Тип статьи: научная
УДК 621.892
DOI: 10.35887/2305-2538-2023-2-106-114

ИЗМЕНЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК МОТОРНЫХ МАСЕЛ В ДВИГАТЕЛЯХ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ В ПЕРИОД ЭКСПЛУАТАЦИИ И МЕЖСЕЗОННОГО ХРАНЕНИЯ

Валерий Васильевич Остриков [1]***, Александр Викторович Кошелев*** [2]***,***
Виктор Сергеевич Вязинкин [3]
[1,2,3]*Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве, г. Тамбов, Россия*
[1] viitinlab8@bk.ru, https://orcid.org/0000-0003-2927-768X

Автор ответственный за переписку: Валерий Васильевич Остриков, viitinlab8@bk.ru
Corresponding author: Valerij Ostrikov, viitinlab8@bk.ru

Реферат. *Моторные масла в процессе работы в двигателях зерноуборочных комбайнов изменяют свои свойства. В них накапливаются загрязнения, продукты окисления масла и сгорания топлива, что требует их своевременной замены. В условиях эксплуатации достаточно сложно установить необходимость замены моторного масла на основании анализа изменения показателей. Для разработки технологии замены масла не по наработке, а по фактическому состоянию необходим анализ изменения характеристик моторного масла, что в конечном результате позволит снизить затраты на эксплуатацию, техническое обслуживание и ремонт двигателей машин. На основании результатов проведенных исследований установлено, что вязкость моторного масла М-10Г$_2$ и М-10ДМ за период наработки изменяется незначительно. По мере увеличения наработки щелочное число масел снижалось с 9 мг КОН/г до 3,5-5 мг КОН/г. В результате определения изменения загрязненности моторных масел в период работы комбайнов установлено, что содержание механических примесей, продуктов износа в большей степени зависело от технического состояния комбайна, срока его эксплуатации, соблюдения правил проведения операции технического обслуживания. При проведении исследований подтверждена известная закономерность взаимосвязи изменения цвета моторного масла от содержания примесей (смол) по мере наработки. Температура вспышки в работавших маслах также зависит от технического состояния ДВС, исправности работы топливной аппаратуры. По результатам исследований установлено, что за период выполнения работ зерноуборочным комбайном свойства моторных масел изменились в соответствии с известными закономерностями. Установлено, что срок службы масла до замены может быть увеличен за счет периодического удаления механических примесей и продуктов старения.*

Ключевые слова: двигатель, моторное масло, характеристики изменения свойств, эксплуатация, замена, срок службы.

CHANGING THE CHARACTERISTICS OF MOTOR OILS IN COMBINE HARVESTER ENGINES DURING OPERATION AND OFF-SEASON STORAGE

Valery Ostrikov [1]***, Alexander Koshelev*** [2]***, Viktor Vyazinkin*** [3]
[1,2,3] *All-Russian Research Institute for the Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture, Tambov, Russia*
[1]viitinlab8@bk.ru, https://orcid.org/0000-0003-2927-768X

Abstract. *Motor oils in the course of work in the engines of combine harvesters change their properties. They accumulate pollution, products of oil oxidation and fuel combustion, which requires their timely replacement. Under operating conditions, it is quite difficult to establish the need to replace*

engine oil based on an analysis of changes in indicators. To develop an oil change technology based not on operating time, but on the actual state, it is necessary to analyze the change in the characteristics of engine oil, which in the end will reduce the cost of operation, maintenance and repair of machine engines. Based on the results of the studies, it was found that the viscosity of the engine oil M-10G2 and M-10DM does not change significantly over the period of operation. As the operating time increased, the base number of oils decreased from 9 mg KOH/g to 3.5-5 mg KOH/g. As a result of determining the change in the contamination of engine oils during the operation of the combines, it was found that the content of mechanical impurities, wear products, to a greater extent depended on the technical condition of the combine, its service life, and compliance with the rules for the maintenance operation. During the research, the well-known regularity of the relationship between the change in the color of engine oil and the content of impurities (resins) was confirmed as the operating time. The flash point in used oils also depends on the technical condition of the internal combustion engine, the correct operation of the fuel equipment. According to the results of the research, it was established that during the period of work performed by the combine harvester, the properties of motor oils changed in accordance with known patterns. It has been established that the service life of the oil before replacement can be increased by periodically removing mechanical impurities and aging products.

