

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ БИОТОПЛИВА В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

УЛЮКИНА ЕЛЕНА АНАТОЛЬЕВНА, докт. техн. наук, доцент

E-mail: eulykina@rgau-msha.ru

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

Проведено исследование свойств биотоплив на основе метиловых эфиров растительных масел. С помощью автоматического анализатора определялся фракционный состав биотоплива. Содержание свободной воды в эфирах при оценке гигроскопичности определялось кулонометрическим титрованием по методу Фишера. Определялась совместимость указанных продуктов с различными конструкционными материалами. Установлено, что фракционный состав метиловых эфиров рапсового и подсолнечного масла существенно отличается от данных товарного дизельного топлива и характеризуется узким диапазоном фракционирования, что затрудняет использование эфиров в чистом виде вместо дизельного топлива, поэтому целесообразно использовать эти продукты в виде смесей с дизельным топливом. При контакте эфиров с резиновыми деталями топливной аппаратуры наблюдается набухание резины и разрушение некоторых деталей. Масса образцов резины, контактировавшей с эфирами растительных масел в течение 12 суток, увеличилась на 18...25%, а площадь поверхности – на 12...17%. Предлагается прокладочные и уплотнительные детали оборудования, предназначенного для операций с эфирами, заменить на тетрафторэтилен (фторопласт) и др. Установлено, что защитные покрытия из фенолалкидной эмали ФА-5278 не выдерживают контакта с эфирами. Поскольку эфиры растительных масел гигроскопичны, рекомендуется хранить их в закрытых ёмкостях, предотвращая контакт с влагой.

Ключевые слова: биотопливо, рапсовое и подсолнечное масло, метиловые эфиры подсолнечного и рапсового масла.

Формат цитирования: Улюкина Е.А. Особенности применения биотоплива в сельскохозяйственном производстве // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2019. № 6(94). С. 23-27. DOI: 10.34677/1728-7936-2019-6-23-27.

FEATURES OF BIOFUEL APPLICATION IN AGRICULTURAL PRODUCTION

YELENA A. ULYUKINA, DSc (Eng), Associate Professor

E-mail: eulykina@rgau-msha.ru

Russian Timiryazev State Agrarian University; 127550, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya Str., 49

The paper provides study results on the properties of biofuels based on methyl ethers of vegetable oils. Using an automatic analyzer, the author determined the fractional composition of biofuel. The content of free water in ethers when assessing hygroscopicity was determined by coulometric titration according to the Fisher method. The compatibility of these products with various structural materials was determined. It was found that the fractional composition of methyl ethers of rapeseed and sunflower oil differs significantly from the indicators of commercial diesel fuel and is characterized by a narrow range of fractionation. This makes it difficult to use pure ethers instead of diesel fuel, so it is advisable to use these products in the form of mixtures with diesel fuel. When ethers come into contact with rubber parts of fuel system equipment, rubber swelling and the destruction of some parts are observed. The mass of rubber samples contacting for 12 days with ethers of vegetable oils increased by 18...25%, and the surface area – by 12...17%. It is proposed that gasket and sealing parts of equipment designed for operation with ethers should be replaced with tetrafluoroethylene (fluoroplast), etc. It is established that protective coatings made of phenolalkide enamel ФА-5278 do not withstand contact with ethers. Since ethers of vegetable oils are hygroscopic, it is recommended that they should be stored in closed containers to prevent their contact with moisture.

Key words: biofuel, rapeseed and sunflower oil, methyl ethers of sunflower and rapeseed oil.

For citation: Ulyukina Ye.A. Features of biofuel application in agricultural production. *Vestnik of Moscow Goryachkin Agroengineering University*. 2019; 6(94): 23-27. DOI: 10.34677/1728-7936-2019-6-23-27 (In Rus.).

Введение. Сокращение запасов нефти и рост цен на нефтепродукты приводит к поиску альтернативных видов топлива. Среди альтернативных топлив первое место в мире по потреблению на транспорте занимают сжиженные

нефтяные газы, а также топлива, получаемые из газового сырья, угля и сланцев [1]. Перспективным направлением является получение топлив из возобновляемых ресурсов, т.е. веществ растительного и животного происхождения, продуктов их жизнедеятельности и органических отходов.

