

4.3.1. ТЕХНОЛОГИИ, МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА (ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 621.899

DOI: 10.53914/issn2071-2243_2023_4_102

EDN: BONNFP

Метод очистки промывочных масел с целью повторного использования в двигателях сельскохозяйственной техники

Валерий Васильевич Остриков^{1✉}, Александр Викторович Кошелев²,
Алла Владимировна Забродская³

^{1, 2, 3} Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники
и нефтепродуктов в сельском хозяйстве, Тамбов, Россия

¹ viitinlab8@bk.ru[✉]

Аннотация. Одной из важных операций по повышению надежности работы двигателей тракторов и самоходных сельскохозяйственных машин, а также продлению срока службы моторных масел является промывка системы смазки и удаление из нее загрязнений. Промывочное масло после использования подлежит утилизации и не может использоваться повторно в силу загрязненности смолами, примесями, продуктами окисления. Решение вопросов повторного использования промывочных масел является актуальной научно-практической задачей. В результате исследований по промывке системы смазки двигателя трактора МТЗ-1221 промывочным маслом ЛУКОЙЛ установлено, что в масле практически не меняется вязкость и состав моющих присадок. Масло изменяет свой цвет с 2,5 до 7 баллов в единицах ЦНТ, а содержание загрязнений составляет 0,2% и более. Моделирование процессов удаления примесей из отработанного промывочного масла подтвердило несостоятельность использования простых доступных физических методов очистки. Анализ физико-химических способов очистки промывочного масла показал, что среди многообразия известных коагулянтов для укрупнения растворенных в масле смол и загрязнений наиболее эффективными являются карбамид, растворенный в гидроксиде аммония, и *N*-метилперролидон. Оптимальной концентрацией вносимой смеси карбамида с гидроксидом аммония является 2% от объема масла, *N*-метилперролидона – 20–30% об. Последующее удаление скоагулированных загрязнений методом центрифугирования обеспечивает очистку от всех загрязнений, и показатели очищенного промывочного масла становятся близкими к значениям товарных масел. Разработанный физико-химический метод очистки промывочных масел позволяет удалить все виды загрязнений для повторного использования промывочного масла в двигателях сельскохозяйственной техники, что снизит затраты на проведение операции технического обслуживания, продлит срок службы моторных масел.

Ключевые слова: дизельный двигатель, техническое обслуживание, промывочное масло, загрязнения, коагуляция, реагенты, удаление загрязнений

Для цитирования: Остриков В.В., Кошелев А.В., Забродская А.В. Метод очистки промывочных масел с целью повторного использования в двигателях сельскохозяйственной техники // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2023. Т. 16, № 4(79). С. 102–109. https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_4_102-109.

4.3.1. TECHNOLOGIES, MACHINERY AND EQUIPMENT FOR AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX (ENGINEERING SCIENCES)

Original article

Method for engine wash oil clarification with the purpose of reuse in agricultural machinery

Valery V. Ostrikov^{1✉}, Aleksandr V. Koshelev², Alla V. Zabrodskaya³

^{1, 2, 3} All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture,
Tambov, Russia

¹ viitinlab8@bk.ru[✉]

Abstract. One of the important operations to improve the reliability of tractor engines and self-propelled agricultural machines, as well as prolong the service life of motor oils, is lubrication system flushing and impurities removing. The engine wash oil after use is subject to disposal and cannot be reused due to contamination with gasoline gums,

impurities, oxidation products. Solving the issues of engine wash oils reuse is an urgent scientific and practical target. As a result of studies on the MTZ-1221 tractor engine lubrication system flushing with Lukoil wash oil, it was found that the viscosity and composition of oil detergent additives practically do not change. The oil changes its color from 2.5 to 7 points according to ASTM scale, and the contamination content is equal to 0.2% or more. Process simulating of removing impurities from the spent wash oil showed the inconsistency of using simple available physical methods. Studies on the consideration of physico-chemical methods of wash oil clarification have found that among the variety of known coagulants for the enlargement of gasoline gums and impurities dissolved in oil, the most effective are carbamide dissolved in ammonium hydroxide and N-methylperrolidone. The rational concentration of introducing a mixture of urea with ammonium hydroxide into the oil is 2% of the oil volume, the concentration of N-methylperrolidone is 20...30 % vol. The subsequent removal of coagulated contaminants by centrifugation ensures clarification from all contaminants and the indicators of the obtained wash oil are close to the values of commercial oils. The developed physical & chemical method of wash oil clarification allows removing all kinds of contaminants for reuse of wash oils in agricultural machinery engines, which will reduce the cost of maintenance operations, prolong the service life of motor oils.

