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.

Author credentials

Affiliations

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.

Philatov Ivan – Candidate of Technical Sciences, associate professor of Federal State-Funded Educational Institution of Higher Education “Tambov State Technical University”, Russia, Tambov, e-mail: ridder@mail.ru.

Voronin Nikolay – post graduate student of Federal State-Funded Educational Institution of Higher Education “Tambov State Technical University”, Russia, Tambov, e-mail: voronin.nikolay.1994@yandex.ru.

Nikitin Dmitry – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Federal State-Funded Educational Institution of Higher Education “Tambov State Technical University”, Russia, Tambov, e-mail: vacuum2008@yandex.ru.

Ostrikov Valery Vasilievich – Doctor of Technical Sciences, Acting Director of Federal State Budgetary Scientific Institution “All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture”, Russia, Tambov, e-mail: viitinlab8@bk.ru.

Lomovsky 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.

Поступила в редакцию (Received): 10.01.2020 Принята к публикации (Accepted): 14.02.2020

УДК 621.899

DOI: 10.35887/2305-2538-2020-1-87-94

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО РАЗРАБОТКЕ СОСТАВА ПРОМЫВочНОГО МАСЛА НА ОСНОВЕ ОТРАБОТАННОГО МОТОРНОГО МАСЛА

¹Жерновников Дмитрий Николаевич

¹Забродская Алла Владимировна

¹Вязинкин Виктор Сергеевич

¹Остриков Валерий Васильевич

¹ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве»

Реферат. В процессе работы двигателей внутреннего сгорания в системе смазки образуются отложения, снижающие эксплуатационные показатели тракторов и уменьшающие срок службы свежезаправленного масла до замены. На основании имеющей место проблемы проведены исследования по моделированию процесса удаления отложений из системы смазки промывочным маслом. Представлены схема устройства для определения эффективности процесса удаления загрязнений из масляных каналов и методика проведения испытаний. Установлено, что в качестве основы промывочного масла может быть использовано очищенное, по технологии ФГБНУ ВНИИТиН, отработанное моторное масло. Определено, что очищенное отработанное моторное масло имеет характеристики, близкие к индустриальным маслам, использующегося при приготовлении промывочных масел. Установлена зависимость изменения загрязнённости поверхности маслопровода и содержания нерастворимого осадка в масле от времени промывки системы смазки очищенным отработанным маслом. Определено снижение загрязнённости

поверхности маслопровода с 10 до 7 баллов и увеличение содержания нерастворимых примесей в масле с 0,01 % до 0, 20%. Выявлено, что добавление в очищенное отработанное масло дизельного топлива в количестве 3% к объёмы не приводит к значительному повышению моющих свойств масла. Дополнительное обогащение моющей смеси, состоящей из очищенного отработанного моторного масла, 3% дизельного топлива и изопропилата калия 3% масс, 3 % масс диметилсульфоксида позволяет снизить балл загрязнённости поверхности маслопровода с 10 до 1 балла. Установлено, что внесение всего комплекса добавок в масло приводит к увеличению содержания загрязнения в разрабатываемом составе масла после 40 минут промывки с 0,01 % до 0,45%. Данная характеристика подтверждает высокие моющие свойства состава масла и возможность его использования для промывки системы смазки.

Ключевые слова: двигатель, система смазки, устройство, состав, очищенное масло, моющие добавки, промывочное масло.

