Чернов Денис Серафимович — кандидат технических наук, старший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», Россия, г. Тамбов, e-mail: vniiti@mail.ru.

Author credentials Affiliations

Shuvalov Anatoliy – Full Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Researcher of Federal State Budgetary Scientific Institution "All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture", Russia, Tambov, e-mail: vniiti@mail.ru.

Mashkov Alexey – Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher of Federal State Budgetary Scientific Institution "All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture", Russia, Tambov, e-mail: vniiti@mail.ru.

Chernov Denis – Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher of Federal State Budgetary Scientific Institution "All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture", Russia, Tambov, e-mail: vniiti@mail.ru

Поступила в редакцию (Received): 22.02.2021 Принята к публикации (Accepted): 26.03.2021

УДК 621.43

DOI: 10.35887/2305-2538-2021-2-61-70

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВПРЫСКА ВОДНО-ДИЗЕЛЬНОЙ СМЕСИ

¹Канищев Александр Сергеевич ²Сазонов Сергей Николаевич ³Родионов Юрий Викторович ¹Ломовских Александр Егорович ¹Борисов Сергей Владимирович

¹ФГКВОУ ВО «ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»
²ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве»
³ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»

Реферат. Применение водно-топливных смесей без дорогостоящего эмульгатора весьма актуально. Исследуются процессы образования топливной струи при впрыскивании топлива из распылителя форсунки с использованием стенда Т-9161-115. В качестве образцов использовали дизельное топливо (ДТ) и водно-дизельную смесь (ВДС), приготовленную на его основе с добавлением 17 % водной фазы с применением разработанного роторно-пульсационного аппарата (РПА). При добавлении воды происходит насыщение ДТ воздухом за счет происходящих в РПА процессов кавитации и равномерное распределение микрогетерогенных капелек воды (менее 2 мкм) по всему объему ДТ. Путем лабораторных исследований определяли плотность и фракционный состав данных образцов. Полученные результаты показали преимущество применения ВДС, по сравнению с обычным ДТ. В результате кавитационной обработки в РПА плотность ВДС выше, чем у ДТ. После осуществления 100 циклов впрыска, при одинаковых условиях проведения эксперимента (температура воздуха 15-17°C, атмосферное давление 745 мм. рт. ст.), при впрыске ВДС цикловая подача увеличилась на 2,22 % по сравнению с обычным ДТ. Визуальное сравнение показало, что при распыле ВДС увеличились: дальнобойность струи на 5-10 %, угол раскрытия конуса струи на 3 – 5 градусов, ширина до 10 %. Наблюдается более насыщенная туманообразность распыливания за счет увеличения объема топливного факела. Проводенные натурные исследования по определению расхода топлива двигателем Д-241 трактора МТЗ-80 при работе на ДТ и на ВДС при проведении транспортных работ по перевозке сахарной свеклой весом 1600 кг показали снижение удельного расхода топлива двигателем Д-241 трактора МТЗ-80 при работе на ВДС до 17 %.

Ключевые слова: дизельные двигатели, система питания, водно-дизельная смесь, эксплуатационные показатели двигателя, автотракторная техника, дисперсность дизельной смеси, расход топлива.

EXPERIMENTAL STUDIES TO DETERMINE INDICATORS WATER-DIESEL MIXTURE INJECTION

¹Kanishchev Alexandr ²Sazonov Sergey ³Rodionov Yuri ¹Lomovskih Alexandr ¹Borisov Sergey

¹MERC "Air Force Academy Professor N.E. Zhukovsky and Major Y.A. Gagarin"

²FSBSI "All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture"

³FSBEI HE "Tambov state technical university"

