

Исследования водно-дизельной смеси, приготавливаемой в динамическом аппарате для автотракторной техники

Ломовских А.Е., Борисов С.В., Родионов Д.Ю., Скоморохова А.И.

Аннотация. Водно-топливные эмульсии применяют в основном с эмульгирующей системой, что значительно повышает стоимость такого топлива. При этом использование топливных эмульсий без дорогостоящих эмульгаторов недостаточно изучено, что является актуальной научной задачей. В статье описываются экспериментальные исследования по изучению водно-топливной эмульсии, приготавливаемой в динамическом аппарате. Проведен анализ впрыскивания обычного дизельного топлива и полученной смеси, содержащей 17% водной фазы и топлива ДТ-Л-К5 в количестве 83%. Для изучения процесса приготовления смеси была разработана и создана опытная установка. В работе исследуются процессы образования топливной струи при впрыскивании топлива из распылителя форсунки. Полученные результаты показали преимущество применения водно-дизельной смеси по сравнению с рассматриваемым дизельным топливом. Для подтверждения экспериментальных данных были проведены натурные исследования по определению расхода топлива при работе двигателя Д-241. Воспроизводились условия проведения транспортных работ на тракторе МТЗ-80 при работе на дизельном топливе и на водно-дизельной смеси. Экспериментально установлено, что при введении водной фазы в количестве 17% по отношению к объёму топлива в приготавливаемой водно-дизельной смеси, происходит снижение удельного расхода топлива при работе на эмульсии на 17%.

Ключевые слова: водно-топливная эмульсия, система питания, эксплуатационные показатели двигателя, автотракторная техника.

Для цитирования: Ломовских А.Е., Борисов С.В., Родионов Д.Ю., Скоморохова А.И. Исследования водно-дизельной смеси, приготавливаемой в динамическом аппарате для автотракторной техники // Инновационная техника и технология. 2021. Т. 8. № 3. С. 42–49.

Research of water-diesel mixture prepared in a dynamic device for automotive technology

Lomovskikh A.E., Borisov S.V., Rodionov D.Yu., Skomorokhova A.I.

Abstract. Water-fuel emulsions are used mainly with an emulsifying system, which significantly increases the cost of such fuel. At the same time, the use of fuel emulsions without expensive emulsifiers has not been sufficiently studied, which is an urgent scientific problem. The article describes experimental research on the study of a water-fuel emulsion prepared in a dynamic apparatus. The analysis of injection of conventional diesel fuel and the resulting mixture containing 17% of the aqueous phase and DT-L-K5 fuel in the amount of 83% was carried out. To study the process of preparing the mixture, a pilot plant was developed and created. The paper investigates the processes of the formation of a fuel jet when fuel is injected from a nozzle atomizer. The results obtained showed the advantage of using a water-diesel mixture in comparison with the considered diesel fuel. To confirm the experimental data, field studies were carried out to determine the fuel consumption when the D-241 engine was running. The conditions for carrying out transport work on the MTZ-80 tractor were reproduced when operating on diesel fuel and on a water-diesel mixture. It has been experimentally established that when the aqueous phase is introduced in an amount of 17% in relation to the volume of fuel in the prepared water-diesel mixture, the specific fuel consumption decreases by 17% when operating on the emulsion.

Keywords: water-fuel emulsion, supply system, engine performance, tractor machinery.

For citation: Lomovskikh A.E., Borisov S.V., Rodionov D.Yu., Skomorokhova A.I. Research

of water-diesel mixture prepared in a dynamic device for automotive technology. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2021. Vol. 8. No. 3. pp. 42–49. (In Russ.).

Введение

На сегодняшний момент во многих странах мира применяются водно-дизельные смеси, также именуемые водно-топливными эмульсиями (ВТЭ), в качестве топлива для двигателей внутреннего сгорания (ДВС). Такую ВТЭ приготавливают заранее на специальной установке и с использованием различных аппаратов. Затем полученную ВТЭ заливают в топливный бак транспортных средств (ТС). В связи с этим возникает сложность в том, что если сразу такое топливо не израсходовано, то вода, входящая в состав эмульсии, может со временем расслоиться в топливной системе и ТС выйдет из строя. Проведенный анализ показывает, что жизнеспособность такой ВТЭ составляет около 20...30 суток. Поэтому чтобы эмульсия долгое время не расслаивалась, в нее добавляют различные эмульгирующие системы (эмульгаторы), в основном, поверхностно активные вещества. Стоимость таких эмульгаторов очень высокая из-за этого стоимость ВТЭ дороже, чем обычное топливо. Это обстоятельство и препятствует повсеместному использованию ВТЭ [1].