Keywords: engine, engine oil, characteristics of property changes, operation, replacement, service life.

Для цитирования: Остриков В.В., Кошелев А.В., Вязинкин В.С. Изменение характеристик моторных масел в двигателях зерноуборочных комбайнов в период эксплуатации и межсезонного хранения // Наука в центральной России Science in the central Russia. 2023. Т. 62, № 2. С. 106-114. https://doi.org/10.35887/2305-2538-2023-2-106-114.

For citation: Ostrikov V., Koshelev A., Vyazinkin V. Changing the characteristics of motor oils in combine harvester engines during operation and off-season storage // Наука в центральной России Science in the central Russia. 2023; 62(2): 106-114. (In Russ.) https://doi.org/10.35887/2305-2538-2023-2-106-114.

Введение. Период использования зерноуборочных комбайнов является непродолжительным и составляет 1,5 – 3 месяца в году [1,2,3].

Наработка ДВС чаще всего не превышает 200 часов. При этом двигатели работают в жёстких условиях высоких температур, значительных нагрузок, высокой запыленности воздуха [3,4]. Как установлено, в двигателях отечественных комбайнов и комбайнов республики Беларусь используются моторные масла М-10Г2 и М-10ДМ [5,6,7]. До настоящего времени в литературных источниках представлено недостаточно информации об изменении свойств масел в период уборочной кампании.

Результаты и их обсуждение. Исследования проводились на комбайнах «Полесье» в период 2021-2022 г в АО ПЗ «Пригородный» Тамбовской области. Под наблюдение были взяты как комбайны со сроком службы 10 – 15 лет, так и новые комбайны. Во всех двигателях комбайнов использовалось моторное масло М-10Г2 и М-10ДМ российского производства. Вязкость кинематическая за период наработки 200 часов изменилась незначительно (рисунок 1).

Наработка у всех комбайнов к завершению уборки зерновых культур (пшеница, ячмень) составляла от 170 до 200 часов. Вязкость масла в новых комбайнах несколько выше, чем у комбайнов с большим сроком службы, так как вязкость исходного масла М-10ДМ изначально была выше.

Незначительное снижение вязкости у комбайна № 15 объясняется изношенностью топливной аппаратуры и других деталей ДВС комбайна.

Щелочное число моторных масел М-10Г2 и М-10ДМ изменилось в зависимости от наработки в закономерном режиме. С увеличением наработки щелочное число (показатель содержания присадок) снижалось (рисунок 2).

Щелочное число масла М-10ДМ в двигателе комбайна № 17890 изменилось с 9 мг КОН/г до 4,8 мг КОН/г к 200 часам наработки. В то время как в двигателе комбайна с меньшей наработкой № 17858 моторное масло имело значение щелочного числа близкое к 4 мг КОН/г.

