Анашкин Александр Витальевич – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», Россия, г. Тамбов, e-mail: av-anashkin@mail.ru.

Тишанинов Константин Николаевич – 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: TishaninovKN@rambler.ru.

Альшинаин Хайдер Джамил Джабер – ведущий конструктор Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», Россия, г. Тамбов, e-mail: haiderjjsh2000@yahoo.com.

Author credentials

Affiliations

Tishaninov Nikolai – 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: vniitinlab5@mail.ru.

Anashkin Alexander – 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: av-anashkin@mail.ru.

Tishaninov Konstantin – 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: TishaninovKN@rambler.ru.

Alshinayin Haider Jamil Jaber – leading designer of Federal State Budgetary Scientific Institution “All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture”, Russia, Tambov, e-mail: haiderjjsh2000@yahoo.com.

Поступила в редакцию (Received): 07.10.2020

Принята к публикации (Accepted): 23.11.2020

УДК 665.7.038

DOI: 10.35887/2305-2538-2020-6-51-59

СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПЛУНЖЕРНОЙ ПАРЫ ТОПЛИВНОГО НАСОСА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

¹Канищев Александр Сергеевич

¹Ломовских Александр Егорович

¹Агафонов Андрей Константинович

¹Рябчук Алексей Сергеевич

¹Борисов Сергей Владимирович

¹ФГКБОУ ВО «ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

Реферат. В статье приводится анализ эксплуатации автотракторной техники, раскрывается способ безразборного ремонта топливной аппаратуры дизельных двигателей внутреннего сгорания. В процессе теоретического анализа и определения стойкого защитного металлокерамического покрытия на трущихся поверхностях прецизионных плунжерных пар топливного насоса высокого давления использовались положения триботехники и теоретической физики, связанные с процессами дополнительного введения в зону трения между поверхностями смеси природных минералов. Разрабатывается методика обработки пар трения топливного насоса новой антифрикционной композиции. Проводятся стендовые испытания дизельного двигателя ЯМЗ-236 при работе плунжерных пар со смазочной композицией, добавляемой в моторное дизельное топливо. Проведенные в рамках данной работы эксперименты показали, что при применении данного состава для топливных насосов высокого давления позволяет обеспечить продление ресурса восстанавливаемой плунжерной пары в 1,5 – 2 раза; в 2 – 3 раза снизить сроки

и затраты на ремонт ДВС, что особенно важно в интересах поддержания парка автотракторной техники; снижение стоимости ее жизненного цикла при эксплуатации в отдаленных районах, куда поставка оборудования и запчастей затруднительна и высокочастотна. На основе результатов изучения поставленного вопроса разрабатываются предложения и рекомендации по применению нового антифрикционного смазочного материала в качестве лакирующего компонента для плунжерных пар топливного насоса высокого давления автотракторной техники.

Ключевые слова: дизельные двигатели внутреннего сгорания, агрегаты системы питания, устройство для восстановления, безразборный ремонт, ремонтно-восстановительный состав, реновационная жидкость, продление ресурса.

METHOD AND DEVICE FOR RESTORING THE PLUNGER PAIR OF A HIGH-PRESSURE FUEL PUMP

¹Kanishchev Alexandr

¹Lomovskih Alexander

¹Agafonov Andrey

¹Ryabchuk Alexey

¹Borisov Sergey

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

Abstract. The article provides an analysis of the operation of automotive equipment, reveals the method of non-disassembly repair of fuel equipment of diesel internal combustion engines. The provisions of tribo-technics and theoretical physics, associated with the processes of additional introduction of a mixture of natural minerals into the friction zone between the surfaces, were used in the process of theoretical analysis and determination of a stable protective cermet coating on rubbing surfaces of precision plunger pairs of a high-pressure fuel pump. A method for processing fuel pump friction pairs with a new antifriction composition is being developed. Bench tests of the YAMZ-236 diesel engine are carried out when plunger pairs work with a lubricant composition added to motor diesel fuel. The experiments carried out in the framework of this work showed that the use of this composition for high-pressure fuel pumps makes it possible to extend the life of the restored plunger pair by 1.5 – 2 times; to reduce the time and cost of repairing the internal combustion engine by 2 – 3 times, which is especially important in the interests of maintaining the fleet of automotive equipment; reducing the cost of its life cycle when operating in remote areas, where the supply of equipment and spare parts is difficult and high-cost. Proposals and recommendations for the use of a new antifriction lubricant as a cladding component for plunger pairs of a high-pressure fuel pump of automotive vehicles are being developed based on the results of studying the question posed.

