

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

**Якунин Александр Иванович**, канд. с.-х. наук, доцент кафедры «Сервис и механика», ФГБОУ ВО «Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия имени П. А. Столыпина».

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

E-mail: serviceandmechanics@yandex.ru

**Ключевые слова:** дизель, дизельное, смесевое, рыжико-минеральное, топливо.

*Цель исследований – выявление особенностей работы тракторного дизеля на рыжико-минеральном топливе в режиме самостоятельного холостого хода. Рыжико-минеральное топливо представляет собой смесь рыжикового масла и минерального дизельного топлива в определенном соотношении указанных компонентов. Для оценки возможности использования рыжикового масла в качестве биологического компонента дизельного смесового топлива проведены экспериментальные исследования тракторного дизеля Д-243 в режиме холостого хода и определена степень влияния различного соотношения компонентов смесового рыжико-минерального топлива на его показатели. Исследования проводились при работе дизеля на минеральном дизельном топливе марки Л-0,2-62 и рыжико-минеральном топливе с соотношением биологического и минерального компонентов: 25% РыжМ + 75% ДТ; 50% РыжМ + 50% ДТ; 75% РыжМ + 25% ДТ; 90% РыжМ + 10% ДТ и 90% РыжМ + 10% ДТ(УЗ). За показатели дизеля приняты коэффициент избытка воздуха, коэффициент наполнения цилиндров дизеля свежим зарядом, максимальное давление цикла, часовой расход топлива, дымность и содержание оксида углерода в отработавших газах. Установлено, что при работе дизеля на рыжико-минеральном топливе в режиме минимально-устойчивой частоты вращения коленчатого вала холостого хода 800 мин<sup>-1</sup> значения максимального давления цикла (6,3 МПа) и коэффициента наполнения цилиндров дизеля свежим зарядом (0,87) остаются неизменными. Коэффициент избытка воздуха, при увеличении в смесовом топливе доли рыжикового масла до 90%, снижается с 7,187 до 4,619, тогда как часовой расход топлива повышается с 1,1 кг/ч до 2 кг/ч. Наилучшие экологические показатели наблюдаются при работе на рыжико-минеральном топливе 50% РыжМ + 50% ДТ. Обработка смесового топлива ультразвуком уменьшает часовой расход топлива, дымность и содержание оксида углерода в отработавших газах по отношению к смесовому топливу, не обработанному ультразвуком.*

Одним из альтернативных видов моторного топлива для дизелей автотракторной техники является дизельное смесовое топливо (ДСТ), получаемое смешиванием минерального (нефтяного) дизельного топлива (ДТ) и растительного масла [1-4]. Широкое распространение в качестве биологического компонента для производства ДСТ получило рапсовое масло. Однако несмотря на достоинства рапсового масла в качестве биокон компонента ДСТ, не следует исключать возможность использования растительных масел других масличных культур, традиционно культивируемых в России. В качестве альтернативы рапсовому маслу может служить рыжиковое масло (РыжМ) [5-10]. Для использования ДСТ, биокон компонентом которого является РыжМ, необходимо оценить работу дизеля на таком виде моторного топлива и, прежде всего, в режиме самостоятельного холостого хода (РСХХ). Это связано с тем, что при остановках и стоянках автотракторной техники с не выключенным двигателем последний работает на малых оборотах РСХХ, который из-за пониженных цикловых подач топлива и некачественного смесеобразования характеризуется ухудшенным протеканием рабочего процесса в цилиндрах. Внешними признаками этого безнагрузочного режима являются неустойчивая работа двигателя, непроизводительный расход топлива и повышенное содержание вредных веществ в отработавших газах. В зависимости от вида выполняемой с.-х. работы доля времени автотракторной техники на этом режиме составляет 5-30% фонда рабочего времени, что приводит к сжиганию топлива «впустую», не производя полезной работы.

**Цель исследований** – выявление особенностей работы тракторного дизеля на рыжико-минеральном топливе в режиме самостоятельного холостого хода.