Keywords: diesel engine, maintenance, wash oil, contamination, coagulation, reagents, impurities removing

For citation: Ostrikov V.V., Koshelev A.V., Zbrodskaya A.V. Method for engine wash oil clarification with the purpose of reuse in agricultural machinery. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2024;16(4):102-109. (In Russ.). https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_4_102-109.

Введение

Как известно, в процессе работы двигателей тракторов на деталях цилиндро-поршневой группы, в масляных каналах, на дне картера двигателя образуются загрязнения, мазеподобные отложения, нагары [1, 2]. При замене моторного масла, отработавшего свой срок, вновь заправленное свежее масло смешивается с остаточными загрязнениями, вследствие чего изменяются его эксплуатационные свойства и сокращается срок службы до замены. Для предотвращения подобного рода явлений при проведении операции технического обслуживания и замены отработанного моторного масла рекомендуется промывать систему смазки специальными промывочными маслами [3, 4, 10]. При промывке системы смазки данная операция является достаточно затратной в силу больших объемов картеров двигателей тракторов.

После промывки системы смазки двигателя трактора в масле накапливается относительно большое количество загрязнений, растворенных смол, продуктов окисления, что делает промывочное масло непригодным к повторному использованию [9]. До настоящего времени в литературных источниках недостаточно освещены способы и технологии повторного использования промывочных масел, их переработки во вторичные продукты. Отсутствует информация о свойствах промывочного масла после его применения.

Целью настоящих исследований является анализ основных характеристик промывочных масел для разработки способа эффективной утилизации и получения вторичной продукции для последующего использования по прямому назначению.

Методика исследования

При проведении исследований использовали масло промывочное Лукойл.

После промывки двигателя трактора промывочное масло сливали и определяли вязкость, загрязненность, щелочное и кислотное числа, цвет масла в сравнении с исходным (товарным) маслом в соответствии с известными методиками [5, 6].

После проведения анализа физико-химических характеристик масла под микроскопом Биолам-70 оценивали дисперсный состав загрязнений, рассматривали способы их удаления.

Для удаления растворенных примесей используется физико-химический способ очистки масла. Масло объемом 100 мл помещается в лабораторные стаканы, нагревается до температуры 80 ± 5 °С. Далее в нагретое масло вносятся коагулянты, способные укрупнить растворенные мелкодисперсные примеси до агрегатного состояния 20 мкм и более. В качестве коагулянтов рассматриваются карбамид, гидроксид аммония, моноэтаноламин, N-метилперролидон в различных концентрациях и комбинациях.

Процесс коагуляции оценивали визуально под микроскопом. Состав и концентрация, позволяющие максимально укрупнить растворенные примеси, считаются базовыми факторами для проведения дальнейших исследований. После определения рациональной концентрации, температуры физико-химического действия и времени масло направляли на очистку, которую проводили на лабораторной центрифуге ОПн-8УХЛ4.2 при частоте вращения 3000–4000 об/мин в течение 10 минут. Далее очищенное масло сливали и анализировали вязкость, щелочное и кислотное числа, загрязненность, цвет. Моющие свойства очищенного промывочного масла оценивали по упрощенной методике в цилиндре-тубе.

Результаты и их обсуждение

Масло промывочное Лукойл предназначено для очистки системы смазки от загрязнений, в том числе дизельных двигателей.

Характеристика исходного масла: вязкость кинематическая – 9 мм²/с, щелочное число – 2,3 мг КОН/г, кислотное число – 1,3 мг КОН/г, цвет – 2,5 балла в единицах ЦНТ, загрязнения – отсутствуют.

После выполнения операции промывки системы смазки дизельного двигателя масло изменяет свои характеристики и прежде всего загрязненность и цвет [7, 8]. В таблице 1 представлены данные физико-химического анализа промывочного масла Лукойл до и после проведения операции промывки системы смазки двигателя.

