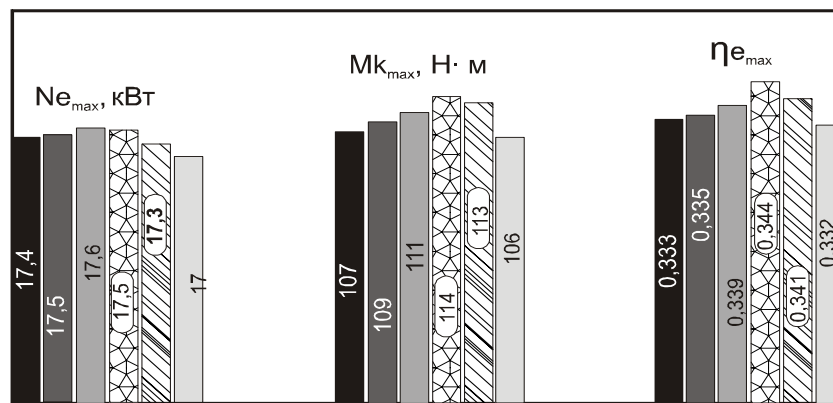
Ниже излагаются методика и результаты сравнительных стендовых испытаний дизельного двигателя 2Ч 10,5/12 (Д21) при работе на смесевом топливе с различным объёмным содержанием биологической составляющей, синтезированной по оригинальной технологии этанольной переэтерификации рапсового масла в Институте биоорганической химии и нефтехимии (ИБОНХ) НАН Украины, и традиционным нефтяным дизельным топливом (ДСТУ 3868–99).

Испытания проводились методом снятия регулировочных характеристик (для определения оптимального установочного угла опережения подачи топлива), нагрузочных характеристик при частоте вращения коленчатого вала  $n = 1200, 1400, 1600 \text{ мин}^{-1}$ , внешних скоростных характеристик (полная подача топлива) при частоте вращения коленчатого вала от минимально устойчивой до номинальной ( $n = 1600 \text{ мин}^{-1}$ ) с интервалом  $200 \text{ мин}^{-1}$  и характеристик холостого хода.

### Результаты и обсуждение проведенных экспериментальных исследований

Анализ полученных результатов (рис. 1 и 2) позволяет утверждать, что использование биодизельного топлива в смеси с дизельным топливом по ДСТУ 3868–99 практически не вызывает падения мощности. Некоторое снижение максимальной эффективной мощности дизеля наблюдается только с содержанием в смесевом топливе более 80 % биологической составляющей, а значение максимального крутящего момента увеличивается со смещением максимума в зону более низкой частоты вращения коленчатого вала. Кроме того, наблюдается увеличение максимального эффективного КПД, наибольший рост которого составляет 3 % при наличии в топливной смеси 60 % биотоплива.

Эмиссия вредных веществ в продуктах сгорания топлива, содержащего биологическую составляющую, тоже зависит от его состава. По данным [3, 5] в отработавших газах при сгорании чистого биодизельного топлива большинство вредных веществ.



содержание в смешевом топливе биологической составляющей:  
 ■ - 0 %; ■ - 20 %; ■ - 40 %; ▨ - 60%; ▩ - 80 %; □ - 100 %;

Рис. 1. Максимальные значения мощностных и экономических показателей дизеля для смешевых топлив различного состава

