

Тип статьи: научная
УДК 621.899
DOI: 10.35887/2305-2538-2024-3-131-140

ПРОМЫВКА СИСТЕМЫ СМАЗКИ ДВИГАТЕЛЕЙ ТРАКТОРОВ И ЕЁ ВЛИЯНИЕ НА ТЕХНИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ МАШИНЫ И СРОК СЛУЖБЫ СВЕЖЕЗАПРАВЛЕННОГО МОТОРНОГО МАСЛА

*Александр Викторович Кошелев*¹, *Алла Владимировна Забродская*²,
*Виктор Сергеевич Вязинкин*³, *Раззак Муатаз Мохаммед Али Раззак*⁴
^{1,2,3} *Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и
нефтепродуктов в сельском хозяйстве, г. Тамбов, Российская Федерация*

¹ viitinlab8@bk.ru

⁴ *Тамбовский государственный технический университет, г. Тамбов, Российская Федерация*

² dar-alsaadi@mail.ru

Автор, ответственный за переписку: Александр Викторович Кошелев, viitinlab8@bk.ru
Corresponding author: Alexander Koshelev, viitinlab8@bk.ru

Реферат. В работе представлены результаты исследований по оценке влияния операции промывки системы смазки двигателей тракторов на некоторые технические характеристики машины и срок службы свежезапавленного масла. Установлено, что в процессе наработки в масле накапливаются загрязнения, которые постепенно, несмотря на работу устройств очистки масла накапливаются в масляных каналах и на днище поддона картера. Представлена зависимость изменения содержания механических примесей, нерастворимого осадка и цвета за период наработки более 200 часов. Загрязнения снижают эффективность действия присадок, увеличивают кислотное число масла, что интенсифицирует износ деталей, увеличивает затраты на эксплуатацию и ремонт. Показано, что за период наработки масла 240 часов в двигателе трактора щелочное число снижается с 8,5 мг КОН/г до 4,0 мг КОН/г, а кислотное число увеличивается с 2,0 мг КОН/г до 2,5 мг КОН/г у масла М-10ДМ при работе двигателя даже без высоких нагрузок. Представлена хроматограмма изменения цвета масляного пятна на фильтровальной бумаге, как экспресс – метод, подтверждающий загрязненность масла и в некоторых случаях являющийся упрощённым методом анализа качества масла и показывающий необходимость его замены и промывки системы смазки. В сравнительном режиме показано, что промывка системы смазки после слива отработанного масла значительно влияет на динамику загрязненности свежезапавленного масла. Представлены зависимости изменения содержания загрязнений и цвета масла от наработки в двигателе после его промывки промывочным маслом «Лукойл». Показана зависимость изменения щелочного и кислотного числа. Испытания проводились на двух тракторах марки МТЗ-82 практически одинакового технического состояния. В целом определено, что проведение операции промывки системы смазки при замене отработанного масла на свежее позволяет увеличить компрессию в цилиндрах на 10 – 15 процентов, снизить расход топлива на 5...8 %, увеличить срок службы масла до замены на 15...20 процентов.

Ключевые слова: моторное масло, загрязнения, двигатель, техническое состояние, срок службы, промывочное масло, система смазки.

FLUSHING OF THE TRACTOR ENGINE LUBRICATION SYSTEM AND ITS EFFECT ON THE TECHNICAL CONDITION OF THE MACHINE AND THE SERVICE LIFE OF FRESHLY REFUELED ENGINE OIL

*Alexander Koshelev*¹, *Alla Zabrodskaya*², *Viktor Vyazinkin*³,
*Razzaq Muataz Mohammed Ali Razzaq*⁴

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

¹ viitinlab8@bk.ru

Tambov State Technical University, Tambov, Russian Federation

² dar-alsaadi@mail.ru

Abstract. The results of studies to assess the influence of the operation of flushing the lubrication system of tractor engines on some technical characteristics of the machine and the service life of freshly filled oil are presented in the work. It has been established that during the operating process, contaminants accumulate in the oil, which gradually, despite the operation of oil purification devices, accumulate in the oil channels and on the bottom of the oil pan. The dependence of the change in the content of mechanical impurities, insoluble sediment and color over an operating period of more than 200 hours is presented. Contamination reduces the effectiveness of additives, increases the acid number of the oil, which intensifies wear of parts, increases operating and repair costs. It has been shown that over a period of 240 hours of oil running in a tractor engine, the alkaline number decreases from 8.5 mg KOH/g to 4.0 mg KOH/g, and the acid number increases from 2.0 mg KOH/g to 2.5 mg KOH /g for M-10DM oil when the engine is running even without high loads. The chromatogram of the color change of an oil stain on filter paper is presented as an express method that confirms the contamination of the oil and, in some cases, is a simplified method for analyzing the quality of the oil and showing the need to replace it and flush the lubrication system. In a comparative mode, it is shown that flushing the lubrication system after draining the used oil significantly affects the dynamics of contamination of freshly filled oil. The dependences of changes in the content of contaminants and oil color on the operating time in the engine after flushing it with Lukoil flushing oil are presented. The dependence of changes in alkaline and acid numbers is shown. The tests were carried out on two MTZ-82 tractors of almost identical technical condition. In general, it has been determined that carrying out the operation of flushing the lubrication system when replacing used oil with fresh oil can increase compression in the cylinders by 10–15 percent, reduce fuel consumption by 5...8%, and increase the service life of the oil before replacement by 15...20 percent.

