Тип статьи: научная
УДК 621.899
DOI: 10.35887/2305-2538-2023-5-96-103

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ОЦЕНКЕ ИЗМЕНЕНИЯ СВОЙСТВ МОТОРНОГО МАСЛА БЕЗ И С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОПЕРАЦИИ ПРОМЫВКИ СИСТЕМЫ СМАЗКИ ДВИГАТЕЛЯ ТРАКТОРА

Александр Викторович Кошелев [1]***, Валерий Васильевич Остриков*** [2]***,***
Алла Владимировна Забродская [3]***, Виктор Сергеевич Вязинкин*** [4]
[1,2,3,4] *Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве, г. Тамбов. Россия*
[2] viitinlab8@bk.ru, https://orcid.org/0000-0003-2927-768X

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

Реферат. *Представлены результаты исследований по оценке свойств масел по удалению загрязнений из системы смазки при регламентной замене моторных масел в двигателях тракторов. Установлено, что при сливе отработанного моторного масла часть загрязнений остаётся в системе смазки и отрицательно влияет как на работу двигателя, так и срок службы свежезаправленного моторного масла. Получены зависимости изменения содержания механических примесей, смолистых отложений, щелочного и кислотного числа от наработки. Установлено, что щелочное число масла за период наработки двигателя может снижаться с 8,7 мг КОН/г до 2,0 мг КОН/г и достигать браковочного значения к 250 часам работы масла в двигателе. Рассмотрено влияние операции промывки системы смазки промывочным маслом Лукойл на минеральной основе двигателей тракторов МТЗ-1221. Операция промывки позволила снизить за тот же период наработки накопление примесей на 20…30 % и с 9,8 % до 0,7 % снизить накопление смолистых отложений в моторном масле. Удаление загрязнений из системы смазки снижает расход присадок, их угар в моторных маслах, выпадение в осадок вместе с загрязнениями. На период наработки 250 часов содержание щелочного числа составляло 4,9 мг КОН/г, в то время как за тот же период наработки без промывки системы смазки приблизилось к браковочному значению. Удаление загрязнений стабилизирует изменение кислотного числа масла. В целом отмечается, что проведение операции промывки системы смазки двигателей тракторов может повышать их эксплуатационные показатели и увеличивать срок службы моторного масла до его замены.*

Ключевые слова: *моторное масло, двигатель, система смазки, промывочное масло, содержание примесей, срок службы до замены.*

RESULTS OF STUDIES TO ASSESS CHANGES IN THE PROPERTIES OF MOTOR OIL WITHOUT AND WITH THE USE OF FLUSHING THE TRACTOR ENGINE LUBRICATION SYSTEM

Alexander Koshelev [1]***, Valery Ostrikov*** [2]***, Alla Zabrodskaya*** [3]***, Viktor Vyazankin*** [4]
[1,2,3,4] *All-Russian Research Institute for the Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture, Tambov, Russia*
[2] viitinlab8@bk.ru , https://orcid.org/0000-0003-2927-768X

Abstract. *The results of studies assessing the properties of oils for removing contaminants from the lubrication system during routine replacement of motor oils in tractor engines are presented. It has been established that when used motor oil is drained, some of the contaminants remain in the lubrication system and negatively affect both engine operation and the service life of freshly filled motor oil.*

Dependences of changes in the content of mechanical impurities, tar deposits, alkaline and acid numbers on operating time were obtained. It has been established that the alkaline number of the oil during the engine operating period can decrease from 8.7 mg KOH/g to 2.0 mg KOH/g and reach the rejection value by 250 hours of oil operation in the engine. The influence of the operation of flushing the lubrication system with Lukoil mineral-based flushing oil in MTZ-1221 tractor engines is considered. The flushing operation made it possible to reduce the accumulation of impurities by 20...30% over the same operating period and to reduce the accumulation of tar deposits in the engine oil from 9.8% to 0.7%. Removing contaminants from the lubrication system reduces the consumption of additives, their waste in motor oils, and precipitation along with contaminants. For an operating period of 250 hours, the alkaline number content was 4.9 mg KOH/g, while over the same operating period without flushing the lubrication system it approached the rejection value. Removing contaminants stabilizes the change in oil acid number. In general, it is noted that carrying out the operation of flushing the lubrication system of tractor engines can improve their performance and increase the service life of the engine oil before it is replaced.