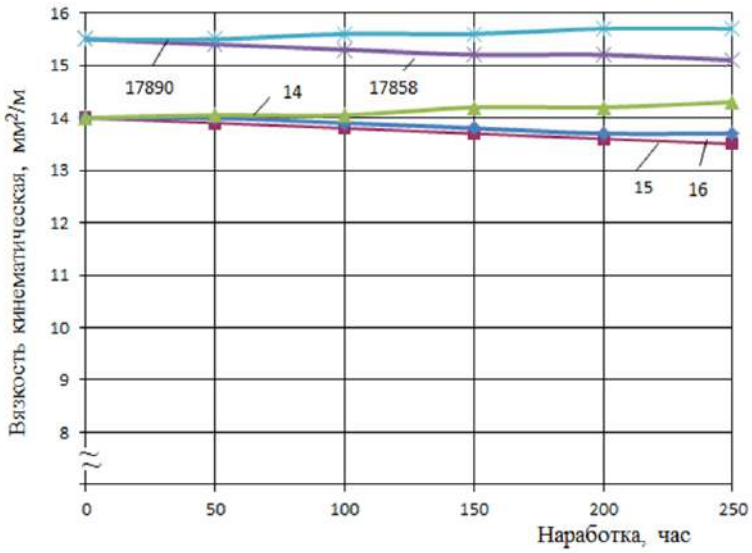

Рисунок 1 – Зависимость изменения вязкости моторных масел от наработки: 14 – комбайн «Полесье» (масло М-10Г2); 15 – комбайн «Полесье» (масло М-10Г2); 16 – комбайн «Полесье» (масло М-10Г2); 17890 – комбайн «Полесье» (масло М-10ДМ) выпуск 2021 г; 17858 – комбайн «Полесье» (масло М-10ДМ) выпуск 2021 г.

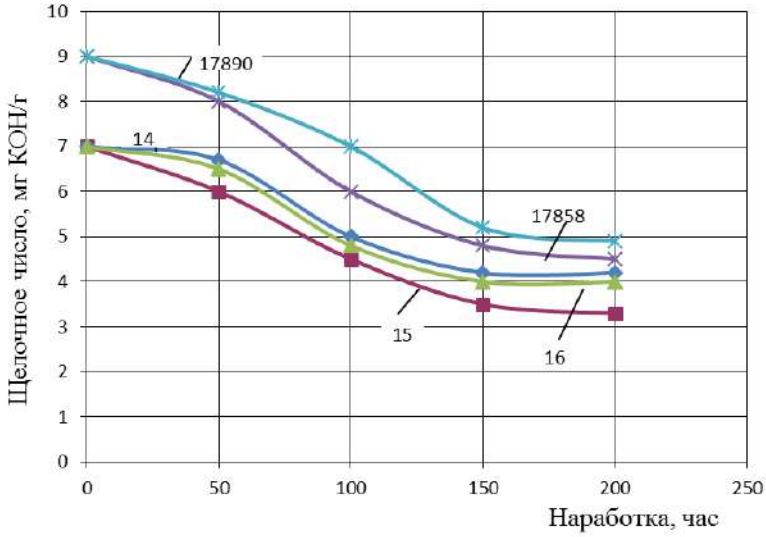

Рисунок 2 – Зависимость изменения содержания щелочного числа от наработки двигателей комбайнов

Щелочное число масла в двигателе комбайнов со сроком эксплуатации более 10 лет находилось к 150 часам наработки в диапазоне 3,5 - 4 мг КОН/г, что объясняется более низким значением данного показателя у исходного масла М-10Г2.

Оценивая значения щелочного числа масла в первом приближении установлено, что после завершения уборочных работ перед постановкой на хранение практически все масла имели запас противоизносных, антиокислительных, антикоррозионных свойств. Содержание механических

примесей в моторном масле чаще всего свидетельствует об износе, происходящем в двигателе внутреннего сгорания. К механическим примесям относят и частицы кварца, попадающие в масло с воздухом с учетом повышенной запыленности, имеющей место при уборочных работах.

Разделить продукты износа и частицы пыли в моторном масле в условиях эксплуатации не представляется возможным. Данный анализ можно осуществлять только в лабораторных условиях, определяя элементный состав масла. В результате физико – химического анализа установлен достаточно широкий диапазон содержания механических примесей в моторных маслах (рисунок 3)