Keywords: diesel internal combustion engines, power system units, recovery device, non-disassembly repair, repair and recovery composition, renovation fluid, life extension.

Введение. На современном этапе развития агропромышленного комплекса (АПК) в качестве силовой установки сельскохозяйственных машин применяются дизельные двигатели внутреннего сгорания (ДВС). Для таких двигателей в качестве рабочего тела применяется тяжелое дизельное топливо. На сегодняшний момент качество применяемого для автотракторной техники (АТТ) дизельного топлива пока еще остается на низком уровне. Также при транспортировке и хранении качество топлива также снижается, путем гигроскопичности и насыщения его влагой из атмосферы. В процессе хранения и перекачки из одной емкости в другую происходит испарение легких фракций и дополнительное утяжеление дизельного топлива. В первую очередь от этих всех проблем страдает топливная система АТТ. Избыточная, растворенная вода накапливается в фильтрующих элементах (фильтре грубой и тонкой очистки), а при эксплуатации в условиях низких температур это приводит к выходу из строя силовой установки. При попадании в плунжерную пару топливного насоса высокого давления (ТНВД) вода может вызывать коррозию плунжерной пары. Особенно это отрицательно сказывается после остановки двигателя и отслоении ее в плунжерных секциях насоса.

В связи с тем, что ТНВД является очень дорогим узлом топливной системы и его замена или ремонт экономически затратен, то с целью восстановления плунжерных пар и предотвращения их от коррозионного изнашивания предлагается способ восстановления, основанный на использовании разработанного для этих целей триботехнического состава. Поэтому наряду с внедрением новых образцов автотракторной техники, важное значение имеет усовершенствование эксплуатируемых двигателей внутреннего сгорания существующей техники и непосредственно продления срока службы ТНВД.

Следует отметить, что около 70 % АТТ современного АПК имеют срок эксплуатации свыше 15 лет. Данная особенность сопровождается физическим старением техники, повышением износа деталей в ее механизмах и узлах, что ведет к значительным материальным затратам, связанным с проведением различных видов технических обслуживаний и ремонтов [1].

Более 60 % АТТ оснащены дизельными ДВС, как наиболее мощными и экономичными по сравнению с бензиновыми двигателями. Анализ «Концепции развития парка АТТ на период 2020–2025 гг.» указывает на то, что процент укомплектованности АТТ с дизельными ДВС будет постоянно увеличиваться, в связи с чем в настоящее время в современном АПК происходит замена устаревших марок с бензиновыми ДВС (ЗИЛ-131, Урал-375, ГАЗ-66 и др.) на автомобили семейства «УРАЛ», «КАМАЗ» и др., оборудованными дизельными силовыми установками.

Анализ эксплуатации АТТ, по данным ГОСНИТИ [2], показывает, что свыше 50 % всех отказов ВАТ связана с отказом ДВС. При этом от 25 % до 50 % дизельных ДВС связана с отказом топливной аппаратуры двигателей, из которой до 70 % приходится на прецизионные детали, в число которых входят плунжерные пары ТНВД и насос-форсунок. Вследствие этого, решение проблем, связанных с повышением ресурса прецизионных пар ТНВД является актуальным.

Одним из приоритетных направлений в интересах поддержания парка АТТ в работоспособном состоянии является также продление ресурса АТТ и снижение стоимости жизненного цикла АТТ за счет сокращения расходов на их ремонт, особенно при эксплуатации в отдаленных районах, куда поставка оборудования и запчастей затруднительна, высокзатратна и отсутствует высококвалифицированный персонал.

Цель работы – заключается в разработке способа восстановления и увеличения ресурса плунжерных пар топливного насоса высокого давления дизельных двигателей внутреннего сгорания путем добавки в топливную систему нового антифрикционного материала.

