

# ТЕХНОЛОГИИ, СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

DOI 10.12737/17445

УДК 621.436

## ВЛИЯНИЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ НА ТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТОПЛИВ ДЛЯ АВТОТРАКТОРНЫХ ДИЗЕЛЕЙ

**Быченин Александр Павлович**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Тракторы и автомобили», ФГБОУ ВО Самарская ГСХА.

446442, Самарская обл., п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2.

E-mail: tia\_sci\_ssaa@mail.ru

**Черников Олег Николаевич**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Тракторы и автомобили», ФГБОУ ВО Самарская ГСХА.

446442, Самарская обл., п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2.

E-mail: tia\_sci\_ssaa@mail.ru

**Приказчиков Максим Сергеевич**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Технический сервис», ФГБОУ ВО Самарская ГСХА.

446442, Самарская обл., п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2.

E-mail: tia\_sci\_ssaa@mail.ru

**Ключевые слова:** топливо, компонент, растительный, присадка, свойства, трибологические.

*Цель исследования – повысить трибологические свойства дизельного топлива введением малых (до 10% по объему) доз растительных масел (горчичного, льняного и рапсового). Приведены методика и результаты поисковых исследований трибологических свойств смесевых топлив с присадкой горчичного, льняного и рапсового масел. Исследования проводились на универсальном трибометре типа ТУ на четырехшариковом узле трения. Концентрация растительных масел в топливе менялась от 0 до 10% по объему с шагом в 2%. Нагрузка, частота вращения шпинделя и материал деталей узла трения не изменялись. Исследования показали, что при концентрации горчичного масла 2% по объему средний диаметр пятна износа снизился на 29% (с 0,258 мм при использовании дизельного топлива без добавок до 0,183 мм при добавлении 2% горчичного масла). При концентрации горчичного масла 4% средний диаметр пятна износа снизился на 35,4% от первоначального. При дальнейшем увеличении концентрации горчичного масла (6, 8 и 10% по объему) снижение диаметра пятна износа составило соответственно 37,3, 40 и 43%. В случае использования льняного и рапсового масла наблюдаются аналогичные закономерности. Установлено, что для значительного повышения трибологических свойств дизельного топлива достаточно ввести в его состав 2-4% растительного масла по объему. Дальнейшее увеличение концентрации противоизносной присадки значительного эффекта не дает, но использование смесевых топлив с содержанием растительных масел до 30% по объему рационально с точки зрения экономики топлив нефтяного происхождения.*

Тракторы и автомобили, оснащенные дизельными двигателями внутреннего сгорания, составляют основной парк энергетических средств в сельском хозяйстве. При этом дизели всех модификаций потребляют дизельное топливо минерального происхождения, смазывающие свойства которого недостаточны для

обеспечения ресурса прецизионных пар топливоподающей аппаратуры (ТПА). Это справедливо как для систем непосредственного действия, так и для систем с электронным управлением типа Common Rail или систем с насос-форсунками с электромагнитными клапанами. Таким образом, существует актуальная научная проблема повышения ресурса топливоподающей аппаратуры. Одним из перспективных способов решения данной проблемы является повышение трибологических свойств моторного топлива путем введения в его состав растительного компонента в малых объемах. Использованию растительных масел в качестве компонентов смесевых топлив (с содержанием биокомпонента до 50% по объему) посвящено значительное количество научных работ [1, 2, 3], но вопрос использования малых количеств растительных масел в качестве противоизносных присадок рассмотрен недостаточно широко. Значительных исследований не проводилось, но частично данный вопрос затрагивался в работах [4, 5, 6, 7]. Например, в работе [6] было рассмотрено влияние рыжикового масла в количестве до 10% по объему на трибологические свойства смесевого минерально-растительного топлива.

**Цель исследования** – повысить противоизносные свойства дизельного топлива введением малых (до 8% по объему) доз растительных масел, в частности, горчичного, льняного и рапсового.

**Задачи исследования:** теоретически обосновать влияние биокомпонента на режим трения в прецизионных парах дизельной топливоподающей аппаратуры; экспериментально оценить влияние растительных масел (горчичного, льняного и рапсового) на диаметр пятна износа при испытаниях на универсальном трибометре типа ТУ на примере топлив с концентрацией растительных компонентов до 10% по объему.