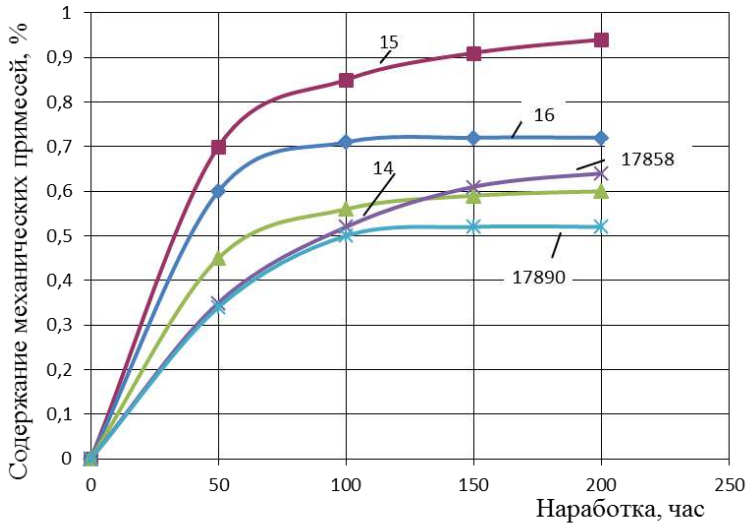

Рисунок 3 - Изменение содержания механических примесей

Моторное масло из двигателя комбайна № 15 имело браковочное значение по содержанию механических примесей уже к 150 часам наработки.

В комбайне первого года эксплуатации № 17858 после 150 часов наработки содержание механических примесей составляло 0,65%, в то время как в масле, работающем в комбайне № 17890, этот показатель был ниже.

Основная масса механических примесей накапливалась в маслах комбайнов № 14, №15, №16 в первые 50-100 часов наработки.

Перед заправкой свежего масла двигатели комбайнов № 14, №15, №16 не промывались. В двигатели новых комбайнов масло заправлялось обслуживающей организацией после того как двигатели проработали обкаточный период в течение 50 часов. Анализ содержания механических примесей в масле после обкатки показал высокое содержание механических примесей. За 50 часов наработки содержание механических примесей составляло 0,25 и 0,43 %.

В результате исследований изменения свойств моторных масел анализировалось изменение цвета масла М-10Г2 и М-10ДМ (рисунок 4). Цвет масла М-10Г2 рассматривался в пробах из двигателя комбайна со значительным (более 10 лет) сроком эксплуатации № 14. Цвет масла М-10ДМ анализировался по пробам, отбираемым из двигателя комбайна 2021 года № 17585.

Установлено, что активное изменение цвета масла наблюдалось уже после первых часов работы (50 часов). Визуально масла имели чёрный цвет и в одном и в другом случае несмотря на то, что комбайн № 14 был заправлен маслом М-10Г2, показатель исходного значения составлял 3 балла в ед. ЦНТ, масло М-10ДМ (комбайн № 17858, 2021 г. Выпуска) имело цвет 5 баллов. К 150 часам наработки цвет масла М-10Г2 и М-10ДМ практически сравнялся.

Содержание нерастворимого осадка в масле свидетельствует о содержании смол, асфальтенов в моторном масле. Данный показатель относительно корреспондируется с кислотным числом

масла и цветом, характеризует процессы горения, температуры, свойств топлива и эффективность работы ДВС, содержание моюще – диспергирующих и антиокислительных присадок в моторном масле.

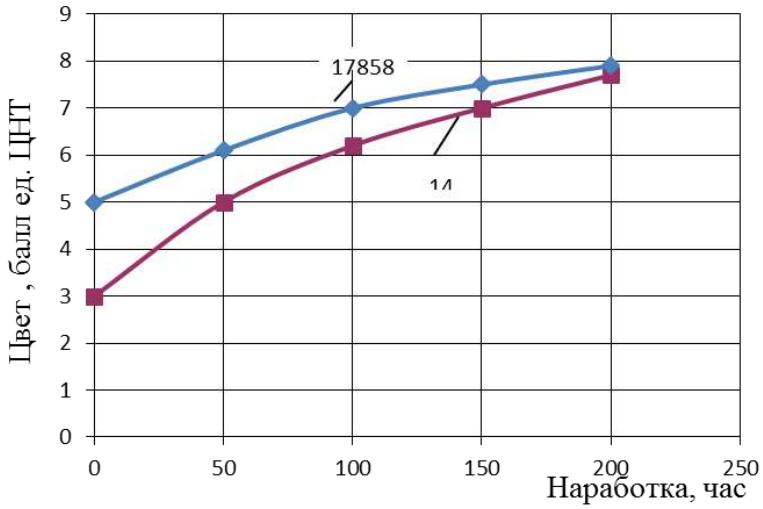

Рисунок 4– Зависимость изменения цвета моторных масел М-10Г2 и М-10ДМ от наработки.