Материалы и методы. Одним из эффективных методов восстановления прецизионных пар ТНВД при капитальном ремонте является нанесение различных износостойких покрытий на рабочие поверхности плунжерных пар [3].

Следует отметить, что самыми популярным относятся методы:

- электролитического хромирования периодическим током с обратным импульсом;
- сульфохромирования и сульфоборирования;
- диффузионной металлизации;
- газофазного борохромирования и другие технологии.

При всех преимуществах нанесение износостойких покрытий вышеуказанными методами обладают значительной энергоемкостью и трудоемкостью, достаточно сложны в реализации в полевых условиях. Данными положениями создается «барьер» для успешного использования особенно в полевых условиях.

В связи с этим, предлагается способ безразборного ремонта [4, 5] агрегатов системы питания дизельных двигателей, основанный на введении в систему питания ДВС с помощью разработанного устройства [6] ремонтно-восстановительного состава на основе топлива и высодисперсного плакирующего компонента ВПК-АЗ, запатентованного в ВУНЦ ВВС «ВВА» (г. Воронеж) [7], которые обеспечивают качественное восстановление поверхностей прецизионных пар трения. В результате происходит восстановление показателей и технических характеристик агрегатов системы питания дизельных ДВС до нормативных. Полученные значения соответствуют показателям, характерным после проведения капитального ремонта агрегатов, хотя разборка, дефектация и замена изношенных деталей не осуществлялись, а сам ремонт проводился в режиме технического обслуживания. В итоге материальные, финансовые и временные затраты на ремонт и восстановление топливной аппаратуры дизельных ДВС значительно сокращаются.

Структурная схема разработанного устройства для восстановления прецизионных пар трения агрегатов системы питания дизельных ДВС представлена на рисунке 1 [6].

1 – емкость для теплоносителя; 2 – электронагреватель; 3 – блок управления;
 4 – пульт ввода; 5 – насос; 6 – счетчик времени; 7.1, 7.2 – подводящий и сливной трубопровод;
 8 – перепускной клапан; 9.1, 9.2 – подводящий и отводящий штуцеры, соответственно;
 10 – бак; 11 – датчик температуры; 12 – блок нагрева

Рисунок 1 – Структурная схема устройства для восстановления прецизионных пар трения агрегатов системы питания дизельных двигателей внутреннего сгорания

Устройство работает следующим образом. Подключают устройство к системе питания ДВС посредством подводящего 9.1 и отводящего 9.2 штуцеров (рисунок 1). Вводят с помощью пульта ввода 4 в блок управления 3 исходные данные о температуре нагрева ВПК-АЗ в баке 10 и на счётчике времени 6 задают время восстановления. Включают устройство, например, при помощи тумблера (не показан) на блоке управления 3. Блок управления 3 анализирует информацию, поступающую с пульта ввода 4, датчика температуры 11 и счетчика времени 6.

Если температура ВПК-АЗ меньше нижней границы заданного температурного диапазона нагрева ($T_{\text{ВПК-АЗ}} < T_{\text{зад1}}$), то блок управления 3 выдает команду на включение электронагревателя 2.

При достижении температуры ВПК-АЗ нижней границы заданного температурного диапазона нагрева ($T_{\text{ВПК-АЗ}} = T_{\text{зад1}}$), подается сигнал о включении насоса 5 с блока управления 3, который производит забор ВПК-АЗ из бака 10 и передает ее по подводящему трубопроводу 7.1 далее к перепускному клапану 8, при срабатывании которого, включается счетчик времени 6 и ВПК-АЗ поступает в систему питания ДВС.

Запускают двигатель и в процессе его работы под действием разогретого до необходимой температуры ВПК-АЗ, осуществляется процесс восстановления изношенных рабочих

поверхностей прецизионных пар трения за счет образования на них металлокерамического защитного покрытия.

