УДК 629.113.52; 62-1/-9; 53.09 DOI: 10.35887/2305-2538-2020-6-81-90

АПРОБИРОВАННОЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СЕРВИСА АВТОТРАКТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

¹Дунаев Анатолий Васильевич ²Родионов Юрий Викторович ³Ломовских Александр Егорович ³Свиридов Алексей Алексевич ³Рябчук Алексей Сергеевич ¹Макаркин Игорь Михайлович

¹ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» ²ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет» ³ФГКВОУ ВО «ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

Реферат. В статье описывается актуальная проблема, связанная с необходимость в повышении ресурса, экономичности и экологичности автотракторных двигателей, что постоянно обусловливает инновации в их обслуживании и ремонте. Для этого в некоторых странах проводят магнитную, электромагнитную, электростатическую модификацию топлив, ввод в моторные масла большого разнообразия триботехнических составов, электрических зарядов и ионов мягких металлов, а сегодня апробируют модификацию топлив механо-химией, кавитацией, трибоэлектризацией и ими совместно. Но наиболее эффективно модификацию топлив и заметное уменьшение их расхода обеспечивают активаторы профессора Воробьева Ю.В. по патенту РФ № 2411074. Целью приведенных в статье исследований является обобщение результатов испытаний этого активатора, выяснение особенности модификации им топлив, а также наметить меры для обеспечения стабильной его работы на разных двигателях. Из анализа конструкции активаторов и эффективности их работы предположено, что модификация моторных топлив, рапсового масла, алкогольных напитков и природных вод происходит вначале механо-химией, далее – кавитацией, а окончательно – снова механо-химией. Эффективность активаторов подтверждена стендовыми и эксплуатационными испытаниями по снижению расхода топлив на $2\hat{0}-30$ %, 80 парами хроматограмм и химмотологией модифицированных десятков разных жидкостей, испытаниями в Рочестер Центр, необратимостью и усилением модификации топлив в хранении и другими необычными свойствами активированных топлив, алкогольных жидкостей и вод. Эффективность активатора по повышению им калорийности жидких топлив на $26-30\,\%$ и снижение до $31\,\%$ расхода моторных топлив обеспечивается оптимизацией его конструкции для разных расходов жидкостей в нем и антиэрозионными материалами.

Ключевые слова: двигатель, технический сервис, активация топлив, электрообработка масел, трибосостав, изнашивание, ресурс, расход топлива, дымность.

TESTED SERVICE IMPROVEMENT OF AUTO TRACTOR ENGINES

¹Dunaev Anatoly ²Rodionov Yuri ³Lomovskih Alexandr ³Sviridov Alexey ³Ryabchuk Alexey ¹Makarcin Igor

¹FSBSI "Federal Scientific Agroengineering Center VIM" ²FSBEI HE "Tambov state technical university" ³MERC "Air Force Academy Professor N.E. Zhukovsky and Major Y.A. Gagarin"

Abstract. The urgent problem associated with the need to increase the resource, efficiency and environmental friendliness of automotive engines, which constantly determines innovations in their maintenance and repair, is described in the article. Magnetic, electromagnetic, electrostatic modification

of fuels, the introduction of a wide variety of tribotechnical compositions, electric charges and ions of soft metals into engine oils, and today they are testing the modification of fuels by mechanochemistry, cavitation, triboelectrization, and they are jointly carried out for this in some countries. Today, fuel modification is being tested by mechanical chemistry, cavitation, triboelectrization, and so on. But the most effective modification of fuels and a noticeable reduction in their consumption are provided by activators of Professor Vorobyov Yu.V. under the RF patent № 2411074. The purpose of the research presented in the article is to summarize the test results of this activator, to clarify the features of its fuel modification, and to outline measures to ensure its stable operation on different engines. From the analysis of the design of activators and the efficiency of their operation it is assumed. that the modification of motor fuels, rapeseed oil, alcoholic beverages, and natural waters occurs first by mechanical chemistry, then by cavitation, and finally again by mechanical chemistry. The effectiveness of activators is confirmed by bench and operational tests to reduce fuel consumption by 20 - 30 %, 80 pairs of chromatograms and chemical analysis of modified dozens of different liquids, tests at the Rochester Center, the irreversibility and enhancement of fuel modification in storage, and other unusual properties of activated fuels, alcoholic liquids and waters. The efficiency of the activator in increasing the calorific value of liquid fuels by 26-30 % and reducing the consumption of motor fuels before 31 % is provided by optimizing its design for different liquid consumption in it and anti-erosion materials.