Keywords: engine oil, contamination, engine, technical condition, service life, flushing oil, lubrication system.

Для цитирования: Кошелев А.В., Забродская А.В., Вязинкин В.С., Раззак М.М.А.Р. Промывка системы смазки двигателей тракторов и её влияние на техническое состояние машины и срок службы свежезаправленного моторного масла // Наука в центральной России Science in the Central Russia. 2024. Т. 69, № 3. С. 131-140. <https://doi.org/10.35887/2305-2538-2024-3-131-140>.

For citation: Koshelev A., Zabrodskaya A., Vyazinkin V., Razzaq M.M.A.R. Flushing of the tractor engine lubrication system and its effect on the technical condition of the machine and the service life of freshly refueled engine oil. *Nauka v central'noj Rossii* = Science in the Central Russia: 2024; 69(3): 131-140. (In Russ.) <https://doi.org/10.35887/2305-2538-2024-3-131-140>.

Введение. В процессе работы тракторов под воздействием высоких температур, нагрузок и в зависимости от срока службы масла в нем накапливаются продукты окисления, смолы, механические примеси. Их количество за период наработки двигателя внутреннего сгорания может варьировать от 1,0 до 1,5 % и более [1,2,3].

Важную роль в формировании и образовании загрязнений имеют также качество используемых топлив и масел, техническое состояние двигателя – износ, эффективность работы встроенных в систему смазки средств фильтрации.

В соответствии с принятой ещё в 50-х годах системой обязательного технического обслуживания при выполнении операций после слива отработанного масла необходимо промыть систему смазки и заменить масляной фильтр или очистить центрифугу. В реальных условиях эксплуатации в 90 % случаев после слива отработанного масла осуществляется замена фильтрующих элементов и проводится заправка свежего масла в картер двигателя трактора [4].

В различных источниках и результатах исследований указывается, что после слива отработанного масла 5 – 10 % его остаётся в системе смазки тракторного двигателя [5,6]. В системе смазки после слива отработанного масла чаще всего остаются высоковязкие, малотекущие загрязнения, смолистые отложения, часть механических примесей [7,8].

При смешивании со свежезаправленным маслом большая их часть перемешивается с маслом и по заявлениям инженерно – технических специалистов, занятых эксплуатацией техники, не оказывает значительного влияния не на износ двигателя, не на свойства масла [9, 10].

Ко всему прочему признак быстрого потемнения моторного свежезаправленного масла через 5 – 10 часов работы двигателя характеризуется высокими моющими свойствами товарных масел М-10Г₂ и М-10ДМ.

Отказ от выполнения операции промывки системы смазки после слива отработанного масла объясняется и объективной причиной значительного увеличения затрат на проведение операции технического обслуживания. В картер двигателя тракторов может помещаться от 15 до 40 и более литров масла, а с учётом высокой цены промывочных масел это может составлять от 1 до 10 тысяч рублей. Другим немаловажным фактором, влияющим на отказ от операции промывки являются высокие моющие свойства современных моторных масел, обеспечивающие по заявлениям разработчиков минимальное количество отложений и загрязнений как в картере, так и в масляных каналах.

Целью данных исследований является анализ эффективности современных масел (М-10ДМ), конструкции системы фильтрации на образование загрязнений в двигателях тракторов и оценка влияния остаточного количества масла на срок службы свежезаправленного масла.

Методика проведения исследований.

В качестве объекта исследований рассматривается процесс изменения свойств масел, а в качестве предмета исследований закономерности изменения характеристик масел без промывки системы смазки и с промывкой.

Исследования проводились в реальных условиях эксплуатации на примере двух тракторов марки МТЗ-82. В качестве исследуемого моторного масла применялось масло М-10ДМ с характеристиками, соответствующими требованиям ГОСТ на данное масло.

В качестве промывочного масла использовался продукт, выпускаемый крупным производителем – компанией «Лукойл». Перед началом испытаний проводился осмотр и анализ технического состояния двигателя – средний расход топлива, давление в системе смазки, температура охлаждающей жидкости.

С картеров двигателей тракторов сливалось отработанное моторное масло (М-10ДМ) после наработки 300 моточасов.

В первом тракторе после слива отработанного моторного масла проводилась очистка центрифуги от загрязнений и установка её на штатное место двигателя. Далее в систему смазки через заливную горловину заправлялось промывочное масло «Лукойл». Двигатель запускался и работал на холостом ходу 20 минут. После чего промывочное масло сливалось, проводились профилактические мероприятия по очистке центрифуг, и в картер двигателя заправлялось товарное масло М-10ДМ.

