
ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ПРОМЫВКИ СИСТЕМЫ СМАЗКИ ОТРАБОТАННЫМ МОТОРНЫМ МАСЛОМ БЕЗ ЕГО СЛИВА ИЗ КАРТЕРА ДВИГАТЕЛЯ

Валерий Васильевич Остриков¹
Сергей Николаевич Сазонов¹
Виктор Сергеевич Вязинкин¹
Алла Владимировна Забродская¹
Дмитрий Николаевич Афоничев²

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

²Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I

Рассмотрен процесс очистки отработавшего свой срок моторного масла от загрязнений без его слива из картера двигателя. Принимая во внимание тот факт, что замена отработанного моторного масла на свежее без промывки системы смазки интенсифицирует процесс старения моторного масла, предложено использовать в качестве основы промывочного масла отработанное моторное масло. Установлено, что внесение в моторное масло гидроксида аммония в смеси с карбамидом с последующим запуском двигателя позволяет снизить содержание загрязнений в масле с 0,85 до 0,01% и изменить цвет масла с 8 до 3,5 балла в единицах ЦНТ. Внесение в очищенное масло диметилсульфоксида в смеси с дизельным топливом и изопропилом калия в количестве 3% масс каждого позволяет повысить моющие свойства масла. Определено, что содержание нерастворимого осадка в экспериментальном промывочном масле за 40 минут работы двигателя на холостом ходу повысилось с 0,01 до 0,23%, что свидетельствует о достаточно высоких моющих свойствах масла. Сравнительный анализ результатов исследований при замене масла без промывки системы смазки двигателя Д-240 и с промывкой экспериментальным составом масла выявил снижение образования загрязнений в товарном масле М-10Г_{2к} в три раза по сравнению с первым вариантом. После 8 часов работы свежего масла без промывки системы смазки его загрязненность возросла до 0,09%. При промывке работавшим в двигателе маслом с добавками содержание нерастворимого осадка возросло до 0,03%. Замер компрессии в цилиндрах до начала испытаний и после завершения показал рост данного показателя на 8–10%.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: двигатель, система смазки, моторное масло, загрязнения, очистка, промывка, добавки.

STUDIES OF THE PROCESS OF CLEANSING THE LUBRICATION SYSTEM BY WASTE ENGINE OIL WITHOUT CRANKCASE DRAIN

Valery V. Ostrikov¹
Sergey N. Sazonov¹
Victor S. Vyazinkin¹
Alla V. Zabrodskaya¹
Dmitriy N. Afonichev²

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

²Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great

The process of cleansing waste engine oil from contamination without crankcase drain is considered. Taking into account the fact that waste engine oil replacement without the lubrication system cleansing intensifies the aging process of the engine oil, the authors proposed to use waste engine oil as rinsing oil base. It was found that the addition of ammonium hydroxide to the engine oil in a mixture with urea followed by engine starting allows reducing the content of contaminants in the oil from 0.85 to 0.01% and changing the color of the oil from 8 to 3.5 points determined on colorimeter. The addition of dimethylsulfoxide to the refined oil in a mixture with diesel fuel and

potassium isopropyl in an amount of 3% by weight of each allows increasing the cleansing properties of the oil. It was determined that the content of insoluble precipitate in the experimental rinsing oil increased from 0.01 to 0.23% during 40 minutes of engine idling, which indicates sufficiently high rinsing properties of the oil. A comparative analysis of the research results obtained at oil replacement without D-240 engine lubrication system cleansing and at cleansing using the proposed experimental oil composition revealed a three-fold reduction in contaminants formation in the M-10G_{2K} commercial oil as compared to the first option. After 8 hours of fresh oil operation without the lubrication system cleansing, its contamination increased to 0.09%. When cleansing by the engine oil with additives, the insoluble precipitate content increased to 0.03%. Measurement of compression in cylinders before the start of tests and after completion showed an increase of this indicator by 8-10%.

KEYWORDS: engine, lubrication system, engine oil, contamination, cleansing, rinsing, additives.