**Задачи исследований** – определить показатели работы дизеля на рыжико-минеральном топливе в режиме самостоятельного холостого хода.

**Материалы и методы исследований.** Исследования осуществлялись на экспериментальной установке, в состав которой входили дизель Д-243 с системой отвода отработавших газов, динамометрическая машина KS-56/4 со штатными контрольно-измерительными приборами, измерительно-регистрирующий комплекс и система подачи ДСТ [11-13].

Исследования проводились при работе дизеля на минеральном ДТ марки Л-0,2-62 и ДСТ с различным соотношением биологического и минерального компонентов: 25% РыжМ + 75% ДТ; 50% РыжМ + 50% ДТ; 75% РыжМ + 25% ДТ; 90% РыжМ + 10% ДТ и 90% РыжМ + 10% ДТ(УЗ).

Для оценки влияния ультразвуковой обработки ДСТ на показатели дизеля, смесовое топливо 90% РыжМ + 10% ДТ подвергалось обработке ультразвуком (УЗ) с помощью диспергатора УЗДН-2Т с магнито-стрикционными излучателями на 44 кГц в течение 50 мин.

Изменение соотношения биологического и минерального компонентов ДСТ влияет на его углеводородный состав и теплотворные свойства (табл. 1).

Углеводородный состав и теплотворные свойства исследуемых топлив

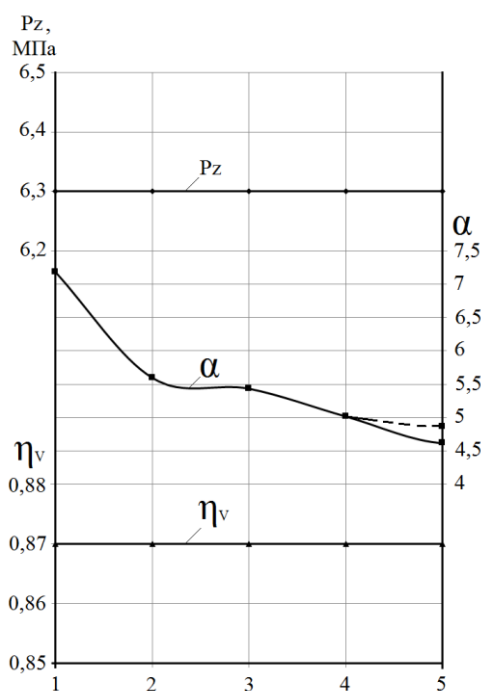
Вид топлива	Элементарный состав			Низшая теплота сгорания, МДж/кг
	С	Н	О	
100% ДТ	0,870	0,126	0,004	42,4
100% РыжМ	0,766	0,119	0,115	37,0
25% РыжМ + 75% ДТ	0,844	0,125	0,031	41,0
50% РыжМ + 50% ДТ	0,818	0,123	0,059	39,7
75% РыжМ + 25% ДТ	0,792	0,121	0,087	38,3
90% РыжМ + 10% ДТ	0,776	0,120	0,104	37,2

Примечание: С – углерод; Н – водород; О – кислород.

При увеличении в ДСТ доли рыжикового масла происходит уменьшение содержания углерода и водорода, увеличение содержания кислорода (табл. 1). В частности, в ДСТ 90% РыжМ + 10% ДТ содержание углерода уменьшилось с 0,870 до 0,776 и водорода с 0,126 до 0,120, а содержание кислорода увеличилось с 0,04 до 0,104, по сравнению с минеральным ДТ. Это, в свою очередь, вызывает некоторое снижение теплотворной способности ДСТ. Так, низшая теплота сгорания ДСТ 90% РыжМ + 10% ДТ равна 37,2 МДж/кг, что на 12,3% ниже значения низшей теплоты сгорания минерального ДТ (42,4 МДж/кг). В свою очередь, изменение углеводородного состава рыжико-минерального топлива сказывается на показателях дизеля при его работе в режиме самостоятельного холостого хода.