Исследованию ВТЭ с добавлением эмульгирующей системы посвящены многие работы [2–5], а вот применение топливных эмульсий без использования дорогостоящего эмульгатора изучено недостаточно хорошо, что является актуальной научной проблемой, требующей дальнейшего рассмотрения.

Для решения этой задачи, авторами предлагается не использовать дорогостоящие эмульгаторы, а приготавливать ВТЭ на ТС непосредственно перед эксплуатацией машины, пока не произошло расслоение смеси. Стоимость такой эмульсии существенно снижается, так как нет необходимости в добавлении эмульгирующей системы. Предлагаемый способ производства ВТЭ позволит полностью израсходовать смесь в камере двигателей внутреннего сгорания до утраты ее жизнеспособности. Реализация данного метода осуществляется с использованием системы приготовления и подачи ВТЭ в ДВС, на которую был получен патент [6]. В рамках решения заявленной проблемы разработан метод обработки углеводородного топлива [7] на борту транспортного средства и запатентовано предназначенное для этого устройство [8], которое предполагает использование струйно-кавитационного дозатора [9] и динамического аппарата [10], необходимых для приготовления ВТЭ.

Цель работы состоит в проведении анализа показателей впрыскивания ДТ и водно-топливной эмульсии, с добавлением 17% водной фазы на основе экспериментальных, приготовленной разработанными устройствами.

Объекты и методы исследований

С целью исследования процесса приготовления ВТЭ была использована разработанная для опытов установка, которая показана на рис. 1. Компоненты ВТЭ (дизельное топливо и вода) помещаются в емкость 6. С использованием электрического насоса 5, компоненты подаются в динамический аппарат (ДА) 3, через шланг 2. В аппарате компоненты смеси подвергаются кавитационной обработке. В течение одной минуты ВТЭ приготавливается непрерывно, циклично по кругу. Готовая к применению эмульсия забирается топливоподкачивающим насосом через топливный шланг 7 в штатную топливную систему ДВС.

Для получения высокодисперсной и стабильной ВТЭ разработан и запатентован динамический аппарат [10]. Вначале была спроектирована 3D-модель аппарата, выполненная в системе автоматизированного проектирования SolidWorks-2016, затем по полученным чертежам изготовили динамический аппарат, детали которого представлены на рис. 2.

При визуальном анализе приготовленной ВТЭ можно сделать следующее заключение. За счет происходящей в ДА кавитации (в течение 1...2 минут после приготовления интенсивно выделяются пузырьки с воздухом) топливо насыщается воздухом. При частоте вращения ротора ДА равной 700 мин⁻¹ наблюдается равномерное распределение водных капель, средний размер которых по всему объему топлива составляет менее 2 мкм (рис. 3).

Для изучения работы дизельного двигателя на полученной водно-топливной эмульсии требуется исследовать процесс ее распыления через отверстия в распылителе форсунки [11].

Исследования проводились на образце летнего дизельного топлива марки ЕВРО, сорта «С», эко-

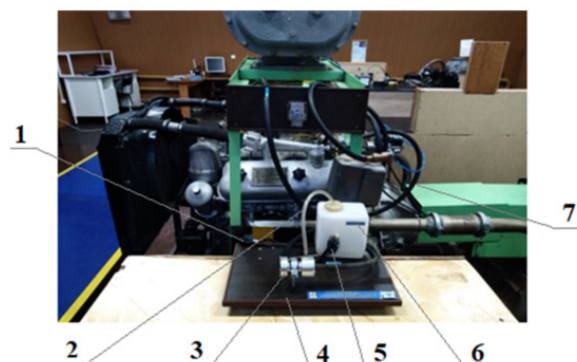


Рис. 1. Внешний вид экспериментальной установки: 1 – кнопка питания; 2 – топливный шланг; 3 – динамический аппарат; 4 – платформа установки; 5 – электрический насос; 6 – смешивательная емкость; 7 – топливный шланг для заборa ВТЭ