Введение

В процессе эксплуатации транспортных средств в любом двигателе происходит накопление загрязнений, которые необходимо периодически удалять.

В настоящее время существует значительное количество разработок, направленных на очистку систем двигателя от загрязнений, которые условно можно разделить на три категории:

- очистка системы смазки двигателя промывочными маслами;
- очистка двигателя со стороны топливной системы специальными присадками и добавками, вносимыми в топливо;
- комплексная очистка двигателя [1, 2, 3, 8].

Известные способы и технологии находят применение и достаточно эффективны при проведении операции очистки бензиновых двигателей [9].

Дизельные двигатели тракторов и комбайнов работают в более жестких нагрузочных режимах, при более высоких температурах. При этом образующиеся отложения в системе смазки, на деталях цилиндро-поршневой группы имеют несколько другую структуру, твердость и очень часто отличаются количественно [5, 6, 7, 10].

В сельскохозяйственном производстве очистка систем смазки, деталей двигателя при проведении операции технического обслуживания практически не проводится. При этом известно, что образующиеся отложения ухудшают подвижность поршневых колец, снижают компрессию в цилиндрах, уменьшают срок службы масла до замены. Причинами отказа от столь важных мер, направленных на повышение эксплуатационных свойств двигателя, являются высокая цена на промывочные масла и их не очень высокая эффективность при использовании в дизельных двигателях [1, 3, 4].

На основе анализа значительного количества источников информации по использованию моторных масел в двигателях тракторов в условиях эксплуатации установлено, что после замены отработавших свой срок масел заправленное свежее масло уже после 8 часов наработки приобретает черный цвет, а содержание смол и продуктов окисления увеличивается многократно.

На рисунке 1 представлены зависимости изменения содержания нерастворимого осадка и цвета масла после 8 часов наработки и последующей эксплуатации в течение 16 часов.

После первых двух часов работы двигателя Д-240 моторное масло М-10_{2K} изменило цвет (линия 2) с 3 до 4 баллов в единицах ЦНТ. Содержание нерастворимого осадка в масле в двигателе выросло за первые 2 часа работы с 0,01 до 0,05% и к 8 часам наработки составило 0,09%. Интенсивное образование загрязнений в масле объясняется высокими моющими свойствами товарного масла и достаточно высокой степенью загрязненности системы смазки. Данные факты подтверждают необходимость и актуальность проведения операции промывки двигателя перед заменой масла.

Проведение операции промывки системы смазки после слива отработанного масла позволяет снизить интенсивность загрязнения моторного масла и продлить срок его службы.