Keywords: *motor oil, engine, lubrication system, flushing oil, impurity content, service life before replacement.*

Для цитирования: 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 Science in the central Russia. 2023. Т. 65, № 5. С. 96-103. https://doi.org/10.35887/2305-2538-2023-5-96-103.

For citation: Koshelev A., Ostrikov V., Zabrodskaya A., Vyazankin V. Results of studies to assess changes in the properties of motor oil without and with the use of flushing the tractor engine lubrication sustem // *Nauka v central'noj Rossii* = Science in the Central Russia: 2023; 65(5): 96-103. (In Russ.) https://doi.org/10.35887/2305-2538-2023-5-96-103.

Введение. Моторное масло в процессе работы в двигателях тракторов загрязняется механическими примесями, продуктами сгорания топлива и продуктами старения[1,2,3,4,5]. Согласно принятой схеме эксплуатации тракторов и их технического обслуживания через 250 – 300 мото –часов наработки отработавшее свой срок моторное масло меняется на свежее. Перед заменой масла, после слива отработанного рекомендуется осуществлять промывку системы смазки [6,7]. По факту данная операция практически не проводится в силу объективных и субъективных причин. ФГБНУ ВНИИТиН проведены исследования по оценке влияния отказа о проведения операции промывки системы смазки, влияния ее на изменение основных физико – химических характеристик масла, срок его службы до замены. Получены зависимости изменения свойств масла от наработки двигателя в различных условиях эксплуатации[8,9].

Методика проведения исследований. Исследования проводились в реальных условиях эксплуатации тракторов. Под наблюдением находились два трактора из серии МТЗ, одного года начала эксплуатации, практически одинакового технического состояния на момент проведения испытаний.

В качестве рассматриваемого образца масла принималось товарное масло М-10ДМ. По достижению наработки 250 часов отработанное масло сливалось из картеров двигателей тракторов. В одном варианте отработанное масла сливалось из картера двигателя и сразу заправлялось товарное масло. В другой машине после слива отработанного масла проводилась промывка системы смазки специальным промывочным маслом с предварительным удалением загрязнений из центрифуги. Промывка системы смазки проводилась в течение 20 минут. После чего в картер двигателя заправлялось свежее моторное масло, и трактора работали в обычном режиме эксплуатации. Через каждые 50 часов наработки из картера двигателя отбиралась проба масла для определения в лабораторных условиях вязкости кинематической, щелочного и кислотного числа масла, температуры вспышки, содержания механических примесей, смол.

На основании полученных данных делалось заключение об эффективности работы масла, сроке его службы до замены.

Результаты и их обсуждение. Как известно, моторное масло М-10ДМ обладает более высокими противоизносными и моющими свойствами по сравнению с маслом М-10$Г_2$. В настоящее время инженерные службы хозяйств при приобретении масел отдают предпочтению маслу М-10ДМ несмотря на более высокую цену масла. Щелочное число масла М-10$Г_2$ составляет 6 мг КОН/г, а щелочное число масла М-10ДМ – более 9 мг КОН/г, что косвенно подтверждает более высокие моющие свойства последнего. К моменту слива отработавшего свой срок моторного масла и М-10$Г_2$ и М-10ДМ щелочное число находится в интервале 1,5 – 3,0. После слива отработанного моторного масла незначительная его часть, находящаяся в масляных каналах и на дне картера попадает в свежезаправленное масло. Смешивание, как правило, практически не влияет на показатель щелочного числа масла, однако эффективность моющего действия заправленного свежего моторного масла ставит много вопросов.

Рассмотрим влияние технологического процесса промывки системы смазки на срок службы моторного масла на основе анализа основных физико – химических характеристик. На рисунке 1 представлена зависимость изменения содержания механических примесей в моторном масле М-10ДМ от момента заправки до слива из картера двигателя.