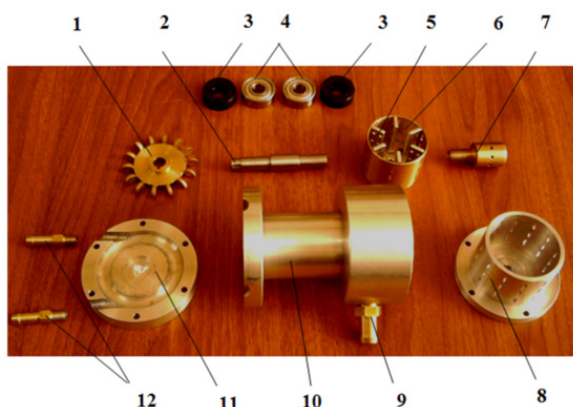


Рис. 2. Внешний вид деталей ДА: 1 – крыльчатка; 2 – вал привода; 3 – сальник; 4 – подшипник; 5 – крыльчатка ротора; 6 – ротор; 7 – дополнительный кавитатор; 8 – статор; 9 – штуцер, отводящий; 10 – корпус; 11 – крышка; 12 – штуцеры

логического класса К5 (ДТ-Л-К5) в соответствии с ГОСТ 32511–2013, которое было приобретено на автозаправочной станции. Это топливо использовали для приготовления ВТЭ. В состав ВТЭ включены два компонента: топливо ДТ-Л-К5 и дистиллированная вода в количествах 83% и 17% от всего объема топлива соответственно.

Сравнительный анализ проводился по результатам лабораторных исследований «Испытательной лаборатории нефтепродуктов» г. Воронежа. В соответствии с протоколом испытаний №27/21 от 22 января 2021 г., по определению плотности и фракционного состава образцов было установлено следующее. Топливо ДТ-Л-К5 не соответствует требованиям, указанным в ГОСТ 32511-2013, по плотности. Образец дизельного топлива имеет плотность 819 кг/м³. Согласно ГОСТу, она должна находиться в пределах 820...845 кг/м³. Плотность ВТЭ составила 824 кг/м³, что соответствует заявленному диапазону допустимых значений.

Объяснить повышение плотности у приготовленной смеси можно плотностью дистиллированной воды, превосходящей плотность дизельного топлива. При температуре 20 °С вода имеет плотность около 998 кг/м³. Ввиду чего, после кавитационной

обработки топлива с добавлением водного компонента в ДА, плотность ВТЭ повышается.

Опытные исследования по определению качественных и количественных показателей впрыскивания топлива ДТ-Л-К5 и водно-топливной эмульсии через отверстия в распылителе форсунки проводились с использованием стенда Т-9161-115 в соответствии с ГОСТ 10579–2017 [12].

Результаты и их обсуждение

При проведении опытов температура воздуха составляла 15–17 °С, атмосферное давление 745 мм.рт.ст. В результате экспериментальных исследований были получены количественные характеристики цикловой подачи дизельного топлива и ВТЭ, полученные за 100 циклов впрыска (табл. 1).

На основании данных таблицы, можно сделать вывод, что при одинаковых условиях после проведения 100 циклов впрыскивания, цикловая подача впрыска ВТЭ возросла почти на 2,5%, по сравнению с обычным дизельным топливом.

Исходя из таблицы 1, определялась величина цикловой подачи (г/цикл) одного впрыска топлива ДТ-Л-К5 и приготовленной эмульсии через форсунку по зависимости:

$$q = \frac{V}{i}, \quad (1)$$

где V – жидкость, собранная мерной колбой, мм³/г; i – количество циклов.