Keywords: engine, technical service, activation, electrical treatment of oils. tribotecnical additiv, wear, resource, fuel consumption, smoke.

Введение. Для совершенствования технического сервиса двигателей внутреннего сгорания (ДВС) применяют различные инновационные приемы. Наиболее ранним из них является активация моторных топлив магнитными [1,2] и подобными им устройствами, известными еще с довоенных времен. А с 1998 г. в Российской Федерации (РФ), а далее в мире, стало расширяться применение триботехнических составов для уменьшения и компенсации изнашивания сопряжений и тем самым увеличения ресурса, надежности, экономичности и экологичности автотракторных двигателей [3-5]. В наше время возникла электростатическая обработка картерных масел [6], эмиссия в них электрических зарядов и ионов мягких металлов [7], что проще, но по эффективности сопоставимо с применением трибосоставов. А последняя инновация — совместная кавитационная [8-10] и механо-химическая [11-13] активация моторных топлив.

По первой инновации. Так как взаимодействие веществ имеет электромагнитную природу, то на них и влияют внешние воздействия. Поэтому магнитные, электромагнитные, электрические поля модифицируют нефтепродукты и их свойства особенно при наличии полярных молекул. Но доля их различна и эффект модификации разный. Предположено, что магнитные, электромагнитные поля диспергируют кластеры углеводородов разрядкой или наоборот — их поляризацией.

Известно множество отечественных и зарубежных методов и устройств для магнитной [1], электромагнитной [2] обработки моторных топлив и впускного в ДВС воздуха. Магнитные модификаторы защищены патентами РФ № 2268388, 2304231, 2306448, 2307258, 2310769, 2319834, 2324838, 2327895, электростатические — патентами № 2011881, 2032107, 2215172, 2293871, электромагнитые — патентами РФ № 2038506, 2093699, комплексные — патентами № 2377434, 2296238, а в патенте ВИЭСХ № 2554195 совмещены магниты и электромагниты Гельмгольца с компенсаторами реактивной мощности и со спиральным проточным каналом.

Магнитные и электромагнитные активаторы вошли в гражданскую сферу многих стран. По к.т.н. Шабанову А.Ю. (СПбГПУ) они «снижают расход топлив ДВС на холостом ходу не менее чем на 15 %, а по рабочему циклу — на 3-6 %. Улучшается смесеобразование, очищается камера сгорания ДВС, а основной эффект — уменьшение на 40-50 % дымности отработавших газов ДВС».

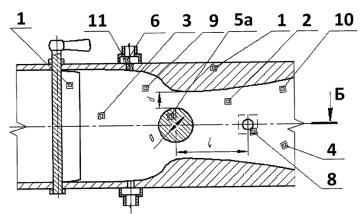
По второй инновации в РФ, Европе, Японии, Китае, в других странах с прошлого века известно разнообразие минеральных модификаторов поверхностей трения (ММПТ) на основе гидросиликатов магния, никеля, алюминия, железа, их смесей, вводимых в смазки [5]. В РФ более чем 65 марок ММПТ производят 7 организаций Петербурга, 4 — в Москве и в Подмосковье, в Н.-Новгороде, Красноярске, Екатеринбурге, Омске. Высокая эффективность ММПТ давно подтверждена десятками ведущих промышленных НИИ и университетов РФ, а за рубежом, широкой их апробацией фактически во всех сферах экономики, в оборонке, в ВМФ, а особенно на транспорте: продление ресурса изношенных сопряжений трения до 3 раз, уменьшение расхода топлив на 3–17 %, уменьшение токсичности отработавших газов ДВС. Рентабельность ММПТ 300 — 1200 %. ММПТ подлежат самому широкому внедрению во многих отраслях РФ, а особенно в АПК.

Следующая инновация — электрообработка моторных, гидравлических масел: электростатическая высоковольтными устройствами Харьковской акад. ж.-д. транспорта [6]; эмиссией зарядов и ионов металлов в разные масла с помощью частных [7] и серийных преобразователей батарейного напряжения до + 50 В и выше. Последний прием проще и для профилактики изнашивания аналогичен применению ММПТ. При этом износ уменьшается до 3,5 раз, расход топлив на 3-17 %, заметно уменьшается токсичность газов ДВС, масла осветляются. Эта инновация подлежит более широкому применению везде, а особенно в АПК.