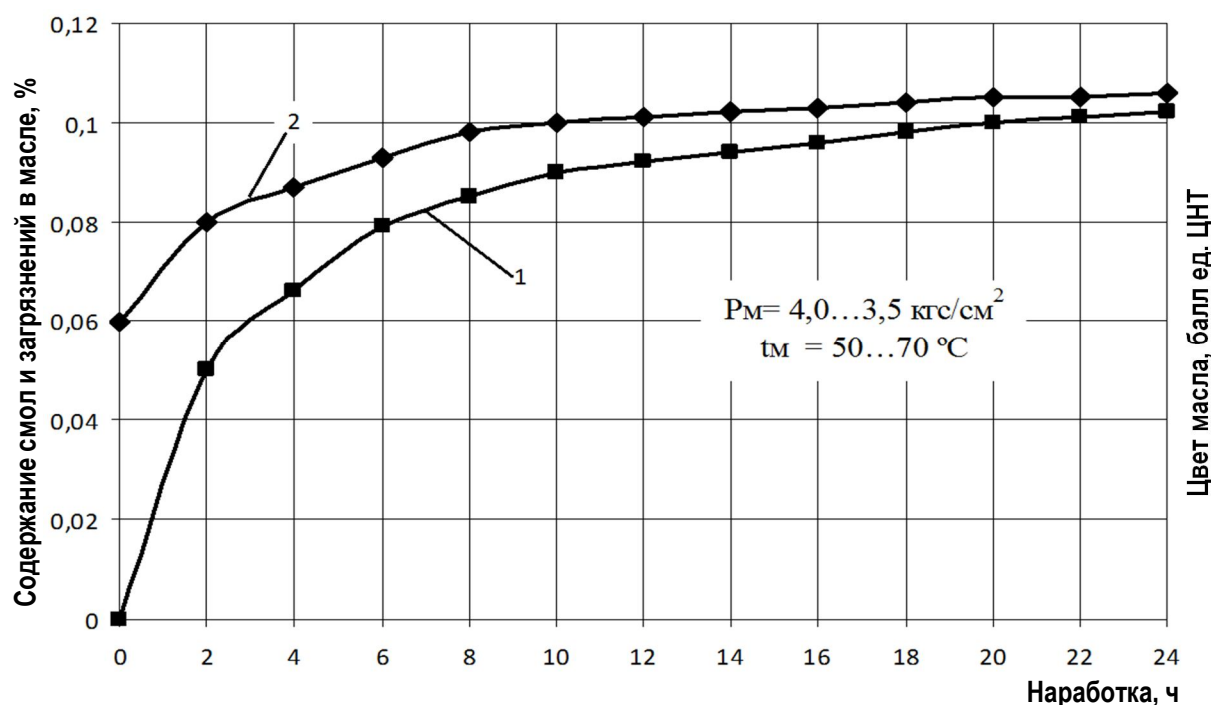


Рис. 1. Зависимость изменения загрязненности свежего масла М-10_{2к} от наработки при $P_M = 4,0\text{--}3,5 \text{ кгс/см}^2$: 1 – изменение содержания загрязнений в масле; 2 – изменение цвета масла

Сотрудники ФГБНУ ВНИИТиН и Воронежского госагроуниверситета ведут исследования, направленные на поиск способов повышения эксплуатационных свойств двигателей тракторов и снижения затрат на промывку системы смазки.

Методика проведения исследований

Исследования проводились в несколько этапов. На первом этапе разрабатывается упрощенная схема и технологический процесс очистки отработавшего свой срок моторного масла без его слива из картера двигателя Д-240. Двигатель прогревается до температуры масла 75–80°C. Через заливную горловину в масло вносится смесь гидроксида аммония и карбамида. Двигатель работает на данном составе масла 10 минут на холостом ходу и далее под нагрузкой в течение 30–40 минут. Через каждые 10 минут посредством шупа достается капельная проба масла и наносится на фильтровальную бумагу «белая лента» для оценки загрязненности и изменения цвета масла.

При появлении на фильтровальной бумаге масла желтого цвета двигатель останавливается, центрифуга очищается от загрязнений, после чего через заливную горловину в картер двигателя добавляется смесь диметилсульфоксида, изопропила калия и дизельного топлива (3% масс к объему масла). Производится пуск двигателя, и он работает на холостом ходу 60 минут. Через каждые 20 минут из картера отбирается проба объемом 100 мл для оценки загрязненности масла и определения качества промывки.

Перед началом испытаний и в конце определяли компрессию в цилиндрах, а также в лабораторных условиях физико-химические характеристики изменения свойств масла в соответствии с утвержденными методиками.

Результаты и их обсуждение

Как известно, отработанное моторное масло обладает определенным запасом эксплуатационных свойств [9], к моменту его замены в нем сохраняется 20–30% моюще-диспергирующих, противозносных и других присадок. При этом отработавшее более 200 часов масло содержит смолы, механические примеси и продукты окисления масла.

На основании ранее проведенных исследований [4, 9] установлено, что внесение в масло гидроксида аммония в смеси с карбамидом позволяет укрупнить практически растворенные примеси и загрязнения для их осаждения встроенными в систему смазки средствами очистки (центрифугами). Масло после очистки способно выполнять свои функции на протяжении 50–70 часов.