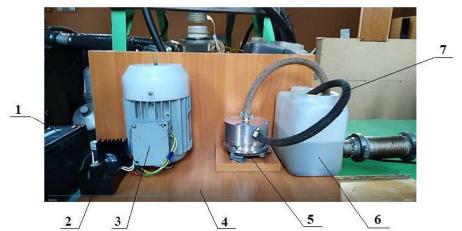
Abstract. The use of water-fuel mixtures without an expensive emulsifier is very important. The processes of the formation of a fuel jet when fuel is injected from a nozzle atomizer using the T-9161-115 stand are investigated. Diesel fuel (DF) and a water-diesel mixture (WDS) prepared on its basis with the addition of 17 % of the aqueous phase using the developed rotary-pulsating apparatus (RPA) were used as samples. The saturation of the DF with air upon the addition of water occurs due to the cavitation processes occurring in the RPA and the uniform distribution of microheterogeneous water droplets (less than 2 microns) throughout the entire volume of the DF. The density and fractional composition of these samples were determined by laboratory studies. The results obtained showed the advantage of using VDS in comparison with conventional diesel fuel. The density of VDS is higher than that of diesel fuel as a result of cavitation treatment in RPA. With the injection of high-pressure gas, the cyclic feed increased by 2.22 %, compared with a conventional diesel fuel, after 100 injection cycles, under the same experimental conditions (air temperature 15 – 17 ° C, atmospheric pressure 745 mm Hg). A visual comparison showed that when spraying, the VDS increased: the range of the jet by 5-10%, the angle of opening of the cone of the jet by $\overline{3}$ – 5 degrees, the width up to 10 %. A more saturated fogging of spraying is observed due to an increase in the volume of the fuel flame. Conducted field studies to determine the fuel consumption of the D-241 engine of the MTZ-80 tractor when working on diesel fuel and on VDS during transport operations for the transportation of sugar beets weighing 1600 kg showed a decrease in the specific fuel consumption of the D-241 engine of the MTZ-80 tractor when working on VDS up to 17 %.

Keywords: diesel engines, power system, water-diesel mixture, engine performance, automotive equipment, diesel mixture dispersion, fuel consumption.

Введение. В настоящее время применение водно-топливных эмульсий (ВТЭ) с применением эмульгирующей системы исследованы достаточно, а вот применение ВТЭ без применения дорогостоящего эмульгатора мало изучены. Следует отметить, что стоимость такой эмульсии снижается, так как не используется эмульгирующая система, которая существенно удорожает общую стоимость топлива. Поэтому если приготавливать ВТЭ перед ее использованием, то есть непосредственно на транспортном средстве, пока не произошло ее расслоение, то можно не использовать дорогостоящие эмульгаторы. В данном случае жизнеспособность ВТЭ будет достаточной всего несколько минут (3...5 минут), чтобы полностью израсходовать ее. Для реализации данной задачи была разработана и запатентована система приготовления и подачи ВТЭ в ДВС [1]. Также был разработан и запатентован способ обработки углеводородного топлива [2] непосредственно на автомобиле и устройство для его реализации [3]: струйно-кавитационный эжектор (дозатор) [4] и роторно-пульсационный аппарат [5]. Реализация разработанных устройств подробно описана в работах [6, 7, 8].

В связи с этим, при работе дизельного двигателя водно-дизельной смеси (ВДС) необходимо исследовать процесс ее распыливания через отверстия в распылителе форсунки, что является актуальной задачей, требующей дальнейшего решения. В системе питания двигателя подача дизельного топлива в камеру сгорания осуществляется форсунками. Их основным критерием работы является качественное распыление топлива, которое создаёт условия для воспламенения горючей смеси при достижении рабочего давления при такте сжатия в камере сгорания двигателя.

Материалы и методы. Перед проведением исследований был приобретен образец летнего дизельного топлива (ДТ) марки ЕВРО, сорта «С», экологического класса К5 (ДТ-Л-К5) по ГОСТ 32511-2013 на автозаправочной станции, а также исследовался образец ВДС, приготовленной на основе этого дизельного топлива, с применением разработанного технического устройства — установки для приготовления ВДС, представленной на рисунке 1.



1 – источник питания АКБ; 2 – регулятор оборотов электродвигателя; 3 – электродвигатель; 4 – платформа установки; 5 – РПА; 6 – смесительная емкость с электрическим насосом внутри; 7 – топливные шланги

Рисунок 1 – Внешний вид установки для приготовления ВДС

Следует отметить, что в состав ВДС входят два компонента: летнее дизельное топливо -83% от всего объема топлива, дистиллированная вода -17% соответственно. Данные компоненты заливаются в смесительную емкость 6, затем с помощью электрического насоса, установленного в данной емкости (на рисунке 1 не показан) компоненты подаются в роторно-пульсационный аппарат 5 (РПА), через топливный шланг 7, где подвергаются кавитационной обработке. Приготовление ВДС происходит циклично по кругу в течении одной минуты. После чего, приготовленная эмульсия сливается в емкость.