Свежая инновация — кавитационная [8 — 10], а позже — механо-химическая и комплексная [11 — 13] активация моторных топлив, более эффективная, необратимая и продолжающаяся в их хранении. Еще в XX веке появились гомогенизаторы и кавитаторы нефтепродуктов (в городах Полтава, Одесса, Черкассы, Череповец, Шахты, Новосибирск и др.), а обработка ими мазута, водомазутных эмульсий главных судовых дизелей вышла из Одессы на океанские просторы.

Кавитационные гомогенизаторы, активаторы топлив известны по патентам СССР и РФ № 1650227, 2011881, 2077939, 2155633, 2159684, 2285558, 2305589, 2430773. Из промышленных их аналогов интуитивно и на научной основе наиболее распространены гидродинамические, известные по Рэлею с 1917 г. [14], актуальные и ныне. Обработанные топлива сгорают полнее, с меньшим расходом, уменьшаются вредные газы недогорания. Уменьшается вязкость топлив, требуемый нагрев, улучшается распыливание, создаются водо-топливные эмульсии (белое топливо) для эффективного сжигания обычного и обводнённого судового топлива.

Интересен регулируемый кавитатор из Научного Центра Нелинейной Волновой Механики и Техники (НЦ НВМТ) при ИМАШ РАН по патенту РФ № 2306972 (рисунок 1), но для активации топлив он не проверен.

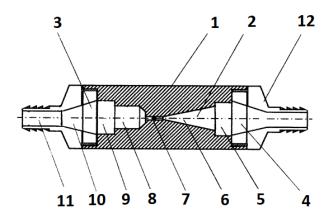


1 – корпус; 2 – выходной патрубок; 4, 8, 10 – особые зоны выходного патрубка; 3 – входной патрубок с зоной сужения 9; 5а – один из трех кавитаторов; 6 – предвключенная камера; 7 – регулятор смеси; 11 – сопло для подачи смеси

Рисунок 1 — Кавитатор по патенту РФ № 2306972

Особо прост топливный кавитатор по патенту РФ № 2435649 (рисунок 2) для разного применения. Считается, что он облегчает фракционный состав и повышает калорийность топлив, а свободные радикалы из-за кавитации в нем улучшают сгорание, расход топлива уменьшается до 30 %, в 2 – 3 раза уменьшается выход вредных газов. Облегчается зимний пуск ДВС, перепускаемое топливо со свободными радикалами поглощает конденсат в баке, насыщается им и далее очищает камеры сгорания ДВС.

Однако к дизелям нужен дополнительный регулируемый насос. Конструкция кавитатора и режимы его работы авторы оптимизировали испытаниями. Получены ими такие значения коэффициента кавитации «Х»: для бензинов – 1,07; для ДТ без дополнительного насоса – 1,34, а с ним (5 бар) – 0,47. В докавитационном сплошном однофазном потоке X > 1; в кавитационном двухфазном граничное значение $X \approx 1$; в пленочной кавитации со стабильной кавитационной полостью X < 1; а в суперкавитации X << 1.



1 — корпус, 2 — вход топлива, 3 — зона кавитации, 4, 10 — полый усеченный конус; 5, 8, 9 — цилиндрическая часть; 6 — коническая часть; 7 — сопло; 12 — штуцер подвода топлива; 11 — штуцер отвода топлива

Рисунок 2 – Топливный кавитатор по патенту РФ № 2435649

Известен Украинский малогабаритный активатор (рисунок 3) весом 180 г. По его создателю «кавитатор на основе нескольких приемов и точнейшей внутренней геометрии без ограничения ресурса пригоден на пропуск до 220 л/ч, не засоряется, не нагружает топливную систему ДВС» [7]. С 2007 г. активатор на промышленных выставках Украины получил несколько почетных Дипломов.

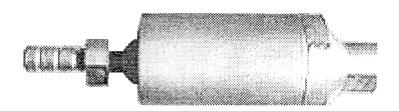


Рисунок 3 – Миниатюрный Украинский гомогенизатор моторных топлив

Следует учитывать и известную [11 – 13] эффективную механо-химическую деструкцию веществ. Поэтому разнообразнее и глубже, чем в НЦ НВМТ, модифицируют жидкости активаторами проф. Воробьева Ю.В., не предназначавшимися для активации топлив, по патентам РФ № 2411074 и 2550203.