В процессе работы ДВС, если температура ВПК-А3 достигает верхней границы заданного температурного диапазона нагрева ($T_{\text{ВПК-А3}} = T_{\text{зад2}}$), блок управления 3 выдает команду на выключение электронагревателя 2. При достижении температуры ВПК-А3 нижней границы заданного температурного диапазона нагрева ($T_{\text{ВПК-А3}} = T_{\text{зад1}}$) блок управления 3 выдает команду на повторное включение электронагревателя 2. Таким образом, температура ВПК-А3 в баке 10 поддерживается автоматически в пределах $T_{\text{зад1}} \leq T_{\text{ВПК-А3}} \leq T_{\text{зад2}}$.

По достижении времени восстановления, контролируемым счетчиком 6, блок управления 3 подает команду на отключение насоса 5, который прекращает всасывание ВПК-А3 из бака 10. Срабатывает перепускной клапан 8 и выключается счетчик времени 6. Завершен процесс восстановления прецизионных пар трения агрегатов системы питания ДВС.

Таким образом, восстановление прецизионных пар трения агрегатов системы питания дизельных двигателей обеспечивается без их разборки при работающем ДВС, что повышает технологичность восстановления [5].

Предлагаемое устройство практически применимо, так как он реализуется благодаря применению стандартных и типовых устройств, а также электронных узлов.

В системе автоматизированного проектирования SolidWorks разработана электронная геометрическая модель устройства для восстановления прецизионных пар трения агрегатов системы питания дизельных ДВС, которая показана на рисунке 2.

- 1 – кран сливной; 2 – клапан предохранительный; 3 – термометр; 4 – емкость для нагрева;
5 – крышка заливной горловины; 6 – емкость для топлива; 7 – труба сливная; 8 – крышка;
9 – ручка; 10 – электронагреватель; 11 – колеса; 12 – топливный насос;
13 – подводящий трубопровод

Рисунок 2 – Электронная геометрическая модель устройства для безразборного восстановления прецизионных пар трения агрегатов системы питания дизельных ДВС

Устройство подключается: в разрыв системы питания ДВС с помощью подводящего 13 и сливного 7 трубопровода, снабженных штуцерами; к электрической сети 220 В, 50 Гц с помощью электропровода и к аккумуляторной батарее 12 В с помощью электропровода.

На основе электронной геометрической модели устройства создан опытный образец устройства для восстановления прецизионных пар трения агрегатов системы питания дизельных ДВС (рисунок 3).

Рисунок 3 – Опытный образец устройства для безразборного восстановления прецизионных пар трения агрегатов системы питания дизельных ДВС

Результаты и их обсуждение. Макетный образец устройства был испытан на работоспособность на дизельном двигателе внутреннего сгорания ЯМЗ-236, установленном на лабораторном стенде.

Макетный образец подключался к системе питания двигателя, после чего ДВС запускался и работал от топливного бака устройства необходимое время. Проведенные предварительные эксперименты показали, что двигатель работает от макетного образца устойчиво, без перебоев, что подтверждает работоспособность предложенной конструкции [8, 9].

После этого были проведены испытания макетного образца устройства по восстановлению плунжерных пар секций топливного насоса и основных параметров ТНВД, вырабатывавшего свой ресурс, на стенде КИ 22205-01 УХЛ 4.2, показанном на рисунке 4.

Методика стендовых испытаний натурного топливного насоса, обработанного реновационной жидкостью, предусматривала контроль двух основных параметра насоса: давление подачи топлива и плотность прилегания запирающего конуса нагнетательного клапана секций ТНВД через 10 секунд после выключения стенда. Преднамеренная регулировка перед испытанием не производилась. Используемые на стенде для испытаний форсунки соответствовали техническим нормам, указанным в требованиях.

Испытания проводились на насосе двигателя внутреннего сгорания 1Д6. Топливный насос предварительно был продиагностирован. Затем проводилась трехкратная обработка ТНВД в течение 40 минут, каждая. Замер давления подачи и плотность прилегания запирающего конуса нагнетательного клапана каждой секции насоса производились трижды в течении 10 секунд после каждой обработки.

Пусковой режим составлял $n = 100$ об/мин, номинальное число оборотов $n = 1000$ об/мин. Испытания насоса производились в течение 3 часов при непрерывной работе стенда. Применяемым препаратом для восстановления ТНВД являлся состав ВПК-А3, разработанный в ВУНЦ ВВС «ВВА» (г. Воронеж).