Обе машины направлялись на выполнение сельскохозяйственных работ (90 % аналогичных). Через каждые 20 часов работы из картеров двигателей посредством шупа извлекалась проба масла, после чего проводился анализ содержания механических примесей, нерастворимого осадка и щелочного числа. Одновременно с этим на фильтровальную бумагу «белая лента» наносилась капельная проба масла для проведения хроматограммного экспресс – анализа загрязнённости и изменения цвета масляного пятна. В течение всего периода наработки контролировалось давление масла в системе смазки и температура охлаждающей жидкости. Испытания проводились на дизельном топливе компании «Роснефть» по фракционному составу, вязкости, зольности, серы, содержанию фактических смол, цетановому числу и температуре вспышки, соответствующие требованиям Евро – 5.

Результаты и их обсуждение.

В таблице 1 представлены физико – химические характеристики масла и топлива.

Таблица 1 - Характеристики товарного масла и топлива, используемые при испытании проб масел

Дизельное топливо	Моторное масло М-10ДМ
Цетановое число – 49	Вязкость кинематическая при 100 °С, мм ² /с – 12,5
Фракционный состав: перегоняется при температуре, °С	Щелочное число, мг КОН/г – 8,6
50 % - 280	Кислотное число, мг КОН/г – 2,0
96 % - 360	Температура вспышки, °С - 220
Вязкость кинематическая при 20 °С, мм ² /с – 4,1	Содержание нерастворимого осадка, % - отс
Температура вспышки, °С – 43	Содержание воды, % - отс
Массовая доля серы меркаптановой, % - 0,015	Зольность сульфатная, % - 1,5
Зольность сульфатная, % - 0,1	Цвет с разбавлением 15:85, ед. ЦНТ – 3,5
Содержание механических примесей, % - отс	
Содержание воды, % - отс	

В результате исследований, анализа и наблюдений по трактору № 1, где не проводилась промывка системы смазки, установлено, что уже после первых 20 часов работы двигателя масло потемнело и имело цвет – 6 баллов в единицах ЦНТ. Далее этот показатель изменялся практически с известной закономерностью, рисунок 1.

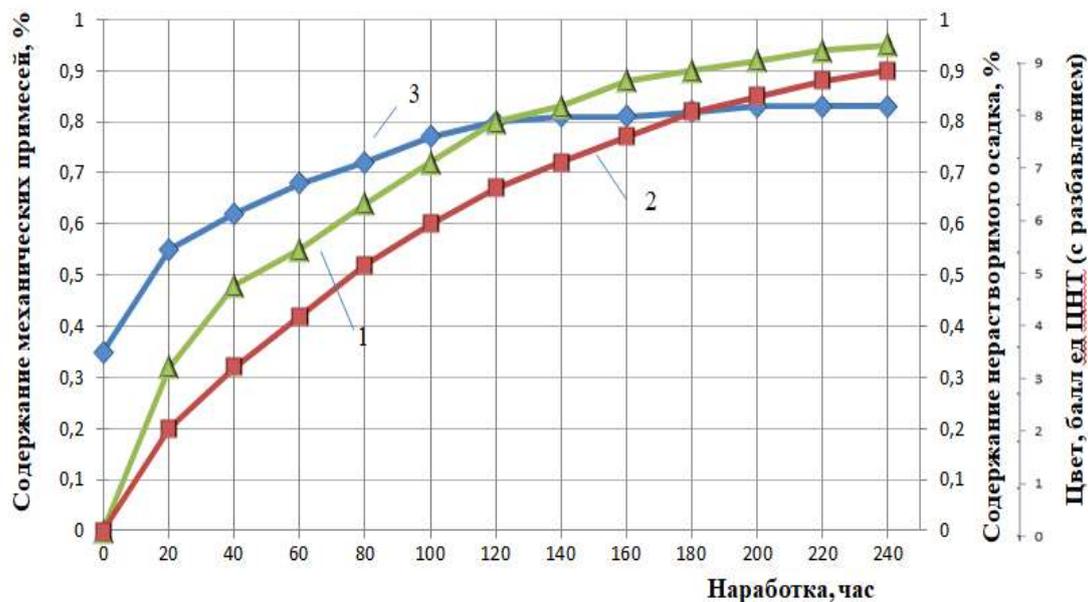


Рисунок 1 - Зависимость изменения содержания механических примесей (1), нерастворимого осадка (2) и цвета (3) от наработки

Изменение цвета (3) связано со значительным остаточным количеством загрязнений в системе смазки и высокими моющими свойствами масла М-10ДМ.

Содержание механических примесей также является следствием оставшихся в масле примесей, вероятно находившихся на дне масляного картера после его слива, и не достаточно эффективно работающей системе фильтрации масла по данному показателю. Содержание механических примесей к 200 часам наработки достигло практически браковочного значения, и рассматривается возможность замены масла. При проведении исследований не определялся дисперсный состав примесей и элементный состав (железо, алюминий).

Анализируя изменение содержания нерастворимого осадка отмечено, что его динамика и значение практически аналогичны механическим примесям и также имело показатель, близкий к

браковочному (возможно также сказались высокие моющие свойства масла М-10ДМ).

