

**Шекихачев Ю.А., Батыров В.И., Шекихачева Л.З.  
Shekikhachev Y.A., Batyrov V.I., Shekikhacheva L.Z.**

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОТОПЛИВА В КАЧЕСТВЕ  
АЛЬТЕРНАТИВНОГО ИСТОЧНИКА ЭНЕРГИИ В СЕЛЬСКОМ  
ХОЗЯЙСТВЕ  
USE OF BIOFUEL AS THE ALTERNATIVE ENERGY SOURCE IN  
AGRICULTURE**

В современных условиях топливно-энергетического кризиса, ограниченности ресурсов ископаемого топлива актуальность приобретает поиск альтернативных источников энергии с учетом их физико-химических свойств.

К физическим свойствам топлива, оказывающим влияние на динамику топливной струи и мелкость распыливания при прочих равных условиях, относятся вязкость, поверхностное натяжение и плотность. При повышении вязкости возрастает дальнобойность топливной струи, что уменьшает долю объемного смесеобразования и приводит к попаданию на стенки камеры сгорания большего количества топлива. С понижением вязкости топлива средний диаметр капель топлива уменьшается и становится более однородным распыл. Однако при этом угол рассеивания топливной струи увеличивается, а дальнобойность уменьшается. Чем выше поверхностное натяжение, тем более устойчива капля к воздействию внешних сил и тем больше ее размеры. Чем меньше поверхностное натяжение, тем тоньше и однороднее распыливание топлива, что способствует ускорению процессов смесеобразования и сгорания.

Среди альтернативных источников энергии наибольший интерес представляют возобновляемые, а среди них – получаемые из растительной биомассы (топливный спирт, растительные масла). Топливный спирт и растительные масла можно использовать для частичной или полной замены традиционного моторного топлива (бензина и дизельного топлива). Особенный интерес представляет получение биотоплива на основе рапсового масла (РМ) и спирта (этанол и метанол), что позволяет полностью исключить потребности в топливе нефтяного происхождения.

Весьма важно и то обстоятельство, что при применении биотоплива в качестве моторного топлива, наряду с экономией нефтяного топлива удается улучшить экологические качества двигателей.

Калорийность растительных масел в расчете на килограмм массы составляет 37...40 МДж, в то время как наиболее типичный диапазон для дизельного топлива 42...46 МДж. Несмотря на незначительную разницу в калорийности, плотность растительных масел (0,91...0,94 кг/л) выше, чем у дизельного топлива (0,82...0,86 кг/л).

Растительные масла характеризуются более высокой (в 7,5...10 раз) кинематической вязкостью, из-за чего они хуже распыляются. Цетановое число растительных масел в среднем на 16 % ниже, чем у дизельного топлива (ДТ).

In modern conditions of fuel and energy crisis, limitation of resources of fossil fuels acquires search of alternative energy sources taking into account their physical and chemical properties.

The viscosity, superficial tension and firmness belong to the physical properties of fuel having impact on dynamics of fuel stream and fineness of spraying with other things being equal. At increase in viscosity the range of fuel stream increases that reduces share of volume formation of mix and leads to hit on walls of combustion chamber of bigger fuel quantity. With kickdown of viscosity of fuel the average diameter of drops of fuel decreases and becomes more uniform spray. However at the same time the angle of dispersion of fuel stream increases, and range decreases. The

superficial tension is higher, especially the drop is steady against influence of external forces and the more its sizes. The less superficial tension is, the thinner and more uniform spraying fuels are, that promotes speedup of processes of formation of mix and combustion.

Among alternative energy sources the greatest interest is of renewable, and among them – received from vegetable biomass (fuel alcohols, vegetable oils). Fuel alcohols and vegetable oils can be used for partial or full replacement of traditional motor fuels (gasoline and diesel fuel). Receiving biofuel on the basis of the rape oil (RO) and alcohols (ethanol and methanol) is of special interest that allows to exclude completely the needs for fuel of oil origin.

The important point is that while using biofuel as motor fuel, along with economy of oil fuels it is possible to improve ecological qualities of engines.

Caloric content of vegetable oils per kilogram of weight is 37 ... 40 MDzh while the most typical range for diesel fuel 42 ... 46 MDzh. Despite insignificant difference in caloric contents, firmness of vegetable oils (0.91 ... 0.94 kg/l) is higher, than at diesel fuel (0.82 ... 0.86 kg/l).

