

ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС В АПК

ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС В АПК / TECHNICAL SERVICE IN AGRICULTURE

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL ARTICLE

УДК 621.899

DOI: 10.26897/2687-1149-2020-3-34-38

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОЧИСТКИ СИСТЕМЫ СМАЗКИ ДВИГАТЕЛЯ

ОСТРИКОВ ВАЛЕРИЙ ВАСИЛЬЕВИЧ, докт. техн. наук¹

E-mail: vniitinlab8@bk.ru

БАЛАБАНОВ ВИКТОР ИВАНОВИЧ, докт. техн. наук, профессор²

E-mail: tribov@mail.ru

САФОНОВ ВАЛЕНТИН ВЛАДИМИРОВИЧ, докт. техн. наук, профессор³

E-mail: safonow2010sgau@yandex.ru

ИЩЕНКО СЕРГЕЙ АНАТОЛЬЕВИЧ, докт. техн. наук, профессор⁴

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве; 392022, Российская Федерация, Тамбов, пер. Ново-Рубежный, д. 28

² Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49

³ Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова; 410012, Российская Федерация, Саратов, Театральная площадь, 1

⁴ Приморская сельскохозяйственная академия; 692510, Российская Федерация, Приморский край, Уссурийск, пр-т Блюхера, 44

Отказ от проведения операции очистки системы смазки от загрязнений перед заменой отработанного масла на свежее обусловлен высокой ценой и недостаточностью очищающих свойств промывочных масел, используемых для очистки систем смазки дизельных двигателей. В результате проведенных исследований установлено, что очистка системы смазки и удаление загрязнений из масляных каналов может быть проведена отработавшим свой срок моторным маслом без его слива из картера двигателя. Определено, что внесение в отработанное моторное масло гидроксида аммония в смеси с карбамидом и последующая работа двигателя на оборотах 1500...1600 об/мин позволяет удалить из масла практически все виды загрязнений. Очищенное в двигателе масло по основным физико-химическим характеристикам соответствует требованиям, предъявляемым к базовым маслам, используемым при получении промывочных масел. В процессе применения отработанного масла происходит частичная очистка и масляных каналов двигателя. На следующем этапе в очищенное масло в картер двигателя вносятся добавки диметилсульфоксида, изопропилата калия и дизельного топлива. Определено, что последующий запуск двигателя и его работа на холостом ходу с переменными оборотами в течение 30-40 мин позволяет увеличить компрессию в цилиндрах, снизить расход топлива, повысить давление масла в системе смазки. В результате последующей эксплуатации двигателя после его очистки предлагаемой технологией происходит увеличение срока службы свежезаправленного масла на 15...20%, снижаются затраты на проведение операции промывки за счёт отказа от использования дорогостоящих промывочных масел на 30...40%.

Ключевые слова: двигатель, система смазки, очистка, загрязнения, отработанное моторное масло, промывочное масло, добавки.

Формат цитирования: Остриков В.В., Балабанов В.И., Сафонов В.В., Ищенко С.А. Ресурсосберегающая технология очистки системы смазки двигателя // *Агроинженерия*. 2020. № 3(97). С. 34-38. DOI: 10.26897/2687-1149-2020-3-34-38.

RESOURCE-SAVING CLEANING TECHNOLOGY OF ENGINE LUBRICATION SYSTEM

VALERIY V. OSTRIKOV, DSc (Eng)¹

E-mail: vniitinlab8@bk.ru

VIKTOR I. BALABANOV, DSc (Eng), Professor²

E-mail: tribov@mail.ru

VALENTIN V. SAFONOV, DSc (Eng), Professor³

E-mail: safonow2010sgau@yandex.ru

SERGEY A. ISHCENKO, DSc (Eng), Professor⁴

¹ All-Russian Research Institute for the Use of Engineering and Petroleum Products in Agriculture; 392022, Russian Federation, Tambov, Novo-Rubezhniy Side-Str., 28

² Russian Timiryazev State Agrarian University; 127550, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya Str., 49

³ Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov; 410012, Russian Federation, Saratov, Theater Square, 1

⁴ Primoriye Agricultural Academy; 692510, Russian Federation, Primorsky Krai, Ussuriysk, Blyukhera Ave., 44