Цель исследования — обобщение результатов испытаний активаторов профессора Воробьева Ю.В., выяснение особенности модификации ими моторных топлив и наметить меры для обеспечения стабильной их работы в разных ДВС.

Материалы и методы. Использованы описания и результаты испытаний [12-17] активаторов по патентам РФ № 2411074, 2550203, 2592801.

Результаты и их обсуждение. По данным многих исследований [11 – 13] и результатов пяти стендовых испытаний всех модификаций активатора проф. Воробьева Ю.В. на двигателях КамАЗ-740, ЗМЗ-406, ЯМЗ-236, УМЗ-417 с дизельным топливом (ДТ), бензином, с водо-топливной эмульсией [15], проведенных в ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж) формула научного открытия модификации им топлив такова: «Экспериментально установлены новые особенности модификации моторных топлив в активаторе по патенту РФ № 2411074 в том, что механо-химическая турбулизация их в первой камере, разрушающая кластеры молекул, кавитация во второй, диспергирующая сами молекулы, и механо-химическое истирание в третьей облегчают фракционный состав, благодаря активным радикалам в механо-

химии продолжают их модификацию в хранении, обеспечивают необратимость улучшенных свойств топлив до их сгорания, повышение калорийности и сокращение их расхода на $20-27\,\%$ без уменьшения мощности ДВС, уменьшение на $8,7\,\%$ дымности дизелей, резкое уменьшение токсичности отработавших газов бензиновых ДВС, снижение с $-30\,^{\circ}$ С до $-45\,^{\circ}$ С замерзания дизельных топлив, многократную их очистку от смол и соединений серы». Повышение калорийности топлив активацией следует из [16] и из таблицы 1.

Таблица 1 – Калорийность и энергия связей атомов углерода в углеводородах

	Вещество	Стандартная		Энергия связи	Возможная	Повышение
№ п/п		калорийность		атомов углерода,	калорийность,	калорийности,
		кДж/моль	кДж/г	кДж/моль [17]	кДж/моль	%
1	Графит	393,68	394,1	=	=	
2	Водород	286,020	143,01	-	-	
3	Метан	890,930	55,73	-	890,930	
4	Этан	1560,88	51,92	$220,98 (Q_x)$	1781,86	14
5	Пропан	2220,30	50,37	452,49	2672,79	20,3
6	Бутан	2880,26	49,61	683,46	3563,72	23,7
7	Пентан	3511,50	48,73	943,15	4454,65	26,8
8	Гексан	4165,82	48,40	1179,76	5345,58	28,3
9	Гептан	4820,39	48,19	1416,12	6236,51	29,4
10	Октан	5474,41	47,97	1653,03	7127,44	30,2
11	Декан	6783,16	47,72	2126,14	8909,30	31,3
12	н-Додекан	8091,95	47,56	=	-	-
13	н-Гексадекан	10708,08	47,31	=	=	-

Из таблицы 1 следует, что с удлинением молекул углеводородов их массовая калорийность растет не пропорционально числу в них метильных групп (CH_2) из-за расходования части тепла сгорания на разрыв связей в цепях молекул. Это и объясняет повышение калорийности активированных, облегченных топлив.

Но модификация топлив активатором [11-13] идёт и в хранении, по-видимому, благодаря образующимся в кавитации активным радикалам [18], а доли активированного дизельного топлива, вводимые профессором Воробьевым Ю.В. в неактивированное, поэтапно повышали в смеси долю активированного до 35 %.

Известно, что теплота сгорания тратится и на испарение веществ до молекул и на диссоциацию молекул кислорода. Но если все это проводить до сжигания, то на неё теплоты сгорания тратиться меньше и калорийность топлив становится больше (таблица 1). Это подтверждается и повышенной калорийностью нефтяных газов, как бы диспергированных жидких топлив. Но по Канареву Ф.М. [19] есть и иные, неожиданные причины повышения калорийности активированных топлив: это обратное действие валентных электронов в осколках молекул углеводородов, возвращающее затраты энергии в механо-химии, а также создание давления сгорания в ДВС не газами, сгорания, а фотонами валентных электронов в осколках диспергированных молекул.