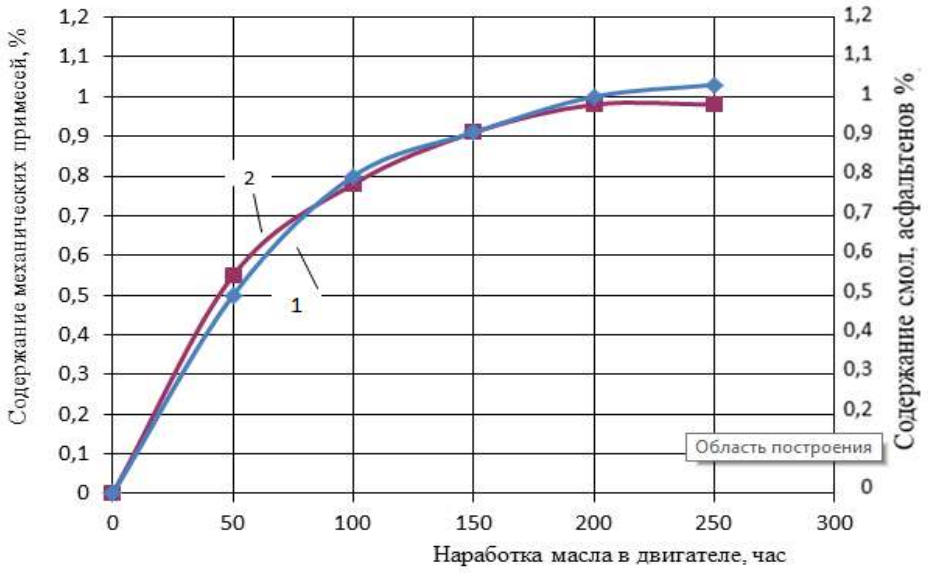

Рисунок 1 - Зависимость изменения содержания механических примесей и смолистых загрязнений в моторном масле М-10ДМ от наработки

Установлено, что максимальное накопление механических примесей в моторном масле наблюдается в первые 50…100 часов наработки двигателя (линия 1, рисунок 1). Аналогично изменяется и содержание нерастворимого осадка, смол (линия 2).

Данные факты подтверждают известные закономерности, в том числе высокие моющие свойства свежезаправленного масла [10,11]. Масло по двум данным параметрам приблизилось к браковочным значениям и требует замены для предупреждения повышенного износа и ухудшения эксплуатационных характеристик ДВС трактора.

Свежезаправленное моторное масло смывает отложения, оставшиеся в системе смазки. Анализ изменения щелочного числа моторного масла корреспондируется с широко известными данными о его снижении по мере работы масла в двигателе. На рисунке 2 представлены зависимости изменения щелочного числа масла от наработки в двигателе. Определено, что щелочное число масла изменялось практически линейно, уменьшаясь в зависимости от наработки двигателя и к 250 часам составляло 2,5 мг КОН/г.

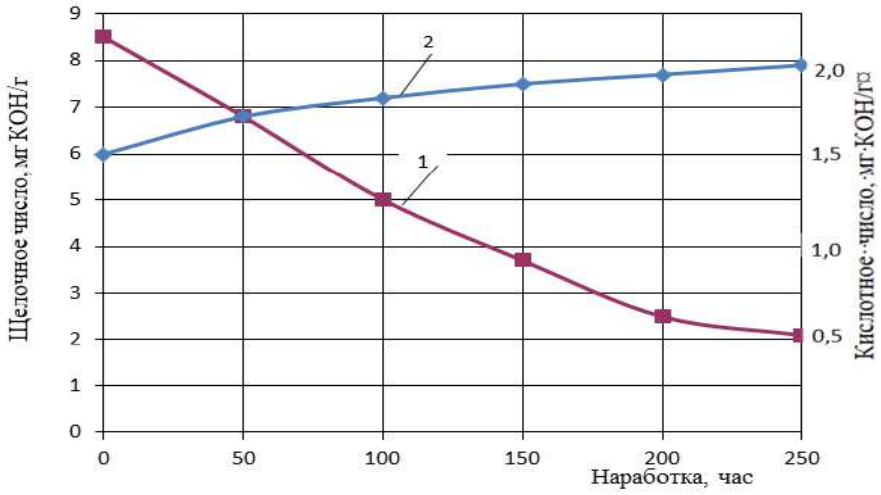

Рисунок 2 - Зависимость изменения содержания щелочного и кислотного числа масла от наработки ДВС: 1 – щелочное число масла; 2 – кислотное число

Полученные значения свидетельствуют о снижении запаса эксплуатационных свойств моторного масла и необходимости его замены. В реальных условиях эксплуатации, когда двигатель имеет определенную степень износа, увеличенный угар и соответственно долив свежего масла, значения щелочного числа масла может отличаться от полученных значений в 1,5 – 2 раза.

Однако при рассмотрении необходимости замены отработавшего масла необходимо пользоваться не единичным показателем состояния и свойств масла. В данном случае, например, степенью загрязненности масла и щелочного числа. То есть при периодическом доливе угоревшего масла возможно высокое значение щелочного числа 4 – 5 мг КОН/г, а содержание загрязнений превышает 1 %, что говорит о необходимости его замены. Далее рассмотрим влияние операции промывки системы смазки после слива отработанного масла, перед заправкой товарного, с последующим анализом изменения физико – химических характеристик моторного масла М-10ДМ.