Данные результаты исследований позволяют предположить возможность использования очищенных отработанных масел без их слива из картера двигателя в качестве промывочного масла с учетом их обогащения присадками и добавками.

При проведении исследований в реальных условиях эксплуатации оценивалось изменение содержания нерастворимого осадка, кислотного и щелочного числа, цвета масла в зависимости от времени работы двигателя и очистки отработанного масла.

На рисунке 2 представлена зависимость изменения физико-химических показателей масла под действием реагентов-коагулянтов от времени работы двигателя.

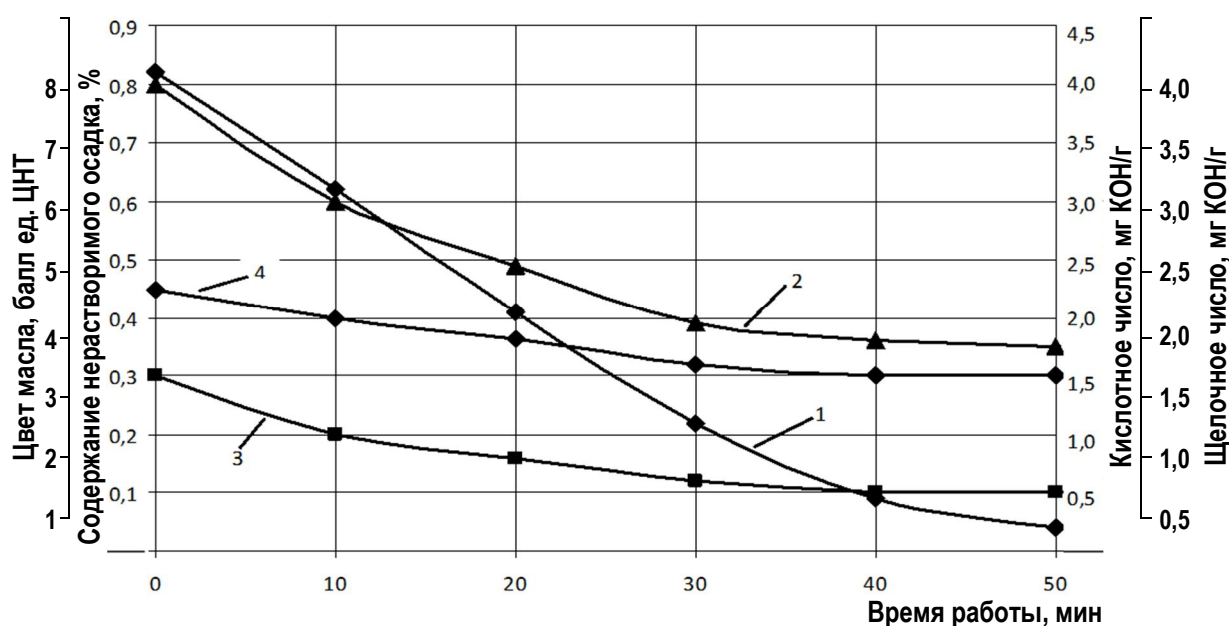


Рис. 2. Зависимость изменения физико-химических характеристик отработанного масла под действием реагентов-коагулянтов от времени работы в двигателе Д-240:
 1 – содержание нерастворимого осадка; 2 – цвет масла;
 3 – кислотное число; 4 – щелочное число

Содержание нерастворимого осадка и цвет масла изменялись до значений, близких к товарным маслам. После удаления продуктов окисления масла кислотное число снизилось с 2,0 до 0,62 мг КОН/г. Щелочное число моторного масла понизилось с 2,8 до 2,0 мг КОН/г, что свидетельствует о достаточно высоких моющих свойствах масла и возможности его использования в качестве базовой основы для промывки системы смазки от загрязнений.

Цвет пятна масла на фильтровальной бумаге изменился с черного до желтого.