Для оценки влияния различных вариантов активаторов Воробьева Ю.В. на мощностные показатели ДВС в учебной лаборатории ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж) были проведены стендовые испытания ДВС УМЗ-417 под полной нагрузкой. Комплект некоторых активаторов профессора Воробьева Ю.В. представлен на рисунке 4.

На рисунке 5 представлены различные варианты активаторов и места их установки в системе питания ДВС УМЗ-417.

Цель испытаний: определение часового расхода топлива и крутящего момента бензинового ДВС с активатором производства АО «ТЗ «Ревтруд» по патенту РФ № 2411074 на холостом ходу и под нагрузкой.

Испытания проведены на стенде КИ-568-ГОСНИТИ. При этом использовали бензин марки АИ-92 и стандартные средства контроля температуры, времени испытаний и частоты вращения коленчатого вала ДВС с приведенной погрешностью $\pm 1\,$ %.





Рисунок 4 — Комплект некоторых активаторов профессора Воробьева Ю.В., ранее испытанных на стенде и в эксплуатации на десятках бензиновых автомобилей







Рисунок 5 – Места установки активаторов в системе питания ДВС УМЗ-417

Определение показателей работы ДВС проводили согласно требованиям ГОСТ 14846-81, ГОСТ 52408-2005, ГОСТ 51249-99:

- при температуре окружающего воздуха + 20°C;
- относительной влажности воздуха $36\% \le \phi \le 50\%$;
- атмосферном давлении 750 мм. рт. ст. $\leq P_a \leq$ 760 мм. рт. ст.;
- температура бензина на входе в ДВС составляла $20^{\circ}\text{C} \le \text{T} \le 25^{\circ}\text{C}$;
- температура охлаждающей жидкости ДВС составляла 75...90°С.

Испытания проводились в три этапа:

І-й – без активатора: определение часового расхода топлива и крутящего момента;

ІІ-й – запуск двигателя с активатором и определение устойчивости его работы;

III-й – определение часового расхода топлива и крутящего момента ДВС с активатором.

Все испытания повторяли трехкратно. Время каждого (кроме нагрузочных испытаний) — 10 мин. Средние значения результатов испытаний приведены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2 – Результаты стендовых испытаний двигателя УМЗ-417 в режиме холостого хода

Начини актиратора	Частота вращения	Расход топлива	Экономия
Наличие активатора	коленвала, мин $^{-1}$	за 10 мин, мл	топлива, %
Без активатора	2200	420	-
С активатором	2200	305	27,4
С образцовым активатором ТГТУ	2200	290	31,1

Часовой расход бензина составлял: без активатора -2520 мл, с активатором от AO «ТЗ «Ревтруд» -1830 мл, а с контрольным активатором проф. Воробьева Ю.В. (ТГТУ) -1740 мл.

Таблица 3 – Результаты стендовых испытаний двигателя УМЗ-417 под нагрузкой (определение

крутящего момента)

TT.	тт	TC V
Наличие активатора	Частота вращения	Крутящий момент,
	коленвала, мин ⁻¹	кгс•м
Без активатора	3400	7,8
С активатором	3600	9,2
С образцовым активатором ТГТУ	3400	9,7

Из результатов испытаний сделан вывод о том, что активатор от AO «ТЗ «Ревтруд» также значительно уменьшает расход топлива. А для объяснения увеличения крутящего момента ДВС с активаторами проф. Воробьева Ю.В. требуются дальнейшие исследования.

Сравнение эффективности активаторов профессора Воробьева Ю.В. разного изготовления показало, что конструктивные изменения в пионерном активаторе ухудшают модификацию топлив. Так замена витых элементов резьбой в первой камере, отклонения от диаметра микроканалов с 1,5 мм на 1 и 2 мм, расширение щелей решетки в третьей камере, замена металлического корпуса на полипропиленовый, уменьшение внутренних диаметров входных штуцеров с 7 мм до 4 мм ухудшали эффективность модификации топлив. Поэтому для ДВС мощностью свыше 250 л.с. необходимо наращивать конструктивы активатора, по-видимому, пропорционально объему потока топлив.