Тогда цикловая подача летнего дизельного топлива (q_{дт}) равна:

$$q_{дт} = \frac{21,62}{100} = 0,216 \text{ г/цикл.}$$

Цикловая подача водно-топливной эмульсии (q_{ВТЭ}), соответственно, составляет:

$$q_{ВТЭ} = \frac{21,1}{100} = 0,221 \text{ г/цикл.}$$

Сравнение полученных значений показывает

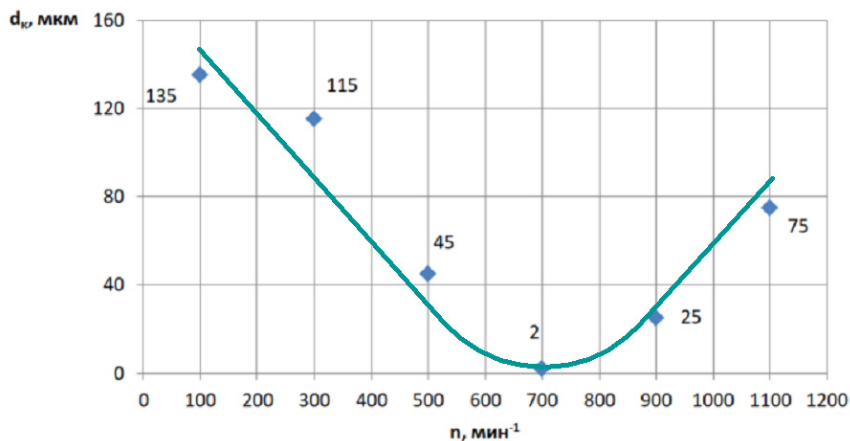


Рис. 3. Зависимость диаметра капель водной фазы в ВТЭ (d_к) от частоты вращения ротора ДА (n)

Таблица 1 – Количественные характеристики цикловой подачи дизельного топлива и ВТЭ

№ эксперимента	Цикловая подача топлива		Разница цикловой подачи, %
	ВТЭ, гр.	ДТ, гр.	
1	21,95	21,32	2,95
2	22,23	21,89	1,55
3	22,11	21,64	2,17
Среднее значение распыла	22,1	21,62	2,22

то, что значение цикловой подачи ВТЭ на 0,005 граммов выше, чем топлива ДТ-Л-К5 из-за увеличения плотности ВТЭ на 4 кг/м^3 .

В экспериментальных исследованиях фиксировались следующие параметры струи:

- дальность;
- угол раскрытия конуса;
- дисперсность распыливания топлива.

Впрыскиваемая струя в соответствии с ГОСТ 105179–2017 и как показано в работе [3], при визуальном наблюдении должна быть туманообразной, без сплошных струй и легко различимых сгущений.

Изучение процесса распыливания дизельного топлива и ВТЭ проводилось методом кинорегистрации. На рис. 4 показан внешний вид форсунки, через отверстия распылителя которой осуществлялось впрыскивание топлива ДТ-Л-К5 и приготовленной эмульсии.

Установлено, что при впрыскивании ВТЭ дальность струи увеличивается на 5...10%. Наблюдается изменение угла распыления струи: при распыле ВТЭ угол раскрытия конуса больше на 3...5 градуса, а его ширина увеличивается до 10%. Туманообразность более насыщенная благодаря

увеличению объема топливного факела. Как видно из рис. 4, диспергирование пузырьков воздуха в ВТЭ приводит к разрушению ядра распыливаемой струи.

В работе [3] были получены результаты, основываясь на которых, можно предположить, что вследствие диспергирования пузырьков воздуха в ВТЭ, разрушающих ядро впрыскиваемой струи, происходит увеличение периферийной зоны, в которой содержатся более мелкие капли чем «сердцевина» струи.

Результаты экспериментальных исследований свидетельствуют о том, что при распыле водно-дизельной смеси присутствуют физические процессы, улучшающие качество распыла благодаря насыщению дизельного топлива воздухом и водой. Существует оптимальное насыщение (SB опт.) топлива воздухом, которое составляет порядка 40...50%. При нем достигается максимальное улучшение показателей работы двигателя как экономических, так и экологических. Оптимальное насыщение топлива воздухом способствует уменьшению периода задержки воспламенения, как показано в источниках [13–15].