При этом следует отметить, что увеличение этих двух показателей (1) и (2) отрицательно влияют на износ деталей ЦПГ, дальнейший рост отложений, загрязнений в камере и масляных каналах, а также на поверхности юбки поршней.

От накопления в масле смол продуктов окисления снижается, как известно, и действие присадок в моторном масле. Практические растворенные продукты окисления и смолы в масле обволакивают, препятствуют действию моющих, противоизносных присадок. На рисунке 2 представлены зависимости изменения щелочного и кислотного числа моторного масла от наработки масла М-10ДМ в системе трактора № 1, где операция промывки не проводилась.

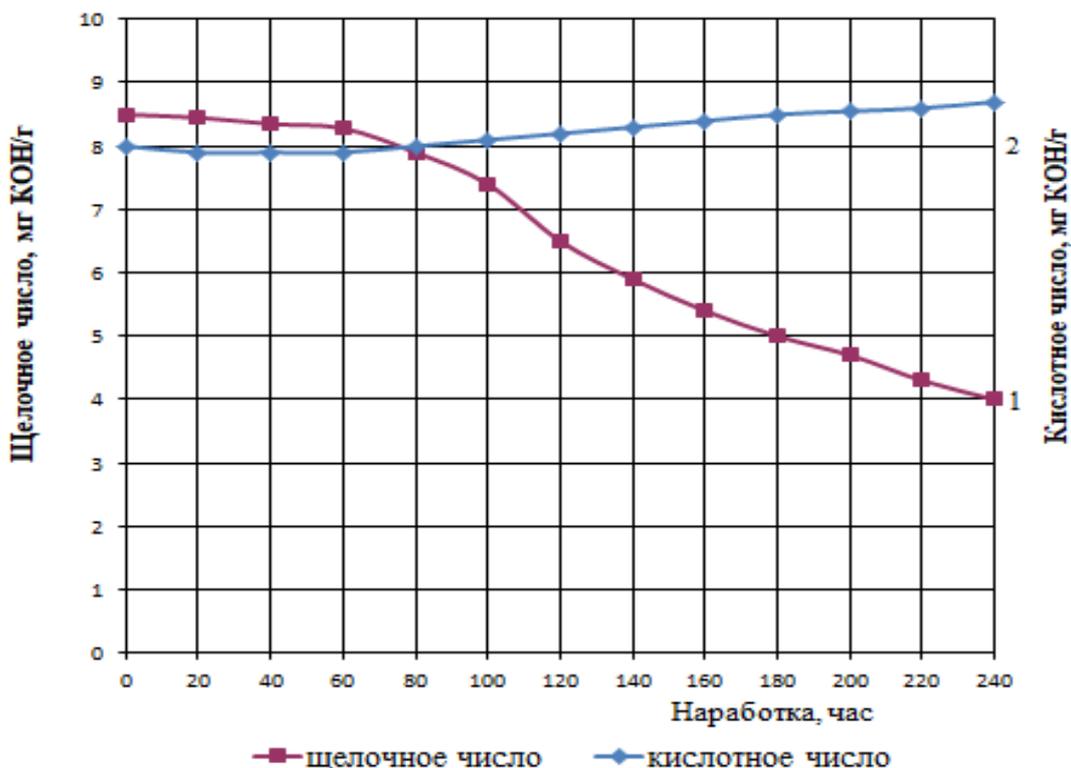


Рисунок 2 – Зависимость изменения щелочного и кислотного числа масла моторного М-10ДМ от наработки

Анализируя полученные данные следует подтвердить гипотезу о снижении эффективности действия присадок в масле в силу высокой загрязнённости масла несмотря на то, что к наработке 240 часов масло сохранило определённый запас эксплуатационных свойств (браковочное значение щелочного числа находится в диапазоне 1,5 – 2,5 мг КОН/г).

Кислотное число масла выросло с 2 мг КОН/г и способно при таком значении оказывать отрицательные действия, если продолжить процесс эксплуатации, а замену масла провести при 300 часов наработки.

Давление масла в системе смазки, контролируемое по прибору, установленному в кабине трактора, находилось весь период испытаний в диапазоне $3,5 \text{ кгс/см}^2 - 2,5 \text{ кгс/см}^2$. Температура охлаждающей жидкости не поднималось выше $90 \text{ }^\circ\text{C}$. Для контроля загрязнённости масла в некоторых случаях используются упрощённые экспресс – методы, в частности бумажной хроматографии. Метод является достаточно условным, тем не менее несёт определённую информацию и используется в предприятиях АПК, не имеющих возможность проведения лабораторных исследований на специальном оборудовании.

На рисунке 3 представлены микрофотографии некоторых капельных проб масел, отобранных со щупа уровня масла и нанесённых на фильтровальную бумагу по мере наработки масла.