Vegetable oils are characterized by higher (in 7.5 ... 10 times) kinematic viscosity because of what they are worse sprayed. The cetane number of vegetable oils are on average 16% lower, than at the diesel fuel (DF).

**Ключевые слова:** энергия, бензин, дизельное топливо, биотопливо, свойства, растительное масло.

**Key words:** energy, gasoline, diesel fuel, biofuel, properties, vegetable oil.

**Шекихачев Юрий Ахметханович** – доктор технических наук, профессор кафедры технической механики и физики, ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ, г. Нальчик

Тел.: 8 928 077 33 77

E-mail: shek-fmep@mail.ru

**Батыров Владимир Исмелович** – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой технологии обслуживания и ремонта машин в АПК, ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ, г. Нальчик

**Шекихачева Людмила Зачиевна** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры землеустройства и кадастров, ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ, Нальчик

**Shekikhachev Yury Akhmetkhanovich** – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Technical Mechanics and Physics, FSBEI HE Kabardino-Balkarian SAU, Nalchik

Тел.: 8 928 077 33 77

E-mail: shek-fmep@mail.ru

**Batyrov Vladimir Ismelovich** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Machine Maintenance and Repair Technology in Agro-Industrial Complex, FSBEI HE Kabardino-Balkarian SAU, Nalchik

**Shekikhacheva Lyudmila Zakievna** – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Land Management and Cadastres, FSBEI HE Kabardino-Balkarian SAU, Nalchik

**Введение.** Энергетический кризис, носящий глобальный характер, заставляет вести поиск новых, энергетически оправданных технических и технологических решений в области агропромышленного производства. Одной из основополагающих тенденций мирового развития является постепенное превращение сельского хозяйства из крупного потребителя топливных ресурсов в эффективного их производителя [1, 2].

По совокупности физико-химических и экономических показателей в качестве основы для производства биотоплива можно рекомендовать РМ [3-6].

К настоящему времени можно указать три направления, по которым проводятся исследования по созданию и применению биотоплива на основе РМ:

- исследование возможности использования РМ в чистом виде или в смеси с ДТ (РМ+ДТ);

- разработка биотоплива на базе РМ с добавками этилового (ЭС) или метилового (МС) спирта [РМ+ЭС; РМ+МС];

- создание биотоплива путем переработки РМ в сложные этил- и метилэфиры (РЭЭ, РМЭ).

**Методы проведения исследований.** Физико-химические свойства топлива, применяемого в двигателе, в значительной мере определяют его энергетические, экономические и экологические показатели. Поэтому окончательное суждение по применению биотоплива в качестве альтернативы традиционному ДТ должно приниматься по результатам стендовых моторных и эксплуатационных испытаний. Для этого был модернизирован испытательный стенд КИ-2139А с двигателем Д-240М (4 ч 11/12,5), оборудованный специальным измерительным комплексом, позволяющим фиксировать режимные показатели и экологические характеристики дизельного двигателя при его работе на различных видах топлива и их двухкомпонентных смесях. Были проведены исследования с целью определения эффективности применения на дизеле с камерой типа ЦНИДИ в качестве топлива рапсового масла рафинированного и его двухкомпонентных смесей с традиционным нефтяным топливом – дизельным (50% РМ + 50% ДТ; 75% РМ + 25% ДТ).

В связи с этим, для проведения моторных испытаний дизеля Д-240 при работе на различных видах биотоплива серийная система топливоподачи была изменена. Штатная топливная система дизеля дооборудовалась топливопроводами увеличенного диаметра, пятиструйными распылителями, двумя подогревателями топлива, двумя переключателями, позволяющими

автоматически, в зависимости от температуры биотоплива, производить перепуск топлива по той или иной схеме.

**Результаты исследования и их обсуждение.** С целью выбора наиболее перспективного и дешевого энергоносителя в качестве основы для получения биотоплива нами исследованы наиболее важные характеристики различных растительных масел и товарного дизельного топлива (таблица 1).

Таблица 1 – Физико-химические свойства растительных масел и дизельного топлива.