Таблица 1. Характеристики промывочного масла Лукойл

Показатели	Исходное масло	Масло после промывки системы смазки дизельного двигателя трактора МТЗ-1221
Вязкость кинематическая, мм ² /с	9	9,11
Щелочное число, мг КОН/г	2,3	2,10
Кислотное число, мг КОН/г	1,3	1,50
Содержание загрязнений, %	Отсутствует	0,25
Цвет, балл ед. ЦНТ	2,5	7

Установлено, что кинематическая вязкость промывочного масла после его использования в дизельном двигателе практически не изменилась. Щелочное число снизилось с 2,3 до 2,1 мг КОН/г, то есть, судя по данному значению, присадки за период промывки практически все остались в составе масла, если считать щелочное число косвенным показателем содержания моющих присадок в масле. Значительные изменения масло претерпело по содержанию загрязнений и цвету (табл. 1).

По данным таблицы 1 можно сделать предварительный вывод о пригодности масла к повторному применению. Однако масло содержит большое количество растворенных смол, примесей, продуктов окисления, что ограничивает его применение в качестве промывочной жидкости.

На первом этапе поиска решения задачи повторного использования промывочного масла проведены исследования по удалению загрязнений физическими средствами очистки.

Загрязненное масло нагревалось до температуры 80 °С, и проводилась его очистка в лабораторной центрифуге при частоте вращения 6000 об/мин в течение 60 минут. Через каждые 15 минут отбиралась проба масла, определялась загрязненность и оценивался цвет в единицах ЦНТ. На рисунке 1 представлена зависимость изменения содержания загрязнений от времени очистки.

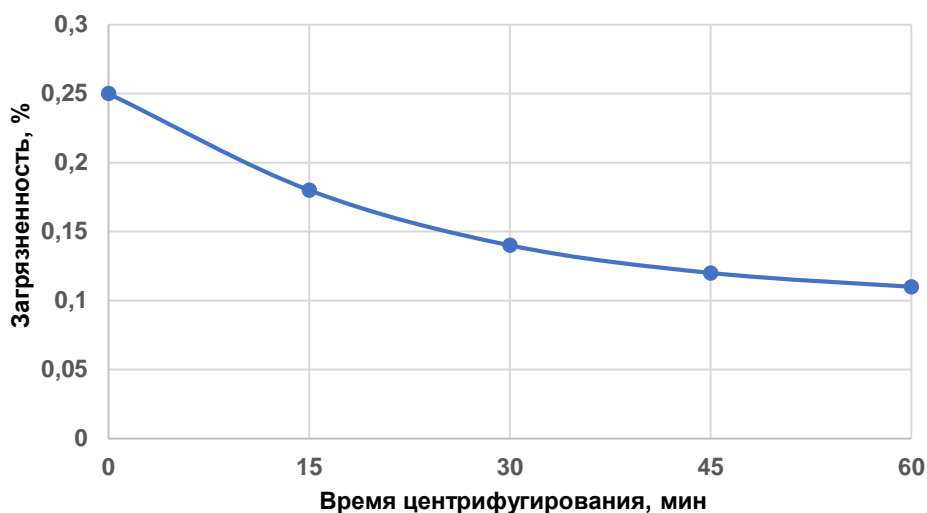


Рис. 1. Зависимость изменения содержания загрязнений в промывочном масле от времени очистки центрифугированием

Установлено, что за время очистки содержание загрязнений в масле снизилось с 0,25 до 0,13%. Цвет масла не изменился. При рассмотрении капельной пробы масла под микроскопом выявлено, что оставшиеся в масле загрязнения представляют собой частицы дисперсного состава 5 мкм и менее, трудноудаляемые простыми физическими средствами очистки (рис. 2).