Внешний вид полученной ВДС и летнего дизельного топлива представлен на рисунке 2. Визуально сравнивая образец ВДС и ДТ, можно сделать вывод, что происходит насыщение топлива воздухом за счет происходящих в РПА процессов кавитации (после приготовления ВДС интенсивно выделяются пузырьки с воздухом в течении 1...2 минут) и равномерное распределение микрогетерогенных капелек воды (средний размер капель менее 2 мкм) по всему объему топлива, за счет чего цвет ДТ меняется на молочный.



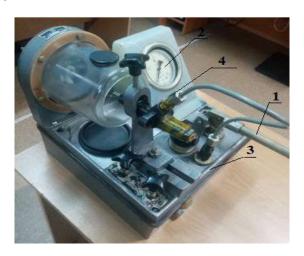
б) водно-дизельная смесь

Рисунок 2 – Внешний вид испытуемых образцов

Затем образцы были переданы в «Испытательную лабораторию нефтепродуктов» г. Воронеж, с целью проведения лабораторных исследований по определению плотности и фракционного состава данных образцов.

Согласно протоколу испытаний № 27/21 от 22 января 2021 г. по результатам анализа было сделано следующее заключение. Топливо дизельное марки EBPO, сорта «С», экологического класса К5 (ДТ-Л-К5) по ГОСТ 32511-2013 не соответствует требованиям данного ГОСТ по плотности дизельного топлива ($\rho_{\partial m}$), так как составляет 819 кг/м³, а должно составлять в пределах 820 - 845 кг/м³. А вот плотность ВДС, имеющей в своем составе 17 % воды, по результатам проведенного анализа составила 824 кг/м³, что соответствует требованиям ГОСТ 32511-2013. Повышение плотности ВДС можно объяснить, тем, что плотность воды больше, чем у дизельного топлива (при температуре 20 °C она составляет около 998 кг/м³). Поэтому, в результате кавитационной обработки дизельного топлива с добавкой 17% водного компонента в роторнопульсационном аппарате (РПА), плотность ВДС повышается.

Экспериментальные исследования по определению качественных и количественных показателей впрыска дизельного топлива и ВДС через отверстия в распылителе форсунки проводились согласно ГОСТ 10579-2017 [9], с использованием испытательного стенда Т-9161-115, представленного на рисунке 3.



1 — насос рычажного типа для нагнетания давления, 2 — манометр для снятия показаний давления, 3 — ёмкость для исследуемой жидкости, 4 — муфта для соединения штуцера с форсункой

Рисунок 3 — Внешний вид испытательного стенда Т 9161-115

Результаты и их обсуждение. Цель данных экспериментальных исследований заключается в проведении визуально-сравнительного анализа количественных показателей впрыска ДТ и воднодизельной смеси, с добавлением 17 % водной фазы, приготовленной разработанными устройствами.

В результате проведенных экспериментальных исследований на стенде Т-9161-115 были получены значения количественных показателей цикловой подачи дизельного топлива и ВДС, которые представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Количественные показатели цикловой подачи дизельного топлива и ВДС, полученные за 100 циклов впрыска

	Цикловая п	Разница цикловой	
№ эксперимента	ДТ, г	ВДС, содержащая 17% воды, г	подачи ДТ и ВДС, %
1	21,32	21,95	2,95
2	21,89	22,23	1,55
3	21,64	22,11	2,17
Среднее значение распыла	21,62	22,10	2,22

После сравнения полученных результатов можно сделать вывод, что после осуществления 100 циклов впрыска, при одинаковых условиях проведения эксперимента (температура воздуха 15-17 °C, атмосферное давление 745 мм. рт. ст.), при впрыске ВДС цикловая подача увеличилась на 2,22 % по сравнению с обычным дизельным топливом.