Биотопливо первого поколения (биоэтанол, биометанол, биодизельное топливо) производится из пищевого или кормового сырья: сахаросодержащих (сахарный тростник, сахарная свекла), крахмалосодержащих (кукуруза, зерновые) и масличных культур (подсолнечник, рапс, соя) [2, 3]. К биотопливу второго поколения, которое производится из непищевого сырья, относятся биоэтанол, биодизельное топливо, биобутанол, синтетическое жидкое топливо и др. Жидкое биотопливо второго поколения производится из лигноцеллюлозной биомассы (лес, древесные отходы при заготовке и переработке, растительные остатки), а также микроводоросли [4].

Анализ перспектив использования возобновляемых источников энергии для производства моторных топлив для дизельных двигателей свидетельствует о преимуществах растительных масел. В настоящее время наибольшую долю в мировом производстве растительных масел имеет: соевое масло (25%), пальмовое (23%), рапсовое (15%), остальные масла (подсолнечное, арахисовое, хлопковое, кокосовое, кукурузное и др.) – менее 10% каждое [3].

В России объём производства подсолнечного масла превышает 80% общего объёма производства растительных масел. Это масло интересно и потому, что биодизельное топливо может быть произведено из отработанного фритюрного подсолнечного масла, широко применяемого в пищевой промышленности. Также в России для приготовления биотоплива можно использовать рапс, хлопчатник, лён, кориандр, горчицу, рыжик яровой (посевной), кунжут, сафлор красильный, арахис, клещевину обыкновенную (кастор), ятрофу, пальмовое и кокосовое масла и др. [4].

Возможность использования в дизельных двигателях биодизельных топлив, получаемых из растительных масел, подтверждается различными исследованиями [4, 5].

Растительные масла могут применяться как самостоятельное топливо для дизелей в смесях с дизельным топливом, так и перерабатываться в метиловый, этиловый или бутиловый эфиры, использующиеся как самостоятельное биотопливо или как смесевые топлива (в смеси с дизельным или другими альтернативными топливами) [6, 7].

Применение смесевое биотоплива является экономически выгодным, поскольку его изготовление может осуществляться непосредственно на сельскохозяйственных предприятиях.

Цель исследований – анализ эксплуатационных свойств биотоплива на основе метиловых эфиров растительных масел.

Материал и методы. Проведены исследования эксплуатационных свойств биотоплив: метиловых эфиров рапсового и подсолнечного масла и смеси с дизельным топливом. Фракционный состав определялся с помощью аппарата АФСА (анализатор фракционного состава автоматический). Содержание свободной воды в метиловом эфире рапсового масла при оценке гигроскопичности этого продукта определялось кулонометрическим титрованием по методу Фишера. Совместимость указанных продуктов с различными конструкционными материалами проводилась по методике, описанной в работе [9].

Результаты исследования. Основным показателем качества, характеризующим испаряемость топлива, является фракционный состав. Для дизельного топлива (ДТ) нормируют температуру начала перегонки и 10% отгона. Для топлив с улучшенными экологическими характеристиками нормируют температуру выкипания 96% или конца кипения. Испаряемость дизельного топлива оптимизируют двумя точками фракционного состава: 50 и 96% выкипания. При этом для товарного дизельного топлива (по ГОСТ Р 52368-2005) фракционный состав изменяется в диапазонах: начало кипения 180...200°C; 50% – 256...280°C; 96% – до 360°C.

Результаты исследования фракционного состава метилового эфира рапсового масла (МЭРМ) и метилового эфира подсолнечного масла (МЭПМ) представлены в таблице 1.

Из полученных данных видно, что фракционные составы метиловых эфиров рапсового и подсолнечного масла существенно отличаются от данных товарного дизельного топлива и характеризуются узким диапазоном фракционирования, что затрудняет их использование в чистом виде вместо дизельного топлива. Поэтому следует рассматривать эти продукты в качестве добавок к товарному дизельному, как это определено в ГОСТ Р 52368-2005.