На рисунке 5 представлена динамика изменения содержания нерастворимого осадка в масле М-10Г2 и М-10ДМ, работающих в двигателях зерноуборочных комбайнов «Полесье».

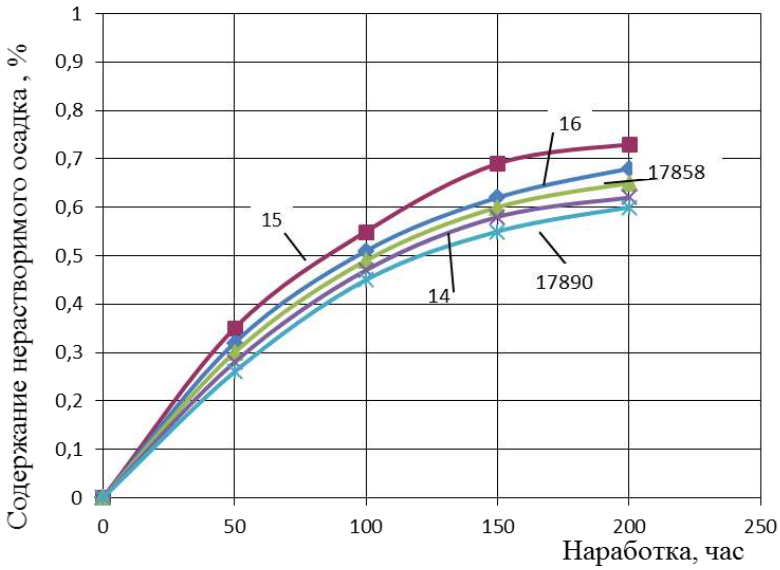

Рисунок 5 - Динамика изменения содержания нерастворимого осадка в моторных маслах М в зависимости от наработки.

Максимальное накопление смол, асфальтенов наблюдается в период 100 часов наработки с 0 до 0,45 %, далее рост продолжается не столь интенсивно.

В масле М-10ДМ содержание нерастворимого осадка меньше на 5…10 % по сравнению с маслом М-10Г2. Данный факт возможно также объяснить большей степенью износа комбайнов №14, № 15, № 16.

Температура вспышки в работавших в двигателях моторных маслах в некоторых комбайнах (в частности №15, № 16) снизилась на 10 – 15 °С, с 220 °С до 205 °С и 210 °С, что свидетельствует о попадании топлива или других известных причин (нарушение в работе топливной аппаратуры и т.д.). В двигателях комбайнов 2021 выпуска № 17890 и комбайне № 14 температура вспышки осталась на уровне товарного масла 220 °С и 230 °С.

Анализируя в целом изменение свойств моторных масел в двигателях зерноуборочных комбайнов установлено, что к моменту завершения работ, перед постановкой техники на хранение моторные масла обладали остаточным запасом эксплуатационных свойств.

Вязкость масла находилась в допустимых для рассмотрения работавшего масла в качестве защитной среды для формирования защитной пленки.

Сравнивая вязкость работавших масел 15 – 16 мм2/с и рабоче – консервационного масла К-17 , вязкость которого также составляет 16 мм2/с можно говорить об их аналогичности по данному показателю.

Щелочное число, как неоднократно отмечалось, является косвенным показателем содержания (присутствия) в масле антиокислительных, противокоррозионных и противоизносных присадок.