После слива отработанного моторного масла из картера двигателя трактора МТЗ-1221 осуществлялась разборка и очистка центрифуги системы очистки масла, проводилась её сборка и установка. В картер двигателя заправлялось минеральное промывочное масло «Лукойл». Двигатель запускался и работал на холостом ходу в течение 20 минут. Далее двигатель останавливался, проводился слив промывочного масла.

Анализ содержания загрязнений в товарном промывочном масле и масле после проведения операции промывки показал, что содержание загрязнений изменилось с 0 до 0,23 %. Масло изменило цвет с желтого прозрачного до чёрного.

В результате рассмотрения пробы промывочного масла под микроскопом при увеличении в 1000 раз наблюдались загрязнения различного дисперсного состава от 1 до 100 мкм и более. Количество мелкодисперсных частиц на порядок преобладало над количеством крупных частиц 100 мкм и более.

В первом приближении можно отнести частицы 1-5 мкм к смолам, продуктам сгорания топлива, присутствующим в остаточных отложениях системы смазки и смытых при промывке системы смазки. После промывки системы смазки в картер двигателя заправлялось моторное масло, и двигатель работал в аналогичных режимах (что и в случае без промывки) эксплуатации с периодическим отбором проб масла для анализа характеристик.

На рисунке 3 представлена зависимость изменения содержания механических примесей, осадка от наработки.

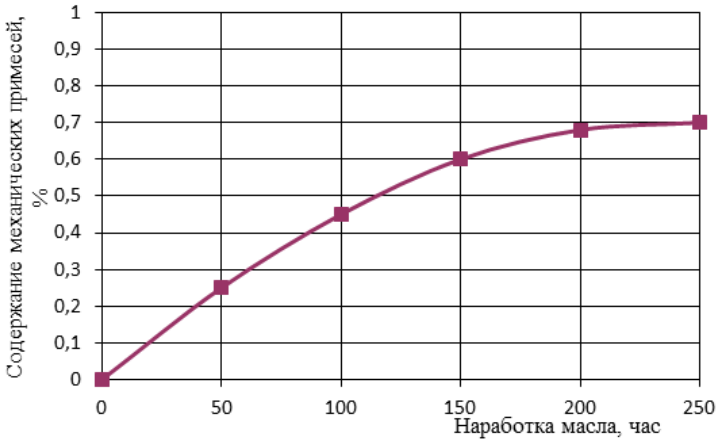

Рисунок 3 - Зависимость изменения содержания механических примесей в моторном масле от наработки

Установлено, что содержание механических примесей в моторном масле после проведения операции промывки системы смазки к 50 часам наработки двигателя составляло 0,25 % по сравнению с 0,47 %, где масло заправлялось в загрязненную систему. Можно утверждать, что большая часть примесей – остаточные загрязнения от предыдущей эксплуатации двигателя. Данное предположение подтверждается и анализом нерастворимого осадка в масле, смол (рисунок 4).

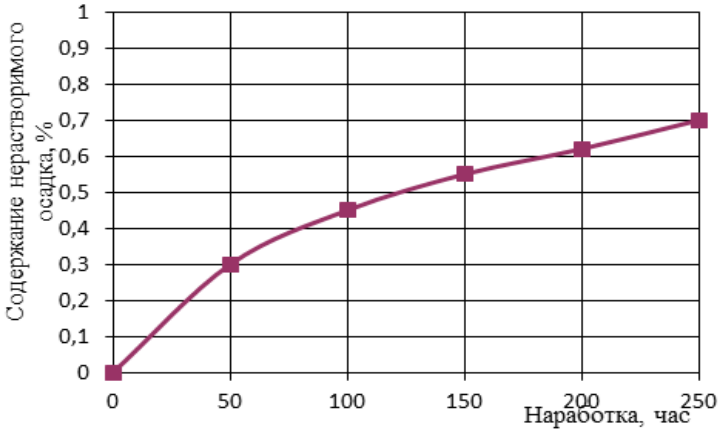

Рисунок 4 - Зависимость изменения содержания примесей (смол, асфальтенов, продуктов окисления) в масле от наработки двигателя

В результате анализа полученных данных отмечается, что промывка системы смазки, в том числе и от отложений на дне картера, масляных каналов позволяет снизить содержание примесей в масле до 0,7 % к моменту наработки 250 часов, то есть на 30 %.