Из изложенного, для обеспечения стабильной модификации топлив активатором на разных ДВС возможно учитывать такие предложения:

- длину первой камеры задавать пропорционально расходу топлива через активатор из соотношения $L=L_0(Q_{\text{факт}}/Q_0)$, где L_0- длина камеры в пионерном активаторе;
 - диаметр микроканалов в диске задавать из соотношения $d = 1,5(Q_{\text{факт}}/Q_0);$
 - число микроканалов задавать из соотношения $N = 6/(Q_{\text{факт}}/Q_0)$;
- решетки камеры III выполнять из листов тех же сталей, что и для корпуса активатора, толщиной 0,2-0,3 мм;
 - число пластин решеток камеры III задавать по зависимости $N = 5/(Q_{\text{dagr}}/Q_0)$;
 - ширину щелей решеток III камеры задавать из соотношения $b = 0.05\sqrt{(Q_{\text{факт}}/Q_0)}$;
 - пластины в камере III закреплять с зазором 1 мм;
 - предусмотреть съемность пластин для их промывки после облитерации;

- для повышения ресурса активатора его корпус следует изготавливать из материалов, стойких к кавитационной эрозии, например, из кремнистой бронзы марки Бр.КМц 3–1, применяемой приизготовления труб, втулок, пружин в судостроении, авиации, химической промышленности или из сталей для труб марок 08X18H10T, 12X18H10T, 10X17H13M2T;
 - шероховатость внутренних поверхностей активатора должна быть менее 0,032 мм;
 - нужна теплоизоляция активатора для предотвращения его нагрева от ДВС.

Конечно, нужны эксплуатационные испытания активатора на ресурс, а также дополнительные стендовые под полной нагрузкой разных ДВС.

Следует также проверить влияние подогрева топлив, магнитного поля на входе, на выходе из активатора, его эрозионный ресурс. Желательно оптимизировать выбор металлов к деталям активатора, уменьшить себестоимость его производства.

Заключение. Из инноваций в техническом сервисе автотракторных ДВС, в т.ч. в АПК, особенно актуально модификаторы трения и электрическая обработка моторных масел. Менее актуальны магнитные и им подобные активаторы топлив. Перспективен активатор профессора Воробьева Ю.В. в уменьшении расхода моторных топлив, реализующий механо-химию и кавитацию. Необратимая и непрерывная модификация топлив этим активатором уменьшает их расход на 21,3 – 31,9 %. Но механизмы модификации топлив в активаторе требуют параметрического уточнения, широких нагрузочных испытаний, на эрозионную стойкость, в холодный период года, оптимальное масштабирование для разных установок. Полезны его наблюдения через прозрачный корпус в разных режимах работы с бензином, ДТ, водой, моторным маслом, с наложением магнитного, переменного электромагнитного поля. Апробация на маловязких нефтях позволит уточнить пределы эффективности активатора в дроблении молекул тяжелых углеводородов. Возможна его апробация на автозаправочных станциях и в производстве экологичных топлив.

Список литературы

- 1. Спиридонов Р.В., Демахин С.А., Кивокурцев А.Ю. Магнитная обработка жидкостей в нефтедобыче. Саратов: Изд-во ГосУНЦ «Колледж». 2003. 73 с.
- 2. Микипорис Ю.А. Улучшение экологических показателей автомобильных двигателей электромагнитной и триботехнической обработкой топлива. Учебное пособие. Ковров: КГТА. 2008 168 с
- 3. Патент РФ № 2679575 МПК F01M 9/02, F16N 15/00. Комплексный триботехнический и электрический способ повышения эффективности смазывания в агрегатах автотракторной техники. / Пустовой И.Ф., Дунаев А.В., Любимов Д.Н. . Опубл. 2019.02.11.
- 4. НПИФ «ЭНИОН-БАЛТИКА». Сборник материалов по исследованию и примененению триботехнических составов НИОД за 1991-2003 г. / URL: http://niod-vol.ru. (дата обращения 03.11.2020).
- 5. Дунаев А.В. Нетрадиционная триботехника. Некоторые итоги развития в России. Монография. Lambert Academic Publishing. 2018. 217 с.
- 6. Воронин С.В., Дунаев А.В. Влияние электрического и магнитного поля на механизм действия присадок к маслам. // Трение и износ. -2015. Т. 36. № 1. С. 41 49.
- 7. Любимов Д.Н., Долгополов К.Н., Вершинин Н.К., Дунаев А.В. Применение эффекта поля для снижения фрикционных потерь машин. // Тракторы и сельхозмашины. -2014. -№ 10. С. 40-43.
 - 8. ЦЭТ Гидротопливо. / URL: http://www.vortexfuel.com.ua. (дата обращения 03.11.2020).
- 9. Василевский А.В. Обработка дизельного топлива ультразвуковым кавитационным воздействием. / Рязанское высшее воздушно-десантное командное училище. Труды. Т. 1-2, № 42 43. 2012. С. 18 20.
- 10. Грумондз В.Т., Мягков К.Г, Степанова В.В. Применение пузырьковой кавитации к обработке углеводородных жидкостей. // Вестник МАИ. -2007. Т. 14. № 3. С. 146 152.
- 11. Воробьёв Ю.В. Основы теории механоактивации жидких сред. // Вестник ТГТУ. -2013. − Т. 19. -№ 3. С. 608-613.
- 12. Воробьев Ю.В., Фарахшина И.В. Анализ результатов механоактивации дизельного топлива по хроматографическим исследованиям. // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. -2016. № 3. С. 38-41.
- 13. Воробьев Ю.В., Дунаев А.В., Малахов В.А. Механо-химическая обработка топлива резерв повышения топливной экономичности автотранспорта в горной промышленности. // Горный журнал. 2017. № 10. C. 92 94.