RESULTS OF RESEARCH ON THE DEVELOPMENT OF COMPOSITION OF FLUSHING OIL BASED ON WASTE MOTOR OIL

¹Zhernovnikov Dmitry

¹Zabrodsкая Alla

¹Vyazinkin Viktor

¹Ostrikov Valery

¹FSBSI "All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture"

Abstract: Deposits that reduce the performance of tractors and reduce the service life of freshly refilled oil before replacement are formed during the operation of internal combustion engines in the lubrication system. Studies to simulate the process of removing deposits from the lubrication system with flushing oil were carried out on the basis of the problem taking place. A diagram of a device for determining the effectiveness of the process of removing contaminants from oil channels and a test procedure are presented. It has been established that the refined, used FGBNU VNIITiN technology, used motor oil can be used as a base for flushing oil. It has been determined that refined used engine oil has characteristics similar to industrial oils used in the preparation of flushing oils. The dependence of the change in the contamination of the surface of the oil pipe and the content of insoluble sediment in the oil on the time of washing the lubrication system with purified used oil is established. The decrease in the contamination of the oil pipe surface from 10 to 7 points and the increase in the content of insoluble impurities in the oil from 0.01% to 0, 20% were determined. It was revealed that the addition of diesel fuel in the amount of 3% to the volumes of refined waste oil does not lead to a significant increase in the washing properties of the oil. Additional enrichment of the washing mixture, consisting of purified used engine oil, 3% diesel fuel and potassium isopropylate 3% by weight, 3% by weight of dimethyl sulfoxide, allows to reduce the oil surface contamination score from 10 to 1 point. It was found that the introduction of the entire complex of additives in the oil leads to an increase in the pollution content in the developed oil composition after 40 minutes of washing from 0.01% to 0.45%. This characteristic confirms the high washing properties of the oil and the possibility of its use for flushing the lubrication system.

Keywords: engine, lubrication system, device, composition, refined oil, detergents, flushing oil.

Введение. В моторных маслах двигателей внутреннего сгорания тракторов, работающих при высоких нагрузках и температурных режимах, по мере наработки накапливаются продукты сгорания топлива и старения масла.

К моменту замены отработавшего свой срок масла содержание различного рода загрязнений варьируется в нём от 1 до 1,5 процентов. При сливе масла из картера и системы смазки основная масса загрязнений удаляется вместе с маслом. Однако часть из них остаётся в масляных каналах, на дне картера, под маслясъемными кольцами [1].

Далее, попадая в свежезаправленное масло, данные виды загрязнений в определённой степени ухудшают свойства масла и, соответственно, отрицательно влияют на эксплуатационные показатели двигателя и срок службы масла до замены. Особое влияние оказывают смолистые отложения, которые удалить возможно только промывкой системы смазки.

В составах промывочных масел присутствуют моющие присадки, способствующие растворению твёрдых отложений и их последующему удалению вместе с промывочным маслом [2]. Операции технологического процесса промывки нашли применение при промывке систем смазки двигателей автомобилей и почти не применяются при замене масел в двигателях тракторов из-за высокой цены на промывочные масла при их недостаточно высокой эффективности при удалении смолистых твёрдых отложений из систем смазки двигателей тракторов.

ФГБНУ ВНИИТиН, начиная с 2018 года, проводит исследования по разработке ресурсосберегающей технологии промывки системы смазки составом масла, состоящего из очищенного отработанного моторного масла и специальных добавок к нему.

Методика проведения исследований. На первом этапе проводится очистка отработанного моторного масла от всех видов загрязнений по специально разработанным способам очистки с использованием разделяющих агентов [3].

В таблице 1 представлены физико-химические характеристики загрязнённого и очищенного отработанного моторного масла.

Таблица 1 - Физико-химические характеристики отработанного моторного масла до и после очистки

Показатели	Отработанное моторное масло	Отработанное моторное масло после очистки
1. Вязкость кинематическая при 100 °С, мм ² /с	9,1	8,9
2. Содержание мех. примесей, %	0,85	Отсутствие
3. Содержание нерастворимого осадка, %	0,75	0,01
4. Температура вспышки, °С	195	190
5. Щелочное число, мг КОН/г	2,6	3,5
6. Цвет, ед. ЦНТ	9	4,5

Очищенное отработанное моторное масло по своим свойствам близко к значениям некоторых видов базовых минеральных масел, используемых при изготовлении промывочных масел.