Полученные результаты подтвердились натурными испытаниями на тракторе МТЗ-80, с дизельным двигателем Д-241. До проведения испытаний техническое обслуживание машины осуществляли согласно регламенту для подготовки агрегата к весенне-полевым работам.

Перед испытаниями была проведена комплексная диагностика двигателя Д-241, которая подтвердила техническую исправность двигателя и его пригодность к полевым испытаниям с применением ВТЭ, приготовляемой по предложенной технологии, при ее своевременной подаче в систему питания.

Израсходованное топливо измерялось мерной емкостью. Необходимое количество топлива, соответствующее началу испытаний, наполняло тарированную колбу до определенной отметки, что



а)



б)

Рис. 4. Распылитель форсунки: а) впрыск дизельного топлива б) впрыск водно-топливной эмульсии

Таблица 2 – Контролируемые параметры трактора МТЗ-80 при использовании топлива ДТ-Л-К5

№ эксперимента	Расход топлива по заправке	Пройденная дистанция, км.	Давление в шинах, МПа.	Атмосферное давление, мм.рт.ст.	Влажность, %	Температура воздуха, °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

Таблица 3 – Контролируемые параметры трактора МТЗ-80 при использовании ВТЭ

№ эксперимента	Расход топлива по заправке, л	Пройденная дистанция, км	Давление в шинах, МПа	Атмосферное давление, мм.рт.ст.	Влажность, %	Температура 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

служило показателем израсходованного топлива в ходе опытных работ [16].

Испытания проводились под нагрузкой, для чего прицеп нагружался сахарной свеклой весом 1600 кг. По результатам взвешиваний фактическая масса прицепа и груза составила 3400 кг, что не превышает грузоподъемности трактора МТЗ-80, которая согласно техническим характеристикам равна 3650 кг [17].

Равномерное движение обеспечивалось путем проведения испытаний на ровном участке дороги без больших дефектов асфальтного покрытия, перепадов рельефа местности, выбоин, ям и поворотов. Этим требованиям соответствует участок дороги Эртильского района длиной 7,5 км в одну сторону между населенными пунктами Верхняя Плавица и Малый Самовец. Согласно ГОСТ Р 50597-93 [18] по качеству покрытия выбранный участок относится к дороге 3 класса.

Измерения осуществлялись после одного проезда трактора дистанции в 15 км на выбранном участке дороги. Предварительно двигатель прогревался до рабочей температуры, глушился, и топливная емкость, установленная для опытных испытаний, заполнялась до верхней отметки [19]. Было проведено 6 повторений описанного эксперимента. Вначале осуществлялась серия

из трех опытов на летнем дизельном топливе, результаты которых представлены в табл. 2.

На следующем этапе натурных испытаний трактор МТЗ-80 оборудовали устройствами для приготовления и своевременной подачи ВТЭ в систему питания. Полученные результаты работы трактора на приготовленной эмульсии представлены в табл. 3.

Анализируя данные из таблиц 2 и 3, можно сделать вывод об эффективности применения предлагаемой технологии. Средний расход топлива составил при работе на дизельном топливе и приготовленной ВТЭ без добавления эмульгатора составил 9,3 и 7,7 л соответственно.

Выводы

Таким образом, разработанная технология приготовления ВТЭ с использованием предлагаемых устройств позволяет сократить средний расход топлива на 17%. Это достигается благодаря улучшению качественных и количественных показателей распыления топлива через отверстия в распылителе форсунки, что было установлено в ходе визуального-сравнительного анализа. Кроме того, описанная методика исключает необходимость в применении дорогостоящих эмульгирующих систем для приготовления водно-топливной эмульсии.