Параметры	Масло			Дизельное топливо
	рапсовое	соевое	хлопковое	
Низшая теплота сгорания, кДж/кг	37500	36400	35400	42500
Плотность топлива, кг/м <sup>3</sup>	916	920	920	860
Кинематическая вязкость при 20 <sup>0</sup> С, мм <sup>2</sup> /с	71,7	57	72	6
Цетановое число	32...36	36...39	35...38	45
Йодное число	97	130	105	6
Кислотность, мг КОН/г	0,04	0,07	0,09	0,06
Поверхностное натяжение, при 20 <sup>0</sup> С, Н/м	33,2·10 <sup>-3</sup>	35,8·10 <sup>-3</sup>	35,5·10 <sup>-3</sup>	27·10 <sup>-3</sup>
Температура, <sup>0</sup> С:				
помутнения	-9	-4	-1	≤ 0
застывания	-18	-9	-3	-10
плавления		-15	+ (5...11)	≤ 0
фильтруемости	+ 15	+4	+14	≤ 0

Данные таблицы 1 позволяют рекомендовать РМ в качестве основы для производства биотоплива. У РМ наиболее близкие к дизельному топливу физико-химические свойства.

Исследованы технико-экономические, энергетические и экологические аспекты производства и применения биомоторного топлива. Созданы и испытаны образцы биотопливных композиций на основе РМ, ДТ и спирта (этилового – э.с., метилового – м.с.) (таблица 2). Проведены моторные и безмоторные исследования биотопливных композиций, изучены особенности

протекания рабочего цикла биодизеля и возможности адаптации дизельного двигателя к работе на биотопливе.

Таблица 2 – Физико-химические показатели основного и смесового топлива

Топливо	Элементарный состав топлива				Низшая теплота сгорания кДж/кг	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Цетановое число	Кинематическая вязкость при 20 °С, мм <sup>2</sup> /с	Стехиометрический коэффициент, кг/кг
	С	Н	О	S					
Дизельное топливо (ДТ)	0,870	0,126	0,004	0,002	42500	860	45	6	14,35
Рапсовое масло (РМ)	0,780	0,120	0,100	0,000	37500	916	36	71,7	12,58
Метиловые эфиры рапсового масла (МЭРМ)	0,770	0,110	0,110	0,006	37100	877	48	8,0	12,77
Этанол (ЭС)	0,522	0,130	0,370	0,000	26500	790	9	2,0	8,55
Метанол (МС)	0,375	0,125	0,500	0,000	19665	795	5	0,55	6,52
<b>БИОТОПЛИВНЫЕ КОМПОЗИЦИИ</b>									
50% РМ + 50%ДТ	0,825	0,113	0,062	0,000	39900	880	40	39,8	13,20
75% РМ + 25%ДТ	0,802	0,106	0,091	0,000	38600	900	38	38,2	12,56
90% РМ + 10%ЭС	0,754	0,103	0,145	0,000	36356	902	33	39,5	11,65
70% РМ + 30%ЭС	0,700	0,110	0,194	0,000	34383	890	27	27,2	10,97
90%РМ + 10%МС	0,820	0,126	0,054	0,0018	40216	835	41	5,4	13,56

**Область применения результатов.** Результаты исследования могут быть использованы сельскохозяйственными и ремонтно-обслуживающими предприятиями.

**Выводы.** 1. Усовершенствованная топливная система трактора МТЗ-80Л в процессе моторных исследований обеспечивала надежную, бесперебойную подачу РМ, подогретого до 80°С.

2. Сравнительный анализ физико-химических и стоимостных показателей различных биотопливных композиций позволяет рекомендовать в качестве

перспективного биотоплива смесь РМ и ЭС. Добавки спирта могут быть рекомендованы в количестве до 30% по объему. Дальнейшее увеличение добавки спирта снижает эффект уменьшения содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля и увеличивает продолжительность сгорания.

1. При работе на биотопливе дизель сохраняет свои функциональные свойства. Мощность и экономичность дизеля при этом уменьшаются пропорционально уменьшению энергоемкости и цикловой подачи топлива. Для восстановления энергетических и экономических показателей необходимо увеличить цикловую подачу и угол опережения впрыска топлива.

2. При использовании РМ наблюдается повышенное отложение лаковых пленок на внутренних поверхностях распылителя; конечным результатом отложения пленок является ухудшение подвижности иглы вплоть до зависания; нарушение подвижности иглы приводит к запаздыванию момента подачи и увеличению продолжительности впрыска, повышению максимального давления впрыска.

3. Повышенная вязкость биотоплива способствует увеличению цикловой подачи из-за уменьшения утечек в плунжерных парах топливного насоса высокого давления (ТНВД).

4. Добавка ЭС. в Р.М. позволила существенно (более чем в 2 раза) снизить вязкость РМ. Однако вязкость биотопливных композиций все еще высока и превышает вязкость ДТ в 5...7 раз, что требует дополнительного подогрева биотоплива или применения внешнего подогрева форсунок.