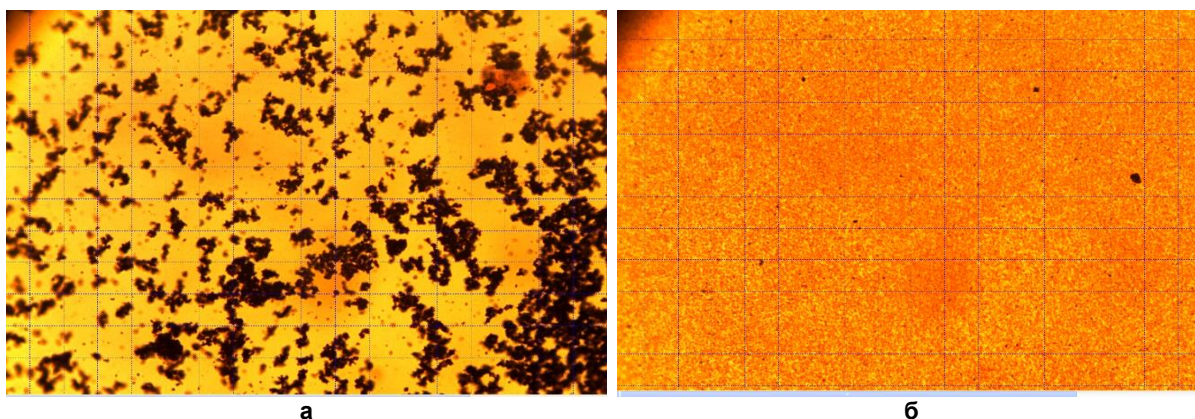


Рис. 2. Микрофотографии образцов масел (увеличение 1100 раз):
а – до очистки; б – после очистки

На следующем этапе рассматривалась возможность удаления растворенных примесей из отработанного моторного масла физико-химическим методом очистки под действием коагулянтов, способных укрупнять мелкодисперсные примеси до размеров легкоудаляемых доступными физическими методами (центрифугированием, фильтрацией).

Так как в промывочном масле содержится значительно меньше загрязнений по сравнению с моторными маслами, имеющими другой состав моющих, противоизносных присадок, то необходимо определение и обоснование рационального состава компонентов-коагулянтов, температуры процесса, времени, методов осаждения.

Для оценки эффективности коагуляции загрязнений промывочное масло нагревалось до температуры 80 °С, далее в нагретое масло вносился раствор карбамида в гидроксиде аммония, смесь перемешивалась с последующим нагревом до 110 °С. При этом определялась рациональная концентрация внесения реагентов по динамике изменения содержания нерастворимого осадка в процессе очистки масла центрифугированием. На рисунке 3 представлена зависимость изменения содержания нерастворимого осадка в промывочном масле от концентрации внесения реагента.

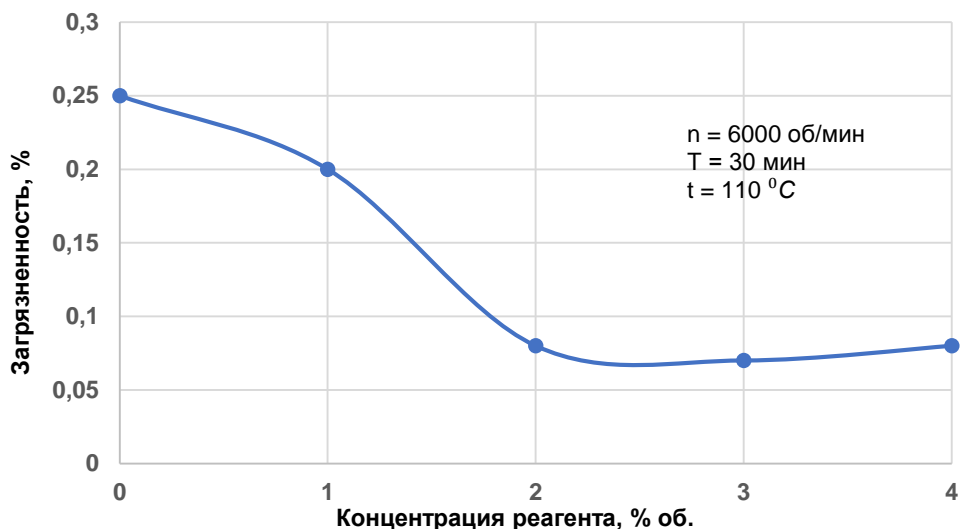


Рис. 3. Зависимость изменения содержания нерастворимого осадка в промывочном масле от концентрации внесения реагента при постоянном времени и частоте вращения центрифуги

В результате лабораторных исследований установлено, что оптимальной концентрацией раствора реагентов карбамида являлось 2% об., при этом время центрифугирования каждой пробы (1, 2, 3, 4% об.) составляло 30 минут. При концентрациях 3 и 4% об. наблюдалось некоторое увеличение примесей, объясняемое перенасыщенностью раствора и образованием продуктов перекристаллизации карбамида в масле. Цвет масла изменился с 7 до 5 баллов в единицах ЦНТ. Остаточное содержание примесей составило 0,07–0,08%.