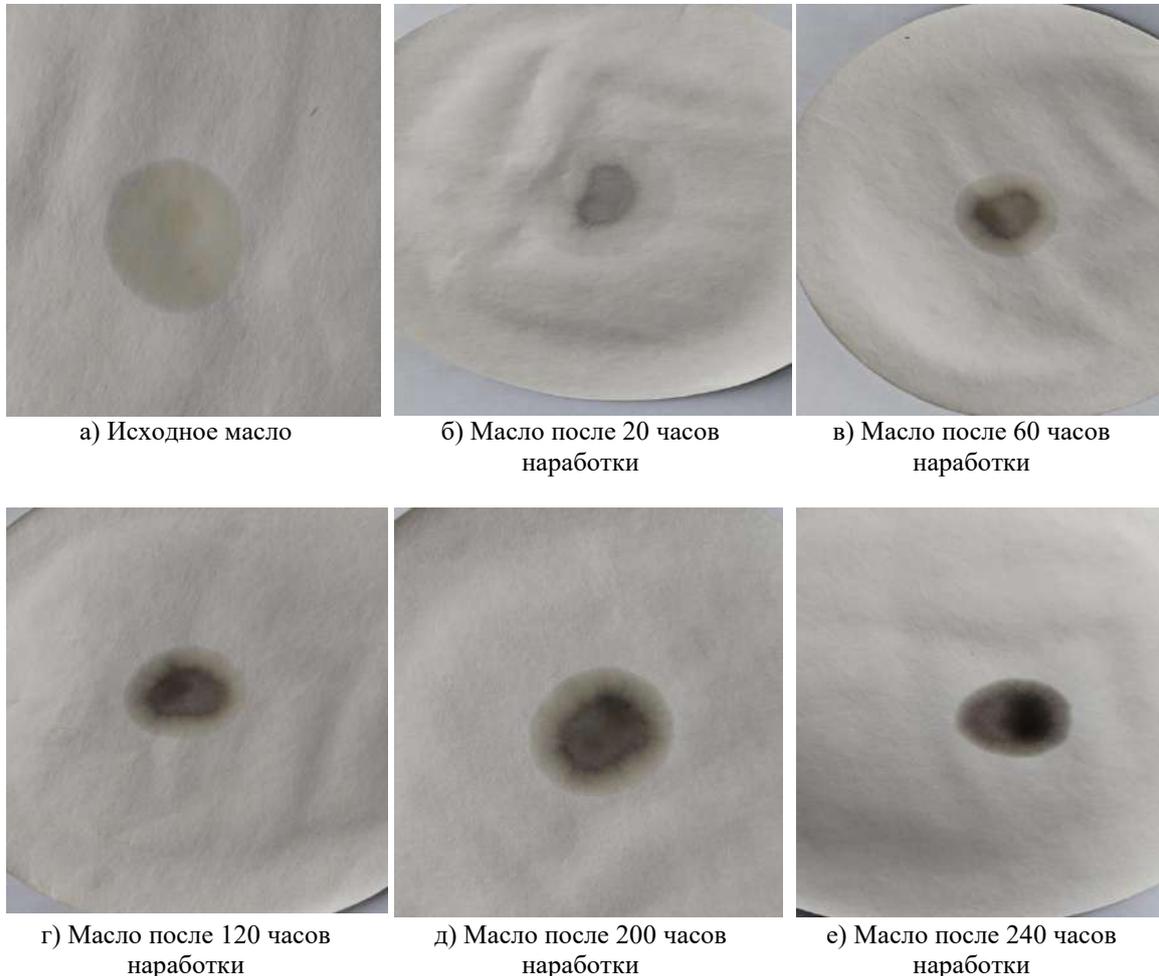


Рисунок 3 – Микрофотографии хроматограмм пятен проб моторного масла М-10ДМ по мере наработки (трактор № 1)

Полученные данные (рисунок 3 б) свидетельствуют, что масло уже после 20 часов наработки резко изменилось. Внешний вид хроматограммы говорит о достаточно высокой загрязнённости масла уже в первоначальный период работы в двигателе. Одновременно с этим следует отметить, что метод бумажной хроматографии несмотря на свою простоту требует определённого опыта оператора, сравнивающего полученное пятно с эталонным изображением.

На следующем этапе исследований рассматривалась эффективность промывки системы смазки перед заправкой свежего масла, её влияния на динамику загрязнённости масла, процессы старения и возможность увеличения срока службы до замены.

На рисунке 4 представлена зависимость изменения характеристик масла за тот же период наработки в тех же условиях работы двигателя трактора № 2.

На рисунке 5 представлена зависимость изменения содержания присадок в масле от наработки после проведения операции промывки системы смазки (трактор № 2).