Влияние растительных компонентов на противоизносные свойства смесевых минерально-растительных топлив подтверждено экспериментально, в работе [3] приведено теоретическое обоснование влияния растительных компонентов на режим трения в сопряжениях дизельной ТПА. Наибольшее влияние на режим трения оказывают молекулы органических поверхностно-активных веществ в виде непредельных органических кислот, в значительных количествах содержащихся в растительных маслах. Данные вещества способны образовывать пространственно-ориентированные моно- и полислои, служащие демпфером и снижающие как глубину внедрения абразивной частицы в материал поверхности детали, так и усталостное воздействие от знакопеременных циклических нагрузок. Как показали некоторые исследования, например [6], для проявления этого эффекта достаточно относительно небольшой (до 10% по объему) концентрации растительного компонента. В связи с этим развитие данной темы имеет большое практическое значение.

В соответствии с целью исследования в процессе эксперимента выявлялось повышение противоизносных свойств смесевого топлива при использовании растительных масел (горчичного, льняного и рапсового) в качестве противоизносных присадок. Объект исследования – процесс смазывания прецизионных пар дизельной топливной аппаратуры при применении растительных масел (горчичного, льняного и рапсового) в качестве противоизносных присадок к дизельному топливу. Предмет исследования – взаимосвязь параметров процесса работы топливной аппаратуры при применении топлива с присадкой органического происхождения, условия трения в сопряжениях прецизионных пар, изнашивание их деталей.

Суть предложенного способа повышения трибологических свойств смесевого топлива состоит в создании более благоприятного режима смазывания сопряжения образованием на поверхностях трения демпфирующих пленок органических ПАВ, содержащихся в растительных маслах (горчичном, льняном и рапсовом). В учебно-научно-исследовательской лаборатории «Повышение надежности и эффективности механических систем» ФГБОУ ВО Самарской ГСХА были проведены поисковые исследования смесевых топлив с концентрацией растительных масел (горчичного, льняного и рапсового) до 10% по объему, которые подтвердили справедливость этого предположения.

**Материалы и методы исследований.** Исследования проводились на универсальном трибометре типа ТУ по следующей методике: время опыта 900 с; частота вращения приводного вала 580 мин<sup>-1</sup>; нагрузка 450±5 Н; концентрация растительных масел (горчичного, льняного и рапсового) от 0 до 10% с шагом 2%. Схема работы – четырехшариковый узел трения. Контролируемый параметр – средний диаметр пятна износа неподвижных шариков, мм. В каждом цикле испытаний использовались одни и те же шарики, которые выдерживались в испытуемой смазочной среде не менее одного часа. Оценивался средний диаметр пятна износа, измеренный на трех неподвижных шариках в двух взаимоперпендикулярных направлениях на каждом. Измерения проводились при помощи оптического микроскопа МБС-1.

Испытаниям подвергались:

- смесевое минерально-растительное топливо на основе горчичного масла (с концентрацией органического компонента 2, 4, 6, 8 и 10% по объему);
- смесевое минерально-растительное топливо на основе льняного масла (с концентрацией органического компонента 2, 4, 6, 8 и 10% по объему);
- смесевое минерально-растительное топливо на основе рафинированного рапсового масла (с концентрацией органического компонента 2, 4, 6, 8 и 10% по объему);

Контрольный замер: дизельное топливо летнее (средний диаметр пятна износа 0,258 мм).

Помимо собственно среднего диаметра пятна износа неподвижных шариков оценивался параметр  $\Delta$ , характеризующий прирост изменения диаметра пятна износа в процентах. За точку отсчета принят средний диаметр пятна износа, полученный при испытании на летнем дизельном топливе.

**Результаты исследований.** В таблице 1 представлена обработка серии опытов с горчичным маслом. Результаты опытов с льняным и рапсовым маслом обрабатывались аналогично. Графическое отображение полученных зависимостей представлено на рисунке 1.