Для проведения испытаний на совместимость метиловых эфиров рапсового и подсолнечного масла с различными конструкционными материалами были подготовлены образцы деталей топливной системы трактора МТЗ 80/82: поливинилхлоридный топливопровод, резиновый топливопровод, резиновое уплотнительное кольцо топливоподкачивающего насоса, резиновая прокладка, картонная обечайка и картонный фильтрующий элемент топливного фильтра тонкой очистки.

В результате испытаний установлено, что детали топливной системы – обечайка и фильтрующий элемент топливного фильтра, изготовленные из картона, а также топливопровод из поливинилхлорида не претерпели изменений после достаточно продолжительного (в течение одного месяца) контакта с метиловым эфиром рапсового масла. В то же время детали топливной системы, изготовленные из резины, под воздействием метиловых эфиров рапсового и подсолнечного масла изменили свои габаритные размеры вследствие набухания и частично разрушились. У аналогичных образцов при контактировании в тех же условиях с дизельным топливом изменений внешнего вида и габаритных размеров не обнаружено.

Исследовалась совместимость биотоплива и нитрильной резины марки НО68-2, используемой в топливозаправочном оборудовании. При проведении испытаний образцы резины помещались в сосуды с топливом при температуре 50°C. Результаты проведённых испытаний представлены в таблицах 2, 3.

Из приведённых данных следует, что масса и линейные размеры образцов резины при взаимодействии с дизельным топливом изменились незначительно. В то же время образцы, контактировавшие с эфирами рапсового и подсолнечного масла, значительно изменились в результате набухания резины. Так при взаимодействии с МЭРМ наблюдается увеличение массы образца резины НО68-2 после 144 часов контакта на 13,2%, а после 288 ч – на 18,4%, площадь образца увеличивается на 12,8%. Аналогичные результаты получены для МЭПМ: после 288 ч испытаний масса образца увеличилась на 25%, а площадь – на 17,2%.

Фракционный состав метиловых эфиров подсолнечного и рапсового масла

Table 1

Fractional composition of methyl esters of sunflower and rapeseed oil

% отгона % distillate	Перегоняется при температуре не выше, °C Distilled at a temperature not exceeding, °C		
	ДТ Diesel fuel (DF)	МЭПМ Sunflower oil methyl ester (SOME)	МЭРМ Rapeseed oil methyl ester (ROME)
Начало кипения Start of boiling	193	325	310
10%	218	330	320
20%	232	332	329
30%	245	333	332
40%	258	334	333
50%	275	335	334
60%	287	336	335
70%	297	338	337
80%	309	341	339
90%	336	343	344
96%	360	350	348

Таблица 2

Изменение массы резины НО68-2 при взаимодействии с различными видами топлива

Table 2

Change of mass of rubber HO68-2 when interacting with various types of fuel

Среда Environment	Продолжительность контакта, ч Contact duration, h			
	0	144	216	288
	Масса образцов после контакта, г Mass of samples after contact, g			
ДТ / DF	2,9455	2,9734	2,9725	2,9674
МЭРМ / ROME	2,8680	3,2483	3,3394	3,3964
МЭПМ / SOME	2,8386	3,2947	3,4320	3,5520
МЭРМ (5%) + ДТ SOME (5%) + DF	3,0116	3,0760	3,0858	3,0979

Таблица 3

Изменение линейных размеров резины НО68-2 при взаимодействии с различными видами топлива

Table 3

Change in linear dimensions of rubber HO68-2 when interacting with various types of fuel

Среда Environment	Продолжительность контакта, ч Contact duration, h	
	0	288
	Размеры образца (длина × ширина), мм Sample dimensions (length × width), mm	
ДТ / DF	49,6×24,7	50,0×24,8
МЭРМ / ROME	49,9×24,7	53,9×25,8
МЭПМ / SOME	49,6×24,3	54,3×26,0
МЭРМ (5%) + ДТ SOME (5%) + DF	50,0×25,2	50,6×26,6

Проводились исследования стабильности смесей дизельного топлива и метиловых эфиров растительных масел [8, 9]. Установлено, что при длительном хранении происходит расслаивание смесевое биотоплива, особенно этот процесс ускоряется на свету. Таким образом срок хранения смесевых биотоплив не должен превышать 6 мес.