За оценочные показатели дизеля приняты максимальное давление цикла ( $P_z$ ), коэффициент избытка воздуха ( $\alpha$ ), коэффициент наполнения ( $\eta_v$ ), часовой расход топлива ( $G_m$ ), дымность ( $D$ ) и содержание оксида углерода ( $CO$ ) в отработавших газах.

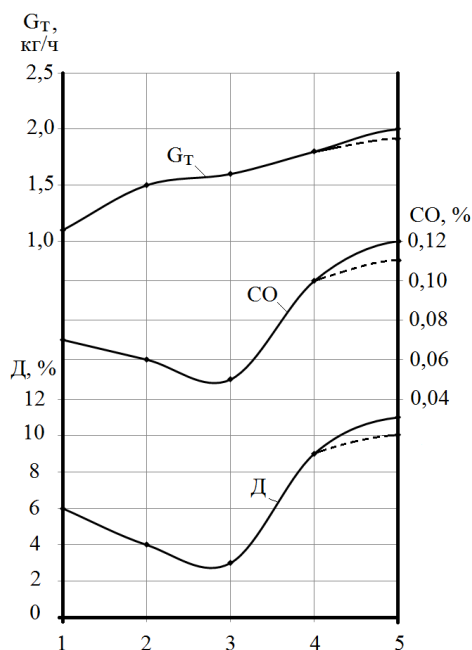
**Результаты исследований.** Результаты исследований показывают (рис. 1, 2), что при работе дизеля на минимально-устойчивой частоте вращения коленчатого вала холостого хода 800 мин<sup>-1</sup> на всех исследуемых видах топлива коэффициент наполнения и максимальное давление цикла остаются постоянными и составляют соответственно 0,87 и 6,3 МПа.



— не обработанное ультразвуком ДСТ; — — обработанное ультразвуком ДСТ

Рис. 1. Изменение показателей рабочего процесса дизеля в режиме самостоятельного холостого хода в зависимости от соотношения компонентов ДСТ:  
1) 100% ДТ; 2) 25% РыжМ + 75% ДТ; 3) 50% РыжМ + 50% ДТ; 4) 75% РыжМ + 25% ДТ; 5) 90% РыжМ + 10% ДТ

Коэффициент избытка воздуха при увеличении в смесевом топливе доли рыжикового масла до 90% снижается с 7,187 до 4,619 (на 35,7%). Необходимо отметить, что при изменении содержания в ДСТ рыжикового масла в диапазоне от 25 до 50% коэффициент избытка воздуха снижается незначительно – с 5,596 до 5,436 (на 2,9%).



— не обработанное ультразвуком ДСТ; — — обработанное ультразвуком ДСТ

Рис. 2. Изменение топливных и экологических показателей дизеля в режиме самостоятельного холостого хода в зависимости от соотношения компонентов ДСТ: 1) 100% ДТ; 2) 25% РыжМ + 75% ДТ; 3) 50% РыжМ + 50% ДТ; 4) 75% РыжМ + 25% ДТ; 5) 90% РыжМ + 10% ДТ;

Топливная экономичность дизеля при увеличении в смесевом топливе доли рыжикового масла до 90% ухудшается. Так, например, часовой расход рыжико-минерального топлива увеличивается с 1,1 кг/ч до 2 кг/ч (на 81,8%) по сравнению с работой на минеральном ДТ. Наименьшее ухудшение топливной экономичности наблюдается при изменении содержания в ДСТ рыжикового масла в диапазоне от 25 до 50%. Так, часовой расход топлива в этом диапазоне увеличивается всего с 1,5 до 1,6 кг/ч (на 6,7%). Снижение коэффициента избытка воздуха на холостом ходу по мере увеличения доли рыжикового масла объясняется повышением часового расхода топлива и, соответственно, количества воздуха, теоретически необходимого для сгорания при практически неизменном коэффициенте наполнения цилиндра свежим зарядом.