5. Содержание токсичности компонентов (оксидов азота и сажи) при применении биотоплива существенно уменьшается по сравнению с их содержанием в отработавших газах дизеля, работающего на ДТ (содержание сажи уменьшается на 50%, оксидов азота на 12%).

### **Литература**

1. *Койчев В.С., Грицай Д.И., Кобозев А.К., Батыров В.И.* Перспективные биотопливные смеси в дизельных двигателях // Научная мысль. 2016. № 5. С. 191-196.

2. *Kyul E.V., Apazhev A.K., Kudzaev A.B., Borisova N.A.* Influence of anthropogenic activity on transformation of landscapes by natural hazards // Indian

Journal of Ecology. 2017. T. 44. № 2. С. 239-243.

3. *Батыров В.И.* Перспективы перевода автомобильного транспорта на газомоторное топливо // Актуальные проблемы научно-технического прогресса в АПК. Сборник научных статей XII Международной научно-практической конференции, в рамках XVIII Международной агропромышленной выставки «Агроуниверсал – 2016». 2016. С. 255-259.

4. *Шекихачев Ю.А., Батыров В.И., Карданов К.Х.* Основные пути повышения стабильности параметров топливоподачи тракторных дизелей // АгроЭкоИнфо. 2018. № 2 (32). С. 55.

5. *Батыров В.И., Койчев В.С., Болотоков А.Л.* Мощностные и экологические показатели дизеля, работающего на смесевых и композиционных биотопливах // Актуальные проблемы научно-технического прогресса в АПК. Сборник научных статей XII Международной научно-практической конференции, в рамках XVIII Международной агропромышленной выставки «Агроуниверсал – 2016». 2016. С. 260-267.

6. *Батыров В.И., Кадзиков Р.Б.* Топливная система дизеля 4СН11/12,5 при работе на рапсовом масле // Инновации в агропромышленном комплексе. Материалы VI Межвузовской научно-практической конференции сотрудников и обучающихся аграрных вузов Северо-Кавказского Федерального Округа, посвященной 100-летию со дня рождения профессора З.Х. Шауцукова. 2017. С. 35-36.

### References

1. *Kojchev V.S., Gricaj D.I., Kobozev A.K., Batyrov V.I.* Perspektivnye biotoplivnye smesi v dizel'nyh dvigatelyah // Nauchnaya mysl'. 2016. № 5. S. 191-196.

2. *Kyul E.V., Apazhev A.K., Kudzaev A.B., Borisova N.A.* Influence of anthropogenic activity on transformation of landscapes by natural hazards // Indian Journal of Ecology. 2017. T. 44. № 2. S. 239-243.

3. *Batyrov V.I.* Perspektivy perevoda avtomobil'nogo transporta na gazomotornoe toplivo // Aktual'nye problemy nauchno-tekhnicheskogo progressa v APK. Sbornik nauchnyh statej XII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, v ramkah XVIII Mezhdunarodnoj agropromyshlennoj vystavki «Agrouniversal – 2016». 2016. S. 255-259.

4. *SHekihachev YU.A., Batyrov V.I., Kardanov K.H.* Osnovnye puti povysheniya stabil'nosti parametrov toplivopodachi traktornyh dizelej // AgroEkoInfo. 2018. № 2 (32). S. 55.

5. *Batyrov V.I., Kojchev V.S., Bolotokov A.L.* Moshchnostnye i ekologicheskie pokazateli dizelya, rabotayushchego na smesevykh i kompozicionnykh biotoplivakh // Aktual'nye problemy nauchno-tekhnicheskogo progressa v APK. Sbornik nauchnyh statej XII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, v ramkah XVIII Mezhdunarodnoj agropromyshlennoj vystavki «Agrouniversal – 2016». 2016. S. 260-267.

6. *Batyrov V.I., Kadzikov R.B.* Toplivnaya sistema dizelya 4СН11/12,5 pri rabote na rapsovom masle // Innovacii v agropromyshlennom komplekse. Materialy

VI Mezhvuzovskoj nauchno-prakticheskoj konferencii sotrudnikov i obuchayushchihsya agrarnyh vuzov Severo-Kavkazskogo Federal'nogo Okruga, posvyashchennoj 100-letiyu so dnya rozhdeniya professora Z.H. SHaucukova. 2017. S. 35-36.