Выполнили разборку центрифуги и определили количество отложений на стенках ротора. Оно получилось равным значению, полученному при работе двигателя в обычных условиях в течение 150–200 часов, а именно 23 мм.

На следующем этапе в очищенное масло в картер двигателя добавили смесь диметилсульфоксида, изопропила калия и дизельного топлива. Производили пуск двигателя, и он работал на холостом ходу в течение 60 минут. Через каждые 20 минут из картера брали пробы масла для анализа изменений его характеристик. Повышение содержания загрязнений в масле свидетельствует о высокой эффективности очистки системы смазки.

На рисунке 3 представлена зависимость изменения загрязненности масла от времени промывки системы смазки двигателя Д-240.

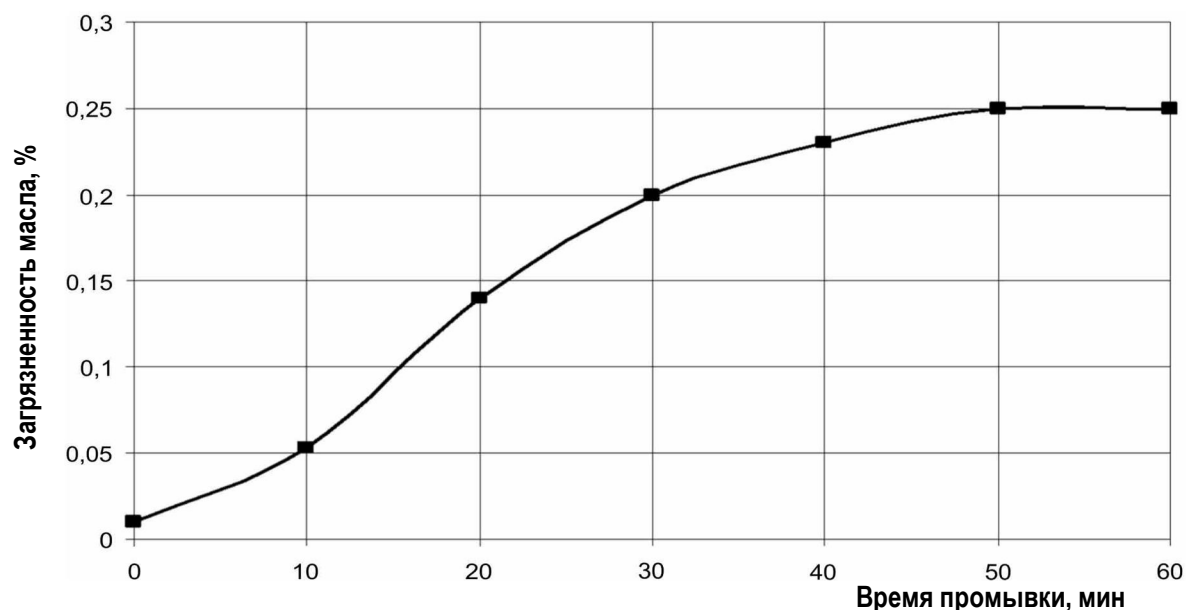


Рис. 3. Изменение загрязненности масла от времени промывки системы смазки двигателя Д-240

Выявлено, что при работе двигателя в течение 40 минут в масле интенсивно накапливались загрязнения и примеси. Далее процесс накопления загрязнений проходил менее активно. После проведения операции промывки в картер двигателя заправляли товарное масло М-10Г_{2К}, осуществляли его запуск и эксплуатацию в обычном режиме (на сельскохозяйственных работах).

На рисунке 4 показано изменение содержания загрязненности масла М-10Г_{2К} (нерастворимого осадка и цвета) в зависимости от наработки.