По результатам проведенных исследований установлено, что, щелочное число масла к моменту окончания работы комбайна находилось в диапазоне 3,5 – 4,5 КОН/г. Преимущественными значениями обладало отработанное 200 часов моторное масло М-10ДМ. Относительно высокое содержание моюще – диспергирующих присадок может свидетельствовать о способности масла, содержащего смолы, мельчайшие механические примеси, удерживать в период хранения техники во взвешенном состоянии частицы загрязнений, тем самым предотвратить их выпадение в осадок на дно масляного картера, увлекая за собой и часть присадок

Содержание механических примесей в работавших маслах находилось в диапазоне от 0,55 % до 0,9 %, что ограничивает дальнейшее использование масла в качестве моторного масла.

Изменение характеристик масел в период их межсезонного хранения может служить основанием для постановки вопроса их замены даже при достаточно высоком запасе эксплуатационных свойств на момент прекращения полевых работ.

В реальных условиях эксплуатации при постановке зерноуборочных комбайнов на хранение отработавшее уборочный сезон масло не сливается. Под наблюдением в период с сентября 2020 года по июнь месяц 2021 года находилось 3 комбайна «Енисей» (№14, 15, 16), в двигателях находилось масло М–10Г2.

Через каждые 3 месяца простоя в маслах определялось щелочное, кислотное число и вязкость. В таблице 1 представлены результаты определения вязкости кинематической в период межсезонного хранения.

Таблица 1–Результаты анализа вязкости кинематической в период хранения

Комбайн «Енисей»	Вязкость кинематическая мм/с^2			
	Постановка на хранение	3 месяца хранения	6 месяцев хранения	9 месяцев хранения
№14	13,6	13,4	13,3	13,3
№15	12,1	11,8	11,8	11,7
№16	13,0	13,0	12,8	12,8

Установлено, что вязкость масла в период простоя техники практически не изменилась.

Щелочное число моторных масле, характеризующее содержание присадок пред постановкой техники на хранение в двух двигателях комбайнов, находилось в эксплуатационных пределах (рисунок 6).

В двигателе комбайна №14 щелочное число масла составляло на момент отбора пробы значение близкое к браковочному.

Масло в двигателе комбайна №14 к моменту постановки на хранение имело значение 2,5 мг КОН/г. Через 9 месяцев простоя щелочное число снизилось до значения 1,85 мг КОН/г, что предположительно является следствием деструкции - выпадения присадок в осадок.

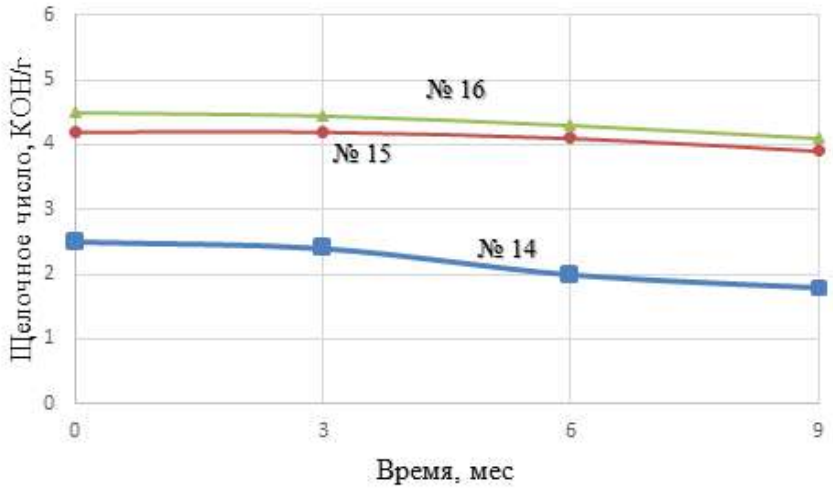

Рисунок 6 – Изменение щелочного числа моторных масел М–10Г2 в двигателях комбайнов

В двигателях комбайнов №15 и №16 масло к завершению периода хранения превышало 4 мг КОН/г, то есть имело определенный запас эксплуатационных свойств. По информации специалистов, эксплуатирующих технику, в двигатели комбайнов №15, №16 к завершению периода работ проводился активный долив угоревшего масла. В период наблюдения за изменением свойств масел (работы комбайнов в 2021 году) в ДВС использовалось дизельное топливо, приобретенное в мае месяце того же года у коммерческой структуры.