На следующем этапе исследований в загрязненное промывочное масло и масло, предварительно очищенное (при оптимальной концентрации внесения) с помощью растворенного в гидроксиде аммония карбамида, вносился моноэтаноламин. Концентрация внесения моноэтаноламина составляла от 1 до 3% об. На рисунке 4 представлена зависимость изменения содержания нерастворимого осадка в масле от концентрации внесения моноэтаноламина. Температура нагрева масла составляла 100 °C, время центрифугирования – 30 минут, частота вращения ротора центрифуги – 6000 об/мин.

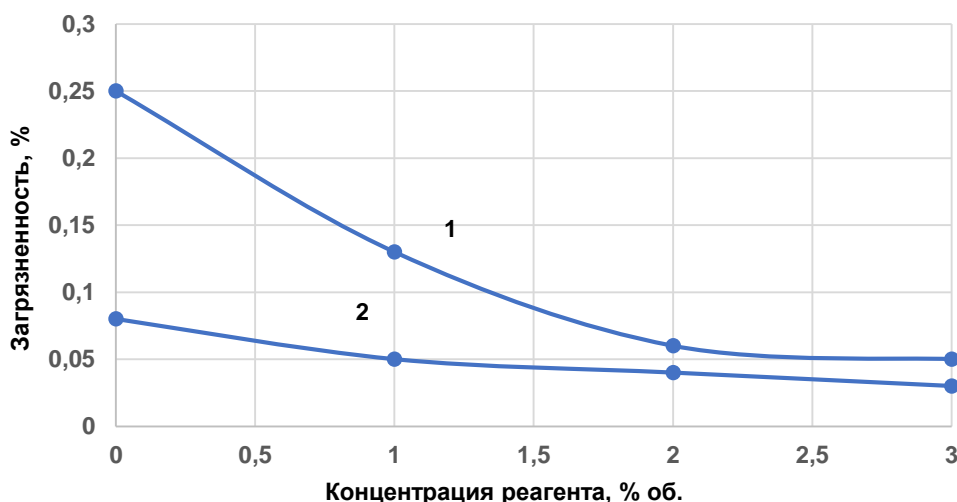


Рис. 4. Зависимость изменения содержания загрязнений от концентрации моноэтаноламина и способа очистки

Дополнительная обработка очищенного по первому способу промывочного масла позволяет с помощью моноэтаноламина довести содержание растворенных смол и загрязнений до 0,025% (рис. 4, линия 2) и улучшить балл цветности на единицу – до 4 баллов. Оптимальной концентрацией моноэтаноламина в масле следует считать 2% об.

При использовании моноэтаноламина без предварительной обработки масла смесью гидроксида аммония с карбамидом (рис. 4, линия 1) показатель эффективности очистки масла также достаточно высокий. За 30 минут очистки при внесении 2–3% об. моноэтаноламина в исходное промывочное масло значение загрязненности составляет 0,05%, то есть ниже, чем по первому способу (рис. 3).

При использовании моноэтаноламина щелочное число масла увеличивается с 2,1 до 2,9 мг КОН/г, что можно объяснить свойствами данного вещества. Моноэтаноламин как химический реагент является относительно дорогостоящим компонентом и дальнейшее его рассмотрение предполагает увеличение затрат на очистку масла и, естественно, на проведение технического обслуживания с учетом того, что масляные картеры тракторов вмещают от 15 до 50 л масла.

Достаточно перспективным компонентом для очистки масел от загрязнений является *N*-метилперролидон, используемый для удаления загрязнений из масел, не содержащих присадки. Промывочное масло можно условно отнести к маслам, содержащим незначительное количество присадок по сравнению с моторными маслами, которые не могут быть очищены известным способом [11, 12]. При этом *N*-метилперролидон вносится в очищаемое масло в процентном соотношении от 40 до 70% и более к объему масла, что ограничивает выход очищаемого масла и значительно увеличивает затраты на реализацию технологического процесса очистки. В соответствии с поставленной задачей максимального удаления загрязнений из загрязненного промывочного масла рассматривались два варианта очистки с использованием данного реагента.