На основании полученных результатов (таблица 1), определялась цикловая подача одного впрыска исследуемых жидкостей (ДТ и ВДС) через форсунку, которая вычислялась по формуле:

$$q = \frac{V}{i},\tag{1}$$

где q – цикловая подача жидкости, г/цикл; V – количество жидкости, собранное мерной колбой, $\text{мм}^3/\Gamma$; i — число циклов.

Цикловая подача дизельного топлива $(q_{\partial m})$ составляет:

$$q_{\partial m} = \frac{21,62}{100} = 0,210$$
 г/цикл. (2)

$$q_{\theta\partial c} = \frac{22,1}{100} = 0,221 \,\text{г/цикл}.$$
 (3)

 $q_{\partial m} = \frac{21,62}{100} = 0,210 \ \Gamma/\text{цикл}. \tag{2}$ Цикловая подача водно-дизельной смеси $(q_{e\partial c})$ составляет: $q_{e\partial c} = \frac{22,1}{100} = 0,221 \ \Gamma/\text{цикл}. \tag{3}$ Сравнительный анализ полученных результатов позволяет сделать вывод, что цикловая подача ВДС на 0,011 грамм больше, чем ДТ, за счет увеличения плотности ВДС на 4 кг/м³.

Параметры впрыскиваемой через отверстия в распылителе форсунки струи определяются следующими показателями: дальнобойность струи; углом раскрытия конуса струи; дисперсность распыливания топлива.

Качество распыления, согласно ГОСТ 105179-2017, как описано в работе [10] при визуальном наблюдении должно быть туманообразным, без сплошных струй и легко различимых сгущений.

Для проведения исследований процесса распыливания ДТ и ВДС через отверстия распылителя форсунки был применен метод кинорегистрации. На рисунке 4 показан внешний вид форсунки, распыляющей ДТ и ВДС.



а) впрыск дизельного топлива



б) впрыск водно-дизельной смеси

Рисунок 4 – Внешний вид распылителя форсунки

Сравнивая визуально показатели струи, представленные на рисунке 4, можно сделать вывод, что при распыле ВДС дальнобойность струи увеличилась на 5-10 %, угол раскрытия конуса струи увеличился на 3 – 5 градуса, увеличивается его ширина до 10 % и наблюдается более насыщенная туманообразность распыливания за счет увеличения объема топливного факела. Как видно из фотографии, представленной рисунке 4, диспергирование пузырьков воздуха в ВДС приводит к разрушению ядра распыливаемой струи.

На основании результатов, полученных в работе [11] можно предположить, что в результате разрушения ядра струи происходит существенное увеличение периферийной зоны, содержащей более мелкие капли чем «сердцевина» струи.

Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод, что при распыле ВДС происходят физические процессы, которые способствуют улучшению качества распыла, за счет насыщения ДТ воздухом и водой. В результате такого насыщения происходят схлопывания воздушных пузырьков при выходе из отверстия распылителя форсунки, что свидетельствует о возможности

организации более качественного процесса смесеобразования в цилиндрах двигателя. Поэтому существует оптимальное, порядка 40-50 % объемных воздуха насыщение (S $_{\rm B \, ont}$) топлива воздухом, при котором достигается максимум улучшения экономических и экологических показателей работы дизеля. При таком оптимальном насыщении топлива воздухом происходит уменьшение (до 2 градусов поворота коленчатого вала) периода задержки воспламенения, что описывается во многих источниках [11-14].

После анализа данных работ можно сделать вывод, что воду целесообразно подавать не с топливом в виде ВТЭ, а отдельно желательно во впускной коллектор. Такое введение воды приведет к снижению $\delta_{\rm wr}$ — потерь, связанных с теплообменом, по причине уменьшения температуры рабочего тела.

Также снижение периода задержки самовоспламенения приведет к повышению температуры и давления в камере сгорания двигателя, это объясняется улучшением теплообмена между воздухом и ВДС в цилиндре двигателя. Все перечисленное выше позволяет сделать вывод, что такое распыление ВДС существенно улучшит процесс смесеобразования в камере сгорания дизельного двигателя, что приведет к улучшению экономических и экологических показателей его работы.