The refusal to clean the lubrication system from contaminants before replacing the used oil with the fresh one is caused by the high price and insufficient cleaning properties of the flushing oils used to clean the lubrication systems of diesel engines. As a result of the conducted studies, it was found that the cleaning of the lubrication system and the removal of contaminants from the oil ducts can be carried out with used motor oil without draining it from the crankcase. It was determined that the introduction of ammonium hydroxide into the used engine oil in a mixture with carbamide and the subsequent engine operation at 1500...1600 rpm allows removing almost all types of contaminants from the oil. The oil cleaned in the engine according to the basic physicochemical characteristics complies with the requirements for the base oils used in the production of flushing oils. In the process of applying the used oil, the engine oil channels are partially cleaned. At the next stage, additives of dimethyl sulfoxide, potassium isopropylate and diesel fuel are added to the cleaned oil in the engine crankcase. It was determined that the subsequent start of the engine and its idling at a variable speed for 30-40 minutes allows increasing compression in the cylinders, reducing fuel consumption, and increasing the oil pressure in the lubrication system. As a result of the subsequent engine operation after it has been cleaned with the proposed technology, the service life of freshly refilled oil is increased by 15...20%, the costs of washing operations are reduced by 30...40% due to a refuse to use expensive washing oils.

Key words: engine, lubrication system, cleaning, pollution, used engine oil, flushing oil, additives.

For citation: Ostrikov V.V., Balabanov V.I., Safonov V.V., Ishchenko S.A. Resource-saving cleaning technology of engine lubrication system // *Agricultural Engineering*, 2020; 3 (97): 34-38. (In Rus.). DOI: 10.26897/2687-1149-2020-3-34-38.

Введение. В процессе работы двигателей тракторов в моторном масле накапливается значительное количество загрязнений, продуктов износа, смол. Загрязнения образуются и на деталях системы смазки, в картере, масляных каналах, в цилиндропоршневой группе и т.д. [1-6].

При проведении операции замены масла большая часть загрязнений удаляется вместе с отработанным моторным маслом. Однако полностью удалить все загрязнения из системы смазки очень сложно без применения специальных технических средств и промывочных масел [7].

В связи с ограниченными финансовыми возможностями и неудовлетворительным состоянием материально-технической базы большинства сельхозпредприятий замену масел производят без очистки системы смазки. Замечено, что уже через 5-8 часов работы в двигателе свежезаправленное масло имеет чёрный цвет.

Утверждение о том, что резкое изменение цвета масла с жёлтого до чёрного является всего лишь подтверждением высоких моющих свойств свежезаправленного масла и никаких отрицательных последствий не несёт, является не совсем верным.

Резкое изменение цвета говорит о том, что в масле появились смолы, продукты окисления, а это оказывает отрицательное влияние на дальнейшую эффективность работы масла в узлах трения и на срок его службы до следующей замены [8, 9].

В результате практических исследований установлено, что резкое изменение содержания смол в масле после его заливки в двигатель связано с отказом проведения операций очистки и значительным остаточным содержанием загрязнений в системе смазки после его замены.

Смешивание и попадание даже незначительного количества загрязнений в свежезалитое моторное масло интенсифицирует процесс окисления и снижает срок его службы до замены.

ФГБНУ ВНИИТиН проведены исследования и сравнительный анализ изменения цвета и характеристик моторных масел после 89 часов работы двигателя с предварительной очисткой системы смазки и без неё (рис. 1).

Определено, что предварительная очистка системы смазки позволяет уже после первых 8 часов работы двигателя прогнозировать уменьшение срока службы масла до замены. Использование промывочных масел в двигателях тракторов сопряжено с высокими затратами на промывочное масло. Если для очистки системы смазки двигателя автомобиля требуется 3...5 литров масла, то для тракторных двигателей – 15...40 литров в зависимости от марки.

Цель исследований: повышение эффективности работы двигателей тракторов и снижение затрат на техническое обслуживание.

В силу ограниченности финансовых возможностей сельхозпредприятий, недостаточности очищающих свойств промывочных масел для очистки от загрязнений и отложений дизельных двигателей поставлена задача – разработка ресурсосберегающей технологии очистки системы смазки отработавшим свой срок моторным маслом с внесением пакетов присадок и добавок [2-7].