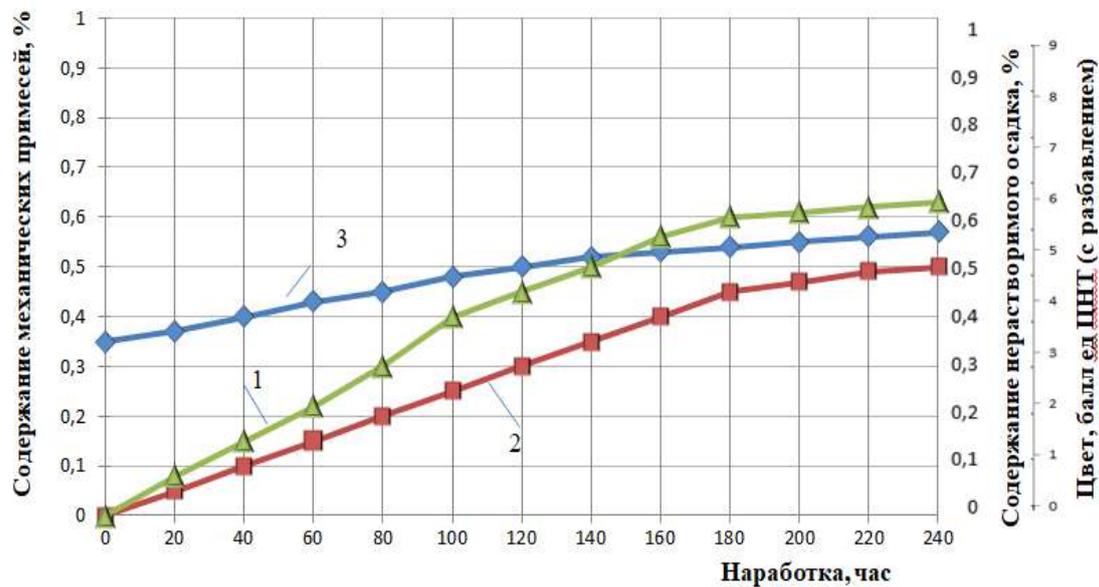


Рисунок 4 – Зависимость изменения содержания загрязнений и цвета масла от наработки в двигателе после промывки

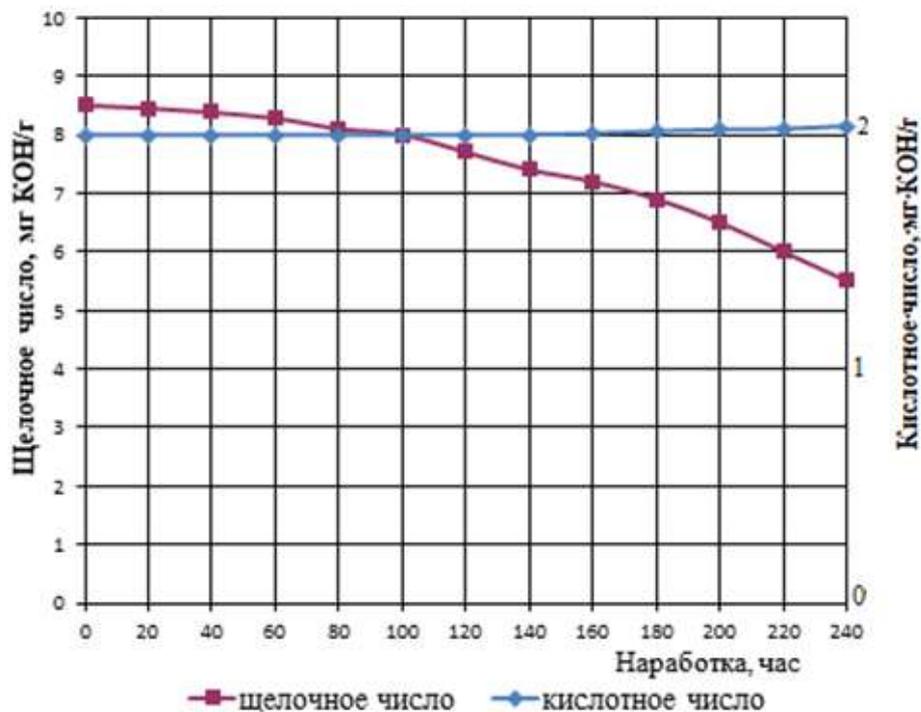


Рисунок 5 – Зависимость изменения содержания щелочного и кислотного числа масла М-10ДМ в двигателе трактора № 2

Сравнивая результаты испытаний (рисунок 1 и рисунок 4) отметим, что в масле и после первых 20 часов работы двигателя и к моменту наработки 240 часов содержание механических примесей и нерастворимых загрязнений было в 2 – 4 раза ниже в двигателях 1 и 2.

Особенно следует отметить не столь интенсивное изменение цвета масла (линии 3, рисунки 1 и 4). Анализируя изменение щелочного и кислотного числа масел установлено (рисунки 2, 5), что запас эксплуатационных свойств во втором случае, где проведена промывка системы смазки перед заправкой свежего масла, значительно выше даже к 240 часам наработки. Кислотное число масла (рисунок 5) осталось практически неизменным несмотря на накопление продуктов окисления. Данный факт может говорить об уменьшении, в том числе и угоревшей части присадок в тракторе № 3 по сравнению с трактором № 1.

Полученные характеристики и значения показателей щелочного числа в двигателе трактора № 2 с предварительной промывкой системы смазки могут быть основанием для прогнозирования увеличения срока службы масла до замены до 300 часов наработки.