Для подтверждения полученных выше результатов были проведены натурные испытания трактора МТЗ-80, которые являются ключевыми во всем исследовании. Объектом испытаний выбран трактор МТЗ-80 1990 года выпуска, с дизельным двигателем Д-241, на момент начала испытаний наработка составляла 9362 моточасов, техническое обслуживание данного агрегата проводилось согласно регламенту при подготовке к весенне-полевым работам. Для этих целей использовался дизельный двигатель Д-241 трактора МТЗ-80, который перед проведением натурных испытаний подвергался комплексной диагностики, на основании чего двигатель был признан технически исправным и самое главное пригодным к проведению полевых испытаний с применением ВДС, приготовляемой по разработанной технологии с помощью технических средств и ее последующей параллельной подачи в штатную систему питания данной силовой установки.

Измерения израсходованного топлива производились с помощью тарированной мерной колбы. Величина топлива, которое необходимо для наполнения емкости до отметки, соответствующей началу испытаний и есть показатель израсходованного топлива в ходе проведения испытаний, которое измеряется в миллилитрах и при необходимости переводится в килограммы [15].

Для корректного проведения испытаний под нагрузкой, прицеп загружается сахарной свеклой весом 1600 кг, далее производится взвешивание для определения фактической массы прицепа и груза, которая составляет 3400 кг, что соответствует техническим характеристикам грузоподъемности трактора МТЗ-80, равной 3650 кг [16].

Условия проведения испытаний. Для осуществления равномерного движения и минимизации факторов, влияющих на снижение скорости при проезде, выбирается ровный участок дороги, который не имеет больших дефектов асфальтного покрытия, выбоин, ям, перепадов рельефа местности и поворотов. Выбранный для натурных испытаний участок дороги длиной 7,5 км в одну сторону между населенными пунктами Верхняя Плавица и Малый Самовец Эртильского района относится к дороге 3 класса, соответствующей по качеству покрытия ГОСТ Р 50597–93. Маршрут изображен на рисунке 5.



Рисунок 5 – Маршрут для испытаний трактора МТЗ-80

Перед началом измерений трактор прогревается до рабочей температуры, и глушится, установленная на время испытаний топливная емкость заполняется до уровня верхней отметки. Далее осуществляется один проезд на участке длиной 15 км, согласно маршруту представленного на рисунке 5 [17].

При обнаружении неисправностей трактора или нарушении режима его движения испытания считаются выполненными некорректно. После устранения поломки или причины нарушения режима движения транспортное средство устанавливается на исходную позицию и проведение испытаний повторяется.

Данное натурное исследование производилось в течении 6 повторений. Три – на тракторе с применением обычного дизельного топлива и три – с применением ВДС, приготовленной установленными на тракторе техническими устройствами. Результаты по измерению параметров трактора МТЗ-80, при проведении натурных испытаний на дизельном топливе, представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Параметры трактора МТ3-80, при проведении натурных испытаний на дизельном топливе

№	Расход	Пройденная	Давление в	Атмосферное	Влажность,	Температура
	топлива по	дистанция,	шинах,	давление, мм.	%	воздуха, °С
эксперимента	заправке	KM.	МПа.	рт. ст.	/0	воздула, С
1	9,2	15	0,2	745	58	19
2	9,4	15	0,2	745	60	19,5
3	9,3	15	0,2	743	59	20
4	20	32,6	0,2	741	60	19,5

На следующем этапе испытаний трактор МТЗ-80, оснащенный двигателем Д-241 оборудовался техническими устройствами для приготовления и параллельной подачи ВДС в штатную систему питания, и испытания повторялись заново только уже при работе ДВС на ВДС.

Полученные результаты данных исследований представлены в таблице 3. И подтверждают эффективность применения технологии приготовления ВДС и технических средств для ее реализации в системе питания ДВС.