Материал и методы. На первом этапе проводится операция очистки отработавшего свой срок моторного масла от загрязнений без его слива из картера двигателя. Для этих целей масло в двигателе прогревается до температуры 60...70°C. Далее через заливную горловину (двигатель в неработающем состоянии) в масло вносится смесь гидроксида аммония с карбамидом 0,5...1,0% к объёму масла в картере. Двигатель запускается и работает на холостом ходу 5-7 минут. После чего обороты в двигателе повышают до 1500...1600 об/мин, и двигатель продолжает работать в течение 30-40 минут. Через каждые 5 минут при помощи мерного шупа достаётся капля масла и помещается на фильтровальную бумагу. По хроматограмме масляного

пятна определяется эффективность очистки масла. После изменения цвета масляного пятна с чёрного на жёлтый двигатель останавливается. Цвет масла изменяется за счёт

удаления в процессе центрифугирования скоагулировавшихся смол. Производится разборка и очистка центрифуги очистки масла, встроенной в систему смазки.

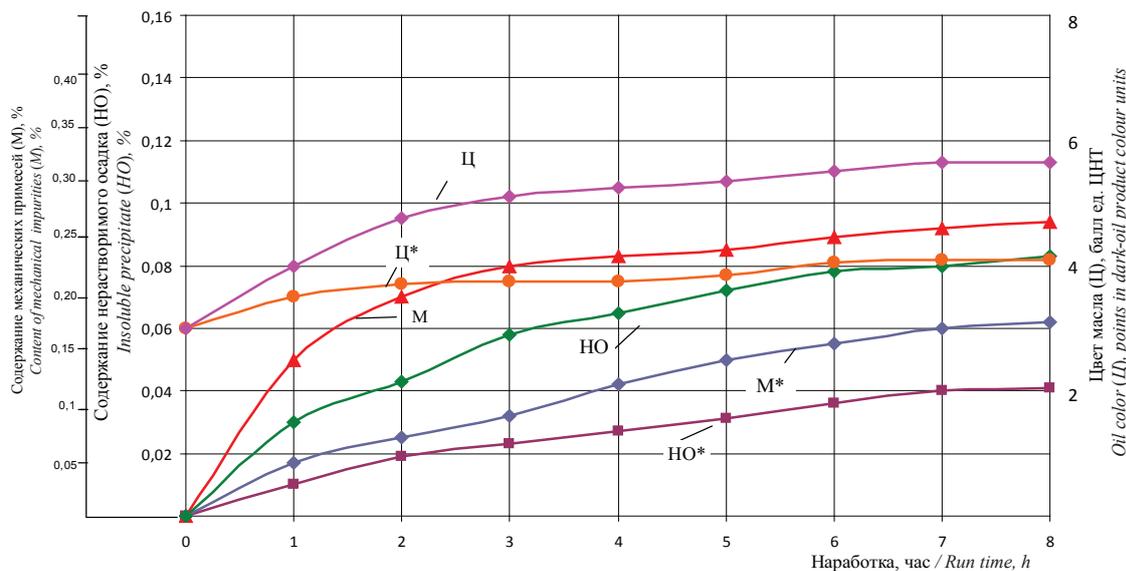


Рис. 1. Зависимость изменения физико-химических характеристик моторного масла от наработки: без предварительной очистки системы смазки и с предварительной очисткой системы смазки (*)

Fig. 1. Relationship between changes in the physical-and-chemical characteristics of the engine oil and its run time: without preliminary cleaning of the lubrication system and with preliminary cleaning of the lubrication system (*)

На следующем этапе готовится масляный концентрат, состоящий из очищенного в двигателе масла (93%), гидроксид аммония с карбамидом (1%), дизельного топлива (2%), диметилсульфоксида (2%), изопропилата калия (2%). Смесь перемешивается и через заливную горловину помещается в картер двигателя. Далее двигатель запускается и работает 3-5 мин на оборотах 500...600 об/мин. По окончании процесса перемешивания обороты увеличиваются до 1200...1500 об/мин и двигатель работает 30-40 мин с периодическим резким уменьшением оборотов до минимума и увеличением до максимума. После чего проводится замена масла на свежее.

Результаты и обсуждение. На рисунке 2 представлена зависимость изменения содержания нерастворимого осадка масла и цвета в процессе работы двигателя с промывочным составом.

Анализ полученной зависимости показал, что содержание примесей в масле после первого этапа очистки равно 0,02%. По мере дальнейшей работы двигателя количество нерастворимого осадка в масле (смола, асфальтенов и т.д.) увеличивалось, и к 30 мин достигло 0,15%. Цвет очищенного масла изменился с 4 до 6,5 баллов в единицах ЦНТ в связи с накоплением загрязнений в масле (чистое масло – 4 балла, самое грязное – 9 баллов).