В справочной литературе и сертификатах качества на моторные масла практически не приводятся данные о кислотном числе, однако, по нашему мнению. Он в определённой степени характеризует свойства масла. При увеличении содержания присадок в моторном масле, как правило, кислотное число бывает высоким. Во вторых известно, что этот показатель взаимосвязан с накоплением кислых продуктов в масле.

На рисунке 6 представлены микрофотографии хроматограмм масляных пятен испытуемого масла (с промывкой системы смазки) трактора № 2.

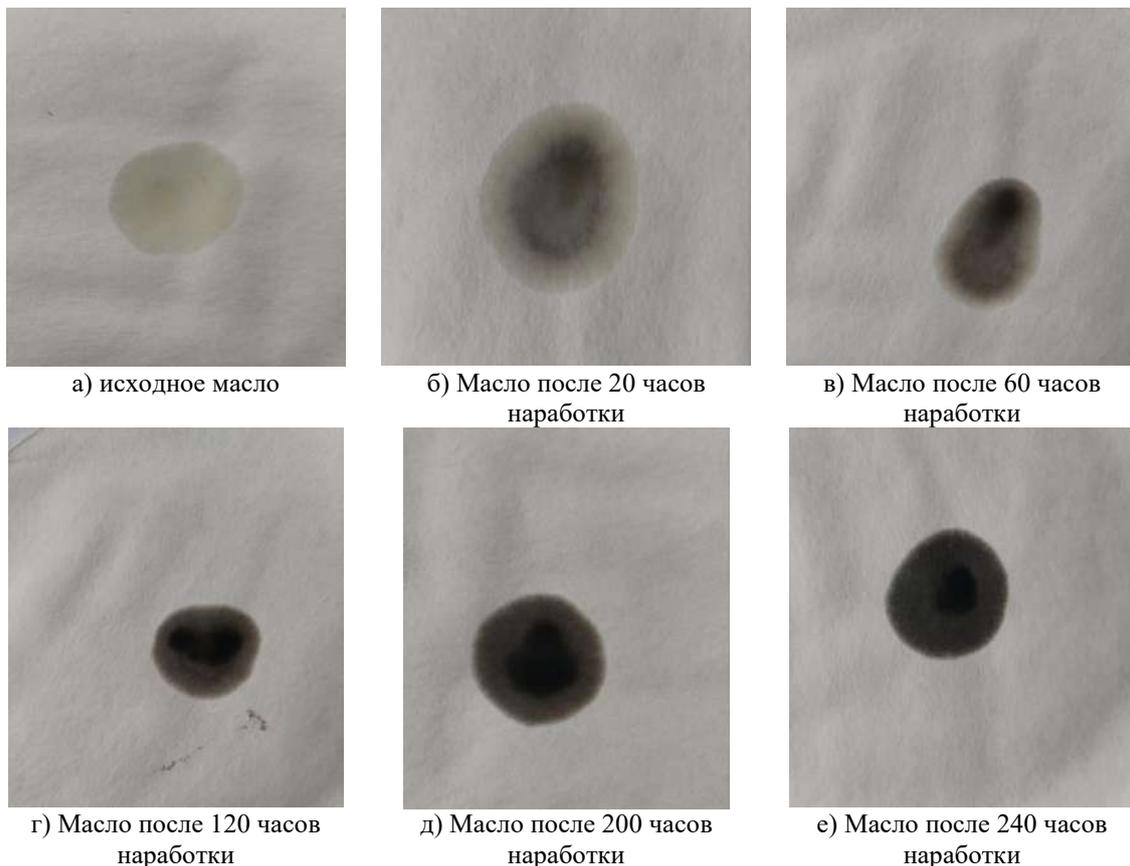


Рисунок 6 - Микрофотографии хроматограмм масляных пятен по мере наработки трактора № 2

Сравнительный анализ (рисунок 3 и рисунок 6) показал, что масло (рисунок 6 б) имеет пятно значительно менее выраженного серого цвета. Аналогичные изменения легко различимы и по другим пятнам (в, г, д).

Сложно анализировать по хроматограмме пятно е (рисунки 3, 6). При этом следует обращать большее внимание на значение щелочного числа и содержание загрязненности. После завершения циклов испытаний проводился разбор центрифуг очистки масла, встроенных в общую маслосистему. Взвешивание выгруженных осадков из стаканов центрифуг показало, что в том случае, где товарное масло заливалось без промывки системы смазки, вес загрязнений составил 112 грамм; загрязнения, извлечённые из центрифуги трактора № 2, имели вес 71 грамм. Давление масла, контролируемое по манометру в кабине трактора, было выше в тракторе № 2 чем в тракторе № 1 на 15 %.

Температура нагрева охлаждающей жидкости весь цикл испытаний не превышала 85 °С.

Как отмечалось, техническое состояние тракторов, участвующих в сравнительных испытаниях, было аналогичное. При этом в начале и конце проведения исследований проводилась компрессия в цилиндрах и средний расход топлива. Установлено, что операция промывки системы смазки позволяет на 10...15 процентов увеличить значение данного показателя по сравнению с трактором, когда сразу после слива отработанного масла заправлялось товарное моторное масло. Расход топлива после промывки системы смазки снизился на 5...8 процентов, в то время как у трактора № 1 он остался без изменений.