При этом, очищенное масло превосходит, например, масло И-20А по содержанию щелочных присадок, имеет более высокую вязкость, но более тёмный цвет.

На следующем этапе проведения исследований по разработке состава промывочного масла на основе очищенного отработанного масла разработана методика и устройство, моделирующее систему смазки с загрязнениями и отложениями и циркулирующей по ней промывочной жидкости (рисунок 1).

- 1 – ёмкость для масла; 2- кран; 3 – насос НШ-32 с приводом от электродвигателя;
 4 – маслопровод; 5 – датчик давления масла в системе; 6 – сливной шланг;
 7 – нагревательный элемент ТЭН; 8 – муфты

Рисунок 1 – Схема устройства для определения эффективности удаления загрязнений из масляных каналов

Устройство состоит из ёмкости для масла 1, крана 2 регулировки подачи масла в систему, насоса НШ-32 с приводом от электродвигателя 3, маслопровода 4 с встроенными датчиками давления (манометров) 5 и сливного шланга 6.

Маслопровод 4 представляет собой разрезанную металлическую трубу, скреплённую болтами 2 через уплотнительные прокладки 5.

1 – фланцы, крепления; 2 – стяжка; 3 – металлическая труба Ø 32 мм; 4 – загрязнения, смолы; 5 – уплотнительная прокладка

Рисунок 2 – Маслопровод, моделирующий масляные каналы системы смазки

В трубу 3, разделённую на две половины, по всей длине закладываются мазеподобные загрязнения.

В качестве загрязнений использовались осадки, образующиеся в процессе очистки отработанных масел. Для придания более естественных условий загрязнения и повышения их адгезии на поверхности металла проводится прогрев трубы открытым пламенем по наружной поверхности трубы после закладки загрязнений.

Далее труба скрепляется болтами 2 и через муфту 8 устанавливается в общую систему.

Загрязнённость каналов оценивается в баллах от 1 до 10. Принимается, что 1 балл соответствует абсолютной чистоте поверхности, 10 баллов – полностью загрязнена.

Вместе с балльной оценкой загрязнённости поверхности проводится анализ изменения содержания нерастворимого осадка в масле после включения каждого нового элемента в состав промывочного масла.

Нагрев масла в системе осуществляется с помощью ТЭН-а 7, установленного в ёмкости 1 (рисунок 1).

Давление масла в системе поддерживается постоянным и не превышает $2,5 \text{ кгс/см}^2$.

В качестве добавок к маслу используется диметисульфоксид 1...3 % масс, изопропилат калия 1...3 % масс и дизельное топливо 1...3 % масс.

Каждая из добавок вносится в масло (ёмкость 1) поочерёдно.

Время промывки принималось 40 минут с каждым из внесённых компонентов добавки, при этом, через каждые 10 минут промывки маслопровод разбирался, и оценивалось состояние его загрязнённости.

Результаты и их обсуждение. В результате экспериментальных исследований установлено, что промывка масляных каналов очищенным отработанным маслом без моющих добавок позволяет удалить часть загрязнений с поверхности канала, снизив данный показатель с 10 до 7 баллов, а содержание нерастворимых загрязнений в масле, через 40 минут промывки, изменилось с 0,01 % до 0,2 % (рисунок 3).

Рисунок 3 – Зависимость изменения загрязнённости поверхности маслопровода 1 и содержания нерастворимого осадка в масле 2 от времени промывки системы

Относительно высокие моющие свойства очищенного отработанного моторного масла возможно объяснить остаточным содержанием моющих присадок в отработанном моторном масле и действием моноэтаноламина и изопропанола, которые использовались при очистке отработанного моторного масла.

Оценивая загрязнённость поверхностей маслопровода, следует отметить некоторую неравномерность удаления смолистых отложений. Большая часть удалённых отложений отмечена в первом колене (рисунок 1) несмотря на то, что давление масла в системе было одинаковым и в 1-м колене, и во 2-м.