Таблица 1

Результаты исследования смесевых топлив с добавлением горчичного масла

№ опыта	№ шара	d, мм	d <sub>ср</sub> , мм	Изменение параметра $\Delta$ , %	Концентрация присадки, %
1	1	0,19; 0,18	0,183	<29	2
	2	0,19; 0,18			
	3	0,18; 0,18			
2	1	0,169; 0,16	0,167	<35,4	4
	2	0,17; 0,17			
	3	0,17; 0,17			
3	1	0,16; 0,16	0,162	<37,3	6
	2	0,16; 0,16			
	3	0,16; 0,17			
4	1	0,16; 0,16	0,155	<40	8
	2	0,15; 0,15			
	3	0,15; 0,16			
5	1	0,15; 0,14	0,147	<43	10
	2	0,15; 0,14			
	3	0,15; 0,15			

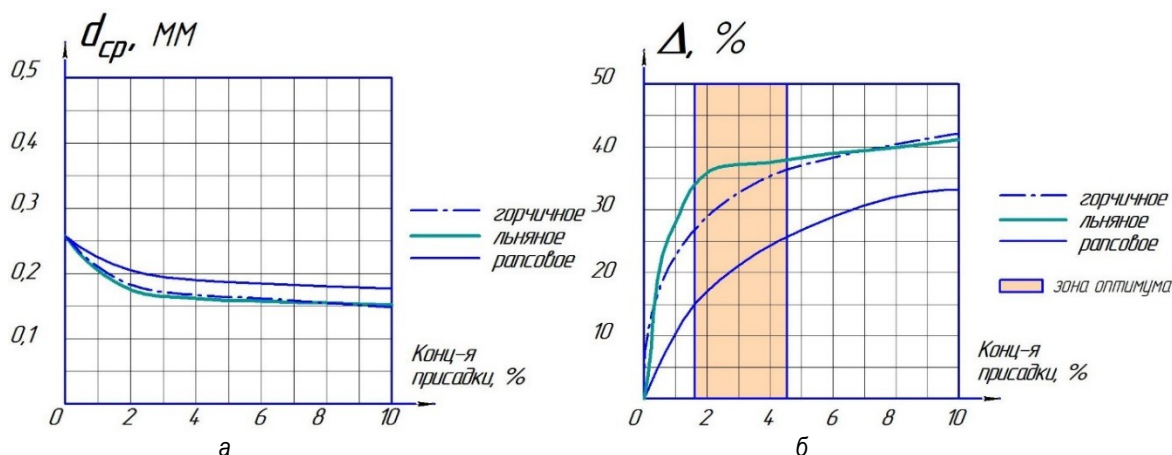


Рис. 1. Результаты испытаний смесевых топлив на универсальном трибометре типа ТУ:

а – зависимость среднего диаметра пятна износа от концентрации присадки;

б – зависимость изменения параметра  $\Delta$  (%) от концентрации присадки

Из анализа результатов исследований, представленных графиком зависимости среднего диаметра пятна износа от концентрации присадки (рис. 1, а), можно сделать вывод, что средний диаметр пятна износа уменьшается при использовании в качестве противоизносных присадок всех трех масел (горчичного, льняного и рапсового), причем с ростом концентрации средний диаметр пятна износа уменьшается, то есть прослеживается обратно пропорциональная зависимость. Так же из графика видно, что значительно всего (в среднем на 0,1 мм) диаметр пятна износа уменьшается при концентрации растительного масла 2% по объему. С дальнейшим ростом концентрации присадки уменьшение среднего диаметра пятна износа уже не так значительно. Анализ зависимости изменения параметра  $\Delta$  (%) (рис. 1, б) подтверждает этот вывод: наибольший прирост изменения среднего диаметра пятна износа приходится на диапазон от 2 до 4% растительного масла по объему. Например, при использовании в качестве противоизносной присадки горчичного масла при его концентрации в составе смесевое топлива 2% по объему, средний диаметр пятна износа уменьшился на 29% (изменение параметра  $\Delta = 29\%$ ); добавление 4% горчичного масла уменьшило средний диаметр пятна износа на 35,4% ( $\Delta = 35,4$ ); при концентрации горчичного масла 6, 8 и 10% уменьшение среднего диаметра пятна износа составило 37,5% ( $\Delta = 37,5\%$ ), 40% ( $\Delta = 40\%$ ) и 43% ( $\Delta = 43\%$ ) соответственно. То есть самое значительное изменение (29%) было достигнуто при введении 2% присадки по объему, при увеличении концентрации еще на 2% изменение результата по сравнению с первым опытом составило 6,4%, а в каждом последующем опыте изменение составляло в среднем 3%. Таким образом, можно предположить, что уже при

концентрации растительного компонента 2% по объему происходит образование демпфирующего слоя органических ПАВ на поверхностях трения, препятствующего их изнашиванию. Дальнейшее увеличение концентрации растительного компонента с точки зрения улучшения трибологических свойств смесевых минерально-растительных топлив нерационально, но с точки зрения экономии невозобновимого минерального сырья имеет смысл использование растительных компонентов вплоть до 30% по объему. Как показали более ранние исследования, например [3], такой состав минерально-растительного топлива не требует вмешательства в конструкцию топливоподающей аппаратуры автотракторных дизелей.