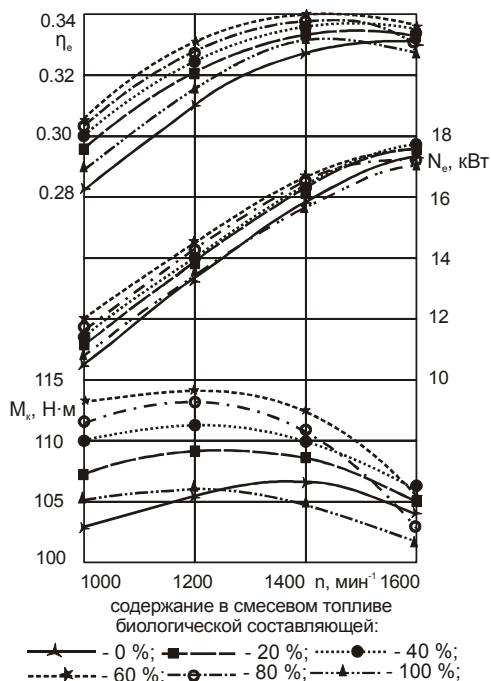


Рис. 2. Внешние скоростные характеристики двигателя

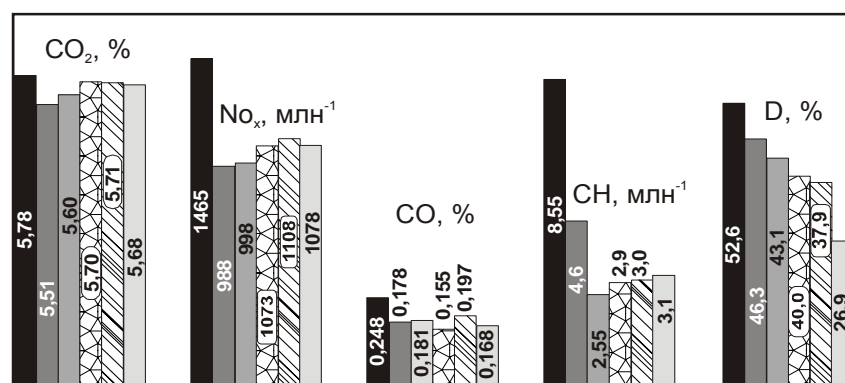
В сравнении с традиционным нефтяным дизельным топливом уменьшается: несгоревших углеводородов (СН) – на 56 %, твердых частиц – на 55 %, оксидов углерода (СО, СО<sub>2</sub>) – на 43 %. Содержание оксидов азота (NO<sub>x</sub>) увеличивается на 10 %, но этот показатель может быть минимизирован применением специальных добавок к топливу или использованием смеси биодизельного топлива и синтетического дизельного топлива «Fischer-Tropsch» в отношении 46/54 %. Уменьшается эмиссия СН в продуктах сгорания, но с учетом их выделений при промышленном производстве биодизельного

топлива общий показатель выбросов несгоревших углеводородов может увеличиваться на 35 %.

При испытании выше заявленного биодизельного топлива оценка токсичных компонент в отработавших газах производилась путем усреднения за цикл испытаний, включающий работу дизеля по внешним скоростным, нагрузочным и характеристикам холостого хода для каждого состава смешевых топлив. Результаты представлены на рис. 3.

Минимальные значения выбросов оксидов углерода (СО, СО<sub>2</sub>) отвечают топливной смеси с содержанием 20 % биологической составляющей, количество несгоревших углеводородов, которые несут в себе канцерогенные вещества, уменьшается примерно в 1,9 – 3,4 раза в зависимости от состава топливной смеси. В противовес некоторым сообщениям [3, 5] испытания заявленного биотоплива показали снижение содержания в отработавших газах оксидов азота (NO<sub>x</sub>) почти на 50 %. Очевидно, это можно объяснить низкой скоростью сгорания биотопливо-воздушной смеси, а также проводившейся оптимизацией угла опережения подачи топлива. Дымность (D) отработавших газов снижается по мере увеличения биосоставляющей в топливной смеси и достигает своего минимума при работе дизеля на чистом биотопливе.

Кроме того, эффективность любого вида топлива должна оцениваться по его полному «жизненному» циклу, т.е. с учетом существующей инфраструктуры, затрат на производство, на транспортировку и т.д.



содержание в смешанном топливе биологической составляющей:  
 ■ - 0 %; ■ - 20 %; ■ - 40 %; ▨ - 60%; ▩ - 80 %; □ - 100 %;

Рис. 3. Усредненные значения токсичных составляющих ОГ за цикл испытаний смешанного топлива различного состава

Это хорошо демонстрирует табл. 1 [6]. В свете этих данных эффект по эмиссии CO<sub>2</sub> от использования чистого биодизельного топлива, при равенстве результатов эксперимента (рис. 3), вырастает почти в два раза.

Таблица 1 Суммарная эмиссия CO<sub>2</sub> при производстве и применении различных видов топлива

Топливо	Эмиссия CO <sub>2</sub> , г/кВт
Бензин из нефти	327
Сжатый природный газ	224
Сжиженный природный газ	276
Этил-трет-бутиловый эфир	408/278*
Этанол	530/169*
Нефтяное дизельное топливо	308
Диметиловый эфир	318
Растительные масла	410/201*
Водород жидкий	627

Примечание: \* с учетом расходов CO<sub>2</sub> на фотосинтез.

Использование биодизельного топлива увеличивает нагарообразование в камере сгорания дизеля; оно агрессивнее к некоторым неметаллическим частям двигателя [5].

Нужно отметить, что пусковые качества дизеля на смешанных топливах при температуре воздуха в испытательном боксе 12 – 17 °C не уступают пусковым качествам дизеля на традиционном топливе.

### Выводы

Таким образом, первичная оценка моторных свойств испытываемого биодизельного топ-

лива дала удовлетворительные результаты. Более полная оценка эксплуатационных свойств этого топлива может быть получена в ходе длительных моторных стендовых и ходовых испытаний.

### Литература

1. Энергетична стратегія Енергозбереження України на період до 2030 р.: Розпорядження КМУ №145-р від 15 березня 2006 р. // Урядовий кур'єр. – 2007, 18 квітня.
2. Програма розвитку виробництва дизельного біопалива: Постанова КМУ № 1774 від 22 грудня 2006 р. // Офіційний вісник України. – 2006. – № 52.
3. Лысогор А.В. Биотопливное раздорожье / А.В. Лысогор, В.Г. Сердюк // Современная АЗС. – 2007. – №1. – С. 76–83.
4. Alternative fuels for transport // European Union information Website. – 2006. – Published 24 February. – Режим доступа: www.euractiv.com
5. Смирнова Т.Н. Биодизель – альтернативное топливо для дизелей / Т.Н. Смирнова, В.М. Подгаецкий // Двигатель. – 2007. – №1. – С. 32–38.
6. Данилов А.М. Альтернативные топлива: достоинства и недостатки. Проблемы применения / А.М. Данилов, Э.Ф. Каминский, В.А. Хавкин // Рос. Хим. Ж. – 2003. – Т. XLVII, №6. – С. 4–11.

Рецензент: Ф.И. Абрамчук, профессор, д.т.н., ХНАДУ.

Статья поступила в редакцию 20 июня 2011 г.