На следующем этапе исследования, в отработанное моторное масло вносилось дизельное топливо в процентном соотношении 1...3 к объёму.

Установлено, что внесение топлива снижает вязкость масла на 5...10 %.

Дизельное топливо, на основании сделанных предположений и известных составов промывочных масел, способствует активизации процесса смыва загрязнений с поверхностей металла.

На рисунке 4 представлена зависимость изменения загрязнённости поверхностей маслопровода и содержания нерастворимого осадка в масле в зависимости от концентрации дизельного топлива за период промывки 40 минут.

Анализируя полученные зависимости, установлено, что добавка дизельного топлива 2...3 % масс позволяет незначительно повысить моющие свойства состава масла.

Однако данная добавка не решает принципиально вопрос улучшения эффекта удаления загрязнений, что предопределило необходимость введения в состав промывочного масла специфических моющих препаратов, способных в определённой степени растворять уплотнившиеся смолистые отложения.

На основании анализа добавок к маслу, представленных в научной литературе и патентах на изобретения [4, 5, 6] в качестве компонентов, повышающих моющие свойства масла определены диметилсульфоксид и изопропилат калия. Изопропилат калия готовится путём смешивания изопропанола 92 % и гидроксида калия 8 % при температуре 20...25 °С. Полученная смесь вносилась к уже полученному составу масла в соотношении 1...3 % масс.

На рисунке 5 показано изменение моющих свойств состава масла с добавкой 3 % изопропилата калия.

Отмечено снижение загрязнённости поверхностей маслопровода с 5 баллов до 3 баллов.

Далее, для определения моющих свойств состава, маслопровод вновь покрывался смолистыми загрязнениями в соответствии с принятой методикой и проводилась промывка «чистым» составом.

1¹, 1², 1³ – загрязнённость при концентрации добавки дизельного топлива в масло соответственно 1, 2, 3 % масс.; 2¹, 2², 2³ – содержание нерастворимого осадка в масле при промывке с добавкой дизельного топлива соответственно 1, 2, 3 % масс.

Рисунок 4 - Зависимость изменения загрязнённости маслопровода 1 и содержания нерастворимого осадка 2 от времени промывки

Рисунок 5 - Зависимость изменения загрязнённости поверхностей металла маслопровода (1) и масла (2) от времени промывки

Установлено, что состав, состоящий из очищенного масла, дизельного топлива и изопропилата калия, позволяет сократить загрязнённость каналов маслопровода в 2,5 раза по сравнению с исходным состоянием (линия 3 рисунок 5), при этом содержание нерастворимого осадка в масле увеличивается с 0,01 до 0,35 %.

Аналогичный эксперимент был проведён при добавлении в очищенное масло, помимо вышеперечисленных составляющих, диметилсульфоксида в количестве 3 % масс.

Внесение диметилсульфоксида проводилось при предварительном нагреве масла до температуры 50 °С и общая смесь перемешивалась в течение 10 мин.

На рисунке 6 показана зависимость изменения загрязнённости поверхностей маслопровода и содержания нерастворимых загрязнений, смол, осадков в масле после промывки масляной системы устройства.

Рисунок 6 – Зависимость изменения загрязнённости каналов маслопровода (1) и содержания нерастворимого осадка в масле (2) от времени промывки

Выводы. В результате проведённых исследований установлено, что разрабатываемый состав промывочного масла позволяет снизить загрязнённость маслопровода в 9 раз. Для подтверждения результатов экспериментальных исследований необходимо проведение производственных испытаний непосредственно в двигателях внутреннего сгорания.