Литература

- [1] Ломовских А.Е. Использование водно-топливной эмульсии в карбюраторных ДВС // Журнал «Инженерная физика», № 3, 2010. С.37–39.
- [2] Буклагина Г.В. Опыт модернизации тракторов МТЗ в Батыревской сельхозтехнике Чувашской Республики [Текст] / Буклагина Г.В. // Инженерно-техническое обеспечение АПК: реферативный журнал, 2002. № 2. С. 391.
- [3] Свистула А.Е. Повышение показателей рабочего процесса дизеля улучшением смесеобразования и

References

- [1] Lomovskih A.E. Ispol'zovanie vodno-toplivnoj jemul'sii v karbjuratornyh DVS [The use of water-fuel emulsion in carburetor internal combustion engines], Inzhenernaja fizika, 2010, No. 3, pp. 37–39.
- [2] Buklagina G.V. Opyt modernizacii traktorov MTZ v Batyrevskoj sel'hoztehnikе Chuvashskoj Respubliki [Experience of modernization of MTZ tractors in Batyrevskaya agricultural machinery of the Chuvash Republic], Inzhenerno-tehnicheskoe obespechenie APK: referativnyj zhurnal, 2002. No. 2. pp. 391.

- сгорания: автореф. дис. доктор. техн. Наук. Барнаул, 2007. 35 с.
- [4] Ложкин В.Н., Пименов Ю.А., Сафиуллин Р.Н., Акодес А.А. Улучшение экологических показателей автомобильных дизелей путем применения водно-топливных эмульсий // Материалы научно-практической конференции, 2005. 67–76 с.
- [5] 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.
- [6] Патент №2390649 Российская Федерация МПК F02M 25/00, F02B47/02/Ломовских А.Е., Воробьев Ю.В., Тетюриков В.Б. Система для приготовления и подачи ВТЭ в ДВС // Заявка №2007127031 опубл. 16.07.07. 18 с.
- [7] Патент № 2498094 Российская Федерация МПК 7 F 02B47/02. Борисов С.В., Иванов В.П., Ломовских А.Е., Капустин Д.Е., Сысоев И.П. Способ обработки углеводородного топлива для двигателей внутреннего сгорания // Заявка № 2011133257; заявл. 08.08.2011. 14 с.
- [8] Патент №2469199 RU МПК 7 F 02B47/02. Устройство для обработки углеводородного топлива /А.Е. Ломовских, В.П. Иванов, Д.Е. Капустин и др. // Заявка №2011132517/06 опубл. 10.12.2012. 7 с.
- [9] Патент №2352805 Российская Федерация МПК F02 M 25/00. Струйно-кавитационный эжектор для приготовления ВТЭ / Ломовских А.Е., Воробьев Ю.В., Дупляк В.П. // Заявка №2007139864 опубл. 30.10.07. 26 с.
- [10] Патент № 2509602 Российская Федерация МПК B01F 7/14. А.Е. Ломовских, В.П. Иванов и др. Роторно-пульсационный аппарат для приготовления водно-топливной эмульсии // Заявка №2011132519/15 опубл. 10.02.2013. 6 с.
- [11] Канищев А.С., Сазонов С.Н., Родионов Ю.В., Ломовских А.Е., Борисов С. В. Экспериментальные исследования по определению показателей впрыска водно-дизельной смеси // Наука в центральной России. 2021. № 2 (50). С. 61-70.
- [12] ГОСТ 10579–2017. Форсунки дизелей. Технические требования и методы испытаний. М.: Изд-во стандартов, 2018. 8 с.
- [13] Ломовских А.Е. Влияние топливных эмульсий на экологические и экологические характеристики ДВС / Иванов В.П., Илларионов В.В., Капустин Д.Е. // Вестник ВАИУ, выпуск № 4 (11), 2010. С.159–164.
- [14] Ломовских А.Е. Приготовление топливных эмульсий для двигателей внутреннего сгорания военной техники на основе роторно-пульсационного аппарата / Иванов В.П., Илларионов В.В., Татаринов В.В. // Журнал «Наукоемкие технологии», № 3, 2012. С.65–68.
- [15] Долинский А.А., Иваницкий Г.К. Принципы разработки новых энергосберегающих технологий и оборудования на основе методов дискретно-импульсного ввода энергии. Пром. Теплотехника. Т.19. № 4–5. 1997. С. 13–25.
- [16] ГОСТ 22576–1990. Автотранспортные средства.
- [3] Svistula A.E. Povyshenie pokazatelej rabocheho processa dizelja uluchsheniem smeseobrazovaniya i sgoraniya: avtoref. dis. doktor. tehn. nauk [Improving the performance of the diesel engine working process by improving mixture formation and combustion. Dr. tech. sci. abstract dis.]. Barnaul, 2007. 35 p.
- [4] Lozhkin V.N., Pimenov Ju.A., Safiullin R.N., Akodes A.A. Uluchshenie jekologicheskikh pokazatelej avtomobil'nyh dizelej putem primenenija vodno-toplivnyh jemul'sij [Improving the environmental performance of automotive diesel engines by using water-fuel emulsions], Materialy nauchno-prakticheskoi konferencii, 2005, pp. 67–76.
- [5] Akulov N.I. Razrabotka processov polucheniya jemul'sij vodno-spirtovyh rastvorov v benzine v rotornyh apparatah s moduljaciej potoka i ih koaguljacija [Development of processes for obtaining emulsions of water-alcohol solutions in gasoline in rotary apparatus with flow modulation and their coagulation]. Moscow, Nauka, 2005, 202 p.
- [6] Lomovskih A.E., Vorob'ev Ju.V., Tetjurikov V.B. Sistema dlja prigotovlenija i podachi VTJe v DVS [System for the preparation and supply of water-fuel emulsions in the internal combustion engine]. Patent RF, no. 2390649, 2007.
- [7] Borisov S.V., Ivanov V.P., Lomovskih A.E., Kapustin D.E., Sysoev I.P. Sposob obrabotki uglevodorodnogo topliva dlja dvigatelej vnutrennego sgoraniya [Method for processing hydrocarbon fuel for internal combustion engines]. Patent RF, no. 2498094, 2011.
- [8] Lomovskih A.E., Ivanov V.P., Kapustin D.E. i dr. Ustrojstvo dlja obrabotki uglevodorodnogo topliva [Hydrocarbon fuel processing device]. Patent RF, no. 2469199, 2012.
- [9] Lomovskih A.E., Vorob'ev Ju.V., Dupljak V.P. Strujno-kavitacionnyj jezhektor dlja prigotovlenija VTJe [Jet cavitation ejector for preparing water-fuel emulsions]. Patent RF, no. 2352805, 2007.
- [10] Lomovskih A.E., Ivanov V.P. i dr. Rotornopul'sacionnyj apparat dlja prigotovlenija vodno-toplivnoj jemul'sii [Rotary-pulsating apparatus for the preparation of water-fuel emulsion]. Patent RF, no. 2509602, 2013.
- [11] Kanishchev A.S., Sazonov S.N., Rodionov Yu.V., Lomovskikh A.E., Borisov S. V. Eksperimental'nye issledovaniya po opredeleniyu pokazatelei vpryska vodno-dizel'noi smesi [Experimental studies to determine the parameters of injection of a water-diesel mixture]. Nauka v tsentral'noi Rossii, 2021. No. 2 (50), pp. 61-70.
- [12] GOST 10579–2017. Forsunki dizelej. Tehnicheskie trebovanija i metody ispytanij [State Standard 10579–2017 Diesel injectors. Technical requirements and test methods]. Moscow, Standartinform Publ., 2018. 8 p.
- [13] Lomovskih A.E., Ivanov V.P., Illarionov V.V., Kapustin D.E. Vlijanie toplivnyh jemul'sij na jekologicheskie i jekologicheskie harakteristiki DVS [Influence of fuel emulsions on the ecological and ecological characteristics of internal combustion engines], Vestnik VAIU, 2010. No. 4 (11), pp.159–164.

