

## ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА БИОТОПЛИВ НА ОСНОВЕ ЭФИРОВ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ

**Е. А. Улюкина, В. Е. Коноплев, М. В. Тачаев**

*ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный  
университет – МСХА имени К. А. Тимирязева»  
(г. Москва, Российская Федерация)*

***Аннотация.** Проведены исследования эксплуатационных свойств биотоплив на основе эфиров растительных масел. Установлено, что фракционный состав исследованных эфиров отличается от дизельного топлива более высокой температурой начала перегонки и узким диапазоном фракционирования, эфиры имеют большую вязкость и плотность по сравнению с дизельным топливом, резинотехнические изделия не выдерживают контакта с эфирами. А продукты термоллиза рапсового масла отличаются высокой токсичностью.*

***Ключевые слова:** биотопливо; эфиры растительных масел; эксплуатационные свойства.*

## PERFORMANCE PROPERTIES OF BIOFUELS BASED ON ETHERS OF VEGETABLE OILS

**E. A. Ulyukina, V. E. Konoplev, M. V. Tachaev**

*Russian Timiryazev State Agrarian University  
(Moscow, Russian Federation)*

***Abstract:** Research has been carried out on the performance properties of biofuels based on vegetable oil esters. It was found that the fractional composition of the investigated esters differs from diesel fuel in a higher distillation start temperature and a narrow range of fractionation, esters have a higher viscosity and density in comparison with diesel fuel, rubber products do not withstand contact with ethers. And the thermolysis products of rapeseed oil are highly toxic.*

***Keywords:** biofuel; ethers of vegetable oils; operational properties.*

Ежегодно сельскохозяйственные предприятия России потребляют большое количество дизельного топлива и автомобильных бензинов, получаемых из нефти, которая относится к невоз-

обновляемым источникам энергии. Кроме того, цена на поставляемое сельскому хозяйству моторное топливо ежегодно растет, что влияет на себестоимость сельскохозяйственной продукции. Это приводит к поиску альтернативных видов моторного топлива. Использование в качестве моторного топлива продуктов из органического (растительного) сырья целесообразно с точки зрения возобновляемости сырьевых ресурсов.

Анализ перспектив использования возобновляемых источников энергии для производства моторных топлив для дизельных двигателей [1-4] свидетельствует о преимуществах растительных масел. Растительные масла могут применяться как самостоятельное топливо для дизелей, так и в смесях с дизельным топливом, а также перерабатываются в метиловый, этиловый или бутиловый эфиры, используемые как самостоятельное биотопливо или как смесевые топлива (в смеси с дизельным или другими альтернативными топливами). В качестве биотоплива могут использоваться разнообразные растительные масла: рапсовое, кукурузное, льняное, хлопковое, соевое, пальмовое, арахисовое, оливковое и т. д. Всего в мире насчитывается свыше 150 видов масленичных растений. В России наиболее распространенным растительным маслом является подсолнечное. Объем его производства превышает 80 % общего объема производства растительных масел. Возможность использования растительных масел и их эфиров в качестве моторного топлива определяется их физико-химическими и эксплуатационными свойствами: плотностью, вязкостью, теплотой сгорания, фракционным составом, взаимодействием с конструкционными материалами и т. п.

Все растительные масла являются горючими и могут применяться в качестве моторных топлив. Однако низкая испаряемость и высокая вязкость исключает их использование в бензиновых двигателях, но они могут применяться в качестве топлива для дизелей. Температура их самовоспламенения (280...320 °С) немного превышает температуру самовоспламенения дизельного топлива (230...300 °С), при этом цетановое число растительных масел сопоставимо с цетановым числом дизельного топлива (40...55) [1].