- 14. Юшков Н.Б., Шмырков О.В., Кормилицын В.И. Формирование тонкодисперсных эмульсий в проточном волновом генераторе с маслами различной вязкости. // Проблемы машиностроения и надежности машин. $-2013. \mathbb{N} \cdot 4. \mathbb{C}.83 87.$
- 15. Dunaev A.V., A.A.H. Al-Maidi, Rodionov Y.V., Lomovskikh A.E. Unique in Composition and Stability Water-fuel Emulsion. // Journ. of Adv Research in Dynamical & Control Systems. Vol. 12. 04-Special Issue. 2020. Pp. 432 439.
- 16. Разработка научных основ технологии получения альтернативных видов топлив для технических средств железнодорожного транспорта: Отчет РФФИ 12-08-13106-офи_м_РЖД рег. № 01201276764. М.: НЦ НВМТ РАН. 2012-2013 гг.
 - 17. Ахматов А.С. Молекулярная физика граничного трения. М.: Физматгиз. 1963. 472 с.
- 18. Попова Н.И., Скубневская Г.И., Молин Ю.Н., Котляревский И.Л. Синтез и некоторые свойства свободных радикалов с тройными связями. // Известия Академии наук СССР. Серия химия. -1969. -№ 11. C. 2424 2430.
- 19. Канарев Ф.М. Начала физхимии микромира. Восьмое издание. Краснодар: Куб Γ АУ. 2007. 753 с.