По сравнению с технологией замены масла с промывкой системы смазки работавшее 50 часов масло имело темно – коричневый вид на щупе, в то время как в первом случае цвет был черным, не просвечивающийся на щупе. На данном этапе исследований и анализа об эффективности работы масла уже можно прогнозировать увеличение срока службы масла до замены.

Представляет научный и практический интерес эксплуатации технического средства после промывки системы смазки двигателя и изменения содержания присадок с точки зрения их ресурсных возможностей.

На рисунке 5 показана зависимость изменения щелочного числа моторного масла в двигателе машины за период эксплуатации 0 – 250 часов с предварительной промывкой системы смазки от загрязнений.

Установлено, что операция промывки позволяет снизить «напряженность» работы двигателя, расход присадок, в том числе моющих. Уменьшить отчасти угар компонентов присадок, в том числе вероятно за счет повышения компрессии в ЦПГ, снижения сопротивления прохода масла по масляным каналам.

Полученный результат позволяет утверждать о повышении эксплуатационных свойств двигателя и продлении срока службы масла до 300 и более часов.

Товарные моторные масла М-10ДМ имеют повышенное кислотное число по сравнению с маслом М-10$Г_2$, за счет состава присадок, обеспечивающего более высокие противоизносные и моющие свойства масла.

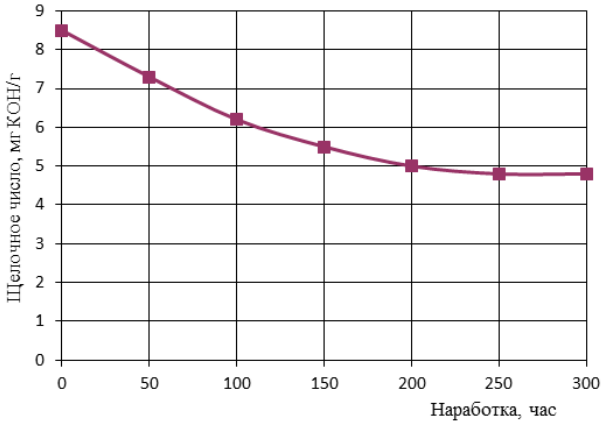

Рисунок 5 - Зависимость изменения щелочного числа масла от наработки с учетом промывки системы смазки перед заменой масла

Кислотное число не нормируется современными стандартами на моторное масло. В условиях эксплуатации по данному показателю очень сложно оценивать изменение свойств масла, так как по мере выгорания присадок кислотное число, как и щелочное уменьшается, а по мере накопления продуктов окисления увеличивается. Тем не менее, в сравнительном режиме возможно косвенно характеризовать данный показатель. На рисунке 6 представлена зависимость изменения кислотного числа масла от времени работы двигателя, наработки.

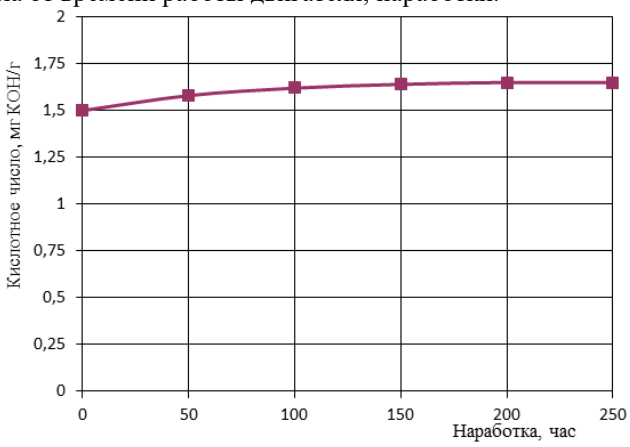

Рисунок 6 - Зависимость изменения кислотного числа моторного масла от наработки в двигателе

Сравнивая полученные значения за весь период наблюдения, следует отметить, что кислотное число практически не изменилось по сравнению с товарным маслом и маслом, работавшем в двигателе без промывки в системе смазки (рисунок 2). Данный факт возможно объяснить более низким содержанием в масле продуктов окисления, примесей (рисунок 4).

Заключение. В результате проведенных исследований установлено, что использование моторного масла М-10ДМ в двигателе трактора может снижать срок его службы до замены из-за накопления примесей и интенсивного выгорания присадок.