Полученные результаты свидетельствуют о достаточно высоких моющих свойствах экспериментального состава промывочного масла.

С целью оценки эксплуатационных свойств промывочных масел до и после проведения операции очистки системы смазки определялась компрессия в цилиндрах и расход топлива.

В таблице представлены результаты оценки характеристик двигателя Д-240.

Определение параметров проводилось при одних и тех же условиях до и после проведения операции

очистки. Давление масла в системе смазки повышается за счёт увеличения подвижности поршневых колец, улучшения условий прохождения смазки по масляным каналам. Промывка системы смазки, удаление отложений с деталей ЦПГ способствует снижению расхода топлива.

Установлено, что очистка системы смазки разработанным способом позволяет повысить характеристики двигателя и снизить затраты на используемое топливо.

Для подтверждения выдвинутых предположений о влиянии операции очистки системы смазки на срок службы моторного масла проводился сравнительный анализ изменения основных физико-химических характеристик масла в течение последующих 250 часов наработки.

На рисунке 3 представлены зависимости изменения вязкости (ν), загрязнённости (НО), щёлочного числа (Щ) свежего масла М-10Г2 от наработки в двигателе без очистки и с очисткой системы смазки.

Анализируя полученные зависимости следует отметить, что при проведении операции промывки системы смазки ДВС трактора вязкость масла $\nu(2)$ к моменту замены (наработка 250 ч) составляла 10,5 мм²/с, а в масле, отработавшем в двигателе, где промывка перед заменой не проводилась, $\nu(1) = 11,5$ мм²/с.

Увеличение вязкости $\nu(1)$ происходило постепенно с увеличением наработки за счёт накопления примесей и смол НО(1).

Щёлочное число моторного масла характеризует в определенной степени содержание моюще-диспергирующих, антиокислительных, противоизносных, противозадирных и антифрикционных присадок в масле.

Рассматривая изменение щёлочного числа (Щ) в маслах следует отметить, что в двигателе, работавшем без очистки системы смазки, уже к 200 ч наработки данный

показатель имел практически браковочное значение 2,1 мг КОН/г, в то время как в двигателе, работавшем на том же масле и при аналогичных условиях

эксплуатации и технического состояния Щ = 3,5 мг КОН/г к 250 ч наработки, т.е. можно утверждать, что масло обладало достаточно высоким запасом работоспособности.

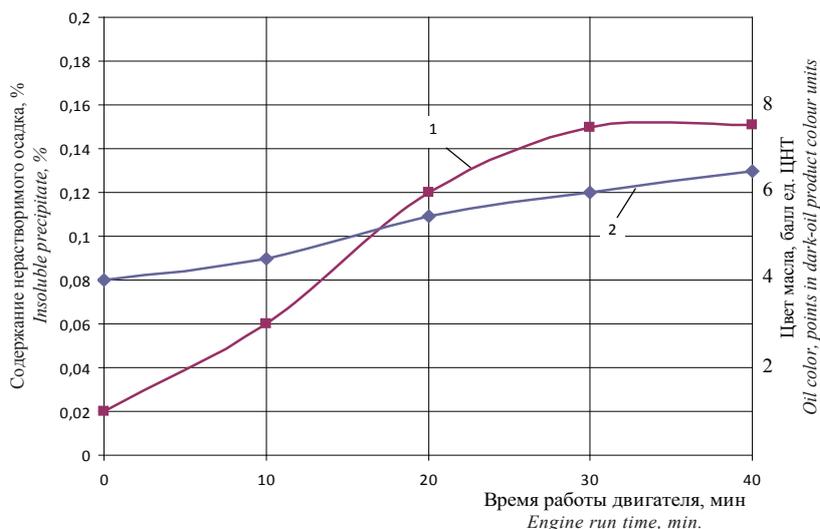


Рис. 2. Зависимость изменения содержания нерастворимого осадка (1) и цвета масла (2) от времени работы двигателя
 Fig. 2. Relationship between the change in the content of insoluble sediment (1) and the oil color (2) and the engine run time

Характеристики двигателя Д-240
 Characteristics of the D-240 engine

Показатели Indicators	До проведения операции очистки системы смазки Before cleaning the lubrication system	После проведения операции очистки системы смазки After cleaning the lubrication system
Среднее значение компрессии в цилиндрах, кгс/см ³ Average compression in the cylinders, kgf/cm ³	18	22
Расход топлива, л/ч Fuel consumption, l/h	14	10,5
Давление масла в системе смазки, кгс/см ² Oil pressure in the lubrication system, kgf/cm ²	1,9	3,0