В ходе испытаний выявлено, что проверяемый ТНВД был полностью изношен, так как минимальное давление подачи до обработки у него составляло 25 кгс/см^2 , в то время как у исправного насоса оно должно быть не менее 300 кгс/см^2 .

В результате трёхкратной обработки препаратом ВПК-А3 с помощью макетного образца получено существенное (более чем в 2 раза) увеличение давления подачи топлива секциями насоса и полностью восстановлена плотность прилегания запирающего конуса нагнетательных клапанов секций ТНВД.

Рисунок 4 – Испытания макетного образца устройства на стенде КИ 22205-01 УХЛ 4.2

Это говорит о том, что на рабочих поверхностях плунжерных пар секций ТНВД получен защитный слой металлокерамического покрытия, компенсирующего зазоры и повышающего герметичность сопряжения плунжер-гильза.

Увеличение давления подачи топлива секциями насоса положительно влияет, в первую очередь, на запуск не прогретого двигателя, при котором происходит наибольший износ ДВС и когда от качества распыливаемого форсунками топлива зависит легкость его воспламенения в цилиндрах ДВС. Макетный образец разработанного устройства обеспечивает восстановление прецизионных пар трения агрегатов системы питания без их снятия с двигателя, замены прецизионных пар и проведения разборно-сборочных работ при работающем ДВС.

Таким образом, разработана конструкция установки, отличающаяся простотой, компактностью, мобильностью и универсальностью, позволяющая восстанавливать прецизионные пары трения агрегатов системы питания дизелей без снятия их с двигателя, замены прецизионных пар и проведения разборно-сборочных работ при работающем ДВС в режиме технического обслуживания в широком температурном диапазоне применения ($\pm 50^{\circ}\text{C}$).

Заключение. Предлагаемое устройство позволяет:

- в 1,5-2 раза продлить ресурс топливной аппаратуры дизелей;
- в 2-3 раза снизить сроки и затраты на ремонт ДВС, что особенно важно в интересах поддержания парка ВАТ в боевой готовности, продления ресурса ВАТ и снижение стоимости ее жизненного цикла при эксплуатации ВАТ в отдаленных районах, в условиях низких температур, куда поставка оборудования и запчастей затруднительна и высокоч затратна;
- обеспечить нормативное значение давления подачи топлива, что способствует улучшению запуска и повышению мощности ДВС;
- обеспечить снижение расхода топлива на 3-5%;
- снизить шумовые и вибрационные характеристики ДВС;
- уменьшить количество вредных выбросов по саже до 30%.

Список литературы

1. Болгов В.Ю., Балабанов В.И. Автомобильные присадки и добавки. М.: Транспорт. – 2009. – 154 с.
2. Халфин М.Л. Качество и надежность новой и отремонтированной сельскохозяйственной техники. М: ГОСНИТИ. – МТС № 5. – 1998. – С.37 – 41.
3. Хрулев А.Э. Ремонт двигателей зарубежных автомобилей. Производственно-практ. издание М.: Издательство «За рулем». – 2005. – 154 с.
4. Ладиков В.В., Маркелов Г.А., Чечет В.А., Дунаев А.В., Хмелевой Н.М., Суслов Д.А. Безразборные технологии увеличения эксплуатационного ресурса автотранспортной техники. М.: VICCO. – 2004. – 52 с.
5. Балабанов В.И. Безразборное восстановление трущихся соединений автомобиля. Методы и средства. М.: ООО «Издательство АСТ». – 2003. – 61 с.
6. Патент РФ № 2579308, МПК F02M F02B. Устройство для восстановления прецизионных пар трения агрегатов системы питания дизельных двигателей внутреннего сгорания / Агафонов А.К., Берестевич Г.В., Илларионов В.В., Чернухо И.И. – № 2019102293; заявл. 28.01.2019; опубл. 10.02.2020. – Бюл. № 10.
7. Агафонов А.К., Колтаков А.А., Ломовских А.Е. Илларионов В.В. Антифрикционный смазочный материал ВПК-АЗ. Приоритетные направления и актуальные проблемы развития средств технического обслуживания летательных аппаратов: сб. ст. по материалам II Всероссийская НТК (15 – 16 марта 2016 г.). Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА». – 2016. – 304 с. С. 6–9.
8. Остриков В.В., Сазонов С.Н., Сафонов В.В., Рощин А.В., Хохлов С.С., Куткин А.В., Балабанов В.И. Исследование механизма трансформации и переноса контактных слоев в системе смазочная среда - поверхность трибопары. // Российский журнал физической химии Б. – 2018. – Вып. 12. – № 2. – с. 336 – 342.
9. Остриков В.В., Сазонов С.Н., Оробинский В.И., Афоничев Д.Н. Определение антиоксидантной присадки и продуктов ее разложения в рабочих моторных топливах. // Химия и технология топлив и масел. – 2019. – Т. 55. – № 2. – с. 145 – 150.