Топливо по своим характеристикам соответствовало требованиям ГОСТ 32511–2013 на дизельное топливо летнего сорта (кроме содержания серы – не определялось). На рисунке 7 представлены результаты определения содержания нерастворимого осадка в моторных маслах.

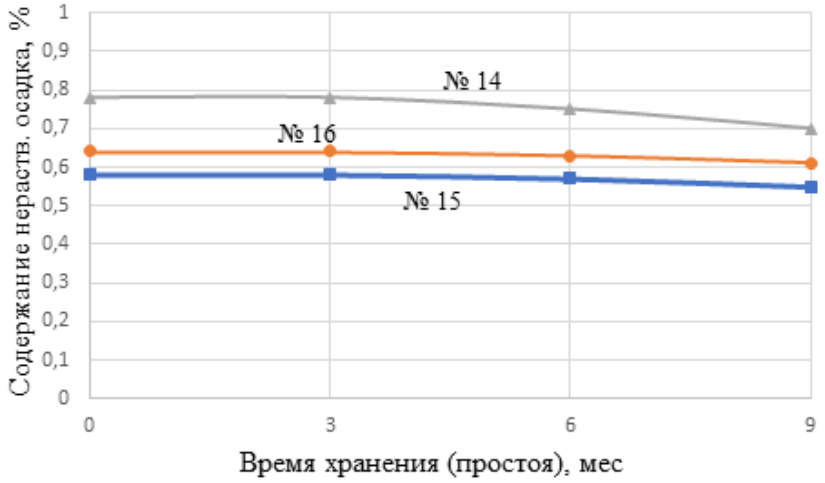

Рисунок 7 – Изменение содержания нерастворимого осадка (смол) в масле в процессе вынужденного простоя (хранения) комбайнов

В результате мониторингового анализа определено, что содержание смол, асфальтенов в маслах в процессе простоя машин изменяется незначительно.

В моторном масле М–10Г2 в двигателе комбайна №14 содержание нерастворимых примесей снизилось до значения менее 0,7%, что корреспондируется со снижением щелочного числа масла (ухудшение диспергирующе-стабилизирующих свойств).

В данном случае произошло незначительное выпадение смолистых загрязнений в осадок на дно масляного картере. Оценивая цвет масла, можно говорить о том, что изменений не происходило, все масла и на момент постановки, и к окончанию периода хранения техники имели черный цвет.

Анализ содержания механических примесей в моторных маслах в период между постановкой комбайнов на хранение и началом следующего уборочного сезона показал их снижение во всех объектах наблюдения (рисунок 8).

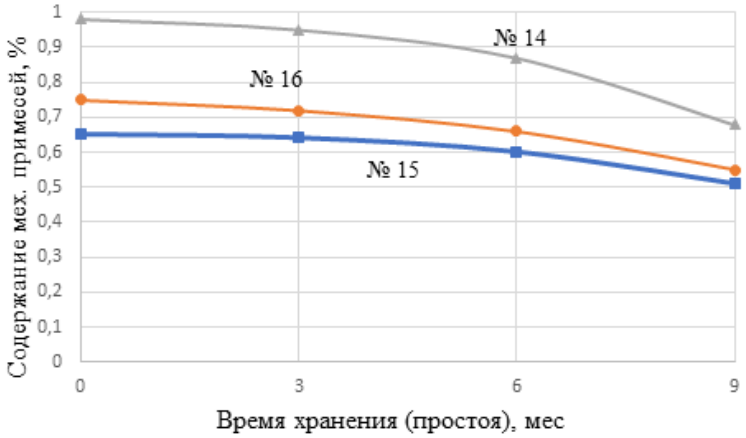

Рисунок 8 – Изменение содержания механических примесей в масле за период вынужденного простоя комбайнов

Установлено, что за период простоя содержание механических примесей в анализируемых маслах снизилось. В процессе длительного простоя некоторая часть механических примесей выпала в осадок. В случае прокручивания двигателя, его пуска возможно возвращение показателя механических примесей к значениям близким к первоначальным (перед постановкой на хранение).