Проводились исследования эксплуатационных свойств смесевоего топлива на основе рапсового масла, метилового эфира

подсолнечного масла (МЭПМ) и метилового эфира рапсового масла (МЭРМ), фракционный состав двух исследованных эфиров очень близок, но отличается от дизельного топлива более высокой температурой начала перегонки и узким диапазоном фракционирования: дизельное топливо выкипает в пределах от 190 до 340 °С, а эфиры растительных масел имеют диапазон перегонки от 310 до 360 °С [5], поэтому эфиры имеют большую вязкость и плотность по сравнению с дизельным топливом. Указанные отличия физических свойств метиловых эфиров растительных масел от свойств дизельного топлива оказывают влияние на параметры топливоподачи и, следовательно, на показатели топливной экономичности и токсичности отработавших газов дизеля. В работе [6] проводились испытания работы дизеля на смеси дизельного топлива и метилового эфира подсолнечного масла различных концентраций, установлено, что экологические показатели улучшаются – уменьшаются выброс оксидов азота в отработавших газах на 3,9 %, монооксида углерода на 22 %, углеводородов на 19 %, снижается дымность, при этом отмечено, что несколько увеличился удельный расход топлива и снизился КПД дизеля.

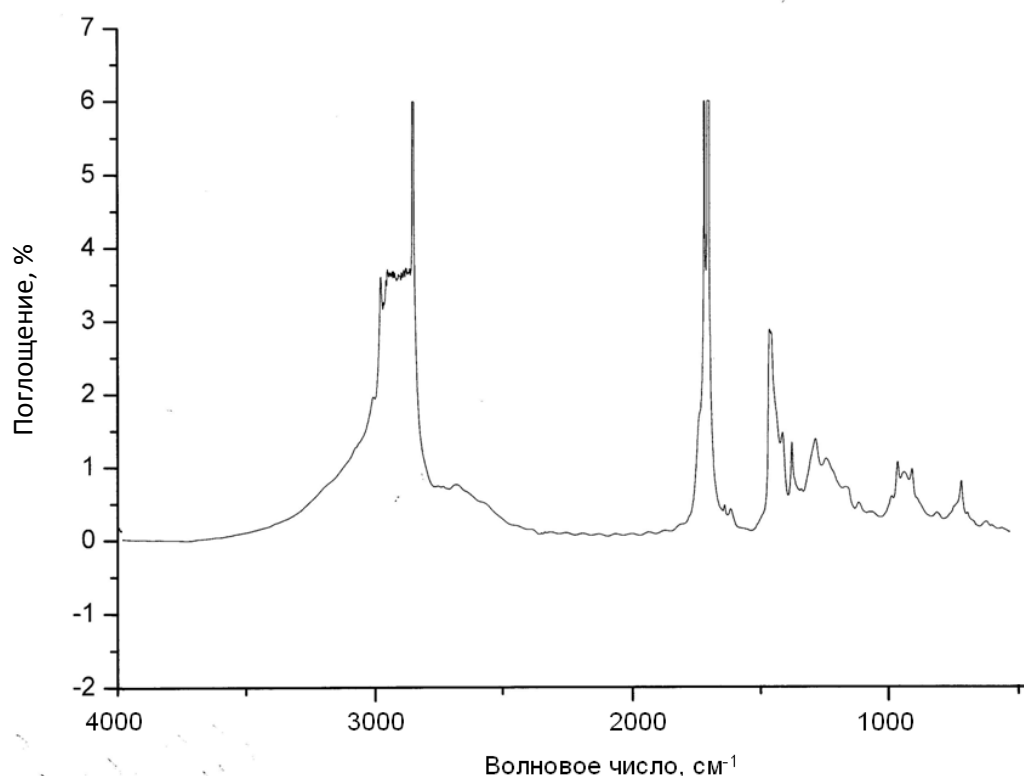
Были проведены опыты по перегонке рафинированного рапсового масла и его смесей с дизельным топливом (содержание рапсового масла 10 %, 20 % и 50 %). Перегонка осуществлялась в соответствии с ГОСТ 2177-99 «Метод определения фракционного состава дизельного топлива». Однако, этот метод не может быть применен к смесевым топливам на основе растительных масел.