По первому варианту в загрязненное масло вносился *N*-метилперролидон при температуре 60 ± 5 °С, смесь нагревалась до 90 °С и перемешивалась в течение 15 минут. Далее смесь отстаивалась в течение 8 часов, и верхняя отстоявшаяся часть масла подвергалась центрифугированию.

По второму варианту загрязненное промывочное масло предварительно очищалось с использованием карбамида, растворенного в гидроксида аммония, далее в очищенное масло вносился *N*-метилперролидон, проводилось отстаивание масла и его последующая очистка центрифугированием.

На рисунке 5 представлены результаты исследований по очистке масла рассматриваемым способом.

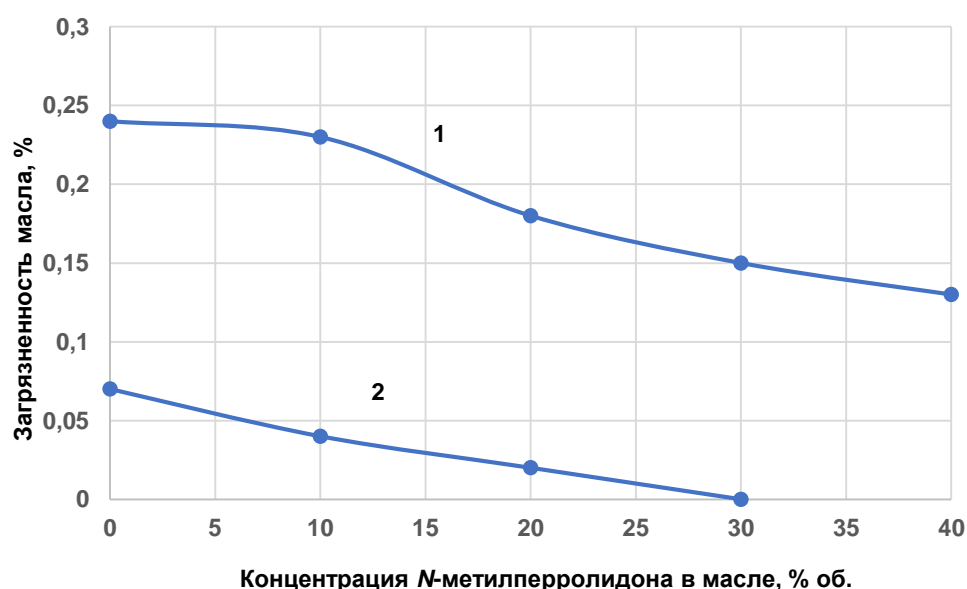


Рис. 5. Зависимость изменения содержания загрязненности в промывочном масле от концентрации *N*-метилперролидона и способа очистки:
 1 – очистка загрязненного масла с использованием *N*-метилперролидона;
 2 – очистка масла после предварительной очистки раствором карбамида с последующей очисткой *N*-метилперролидоном

Установлено, что очистка загрязненного масла *N*-метилперролидоном позволяет снизить количество загрязнений в два раза, при этом данный способ уступает по качеству очистке после предварительной обработки раствором карбамида (рис. 5).

Предварительная очистка с использованием в качестве коагулянтов карбамида в гидроксиде аммония способствует при внесении дополнительно в масло *N*-метилперролидона удалению практически всех загрязнений при концентрации внесения вещества 20–30% об. Цвет масла в конечном результате соответствует значению 2 балла, то есть аналогичен цвету товарного масла.

Для оценки моющей способности полученного восстановленного масла в упрощенной форме моделировался процесс промывки. На стальную поверхность трубки наносились мазеподобные загрязнения, в трубку заправлялось испытуемое промывочное масло. Трубка помещалась в лабораторный встряхиватель, обеспечивающий поступательное движение платформы с трубкой в горизонтальной плоскости. Трубка с маслом перед установкой нагревалась до температуры 70–80 °С, производилось встряхивание образцов в течение 30 минут. По окончании процесса трубка разбиралась и по остаточной площади загрязненной поверхности оценивалась эффективность промывки.