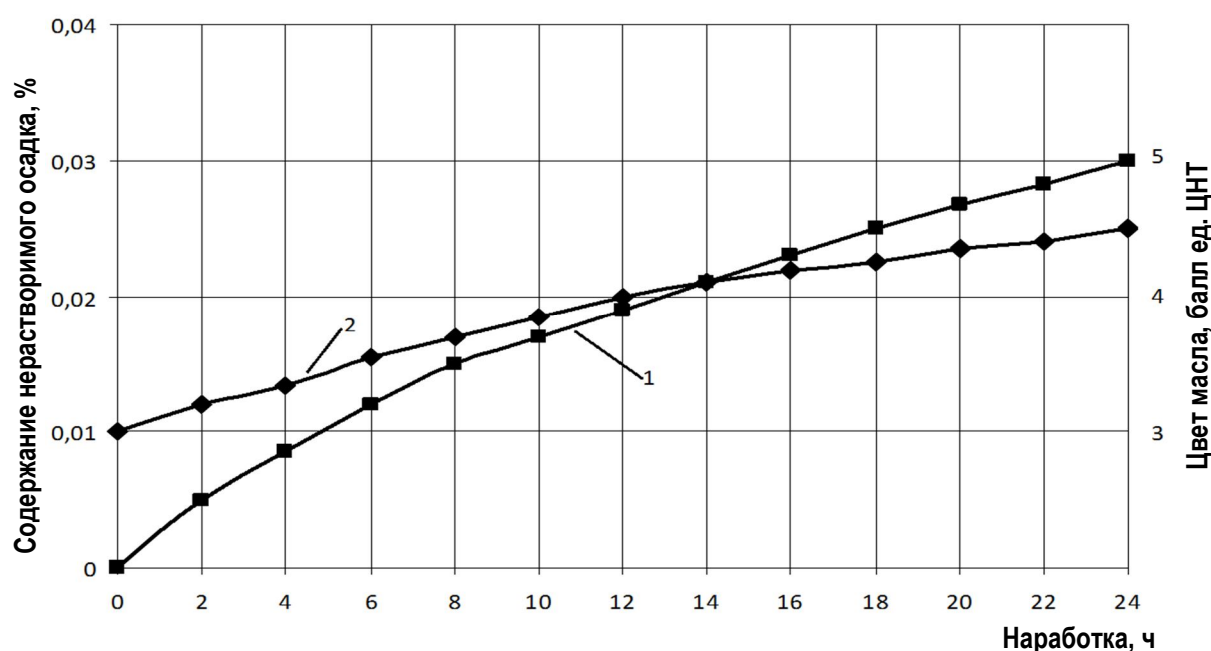


Рис. 4. Зависимость изменения загрязненности товарного масла М-10Г_{2К} после проведения операции промывки системы смазки: 1 – изменение содержания нерастворимого осадка в масле; 2 – изменение цвета масла

На основе сравнения зависимости изменения загрязненности товарного масла М-10Г_{2К} без промывки системы смазки (рис. 1) и зависимости изменения свойств масла с учетом промывки по анализируемому технологическому процессу (рис. 2) можно утверждать, что во втором варианте после 8 и 24 часов работы загрязненность масла была в три раза ниже. Следовательно, процесс «старения» масла происходит менее интенсивно, и срок его службы до замены может быть выше.

Анализ компрессии в цилиндрах двигателя до начала испытаний и после завершения промывки показал повышение данного показателя в среднем на 8–10%.

Выводы

Использование отработанных моторных масел для промывки системы смазки позволяет повысить эксплуатационные характеристики двигателя и продлить срок службы отработанного моторного масла.

Использование отработанных масел снижает затраты на проведение операций технического обслуживания.

Библиографический список

1. Аллилуев В.А. Техническая эксплуатация машинно-тракторного парка / В.А. Аллилуев, А.Д. Ананьин, В.М. Михлин. – Москва : Агропромиздат, 1991. – 367 с.
2. Высокотемпературное динамическое окисление масла в поршневом двигателе / А.В. Непогодьева, В.И. Ворожихина, Л.С. Рязанов и др. // Двигателестроение. – 1990. – № 3. – С. 51–54.
3. Диагностика и техническое обслуживание машин / А.Д. Ананьин, В.М. Михлин, И.И. Габитов и др. – Москва : ИЦ «Академия», 2008. – 432 с.