При нагревании рапсового масла в колбе перегонного аппарата АФСА (анализатор фракционного состава автоматический) происходит необратимая химическая реакция, и в приемнике конденсируется подвижная ярко-зеленая жидкость с характерным резким, неприятным запахом, при этом выделяется едкий дым, раздражающий слизистую оболочку глаз и носоглотки. В перегонной колбе остается черный густой субстрат.

При перегонке смесей рапсового масла и дизельного топлива сначала наблюдалось выделение легких фракций дизельного топлива, но затем начиналось выделение едкого дыма и образование ярко-зеленой жидкости, причем для различных смесей этот процесс происходил на разных стадиях перегонки: для смеси с содержанием рапсового масла 10 % – при отгоне 86 %, для смеси с

содержанием 20 % рапсового масла – при отгоне 76 %, для смеси 50 % рапсового масла – после 46 % отгона при  $t = 315\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Для идентификации вещества использовался метод инфракрасной спектроскопии. На рисунке 1 представлен ИК-спектр продукта термоллиза рапсового масла (ярко-зеленой жидкости). На спектре отчетливо видно изменение формы полосы, характерной для углеводородов:  $2800\text{...}3000\text{ см}^{-1}$  и полосы в области  $1700\text{ см}^{-1}$ : появилась полоса  $1711\text{ см}^{-1}$ ; это полоса характерна для непредельных органических кислот (область  $1715\text{...}1609\text{ см}^{-1}$ ), интенсивная изумрудно-зеленая окраска этого вещества указывает на наличие сопряженных двойных связей.



**Рисунок 1 – Инфракрасный спектр продукта термоллиза рапсового масла**

Были проведены исследования взаимодействия конструкционных материалов с различными видами биотоплива, в том числе: рапсовым маслом, смесевым топливом на основе рапсового масла, МЭРМ, МЭПМ и смесевое топлива на основе МЭПМ (соотношение метилового эфира подсолнечного масла в дизель-

ном топливе 5 %, 10 %, 25 % и 50 %). Эта методика описана в работе [7].

Установлено, что смесевые биотоплива на основе растительных масел и эфиров (МЭРМ и МЭПМ) не оказывают существенного влияния на детали, изготовленные из конструкционной стали. В то же время резинотехнические изделия не выдерживают даже сравнительно кратковременного контакта с МЭРМ и МЭПМ. Предлагается резиновые прокладочные и уплотнительные детали оборудования, предназначенного для операций с эфирами, заменить на другой материал, например, на тетрафторэтилен (фторопласт). Этот материал обладает высокой химической стойкостью практически ко всем химически активным и агрессивным жидкостям, в том числе и к эфирам.

Развитие производства различных видов биотоплива имеет реальные перспективы, но следует учитывать особенности их эксплуатационных свойств, что требует замены некоторых материалов в топливном оборудовании.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Инновационное развитие альтернативной энергетики : науч. изд. Ч. 1. М. : ФГБНУ «Росинформагротех», 2010. 348 с.
2. Биотоплива для двигателей внутреннего сгорания / В. А. Марков, С. Н. Девянин, С. А. Зыков, С. М. Гайдар. М. : ООО НИЦ «Инженер», 2016. 292 с.
3. Нагорнов С. А., Зазуля А. Н., Мещерякова Ю. В. Тенденции развития технологий производства биодизельного топлива : науч. изд. М. : ФГБНУ «Росинформагротех», 2017. 172 с.
4. Улюкина Е. А. Перспективы применения биотоплива при эксплуатации сельскохозяйственной и мобильной техники // Известия Санкт-Петербургского государственного университета. 2019. № 4 (57). С. 183-193.
5. Улюкина Е. А. Особенности применения биотоплива в сельскохозяйственном производстве // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В. П. Горячкина. 2019. № 6 (94). С. 23-27.
6. Метилловый эфир подсолнечного масла как экологический компонент нефтяных моторных топлив/ В. А. Марков, С. Н. Девянин, Е. А. Улю-

кина, Н. Н. Пуляев // Транспорт на альтернативном топливе. 2015. № 4 (46). С. 29-41.