В результате оценки моющей способности образцов масел установлено, что наибольший эффект достигается промывкой загрязненной поверхности с помощью товарного промывочного масла Лукойл. Полученные составы промывочного масла на основе загрязненного масла уступают товарному маслу, кроме образца масла, очищенного изначально с помощью карбамида, растворенного в гидроксиде аммония, с последующим осаждением загрязнений под действием *N*-метилперролидона.

Выводы

1. После выполнения операций промывки двигателей тракторов в масле накапливается значительное количество загрязнений, смол, примесей и промывочное масло непригодно к использованию.

2. Оптимальная концентрация внесения раствора реагентов карбамида – 2% об. (время центрифугирования – 30 минут), цвет масла – 5 баллов в единицах ЦНТ, остаточное содержание примесей – 0,07–0,08%.

3. Дополнительная обработка моноэтаноламином промывочного масла, очищенного раствором реагентов карбамида, позволяет довести содержание растворенных смол и загрязнений до 0,025% и улучшить балл цветности до 4, рациональной концентрацией моноэтаноламина в масле следует считать 2% об. При использовании моноэтаноламина без предварительной обработки масла смесью гидроксида аммония с карбамидом показатель эффективности очистки масла также достаточно высокий: значение загрязненности составляет 0,05%.

4. Предварительная очистка с использованием в качестве коагулянта карбамида в гидроксиде аммония при дополнительном внесении в масло *N*-метилперролидона способствует удалению практически всех загрязнений (концентрация внесения вещества – 20–30% об.) центрифугованием, цвет масла в конечном результате соответствует значению 2 балла, то есть аналогичен цвету товарного масла, при этом моющая способность очищенного масла практически такая же, как у товарного.

5. Разработанный физико-химический метод очистки промывочных масел позволяет удалить все виды загрязнений для повторного использования промывочного масла в двигателях сельскохозяйственной техники, что снизит затраты на проведение операции технического обслуживания, продлит срок службы моторных масел.

Список источников

1. Альтшулер М.А. Применение смазочных материалов в двигателях внутреннего сгорания. Москва: Химия, 1979. 224 с.
2. Большаков Г.Ф. Восстановление и контроль качества нефтепродуктов. Ленинград: Недра, 1974. 318 с.
3. Вагнер В.А., Гладышев А.В., Матиевский Д.Д. Экспериментальные исследования температурно-концентрационных полей в цилиндре дизеля // Двигателестроение. 1990. № 7. С. 31–33.
4. Горбунов В.В., Патрахальцев Н.Н. Токсичность двигателей внутреннего сгорания. Москва: Изд-во Российского университета дружбы народов, 2008. 214 с.

5. ГОСТ 33-2016. Нефть и нефтепродукты. Прозрачные и непрозрачные жидкости. Определение кинематической и динамической вязкости. Москва: Стандартинформ, 2017. 35 с.
6. ГОСТ 6370-2018. Нефть, нефтепродукты и присадки. Метод определения механических примесей. Москва: Стандартинформ, 2019. 8 с.
7. Меньшов П.А., Иванов В.С., Логинов В.Н. Об определении цвета нефтепродуктов // Химия и технология топлив и масел. 1981. № 4. С. 45–48.
8. Остриков В.В., Вязинкин В.С., Кошелев А.В. и др. Изменение характеристик моторных масел в двигателях зерноуборочных комбайнов // Химия и технология топлив и масел. 2022. № 3(57). С. 70–75. DOI: 10.35887/2305-2538-2022-3-70-75.
9. Покровский Г.П. Топливо, смазочные материалы и охлаждающие жидкости. Москва: Машиностроение, 1985. 196 с.
10. Шишков И.Н., Белов В.Б. Авиационные горюче-смазочные материалы и специальные жидкости. Москва: Транспорт, 1979. 247 с.
11. Школьников В.М. Топлива, смазочные материалы, технические жидкости. Ассортимент и применение. Москва: Техинформ, 1999. 596 с.
12. Ostrikov V.V., Zabrodskaya A.V., Orobinskii V.I. et al. Use of reagents to decontaminate operating engine oil and lubrication systems // Chemistry and Technology of Fuels and Oils (English Version). 2022. Vol. 57(6). Pp. 891–894.