Заключение. По результатам проведенных исследований установлено, что в процессе эксплуатации зерноуборочных комбайнов моторное масло за период наработки 150-200 часов ДВС претерпевает изменения свидетельствующее о необходимости его замены по ряду характеристик. Среди всего комплекса рассмотренных характеристик масла следует выделить загрязненность масла механическими примесями и смолами до предельно допустимых значений.

В результате анализа изменения свойств моторных масел в период межсезонного хранения определено, что накопившиеся загрязнения за период простоя машины способны выпадать в осадок, что предопределяет необходимость промывки системы смазки при проведении операции замены масла в период подготовки техники к новому уборочному сезону.

Список источников

1. Leslie, R. Rudnick. Synthetics, Mineral Oils, and Bio-Based Lubricants: Chemistry and Technology [Текст] Second Edition. 2013. - 445 p.

2. François, Audibert. Waste Engine Oils: Rerefining and Energy Recovery [Текст] / François Audibert. - Elsevier, 2011, - 340 p.

3. Остриков В.В., Тупотилов Н.Н., Белогорский В.В., "Информативность и взаимосвязь показателей качества работающих моторных масел [Текст]," Техника в сельском хозяйстве, № 3, 2008. С. 45-47.

4. Остриков В.В., Нагорнов С.А., Клейменов О.А., Булавин С.А., Стребков С.В. Топливо, смазочные и консервационные материалы [Текст]. Белгород: БГСХА, 2008. 262 с.

5. Петров И.А. Автомобильные масла, смазки, присадки [Текст]. Москва: Машиностроение, 2001. 250 с.

6. Саламин, В.В. Способ определения ресурса работы моторных масел в автотракторных ДВС [Текст] / Саламин, В.В. // Тракторы и сельскохозяйственные машины. - 2003. - №5. - С. 43 – 44

7. Арабян С.Г., Виппер А.Б., Холомонов И.А. Масла и присадки для тракторных и комбайновых двигателей [Текст]. Москва: Машиностроение, 1984. 207 с.

References

1. Leslie, R. Rudnick. Synthetics, Mineral Oils, and Bio-Based Lubricants: Chemistry and Technology [Текст] Second Edition. 2013. - 445 p.

2. François, Audibert. Waste Engine Oils: Rerefining and Energy Recovery [Текст] / François Audibert. - Elsevier, 2011, - 340 p

3. Ostrikov V.V., Tupotilov N.N., Belogorsky V.V., "Informativeness and interrelation of quality indicators of working motor oils [Text]," Machinery in agriculture, No. 3, 2008. pp. 45-47.

4. Ostrikov V.V., Nagornov S.A., Kleimenov O.A., Bulavin S.A., Strebkov S.V. Fuel, lubricants and conservation materials [Text]. Belgorod: BGSHA, 2008. 262 p.

5. Petrov I.A. Automobile oils, lubricants, additives [Text]. Moscow: Mashinostroenie, 2001. 250 p.

6. Salmin, V.V. Method for determining the service life of motor oils in automotive internal combustion engines [Text] / Salamin, V.V. // Tractors and agricultural machines. - 2003. - No. 5. - pp. 43-44

7. Arabyan S.G., Vipper A.B., Holomonov I.A. Oils and additives for tractor and combine engines [Text]. Moscow: Mashinostroenie, 1984. 207 p..

Информация об авторах

В.В. Остриков – доктор технических наук, профессор; А.В. Кошелев – младший научный сотрудник; В.С. Вязинкин – научный сотрудник.

Information about the authors

V. Ostrikov - Doctor of Technical Sciences, Professor; A. Koshelev - junior researcher; V. Vyazinkin - researcher.

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): 21.03.2023 Принята к публикации (Accepted): 22.04.2023