Таблица 3 – Параметры трактора МТЗ-80, при проведении натурных испытаний на ВДС

№ эксперимента	Расход топлива по заправке, л	Пройденная дистанция, км	Давление в шинах, МПа	Атмосферное давление, мм.рт. ст.	Влажность,	Термература воздуха, °С
1	7,7	15	0.2	744	60	19
2	7,6	15	0.2	744	56	19,5
3	7,8	15	0,2	745	58	20
4	20	38,9	0,2	747	60	19,5

В результате проведенных натурных испытаний, были получены средние численные показатели расхода топлива в режиме работы двигателя трактора МТЗ-80 под нагрузкой, с тракторном прицепом 2 ПТС-4 и массой груза 1600 кг., при работе на обычном дизельном топливе и ВДС, содержащей 83% дизельного топлива и 17% воды, без применения эмульгатора, которые представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Сводная таблица результатов испытаний

Параметр	Двигатель,	Двигатель,	Разница в	Разница в
	работающий на ДТ	работающий на ВДС	единицах	%
Средний расход топлива	9,2	7,70	1,6	16,4
Средний расход топлива	9,2	7,68	1,62	16,5

По результатам проведенных натурных испытаний трактора МТЗ-80 построена диаграмма по сравнению расхода ДТ и ВДС двигателем Д-241, представленная на рисунке 6.

10 8 6 4 2 0

Показатели расхода топлива

Рисунок 6 – Диаграмма сравнения расхода топлива дизельного двигателя

→ Расход топлива при работе ДВС на ДТ → Расход топлива при работе ДВС на ВДС

Заключение. Таким образом, полученные результаты по улучшению качественных и количественных показателей впрыска ВДС через отверстия в распылителе форсунки подтверждаются проведенными натурными экспериментами силовой установки Д-241 трактора МТЗ-80, оборудованного техническими устройствами для приготовления и подачи ВДС в систему питания дизельного двигателя Д-241, при проведении транспортных работ. При проведении которых было зафиксировано существенное снижение расхода при работе ДВС на ВДС до 17 %.

Список литературы

- 1. Патент №2390649 Российская Федерация, МПК F02M 25/00, F02B47/02. Система для приготовления и подачи ВТЭ в ДВС: №2007127031: опубл. 16.07.07. /Ломовских А.Е., Воробьев Ю.В., Тетюриков В.Б. -18 с.
- 2. Патент на изобретение № 2498094 Российская Федерация. Способ обработки углеводородного топлива для двигателей внутреннего сгорания: № 2011133257: заявл. 08.08.2011: опубл. 10.11.2013 / Борисов С.В., Иванов В.П., Ломовских А.Е., Капустин Д.Е., Сысоев И.П. 14 с.
- 3. Патент №2469199 Российская Федерация, МПК 7 F 02B47/02. Устройство для обработки углеводородного топлива: №2011132517/06: опубл. 10.12.2012 / А.Е. Ломовских, В.П. Иванов, Д.Е. Капустин и др. -7 с.
- 4. Патент №2352805 Российская Федерация, МПК F02 M 25/00. Струйно-кавитационный эжектор для приготовления ВТЭ: №2007139864: опубл. 30.10.07. / Ломовских А.Е., Воробьев Ю.В., Дупляк В.П. 26 с.
- 5. Патент № 2509602 Российская Федерация, МПК В01F 7/14. Роторно-пульсационный аппарат для приготовления водно-топливной эмульсии: №2011132519/15: опубл. 10.02.2013. / А.Е. Ломовских, В.П. Иванов и др. -6 с.
- 6. Ломовских А.Е. Использование водно-топливной эмульсии в карбюраторных ДВС // Инженерная физика. -2010. -№ 3. -C.37–39.
- 7. Влияние топливных эмульсий на экологические и экологические характеристики ДВС / Ломовских А.Е. Иванов В.П., Илларионов В.В., Капустин Д.Е. // Вестник ВАИУ. -2010. -№ 4(11). -C.159–164.
- 8. Приготовление топливных эмульсий для двигателей внутреннего сгорания военной техники на основе роторно-пульсационного аппарата / Ломовских А.Е., Иванов В.П., Илларионов В.В., Татаринов В.В. // Наукоемкие технологии. -2012. № 3. C.65-68.
- 9. ГОСТ 10579-2017. Форсунки дизелей. Технические требования и методы испытаний. М.: Изд-во стандартов, 2018. 8 с.
- 10. Буклагина Г.В. Опыт модернизации тракторов МТЗ в Батыревской сельхозтехнике Чувашской Республики // Инженерно-техническое обеспечение АПК: РЖ. 2002. № 2. С. 391.