Промывка системы смазки перед заменой моторного масла позволяет снизить содержание механических примесей к периоду наработки 250 часов с 1,03 % до 0,71 %, содержание смол и продуктов старения с 0,98 % до 0,69 %.

Щелочное число масла, работавшего в двигателе без предварительной промывки, к моменту наработки 250 часов снизилось с 8,7 мг КОН/г до 2,3 мг КОН/г, в то время как после удаления загрязнений щелочное число равнялось 4,7 мг КОН/г.

Кислотное число изменялось незначительно, что корреспондируется с известными закономерностями, характеризующими эксплуатационные свойства моторного масла.

В целом установлено, что операция промывки системы смазки двигателя трактора позволяет продлить срок службы моторного масла на 20 – 30 %.

Список источников

1. Балтенас Р., Сафонов А.С., Ушаков А.И., Шергалис В. Моторные масла. СПБ: Альфа – Лаб, 2000. 272 с.

2. Венцель С.В. Применение смазочных масел в двигателях внутреннего сгорания. Москва: Химия, 1979. 240с.

3. Коваленко В. П. Загрязнения и очистка нефтяных масел. Москва: Химия, 1978. 320 с.

4. Григорьев М.А., Бунаков Б.М., Долецкий В.А. Качество моторного масла и надежность двигателей. Москва: Изд-во стандартов, 1981. 238с.

5. Школьников В.М. Топлива, смазочные материалы, технические жидкости. Ассортимент и применение. Москва: Техинформ, 1999. 596 с.

6. Кузьмин Н.А. Процессы и закономерности изменения технического состояния автомобилей в эксплуатации. Москва: Форум, 2001. 200 с.

7. Гуреев А. А., Фукс И.Г., Лашхи В.Л. Химмотология. Москва: Химия, 1986. 368 с.

8. В.В. Остриков, С.Н. Сазонов, В.И. Оробинский, Д.Н. Афоничев Определение диспергирующе-стабилизирующих свойств моторных масел и их загрязненности в условиях эксплуатации. Химия и технология топлив масел. № 5(615). 2019, С.48-52.

9. Остриков В.В., Петрашев А.И., Сазонов С.Н., Забродская А.В. Топливо, смазочные материалы и технические жидкости: учебное пособие. Москва - Вологда: Инфра – Инженерия, 2019. 242 с.

10. Эрих В. Н. Химия и технология нефти и газа. Москва: Химия, 1997. 424 с.

11. Евдокимов А. Ю. Смазочные материалы. Москва: Нефть и газ, 2000. 425 с.

References

1. Baltenas R., Safonov A.S., Ushakov A.I., Shergalis V. Motor oils. St. Petersburg: Alpha - Lab, 2000. 272 p.

2. Venzel S.V. The use of lubricating oils in internal combustion engines. Moscow: Khimiya, 1979. 240 p.

3. Kovalenko V. P. Pollution and purification of petroleum oils. Moscow: Chemistry, 1978. 320 p.

4. Grigoriev M.A., Bunakov B.M., Doletsky V.A. Engine oil quality and engine reliability. Moscow: Standards Publishing House, 1981. 238 p.

5. Shkolnikov V.M. Fuels, lubricants, technical fluids. Range and application. Moscow: Tekhinform, 1999. 596 p.

6. Kuzmin N.A. Processes and patterns of changes in the technical condition of cars in operation. Moscow: Forum, 2001. 200 p.

7. Gureev A.A., Fuks I.G., Lashkhi V.L. Chemmotology. Moscow: Khimiya, 1986. 368 p.

8. V.V. Ostrikov, S.N. Sazonov, V.I. Orobinsky, D.N. Afonichev Determination of dispersing and stabilizing properties of motor oils and their contamination under operating conditions. Chemistry and technology of fuels and oils. No. 5(615). 2019, pp.48-52.

9. Ostrikov V.V., Petrashev A.I., Sazonov S.N., Zabrodskaya A.V. Fuel, lubricants and technical fluids: a textbook. Moscow - Vologda: Infra - Engineering, 2019. 242 p.

10. Erich V. N. Chemistry and technology of oil and gas. Moscow: Khimiya, 1997. 424 p.

11. Evdokimov A. Yu. Lubricants. Moscow: Oil and Gas, 2000. 425 p.

Информация об авторах

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

Information about the authors

A. Koshelev – junior researcher; V. Ostrikov – Doctor of Technical Sciences, Professor; A. Zabrodskaya – 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): 15.09.2023 Принята к публикации (Accepted): 21.10.2023