References

1. Altshuler M.A. Primenenie smazochnykh materialov v dvigatelyakh vnutrennego sgoraniya [Lubricants in internal combustion engines]. Moscow: Chemistry; 1979. 224 p. (In Russ.).
2. Bolshakov G.F. Vosstanovlenie i kontrol' kachestva nefteproduktov [Restoration and quality control of petroleum products]. Leningrad: Nedra Publishers; 1974. 318 p. (In Russ.).
3. Vagner V.A., Gladyshev A.V., Matievskiy D.D. Eksperimental'nye issledovaniya temperaturnokontsentratsionnykh polej v tsilindre dizelya [Experimental studies of temperature-concentration fields in a diesel cylinder]. *Dvigatelistroyeniye = Engines Construction*. 1990;7:31-33. (In Russ.).
4. Gorbunov V.V., Patrakhaltsev N.N. Toksichnost' dvigatelej vnutrennego sgoraniya: uchebnoe posobie [Toxicity of internal combustion engines: study guide]. Moscow: Peoples' Friendship University of Russia Press; 1998. 214 p. (In Russ.).
5. GOST 33-2016. Neft i nefteprodukty. Prozrachnye i neprozrachnye zhidkosti. Opredelenie kinematicheskoy i dinamicheskoy vyazkosti [Petroleum and petroleum products. Transparent and opaque liquids. Determination of kinematic and dynamic viscosity]. Moscow: Standartinform; 2017. 35 p. (In Russ.).
6. GOST 6370-2018. Neft', nefteprodukty i prisadki. Metod opredeleniya mekhanicheskikh primesej [Petroleum, petroleum products and additives. Method for determination of mechanical admixtures]. Moscow: Standartinform; 2019. 8 p. (In Russ.).
7. Menshov P.A., Ivanov V.S., Loginov V.N. Ob opredelenii tsveta nefteproduktov [On determining the color of petroleum products]. *Khimiya i tekhnologiya topliv i masel = Chemistry and Technology of Fuels and Oils*. 1981;4:45-48. (In Russ.).
8. Ostrikov V.V., Vyazinkin V.S., Koshelev A.V. et al. Izmenenie kharakteristik motornykh masel v dvigatelyakh zemouborochnykh kombajnov [Changing the characteristics of motor oils in engines of grain harvesters]. *Khimiya i tekhnologiya topliv i masel = Chemistry and Technology of Fuels and Oils*. 2022;3(57):70-75. (In Russ.).
9. Pokrovskiy G.P. Topливо, smazochnye materialy i okhlazhdayushchie zhidkosti [Fuel, lubricants and coolants]. Moscow: Mashinostroeniye; 1985. 196 p. (In Russ.).
10. Shishkov I.N., Belov V.B. Aviatcionnye goryuche-smazochnye materialy i spetsial'nye zhidkosti [Aviation fuels and lubricants and special liquids]. Moscow: Transport; 1979. 247 p. (In Russ.).
11. Shkolnikov V.M. Topлива, smazochnye materialy, tekhnicheskie zhidkosti. Assortiment i primeneniye [Fuels, lubricants, technical fluids. Assortment and application]. Moscow: Tekhinform; 1999. 596 p. (In Russ.).
12. Ostrikov V.V., Zabrodskaya A.V., Orobinskii V.I. et al. Use of reagents to decontaminate operating engine oil and lubrication systems. *Khimiya i tekhnologiya topliv i masel = Chemistry and Technology of Fuels and Oils*. 2022;57(6):891-894.

Информация об авторах

В.В. Остриков – доктор технических наук, профессор, и. о. директора ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», viitinlab8@bk.ru.
 А.В. Кошелев – младший научный сотрудник ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», alex-koschelev94@yandex.ru.
 А.В. Забродская – научный сотрудник ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», alisiwo@mail.ru.

Information about the authors

V.V. Ostrikov, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Deputy Director, All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture, viitinlab8@bk.ru.
 A.V. Koshelev, Junior Research Scientist, All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture, alex-koschelev94@yandex.ru.
 A.V. Zabrodskaya, Research Scientist, All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture, alisiwo@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 07.08.2023; одобрена после рецензирования 15.09.2023; принята к публикации 20.09.2023.

The article was submitted 07.08.2023; approved after reviewing 15.09.2023; accepted for publication 20.09.2023.

© Остриков В.В., Кошелев А.В., Забродская А.В., 2023