Для оценки защитных свойств антикоррозионных покрытий технологического оборудования использовались металлические пластины из Ст. 10 ГОСТ 1050-88 с нанесенным на них покрытием из топливостойкой фенолалкидной эмали ФА-5278. В соответствии с методикой [9], каждый цикл испытаний был продолжительностью 2 суток и включал два этапа: выдерживание образца при температуре

$t = 60 \pm 2^\circ\text{C}$ в течение 8 ч и постепенное охлаждение до комнатной температуры в течение 16 ч, далее охлаждение до $t = -20^\circ\text{C}$; затем образцы выдерживались при температуре $t = -20 \pm 2^\circ\text{C}$ в течение 8 ч, после чего нагревались до комнатной температуры в течение 16 ч. Периодически производился осмотр состояния защитных покрытий.

Испытания показали, что у образцов, помещённых в дизельное топливо, даже после шести циклов испытаний внешний вид защитного покрытия не изменяется (рис. 1б). В случае контакта с МЭПМ и МЭРМ наблюдалось набухание и вспучивание защитного покрытия практически по всей поверхности образца (рис. 1 в и 1 г), т.е. это покрытие не выдерживает контакта с эфирами.

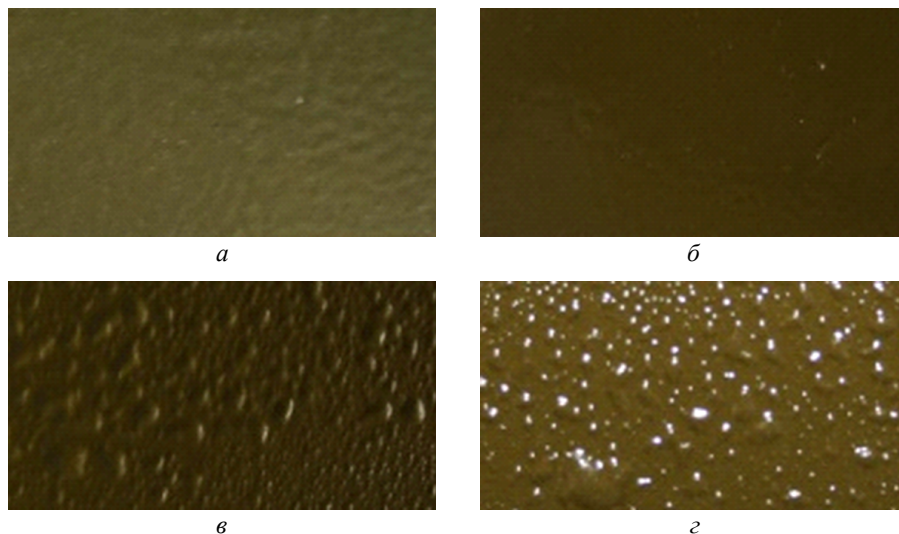


Рис. 1. Воздействие различных видов биотоплива на покрытие из фенолалкидной эмали ФА – 5278:
 а – образец до испытаний; б – после 6-ти циклов испытаний в дизельном топливе;
 в – после 3-х циклов испытаний в МЭРМ; г – после 9-ти циклов испытаний в МЭПМ

Fig. 1. Impact of various biofuel types on the coating of phenolalkid enamel ФА-5278:
 a – a sample before testing; b – after 6 test cycles in diesel fuel; in – after 3 cycles of tests in RME; g – after 9 test cycles in SME

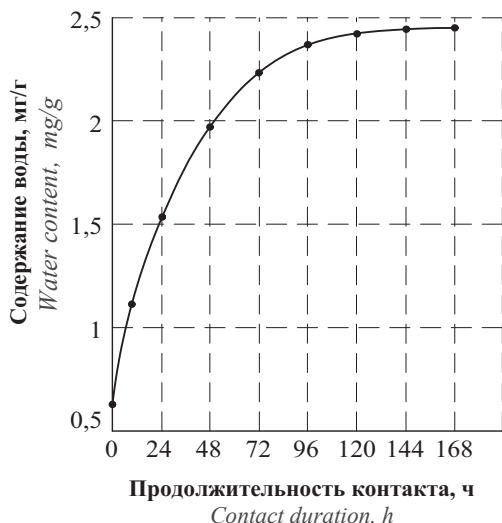


Рис. 2. Зависимость содержания воды в метиловом эфире рапсового масла от продолжительности контакта с влажностью при температуре 25°C