Выводы.

1. Проведение операции промывки системы смазки двигателя при замене отработанного масла на свежее позволяет повысить эксплуатационные и экономические показатели машины.
2. Увеличивается компрессия в цилиндрах на 10 – 15 процентов.
3. Снижается расход топлива на 5...8 процентов.
4. Увеличивается межремонтный ресурс основных деталей двигателя.
5. Увеличивается на 15...20 процентов срок службы масла до замены.
6. Дальнейшее решение проблемы снижения затрат на проведение операций промывки системы смазки возможно за счет разработки ресурсосберегающих технологий использования отработанных масел после их очистки от загрязнений и продуктов окисления в качестве основы промывочной жидкости с моющими добавками.

Список источников

1. Балтенас Р., Сафонов А.С., Ушаков А.И., Шергалис В. Моторные масла. СПб: Альфа - Лаб, 2000. 272 с.
2. Школьников В.М. Топлива, смазочные материалы, технические жидкости. Ассортимент и применение. Москва: Техинформ, 1999. 596 с.
3. Кошелев А.В., Остриков В.В., Забродская А.В., Вязинкин В.С. Результаты исследований по оценке изменения свойств моторного масла без и с использованием операции промывки системы смазки двигателя трактора. // Наука в центральной России. № 5(65). 2023, с 96-103. EDN: SJHVWB
4. Кузьмин Н.А. Процессы и закономерности изменения технического состояния автомобилей в эксплуатации. Москва: Форум, 2001. 200 с.
5. Венцель С. М. Применение смазочных масел в двигателях внутреннего сгорания. - М.: Химия, 1979. - С. 238.
6. Кругов В. Ф., Остриков В. В. Промывочное масло для ДВС // Наука в центральной России. 2016. № 4 (22). с. 35-40. EDN: WISKQZ
7. Остриков В. В., Нагорнов С. А., Курочкин И. П. и др. Топлива, смазочные материалы и технические жидкости. - Тамбов: ТГТУ, 2008. - 304 с. EDN: QLACBT
8. Семенов В. И. Удаление загрязнений, прочно связанных с поверхностями деталей // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В: Промышленность. Прикладные науки. - 2013. - № 11. - С. 69-72. EDN: TVSELL
9. Байрамов В.М. Основы химической кинетики и катализа. М.: Академия, 2003. - 256 с. EDN: QKBABL.
10. Итинская Н. И. Справочник по топливу, маслам и техническим жидкостям. - Москва, 1982. - 208 с.

References

1. Baltenas R., Safonov A.S., Ushakov A.I., Shergalis V. Motor oils. St. PETERSBURG: Alfa - Lab, 2000. 272 p.
2. Shkolnikov V.M. Fuels, lubricants, technical fluids. The range and application. Moscow: Techninform, 1999. 596 p.
3. Koshelev A.V., Ostrikov V.V., Zabrodskaya A.V., Vyazinkin V.S. The results of research on the assessment of changes in the properties of engine oil without and using the operation of flushing the lubrication system of the tractor engine. // Science in Central Russia. No. 5(65). 2023, pp. 96-103. EDN: SJHVWB
4. Kuzmin N.A. Processes and patterns of changes in the technical condition of cars in operation. Moscow: Forum, 2001. 200 p.
5. Wenzel S. M. The use of lubricating oils in internal combustion engines. - M.: Khimiya, 1979. - p. 238.
6. Krugov V. F., Ostrikov V. V. Washing oil for internal combustion engines // Science in central Russia. 2016. № 4 (22). с. 35-40. EDN: WISKQZ
7. Ostrikov V. V., Nagornov S. A., Kurochkin I. P., etc. Fuels, lubricants and technical fluids. - Tambov: TSTU, 2008. - 304 p. EDN: QLACBT
8. Semenov V. I. Removal of impurities firmly connected to the surfaces of parts // Bulletin of the Polotsk State University. Series B: Industry. Applied sciences. - 2013. - No. 11. - pp. 69-72. EDN: TVSELL
9. Bayramov V.M. Fundamentals of chemical kinetics and catalysis. Moscow: Akademiya, 2003. - 256 p. EDN: QKBABL
10. Itinskaya N. I. Handbook of fuels, oils and technical liquids. - Moscow, 1982. - 208 p.

Информация об авторах

А.В. Кошелев – младший научный сотрудник, А.В. Забродская – научный сотрудник, В.С. Вязинкин – научный сотрудник; М.М.А.Р. Раззак – аспирант.

Information about the authors

A. Koshelev – junior researcher, A. Zabrodskaya – researcher, V. Vyazankin – researcher; M.M.A.R. Razzaq – PhD student.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: all authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication.

The authors declare no conflict of interest.

Поступила в редакцию (Received): 23.05.2024 Принята к публикации (Accepted): 21.06.2024