- 11. Свистула А.Е. Повышение показателей рабочего процесса дизеля улучшением смесеобразования и сгорания: автореф. дис. . . . д-ра. техн. наук. Барнаул, 2007. 35 с.
- 12. Улучшение экологических показателей автомобильных дизелей путем применения воднотопливных эмульсий / Ложкин В.Н., Пименов Ю.А., Сафиуллин Р.Н., Акодес А.А. // Матер. научляракт. конф. -2005.-67-76 С.
- 13. Акулов Н.И. Разработка процессов получения эмульсий водно-спиртовых растворов в бензине в роторных аппаратах с модуляцией потока и их коагуляция. М.: Наука, 2005. 202 С.
- 14. Долинский А.А., Иваницкий Г.К. Принципы разработки новых энергосберегающих технологий и оборудования на основе методов дискретно-импульсного ввода энергии // Пром. теплотехника. -1997. -T.19, № 4-5. -C. 13-25.
- $15.\ \Gamma OCT\ 22576-1990.\ Aвтотранспортные средства.\ Скоростные свойства.\ М.:\ Изд-во стандартов, <math>1990.\ -20\ c.$
- 16. ГОСТ 54810–2011. Автотранспортные средства. Топливная экономичность. Методы испытаний. М.: Изд-во стандартов, 2011. 46 с.
- 17. ГОСТ 19677-87. Тракторы сельскохозяйственные. Общие технические условия. М.: Издво стандартов, 1987. 9 с.

References

- 1. Patent №2390649 Rossijskaja Federacija, MPK F02M 25/00, F02B47/02. Sistema dlja prigotovlenija i podachi VTJe v DVS: №2007127031: opubl. 16.07.07. /Lomovskih A.E., Vorob'ev Ju.V., Tetjurikov V.B. 18 s.
- 2. Patent na izobretenie № 2498094 Rossijskaja Federacija. Sposob obrabotki uglevodorodnogo topliva dlja dvigatelej vnutrennego sgoranija: № 2011133257: zajavl. 08.08.2011: opubl. 10.11.2013 / Borisov S.V., Ivanov V.P., Lomovskih A.E., Kapustin D.E., Sysoev I.P. 14 s.
- 3. Patent №2469199 Rossijskaja Federacija, MPK 7 F 02B47/02. Ustrojstvo dlja obrabotki uglevodorodnogo topliva: №2011132517/06: opubl. 10.12.2012 / A.E. Lomovskih, V.P. Ivanov, D.E. Kapustin i dr. -7 s.
- 4. Patent №2352805 Rossijskaja Federacija, MPK F02 M 25/00. Strujno-kavitacionnyj jezhektor dlja prigotovlenija VTJe: №2007139864: opubl. 30.10.07. / Lomovskih A.E., Vorob'ev Ju.V., Dupljak V.P. 26 s.
- 5. Patent № 2509602 Rossijskaja Federacija, MPK V01F 7/14. Rotorno-pul'sacionnyj apparat dlja prigotovlenija vodno-toplivnoj jemul'sii: №2011132519/15: opubl. 10.02.2013. / A.E. Lomovskih, V.P. Ivanov i dr. 6 s.
- 6. Lomovskih A.E. Ispol'zovanie vodno-toplivnoj jemul'sii v karbjuratornyh DVS // Inzhenernaja fizika. 2010.- № 3.- S.37-39.
- 7. Vlijanie toplivnyh jemul'sij na jekologicheskie i jekologicheskie harakteristiki DVS / Lomovskih A.E. Ivanov V.P., Illarionov V.V., Kapustin D.E. // Vestnik VAIU. 2010. № 4(11). S.159–164.
- 8. Prigotovlenie toplivnyh jemul'sij dlja dvigatelej vnutrennego sgoranija voennoj tehniki na osnove rotorno-pul'sacionnogo apparata / Lomovskih A.E., Ivanov V.P., Illarionov V.V., Tatarinov V.V. // Naukoemkie tehnologii. −2012. − № 3. − S.65–68.
- 9. GOST 10579-2017. Forsunki dizelej. Tehnicheskie trebovanija i metody ispytanij. M.: Izd-vo standartov, 2018. 8 s.
- 10. Buklagina G.V. Opyt modernizacii traktorov MTZ v Batyrevskoj sel'hoztehnike Chuvashskoj Respubliki // Inzhenerno-tehnicheskoe obespechenie APK: RZh. − 2002. − № 2. − S. 391.
- 11. Svistula A.E. Povyshenie pokazatelej rabochego processa dizelja uluchsheniem smeseobrazovanija i sgoranija: avtoref. dis. . . . d-ra. tehn. nauk. Barnaul, 2007. 35 s.
- 12. Uluchshenie jekologicheskih pokazatelej avtomobil'nyh dizelej putem primenenija vodnotoplivnyh jemul'sij / Lozhkin V.N., Pimenov Ju.A., Safiullin R.N., Akodes A.A. // Mater. nauch.-prakt. konf. -2005.-67-76 S.
- 13. Akulov N.I. Razrabotka processov poluchenija jemul'sij vodno-spirtovyh rastvorov v benzine v rotornyh apparatah s moduljaciej potoka i ih koaguljacija. M.: Nauka, 2005. 202 S.
- 14. Dolinskij A.A., Ivanickij G.K. Principy razrabotki novyh jenergosberegajushhih tehnologij i oborudovanija na osnove metodov diskretno-impul'snogo vvoda jenergii // Prom. teplotehnika. − 1997. − T.19, № 4–5. − S. 13–25.