References

- 1. Spiridonov R.V., Demahin S.A., Kivokurcev A.Ju. Magnitnaja obrabotka zhidkostej v neftedobyche. Saratov: Izd-vo GosUNC «Kolledzh». 2003. 73 s.
- 2. Mikiporis Ju.A. Uluchshenie jekologicheskih pokazatelej avtomobil'nyh dvigatelej jelektromagnitnoj i tribotehnicheskoj obrabotkoj topliva. Uchebnoe posobie. Kovrov: KGTA. 2008. 168 s.
- 3. Patent RF № 2679575 MPK F01M 9/02, F16N 15/00. Kompleksnyj tribotehnicheskij i jelektricheskij sposob povyshenija jeffektivnosti smazyvanija v agregatah avtotraktornoj tehniki. / Pustovoj I.F., Dunaev A.V., Ljubimov D.N. . Opubl. 2019.02.11.
- 4. NPIF «JeNION-BALTIKA». Sbornik materialov po issledovaniju i primeneneniju tribotehnicheskih sostavov NIOD za 1991-2003 g. / URL: http://niod-vol.ru. (data obrashhenija 03.11.2020).
- 5. Dunaev A.V. Netradicionnaja tribotehnika. Nekotorye itogi razvitija v Rossii. Monografija. Lambert Academic Publishing. 2018. 217 s.
- 6. Voronin S.V., Dunaev A.V. Vlijanie jelektricheskogo i magnitnogo polja na mehanizm dejstvija prisadok k maslam. // Trenie i iznos. 2015. T. 36. № 1. S. 41 49.
- 7. Ljubimov D.N., Dolgopolov K.N., Vershinin N.K., Dunaev A.V. Primenenie jeffekta polja dlja snizhenija frikcionnyh poter' mashin. // Traktory i sel'hozmashiny. -2014. -Notoniana 10. -8. 40-43.
 - 8. CJeT Gidrotoplivo. / URL: http://www.vortexfuel.com.ua. (data obrashhenija 03.11.2020).
- 9. Vasilevskij A.V. Obrabotka dizel'nogo topliva ul'trazvukovym kavitacionnym vozdejstviem. / Rjazanskoe vysshee vozdushno-desantnoe komandnoe uchilishhe. Trudy. T. 1-2, N 42 43. 2012. S. 18-20.
- 10. Grumondz V.T., Mjagkov K.G, Stepanova V.V. Primenenie puzyr'kovoj kavitacii k obrabotke uglevodorodnyh zhidkostej. // Vestnik MAI. 2007. T. 14. № 3. S. 146 152.
- 11. Vorob'jov Ju.V. Osnovy teorii mehanoaktivacii zhidkih sred. // Vestnik TGTU. − 2013. − T. 19. − № 3. − S. 608 − 613.
- 12. Vorob'ev Ju.V., Farahshina I.V. Analiz rezul'tatov mehanoaktivacii dizel'nogo topliva po hromatograficheskim issledovanijam. // Voprosy sovremennoj nauki i praktiki. Universitet im. V.I. Vernadskogo. -2016. -N 3. S. 38-41.
- 13. Vorob'ev Ju.V., Dunaev A.V., Malahov V.A. Mehano-himicheskaja obrabotka topliva rezerv povyshenija toplivnoj jekonomichnosti avtotransporta v gornoj promyshlennosti. // Gornyj zhurnal. 2017. N 0. C. 92 94.
- 14. Jushkov N.B., Shmyrkov O.V., Kormilicyn V.I. Formirovanie tonkodispersnyh jemul'sij v protochnom volnovom generatore s maslami razlichnoj vjazkosti. // Problemy mashinostroenija i nadezhnosti mashin. $-2013. N_2 4. S. 83 87.$
- 15. Dunaev A.V., A.A.H. Al-Maidi, Rodionov Y.V., Lomovskikh A.E. Unique in Composition and Stability Water-fuel Emulsion. // Journ. of Adv Research in Dynamical & Control Systems. Vol. 12. 04-Special Issue. 2020. Pp. 432 439.
- 16. Razrabotka nauchnyh osnov tehnologii poluchenija al'ternativnyh vidov topliv dlja tehnicheskih sredstv zheleznodorozhnogo transporta: Otchet RFFI 12-08-13106-ofi_m_RZhD reg. № 01201276764. M.: NC NVMT RAN. 2012-2013 gg.

- 17. Ahmatov A.S. Molekuljarnaja fizika granichnogo trenija. M.: Fizmatgiz. 1963. 472 s.
- 18. Popova N.I., Skubnevskaja G.I., Molin Ju.N., Kotljarevskij I.L. Sintez i nekotorye svojstva svobodnyh radikalov s trojnymi svjazjami. // Izvestija Akademii nauk SSSR. Serija −himija. − 1969. − № 11. − S. 2424 − 2430.
- 19. Kanarev F.M. Nachala fizhimii mikromira. Vos'moe izdanie. Krasnodar: KubGAU. 2007. 753 s.

Сведения об авторах Принадлежность к организации

Дунаев Анатолий Васильевич – доктор технических наук, старший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», Россия, г. Москва, e-mail: dunaev135@mail.ru.

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

Ломовских Александр Егорович — кандидат технических наук, доцент 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: lomovskih1979@yandex.ru.

Свиридов Алексей Алексеевич — кандидат педагогических наук, старший преподаватель 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.

Рябчук Алексей Сергеевич – слушатель Федерального государственного казенного военного образовательного учреждения высшего образования «Военный учебно-научный центр Военновоздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» Министерства обороны Российской Федерации, Россия, г. Воронеж.

Макаркин Игорь Михайлович — научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», Россия, г. Москва.

Author credentials Affiliations

Dunaev Anatoly – Full Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher of Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Agroengineering Center VIM", Russia, Moscow, e-mail: dunaev135@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.

Sviridov Alexey – Candidate of pedagogical Sciences, senior lecturer 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.

Ryabchuk Alexey – student 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.

Makarcin Igor – Researcher of Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Agroengineering Center VIM", Russia, Moscow, e-mail: dunaev135@mail.ru.

Поступила в редакцию (Received): 12.11.2020 Принята к публикации (Accepted): 16.12.2020