- Скоростные свойства. М.: Изд-во стандартов, 1990. 20 с.
- [17] ГОСТ 54810–2011. Автотранспортные средства. Топливная экономичность. Методы испытаний. М.: Изд-во стандартов, 2011. 46 с.
- [18] ГОСТ Р 50597–93. Автомобильные дороги и улицы. Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности дорожного движения. М.: Изд-во стандартов, ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 2017. 28 с.
- [19] ГОСТ 19677–87. Тракторы сельскохозяйственные. Общие технические условия. М.: Изд-во стандартов, 1987. 19 с. The prospects of Jerusalem artichoke in functional food ingredients and bioenergy production / L Yang, QS He, K Corscadden, CC Udenigwe. Biotechnology Reports, 2015, vol. 5, pp 77–88.
- [14] Lomovskih A.E. Ivanov V.P., Illarionov V.V., Tatarinov V.V. Prigotovlenie toplivnyh jemul'sij dlja dvigatelej vnutrennego sgoranija voennoj tehniky na osnove rotorno-pul'sacionnogo apparata [Preparation of fuel emulsions for internal combustion engines of military equipment based on a rotary-pulsating apparatus], Naukoemkie tehnologii, 2012. No. 3, pp. 65–68.
- [15] Dolinskij A.A., Ivanickij G.K. Principy razrabotki novyh jenergosberegajushhij tehnologij i oborudovaniya na osnove metodov diskretno-impul'snogo vvoda jenerгии [Principles of development of new energy-saving technologies and equipment based on methods of discrete-pulse energy input]. Promyshlennaya teplotekhnika, 1997. Vol. 19 No. 4-5, pp. 13–25.
- [16] GOST 22576–1990. Avtotransportnye sredstva. Skorostnye svojstva. [State Standard 22576–1990 Motor vehicles. Velocity properties]. Moscow, Standartinform Publ., 1990. 20 p.
- [17] GOST 54810–2011. Avtotransportnye sredstva. Toplivnaja jekonomichnost'. Metody ispytaniy. [State Standard 54810–2011 Motor vehicles. Fuel efficiency. Test methods]. Moscow, Standartinform Publ., 2011. 46 p.
- [18] GOST R 50597–93. Avtomobil'nye dorogi i ulicy. Trebovaniya k jekspluatacionnomu sostojaniju, dopustimomu po uslovijam obespechenija bezopasnosti dorozhnogo dvizhenija. [State Standard 50597–93 Highways and streets. Requirements for the operational state permissible under the conditions of ensuring road safety]. Moscow, Standartinform Publ., 2017. 28 p.
- [19] GOST 19677–87. Traktory sel'skhozajstvvennye. Obshhie tehicheskie uslovija. [State Standard 19677–87 Agricultural tractors. General specifications]. Moscow, Standartinform Publ., 1987. 19 p.