Fig. 2. Relationship between water content in rapeseed oil methyl ether and the duration of its contact with moisture at a temperature of 25°C

Поскольку эфирам свойственна повышенная гигроскопичность, это может отразиться на эксплуатационных свойствах биотоплива на основе эфиров растительных масел. В ходе эксперимента определялась скорость насыщения влажностью метилового эфира рапсового масла, т.е. минимально необходимый промежуток времени, за который достигается равновесное состояние системы «эфир – растворенная вода – насыщенный водяной пар» при постоянстве температуры, относительной влажности воздуха и поверхности соприкосновения продукта с воздухом. Эксперимент проводился при 25°C, через каждые 24 ч отбирались пробы эфира и определялось содержание воды кулонометрическим титрованием, продолжительность испытаний составила 168 ч.

Установлено, что за первые 96 ч эксперимента происходит интенсивное насыщение метилового эфира рапсового масла влажностью, а через 140 ч этот процесс практически прекращается. На рисунке 2 представлена зависимость содержания влаги в метиловом эфире рапсового масла от продолжительности эксперимента.

Выводы

Фракционный состав метиловых эфиров рапсового и подсолнечного масла существенно отличается от данных

товарного дизельного топлива, поэтому целесообразно использовать эти продукты в виде смесей с дизельным топливом.

Метилловые эфиры растительных масел весьма гигроскопичны, следует хранить их в закрытых ёмкостях, предотвращая их контакт с влагой.

Защитные покрытия из топливостойкой фенолалкидной эмали ФА-5278 не выдерживают контакта с эфирами.

Метилловые эфиры растительных масел не оказывают существенного влияния на детали, изготовленные из конструкционной стали, а резинотехнические изделия не выдерживают даже сравнительно кратковременного контакта с эфирами. Прокладочные и уплотнительные детали оборудования, предназначенного для операций с эфирами, можно заменить другими материалами, например, тетрафторэтиленом (фторопластом) и т.п.

Библиографический список

1. Марков В.А. Топлива и топливоподача многоцилиндровых и газодизельных двигателей / В.А. Марков, С.И. Козлов. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. 296 с.
2. Федоренко В.Ф. Инновационное развитие альтернативной энергетики: науч. изд. Ч. 1 / В.Ф. Федоренко, Н.Т. Сорокин, Д.С. Буклагин [и др.]. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2010. 348 с.
3. Федоренко В.Ф. Инновационные технологии производства биотоплива второго поколения / В.Ф. Федоренко, Д.С. Буклагин, С.А. Нагорнов, А.Н. Зазуля, И.Г. Голубев [и др.]. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. 68 с.
4. Нагорнов С.А. Тенденции развития технологий производства биодизельного топлива: науч. изд. / С.А. Нагорнов, А.Н. Зазуля, Ю.В. Мещерякова. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2017. 172 с.
5. Марков В.А., Девянин С.Н., Нагорнов С.А. Применение смесевых биотоплив на основе метиловых эфиров растительных масел в транспортных дизелях // Известия Волгоградского гос. техн. ун-та. 2012. Т. 12. № 4. С. 9-14.
6. Марков В.А. Использование растительных масел и топлив на их основе в дизельных двигателях / В.А. Марков, С.Н. Девянин, В.Г. Семёнов, А.В. Шахов, В.В. Багров. М.: ОООИЦ «Инженер», ООО «Онико-М». 2011. 536 с.
7. Улюкина Е.А., Нагорнов С.А., Романцова С.В. Свойства биотоплив растительного происхождения // Наука в центральной России. 2014. № 2(8). С. 62-69.
8. Марков В.А., Девянин С.Н., Улюкина Е.А., Пуляев Н.Н. Метилловый эфир подсолнечного масла как экологический компонент нефтяных моторных топлив // Транспорт на альтернативном топливе. 2015. № 4(46). С. 29-41.
9. Улюкина Е.А. Улучшение эксплуатационных свойств современных и перспективных моторных топлив для

сельскохозяйственной техники: дисс. ... докт. тех. наук. М., 2012. 346 с.