References

1. Bolgov V.Ju., Balabanov V.I. Avtomobil'nye prisadki i dobavki. M.: Transport. – 2009. – 154 s.
2. Halfin M.L. Kachestvo i nadezhnost' novoj i otremonirovannoj sel'skohozjajstvennoj tehniki. M: GOSNITI. – MTS № 5. – 1998. – S.37 – 41.
3. Hrulev A.Je. Remont dvigatelej zarubezhnyh avtomobilej. Proizvodstvenno-prakt. izdanie M.: Izdatel'stvo «Za rulem». – 2005. – 154 s.
4. Ladikov V.V., Markelov G.A., Chechet V.A., Dunaev A.V., Hmelevoj N.M., Suslov D.A. Bezrazbornye tehnologii uvelichenija jekspluatacionnogo resursa avtotransportnoj tehniki. M.: VICCO. – 2004. – 52 s.
5. Balabanov V.I. Bezrazbornoe vosstanovlenie trushhihsja soedinenij avtomobilja. Metody i sredstva. M.: ООО «Izdatel'stvo AST». – 2003. – 61 s.
6. Patent RF № 2579308, MPK F02M F02V. Ustrojstvo dlja vosstanovlenija precizionnyh par trenija agregatov sistemy pitaniya dizel'nyh dvigatelej vnutrennego sgoranija / Agafonov A.K., Berestevich G.V., Illarionov V.V., Chernuho I.I. – № 2019102293; zajavl. 28.01.2019; opubl. 10.02.2020. – Bjul. № 10.
7. Agafonov A.K., Koltakov A.A., Lomovskih A.E. Illarionov V.V. Antifrikcionnyj smazochnyj material VPK-AZ. Prioritetnye napravlenija i aktual'nye problemy razvitija sredstv tehničeskogo obsluzhivanija letatel'nyh apparatov: sb. st. po materialam II Vserossijskaja NTK (15 – 16 marta 2016 g.). Voronezh: VUNC VVS «VVA». – 2016. – 304 s. S. 6–9.
8. Ostrikov V.V., Sazonov S.N., Safonov V.V., Roshhin A.V., Hohlov S.S., Kutkin A.V., Balabanov V.I. Issledovanie mehanizma transformacii i perenosa kontaktnyh sloev v sisteme smazochnaja sreda - poverhnost' tribopary. // Rossijskij zhurnal fizicheskoj himii B. – 2018. – Vyp. 12. – № 2. – s. 336 – 342.
9. Ostrikov V.V., Sazonov S.N., Orobinskij V.I., Afonichev D.N. Opredelenie antioksidantnoj prisadki i produktov ee razlozhenija v rabochih motornyh toplivah. // Himija i tehnologija topliv i masel. – 2019. – T. 55. – № 2. – s. 145 – 150.

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.

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.

Агафонов Андрей Константинович – доктор технических наук, старший научный сотрудник 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: agafonov111@list.ru.

Рябчук Алексей Сергеевич – слушатель 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.

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.

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.

Agafonov Andrey – Full Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher 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: agafonov111@list.ru.

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.

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): 12.11.2020 Принята к публикации (Accepted): 16.12.2020