7. Взаимодействие различных видов биотоплива на основе рапсового масла с конструкционными материалами / Е. А. Улюкина, В. П. Коваленко, Н. Н. Пуляев, О. Н. Шайдурова, А. С. Буряков // Международный научный журнал. 2010. № 3. С. 88-91.

## REFERENCES

1. Innovatsionnoe razvitiie al'ternativnoi energetiki [Innovative development of alternative energy]. Part. 1. Moscow, Rosinformagrotekh, 2010, 348 p.

2. Markov V. A., Devianin S. N., Zыkov S. A., Gaidar S. M. Biotopliva dlia dvigatelei vnutrennego sgoraniia [Biofuels for internal combustion engines]. Moscow, NITs «Inzhener», 2016, 292 p.

3. Nagornov S. A., Zazulia A. N., Meshcheriakova Yu. V. Tendentsii razvitiia tekhnologii proizvodstva biodizel'nogo topliva [Trends in the development of technologies for the production of biodiesel fuel]. Moscow, Rosinformagrotekh, 2017, 172 p.

4. Uliukina E. A. Perspektivy primeneniia biotopliva pri ekspluatatsii sel'skokhoziaistvennoi i mobil'noi tekhniki [Prospects for the use of biofuel in the operation of agricultural and mobile equipment]. *Izvestiia Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2019, no. 4 (57), pp. 183-193.

5. Uliukina E. A. Osobennosti primeneniia biotopliva v sel'skokhoziaistvennom proizvodstve. [Features of the use of biofuel in agricultural production]. *Vestnik Federal'nogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniia vysshego professional'nogo obrazovaniia «Moskovskii gosudarstvennyi agroinzhenernyi universitet imeni V. P. Goriachkina*, 2019, no. 6 (94). pp. 23-27.

6. Markov V. A., Devianin S. N., Uliukina E. A., Pulyaev N. N. Metilovyi efir podsolnechnogo masla kak ekologicheskii komponent neftianykh motornykh topliv [Sunflower oil methyl ether as an ecological component of oil motor fuels]. *Transport na al'ternativnom toplive*, 2015, no. 4 (46), pp. 29-41.

7. Uliukina E. A., Kovalenko V. P., Pulyaev N. N., Shaidurova O. N., Buriakov A. S. Vzaimodeistvie razlichnykh vidov biotopliva na osnove rapsovogo masla s konstruktsionnymi materialami [Interaction of various types of biofuels based on rapeseed oil with structural materials]. *Mezhdunarodnyi nauchnyi zhurnal*, 2010, no. 3, pp. 88-91.

### **Об авторах:**

**Улюкина Елена Анатольевна**, профессор кафедры «Материаловедения и технологии машиностроения» ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева»

(127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), доктор технических наук, профессор, eulykina@rgau-msha.ru.

**Коноплев Виталий Евгеньевич**, доцент кафедры «Материаловедения и технологии машиностроения» ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), кандидат химических наук, доцент, konoplev@rgau-msha.ru.

**Тачаев Максим Владимирович**, доцент кафедры «Материаловедения и технологии машиностроения» ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), кандидат химических наук, доцент, m.tatchaev@rgau-msha.ru.

*About the authors:*

**Elena A. Uliukina**, professor of the Department of Materials Science and Engineering Technology, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), D.Sc. (Engineering), professor, eulykina@rgau-msha.ru.

**Vitalii E. Konoplev**, associate professor of the Department of Materials Science and Engineering Technology, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Cand.Sc. (Chemical), associate professor, konoplev@rgau-msha.ru.

**Maksim V. Tatchaev**, associate professor of the Department of Materials Science and Engineering Technology, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Cand.Sc. (Chemical), associate professor, m.tatchaev@rgau-msha.ru.