**Заключение.** В статье приведены результаты лабораторных исследований, подтверждающих повышение трибологических свойств смесевых топлив, содержащих поверхностно-активные вещества органического происхождения. Наличие растительных масел (горчичного, льняного и рыжикового) даже в небольших концентрациях (до 10% по объему) улучшают режим трения прецизионных пар ТПА автотракторных дизелей. Поисковые исследования на универсальном трибометре типа ТУ показали, что для увеличения противоизносных свойств смесевых топлив на основе растительных масел (горчичного, льняного, рапсового) достаточно концентрации биокомпонента в 2-4% по объему. Дальнейшее увеличение концентрации растительных масел нерационально с точки зрения повышения трибологических свойств, но для решения задачи экономии топлив нефтяного происхождения возможно использование смесевых топлив с содержанием растительного компонента до 30% по объему.

#### Библиографический список

1. Фомин, В. Н. Повышение технико-экономических показателей автотракторных дизелей, работающих на минерально-растительном топливе : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / Фомин Вадим Николаевич. – Ульяновск, 2011. – С. 18.
2. Голубев, В. А. Эффективность использования тракторного агрегата на горчично-минеральном топливе : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.20.03, 05.20.01 / Голубев Владимир Александрович. – Пенза, 2012. – С. 21.
3. Быченин, А. П. Повышение ресурса плунжерных пар топливного насоса высокого давления тракторных дизелей применением смесевых минерально-растительного топлива : дис. ... канд. техн. наук : 05.20.03 / Быченин Александр Павлович. – Пенза, 2007. – 172 с.
4. Быченин, А. П. Влияние смесевых минерально-растительных топлив на ресурс прецизионных пар топливоподающей аппаратуры дизельных двигателей / А. П. Быченин, М. А. Быченина // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2013. – №3. – С. 54-59.
5. Болдашев, Г. И. Сравнительный анализ противоизносных свойств растительных масел / Г. И. Болдашев, А. П. Быченин, М. А. Быченина // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Специальный выпуск «Актуальные проблемы трибологии». – 2015. – Т. 15, №1. – С. 197-200.
6. Болдашев, Г. И. Влияние рыжикового масла на противоизносные свойства смесевых топлив / Г. И. Болдашев, А. П. Быченин, М. А. Быченина, М. С. Приказчиков // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – №3. – С. 92-95.
7. Уханов, Д. А. Снижение износа плунжерных пар ТНВД применением смесевых минерально-растительного топлива : монография / Д. А. Уханов, А. П. Уханов, Е. Г. Ротанов, А. С. Аверьянов. – Пенза : РИО ПГАУ, 2017. – 212 с.

DOI 10.12737/17446

УДК 621.436

## ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ ДИЗЕЛЯ НА РЫЖИКО-МИНЕРАЛЬНОМ ТОПЛИВЕ В РЕЖИМЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ХОЛОСТОГО ХОДА

**Уханов Александр Петрович**, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой «Тракторы, автомобили и теплоэнергетика», ФГБОУ ВО «Пензенский государственный аграрный университет».

440014, г. Пенза, ул. Ботаническая, 30.

E-mail: ukhanov.penza@mail.ru

**Уханов Денис Александрович**, д-р техн. наук, проф. кафедры «Тракторы, автомобили и теплоэнергетика», ФГБОУ ВО «Пензенский государственный аграрный университет».

440014, г. Пенза, ул. Ботаническая, 30.

E-mail: dispgau@mail.ru

**Сидоров Евгений Алексеевич**, канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой «Сервис и механика», ФГБОУ ВО «Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия имени П. А. Столыпина».

432017, г. Ульяновск, бульвар Новый венец, 1.

E-mail: sidorovevgeniy@yandex.ru