После обработки смесевое топлива 90% РыжМ + 10% ДТ ультразвуком показатели дизеля несколько улучшились. Так, например, коэффициент избытка воздуха уменьшился с 7,187 до 4,863 (на 32,3%), а часовой расход топлива возрос с 1,1 кг/ч до 1,9 кг/ч (на 72,7%), по сравнению с работой на минеральном ДТ. Таким образом, обработка смесевое топлива 90% РыжМ + 10% ДТ(УЗ) ультразвуком позволила повысить коэффициент избытка воздуха с 4,619 до 4,863 и снизить часовой расход топлива с 2,0 до 1,9 кг/ч по сравнению с работой дизеля на не обработанном ультразвуком смесевом топливе 90% РыжМ + 10% ДТ.

При увеличении содержания рыжикового масла в ДСТ до 50% происходит снижение дымности отработавших газов (ОГ) и содержания оксида углерода. Снижение дымности ОГ при работе на рыжико-минеральном топливе по сравнению с минеральным ДТ объясняется меньшим содержанием углерода и водорода в рыжиковом масле по сравнению с минеральным ДТ. Так, при работе дизеля на смесевом топливе 50% РыжМ+50% ДТ дымность отработавших газов снижается на 50% (с 6 до 3%), а содержание оксида углерода – на 28,6% (с 0,07 до 0,05%) по сравнению с работой на минеральном ДТ.

При дальнейшем увеличении содержания рыжикового масла (от 50 до 90%) в ДСТ дымность ОГ увеличивается на 83,3% (с 6 до 11%), содержание оксида углерода – на 71,4% (с 0,07 до 0,12%). Увеличение дымности ОГ при возрастании доли рыжикового масла в ДСТ свыше 50 % объясняется повышением часового расхода топлива и, соответственно, снижением коэффициента избытка воздуха, в результате чего действительного количества воздуха, поступающего в цилиндры двигателя, становится недостаточным для обеспечения необходимой полноты сгорания рыжико-минерального топлива. После обработки смесевое топлива 90% РыжМ + 10% ДТ(УЗ) ультразвуком дымность ОГ увеличивается на 66,7% (с 6 до 10%), содержание оксида углерода – на 57,1% (с 0,07 до 0,11%) по сравнению с работой дизеля на минеральном ДТ. Таким образом, обработка смесевое топлива 90% РыжМ + 10% ДТ(УЗ) ультразвуком позволила снизить дымность на 9,1% (с 11 до 10%), а содержание оксида углерода на 8,3% (с 0,12 до 0,11%), по сравнению с работой дизеля на не обработанное ультразвуком смесевом топливе 90% РыжМ + 10% ДТ. Улучшение показателей дизеля при работе на смесевом рыжико-минеральном топливе, обработанном ультразвуком, по сравнению с работой

дизеля на смешанном топливе аналогичного состава, необработанным ультразвуком, объясняется более качественным смешиванием компонентов смешанного топлива, с образованием мелкодисперсной среды, а также увеличением энергетического эквивалента смешанного топлива.

**Заключение.** При работе тракторного дизеля на всех исследованных составах рыжико-минерального топлива происходит некоторое ухудшение показателей рабочего процесса и топливной экономичности по сравнению с работой дизеля на минеральном ДТ. Наилучшие экологические показатели наблюдаются при работе дизеля на смешанном топливе 50% РыжМ + 50% ДТ. Обработка рыжико-минерального топлива ультразвуком способствует качественному перемешиванию минерального и растительного компонентов ДСТ и, как следствие, улучшению топливно-экономических и экологических показателей дизеля.