- 15. GOST 22576–1990. Avtotransportnye sredstva. Skorostnye svojstva. M.: Izd-vo standartov, 1990. 20 s.
- 16. GOST 54810–2011. Avtotransportnye sredstva. Toplivnaja jekonomichnost'. Metody ispytanij. M.: Izd-vo standartov, 2011. 46 s.
- 17. GOST 19677-87. Traktory sel'skohozjajstvennye. Obshhie tehnicheskie uslovija. M.: Izd-vo standartov, 1987. 9 s.

Сведения об авторах

Принадлежность к организации

Канищев Александр Сергеевич — кандидат технических наук, начальник факультета Федерального государственного казенного военного образовательного учреждения высшего образования «Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» Министерства обороны Российской Федерации, Россия, г. Воронеж.

Сазонов Сергей Николаевич — доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник Федерального государственнго бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», Россия, г. Тамбов, e-mail: snsazon@mail.ru.

Родионов Юрий Викторович – доктор технических наук, профессор Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тамбовский государственный технический университет», Россия, г. Тамбов, rodionow.u.w@rambler.ru.

Ломовских Александр Егорович — кандидат технических наук, доцент Федерального государственного казенного военного образовательного учреждение высшего образования «Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» Министерства обороны Российской Федерации, Россия, г. Воронеж, e-mail: lomovskih1979@yandex.ru.

Борисов Сергей Владимирович — начальник учебной лаборатории Федерального государственного казенного военного образовательного учреждения высшего образования «Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» Министерства обороны Российской Федерации, Россия, г. Воронеж, e-mail: sergeevich2105219@yandex.ru.

Author credentials Affiliations

Kanishchev Alexandr – Candidate of Technical Sciences, Head of the faculty of Federal State Official Military Educational Institution of Higher Education "Military Educational and Scientific Centre of the Air Force N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy" the Ministry of Defence of the Russian Federation, Russia, Voronezh.

Sazonov Sergey – Full Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Researcher of Federal State Budgetary Scientific Institution "All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture", Russia, Tambov, e-mail: snsazon@mail.ru.

Rodionov Yury – Full Doctor of Technical Sciences, Professor of Federal State-Funded Educational Institution of Higher Education "Tambov State Technical University", Russia, Tambov, e-mail: rodionow.u.w@rambler.ru.

Lomovskih Alexander – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Federal State Official Military Educational Institution of Higher Education "Military Educational and Scientific Centre of the Air Force N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy" the Ministry of Defence of the Russian Federation, Russia, Voronezh, e-mail: lomovskih1979@yandex.ru.

Borisov Sergey – head of the training laboratory of Federal State Official Military Educational Institution of Higher Education "Military Educational and Scientific Centre of the Air Force N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy" the Ministry of Defence of the Russian Federation, Russia, Voronezh.

Поступила в редакцию (Received): 01.03.2021 Принята к публикации (Accepted): 15.04.2021