4. Исследования по разработке состава приработочного масла для послеремонтной обкатки двигателей тракторов / В.В. Остриков, С.Н. Сазонов, Д.И. Афанасьев, А.В. Забродская, Д.Н. Афоничев // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2017. – № 1. – С. 135–144.
5. Картошкин А.П. Исследование нагаротложений на деталях цилиндропоршневой группы при эксплуатации дизелей сельскохозяйственных тракторов / А.П. Картошкин. – Ленинград : Ленинградский сельскохозяйственный институт, 1984. – 97 с.
6. Николаенко А.В. Количественные характеристики ухудшения работы тракторного дизеля при нагарообразовании в цилиндрах / А.В. Николаенко, А.П. Картошкин, А.И. Проскурин // Двигателестроение. – 1984. – № 8. – С. 45–49.
7. Николаенко А.В. Повышение эффективности использования тракторных дизелей в сельском хозяйстве / А.В. Николаенко, В.Н. Хватов. – Ленинград : Агропромиздат, 1986. – 411 с.
8. Топлива, смазочные материалы, технические жидкости. Ассортимент и применение : справочник / И.Г. Анисимов, К.М. Бадыштова, С.А. Бнатов и др. ; под ред. В.М. Школьников. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Издательский центр «ТЕХИНФОРМ», 1999. – 596 с.
9. Топливо, смазочные материалы и технические жидкости / В.В. Остриков, А.И. Петрашев, С.Н. Сазонов, А.В. Забродская. – Москва-Вологда : ООО «Инфра-Инженерия», 2019. – 244 с.
10. Adkins P. The Burning of Emulsified Fuel in Medium Speed Diesel Engines / P. Adkins // Fairplay International Shipping Weekly. – 1982. – Vol. 281. – Pp. 27–29.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ Принадлежность к организации

Валерий Васильевич Остриков – доктор технических наук, зав. лабораторией использования смазочных материалов и отработанных нефтепродуктов ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», Россия, г. Тамбов, e-mail: viitinlab8@bk.ru.

Сергей Николаевич Сазонов – доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории эксплуатационных требований к сельскохозяйственной технике ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», Россия, г. Тамбов, e-mail: snsazon@mail.ru.

Виктор Сергеевич Вязинкин – научный сотрудник лаборатории использования смазочных материалов и отработанных нефтепродуктов ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», Россия, г. Тамбов, e-mail: viitinlab8@bk.ru.

Алла Владимировна Забродская – научный сотрудник лаборатории использования смазочных материалов и отработанных нефтепродуктов ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», Россия, г. Тамбов, e-mail: viitinlab8@bk.ru.

Дмитрий Николаевич Афоничев – доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой электро-техники и автоматики ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: et@agroeng.vsau.ru.

Дата поступления в редакцию 16.09.2019

Дата принятия к печати 05.11.2019

AUTHOR CREDENTIALS Affiliations

Valery V. Ostrikov, Doctor of Engineering Sciences, Head of Lubricants and Waste Oil Products Usage Laboratory, All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture, Russia, Tambov, e-mail: viitinlab8@bk.ru.

Sergey N. Sazonov, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Chief Scientific Researcher, Operational Requirements for Agricultural Machinery Laboratory, All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture, Russia, Tambov, e-mail: snsazon@mail.ru.

Victor S. Vyazinkin, Scientific Researcher, Lubricants and Waste Oil Products Usage Laboratory, All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture, Russia, Tambov, e-mail: viitinlab8@bk.ru.

Alla V. Zabrodskaya, Scientific Researcher, Lubricants and Waste Oil Products Usage Laboratory, All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture, Russia, Tambov, e-mail: viitinlab8@bk.ru.

Dmitriy N. Afonichev, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of the Dept. of Electrical Engineering and Automation, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: et@agroeng.vsau.ru.

Received September 16, 2019

Accepted after revision November 05, 2019