Сведения об авторах

Information about the authors

<p>Ломовских Александр Егорович кандидат технических наук доцент кафедры ФГКВОУ ВО «ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, д. 54 а Тел.: +7(995) 094-12-60 E-mail: lomovskih1979@yandex.ru</p>	<p>Lomovskih Alexander Egorovich PhD in Technical Sciences associate professor at the department 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” Phone: +7(995) 094-12-60 E-mail: lomovskih1979@yandex.ru</p>
<p>Борисов Сергей Владимирович заведующий лаборатории ФГКВОУ ВО «ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, д. 54 а Тел.: +7(952) 555-99-34 E-mail: sergeevich2105219@yandex.ru</p>	<p>Borisov Sergey Vladimirovich head of the laboratory 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” Phone: +7(952) 555-99-34 E-mail: sergeevich2105219@yandex.ru</p>

<p>Родионов Дмитрий Юрьевич студент кафедры ТОГАПОУ «Колледж техники и технологии наземного транспорта им. М.С. Солнцева» ТОГАПОУ «Колледж техники и технологии наземного транспорта им. М.С. Солнцева» 392000, г. Тамбов, ул. Советская, д. 193 Тел.: +7(475) 263-04-59 E-mail: rodionow.u.w@rambler.ru</p>	<p>Rodionov Dmitriy Yurievich student of the department College of Engineering and Technology of Land Transport named after M. S. Solntsev College of Engineering and Technology of Land Transport named after M. S. Solntsev Phone: +7(475) 263-04-59 E-mail: rodionow.u.w@rambler.ru</p>
<p>Скоморохова Анастасия Игоревна магистрант кафедры «Компьютерно-интегрированные системы в машиностроении» ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет» 392032, г. Тамбов, ул. Мичуринская, 112 Тел.: +7(475) 263-04-59 E-mail: nasta373@mail.ru</p>	<p>Skomorokhova Anastasia Igorevna undergraduate of the department «Computer-integrated systems in mechanical engineering» Tambov State Technical University Phone: +7(475) 263-04-59 E-mail: nasta373@mail.ru</p>