Список литературы

1. Гуреев А.А., Фукс И.Г., Лашхи В.Л. Химмотология. М.: Химия – 1986, – 368 с.
2. Венцель С.М. Применение смазочных масел в двигателях внутреннего сгорания // М.: Химия – 1979, – 238 с.
3. Остриков В.В., Афанасьев Д.И., Кругов В.Ф., Сазонов С.Н. Способ очистки отработанных минеральных моторных масел // Патент РФ № 2614244. 24.03.2017.
4. Кириллов В.В., Шумовский А.В., Данилов А.М. Промывочные масла для двигателей внутреннего сгорания // Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний – 2005. – № 1. – С. 12 – 13.
5. Фомин В.Н., Суздальцев Н.И., Типушко Е.В., Тарасов А.В., Катренко Т.И., Школьников В.М., Колесник И.О., Трофимова Г.Л. Промывочное масло // Патент РФ № 2218383. 15.11.2002.
6. Шафранский Е.Л., Катков И.Н., Дорошенко А.Н., Суздальцев Н.И., Скольдицкий С.В., Рязова И.О., Катренко Т.И., Минскер Я.Д., Трофимова Г.Л. Присадка к промывочному маслу и промывочное масло // Патент РФ № 2057791. 10.05.1994.

References

1. Gureev A.A., Fuks I.G., Lashxi V.L. Ximmotologimya. M.: Ximiya – 1986, – 368 s.
2. Vencel' S.M. Primenenie smazochnyx masel v dvigatelyax vnutrennego sgoraniya // M.: Ximiya – 1979, – 238 s.

3. Ostrikov V.V., Afanas'ev D.I., Krugov V.F., Sazonov S.N. Sposob ochistki otrabotannykh mineral'nykh motornyx masel // Patent RF № 2614244. 24.03.2017.
4. Kirillov V.V., Shumovskij A.V., Danilov A.M. Promyvochnye masla dlya dvigatelej vnutrennego sgoraniya // Mir nefteproduktov. Vestnik neftyanykh kompanij – 2005. – № 1. – S. 12 – 13.
5. Fomin V.N., Suzdal'cev N.I., Tipushko E.V., Tarasov A.V., Katrenko T.I., Shkol'nikov V.M., Kolesnik I.O., Trofimova G.L. Promyvochnoe maslo // Patent RF № 2218383. 15.11.2002.
6. Shafranskij E.L., Katkov I.N., Doroshenko A.N., Suzdal'cev N.I., Skol'dickij S.V., Ryauzova I.O., Katrenko T.I., Minsker Ya.D., Trofimova G.L. Prisdka k promyvochnomu maslu i promyvochnoe maslo // Patent RF № 2057791. 10.05.1994.

Сведения об авторах

Принадлежность к организации

Жерновников Дмитрий Николаевич – старший лаборант-исследователь Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», Россия, г. Тамбов, e-mail: viitinlab8@bk.ru.

Забродская Алла Владимировна – научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», Россия, г. Тамбов, e-mail: viitinlab8@bk.ru.

Вязинкин Виктор Сергеевич – научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», Россия, г. Тамбов, e-mail: viitinlab8@bk.ru.

Остриков Валерий Васильевич – доктор технических наук, врио директора Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», Россия, г. Тамбов, e-mail: viitinlab8@bk.ru.

Author credentials

Affiliations

Zhernovnikov Dmitry – Senior Laboratory Assistant of Federal State Budgetary Scientific Institution “All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture”, Russia, Tambov, e-mail: viitinlab8@bk.ru.

Zabrodsckaya Alla – Researcher of Federal State Budgetary Scientific Institution “All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture”, Russia, Tambov, e-mail: viitinlab8@bk.ru.

Vyazinkin Viktor – Researcher of Federal State Budgetary Scientific Institution “All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture”, Russia, Tambov, e-mail: viitinlab8@bk.ru.

Ostrikov Valery Vasilievich – Doctor of Technical Sciences, Acting Director of Federal State Budgetary Scientific Institution “All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture”, Russia, Tambov, e-mail: viitinlab8@bk.ru.

Поступила в редакцию (Received): 10.01.2020 Принята к публикации (Accepted): 10.02.2020