References

1. Markov V.A. Topлива i toplivopodacha mnogotoplivnykh i gazodizel'nykh dvigateley [Fuel and fuel supply of multi-fuel and gas-diesel engines] / V.A. Markov, S.I. Kozlov. Moscow, Izd-vo MGTU im. N.E. Baumana, 2000: 296. (In Russian)
2. Fedorenko V.F. Innovatsionnoye razvitiye al'ternativnoy energetiki: nauch. izd. Ch. 1 [Innovative development of alternative energy: scientific. ed. Part 1] / V.F. Fedorenko, N.T. Sorokin, D.S. Buklagin [et al.]. Moscow, FGNU «Rosinformaagrotekh», 2010: 348. (In Russian)
3. Fedorenko V.F. Innovatsionnyye tekhnologii proizvodstva biotopliva vtorogo pokoleniya [Innovative technologies for the production of second generation biofuels] / V.F. Fedorenko, D.S. Buklagin, S.A. Nagornov, A.N. Zazulya, I.G. Golubev [et al.]. Moscow, FGNU «Rosinformaagrotekh», 2009: 68. (In Russian)
4. Nagornov S.A. Tendentsii razvitiya tekhnologii proizvodstva biodizel'nogo topliva: scientific edition. nauch. izd. [Development trends of biodiesel production technologies: scientific. ed.] / S.A. Nagornov, A.N. Zazulya, Yu.V. Meshcheryakova. Moscow, FGBNU «Rosinformaagrotekh», 2017: 172. (In Russian)
5. Markov V.A., Devyanin S.N., Nagornov S.A. Primeneniye smesevykh biotopliv na osnove metilovykh efirov rastitel'nykh masel v transportnykh dizelyakh [Use of mixed biofuels based on methyl ethers of vegetable oils in diesel engines]. *Izvestiya Volgogradskogo gos. tekhn. un-ta*. 2012; 12; 4: 9-14. (In Russian)
6. Markov V.A. Ispol'zovaniye rastitel'nykh masel i topliv na ikh osnove v dizel'nykh dvigatelyakh [Use of vegetable oils and fuels on their basis in diesel engines] / V.A. Markov, S.N. Devyanin, V.G. Semonov, A.V. Shakhov, V.V. Bagrov. Moscow, OONITS «Inzhener», ООО «Oniko-M». 2011: 536. (In Russian)
7. Ulyukina Ye.A., Nagornov S.A., Romantsova S.V. Svoystva biotopliv rastitel'nogo proiskhozhdeniya [Properties of biofuels of plant origin]. *Nauka v tseentral'noy Rossii*. 2014; 2(8): 62-69. (In Russian)
8. Markov V.A., Devyanin S.N., Ulyukina Ye.A., Pulyayev N.N. Metilovyy efir podsolnechnogo masla kak ekologicheskiy komponent neftyanykh motornykh topliv [Methyl ether of sunflower oil as an environmental component of petroleum motor fuels]. *Transport na al'ternativnom toplive*. 2015; 4(46): 29-41. (In Russian)
9. Ulyukina Ye.A. Uluchsheniye ekspluatatsionnykh svoystv sovremennykh i perspektivnykh motornykh topliv dlya sel'skokhozyaystvennoy tekhniki: diss. ... dokt. tekhn. nauk [Improving the operational properties of modern and promising motor fuels for agricultural machinery: DSc (Eng) thesis]. Moscow, 2012: 346. (In Russian)

Contribution

Ulyukina Ye.A. performed theoretical studies, and based on them conducted an experiment. Ulyukina Ye.A. has equal author's rights and bearequal responsibility for plagiarism.

Conflict of interests

The author declares no conflict of interests regarding the publication of this paper.

The paper was received on October 10, 2019

Published 20.12.2019

Критерии авторства

Улюкина Е.А. выполнила теоретические исследования, на их основании провела эксперимент. Улюкина Е.А. имеет на статью авторские права и несет ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила 22.10.2019

Опубликована 20.12.2019