#### Библиографический список

1. Уханов, А. П. Дизельное смешанное топливо : монография / А. П. Уханов, Д. А. Уханов, Д. С. Шеменев. – Пенза : РИО ПГСХА, 2012. – 147 с.
2. Нетрадиционные биокомпоненты дизельного смешанного топлива : монография / А. П. Уханов, Д. А. Уханов, Е. А. Сидоров, Е. Д. Година. – Пенза : РИО ПГСХА, 2013. – 113 с.
3. Уханов, А. П. Опыт использования сурепно-минерального топлива в дизеле сельскохозяйственного трактора : монография / А. П. Уханов, Д. А. Уханов. – Пенза : РИО ПГСХА, 2016. – 179 с.
4. Уханов, А. П. Теоретическая и экспериментальная оценка эксплуатационных показателей пахотного агрегата при работе на дизельном смешанном топливе / А. П. Уханов, Е. А. Сидоров, Л. И. Сидорова // Научное обозрение. – 2014. – №1. – С. 21-27.
5. Уханов, А. П. Рапсовое биотопливо : монография / А. П. Уханов, В. А. Рачкин, Д. А. Уханов. – Пенза : РИО ПГСХА, 2008. – 229 с.
6. Рапсовое биотопливо – альтернатива нефтяному моторному топливу / А. П. Уханов, Д. А. Уханов, В. А. Рачкин, Н. С. Киреева // Нива Поволжья. – 2007. – №2. – С. 37-40.
7. Сидоров, Е. А. Оценка жирнокислотного состава растительных масел и дизельных смешанных топлив на основе рыжика, сурепицы и льна масличного / Е. А. Сидоров, А. П. Уханов, О. Н. Зеленина // Известия Самарской ГСХА. – 2013. – №3. – С. 49-54.
8. Хохлова, Е. А. Элементарный состав, низшая теплота сгорания и физические свойства дизельного смешанного топлива из рыжикового масла / Е. А. Хохлова, Е. А. Сидоров // Известия Самарской ГСХА. – 2012. – №3. – С. 55-59.
9. Сидоров, Е. А. Экспериментальная оценка влияния сурепно-минерального топлива на показатели рабочего процесса дизеля / Е. А. Сидоров, А. П. Уханов // Нива Поволжья. – 2012. – №4(25). – С. 71-74.
10. Уханов, А. П. Экспериментальная оценка влияния ультразвуковой обработки сурепно-минерального топлива на показатели тракторного дизеля / А. П. Уханов, Е. А. Сидоров // Научное обозрение. – 2016. – №1. – С. 108-114.
11. Пат. 2476716 Российская Федерация. МПК 02М 43/00. Двухтопливная система питания дизеля с автоматическим регулированием состава смешанного топлива / Уханов А. П., Уханов Д. А., Сидоров Е. А. [и др.]. – №2012110662/06 ; заявл. 20.03.2012 ; опубл. 27.02.2013, Бюл. № 6.
12. Пат. 2484290 Российская Федерация. МПК F02М 43/00. Двухтопливная система питания тракторного дизеля / Уханов А. П., Уханов Д. А., Сидоров Е. А., Сидорова Л. И. – №2012115021/06 ; заявл. 16.04.2012 ; опубл. 10.06.2013, Бюл. № 16.
13. Пат. 2615880 Российская Федерация. МПК F02Д 19/06, F02М 43/00. Двухтопливная система питания автотракторного дизеля / Уханов А. П., Уханов А. Д., Уханова Ю. В. – №2016107519/06 ; заявл. 01.03.2016 ; опубл. 11.04.2017, Бюл. № 11.

DOI 10.12737/17448

УДК 631.3

## ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НОЖЕВИДНОГО ДЕФОРМАТОРА С ПОЧВОЙ

**Канаев Михаил Анатольевич**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Сельскохозяйственные машины и механизация животноводства», ФГБОУ ВО Самарская ГСХА.

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

E-mail: kanaev\_miha@mail.ru

**Карпов Олег Владимирович**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Физика, математика и информационные технологии», ФГБОУ ВО Самарская ГСХА.

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

E-mail: oleg@ssaa.ru