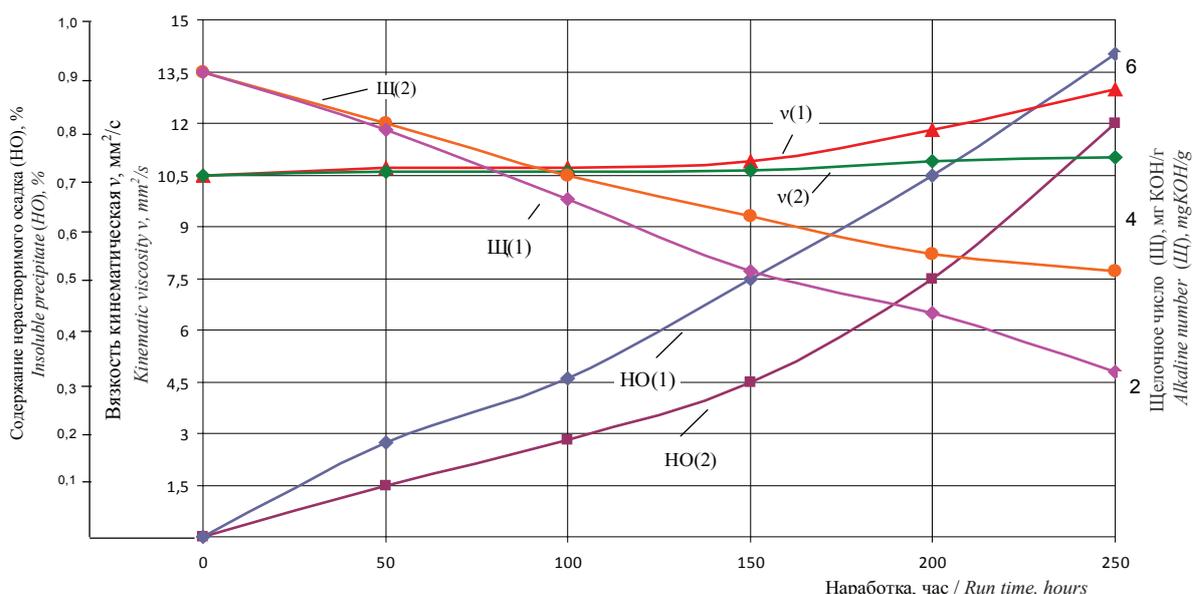


Рис. 3. Зависимость изменения физико-химических характеристик моторного масла М-10Г₂ в двигателе тракторов: без предварительной очистки системы смазки (1), с очисткой системы смазки (2)
 Fig. 3. Relationship pattern of changes in the physicochemical characteristics of M-10G₂ engine oil in a tractor engine: without preliminary cleaning the lubrication system (1), with cleaning the lubrication system (2)

Выводы

Разработанный технологический процесс очистки системы смазки отработавшим свой срок моторным маслом с внесением в него специальных добавок позволяет

снизить затраты на проведение операции промывки за счёт отказа от использования дорогостоящих промывочных масел на 30...40%, продлить срок службы свежезаправленного моторного масла на 15...20%, решить задачи повышения эффективности использования отработанных масел в АПК.

Библиографический список

1. Стребков С.В., Стрельцов В.В. Применение топлива, смазочных материалов и технических жидкостей в агропромышленном комплексе: учебное пособие. Белгород: БГСХА, 1999. 404 с.
2. Беклемышев В.И., Махонин И.И., Летов А.Ф., и др. Влияние металлоорганических присадок RENOM на поверхности трения и показатели автомобильной техники // Вестник машиностроения. 2004. № 10. С. 51-55.
3. Балабанов В.И., Беклемышев В.И., Махонин И.И., Филиппов В.К. Ремонтно-восстановительные препараты для техники // Сельский механизатор. 2005. № 11. С. 40-41.
4. Синельников А.Ф., Балабанов В.И. Автомобильные масла, топлива и технические жидкости: Сер. Краткий справочник. М.: За рулём, 2007. С. 155-172.
5. Балабанов В.И. Нанотехнологии и нанопрепараты для автотракторной техники // Применение нанотехнологий и наноматериалов в АПК: Сб. докладов. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2008. С. 77-81
6. Балабанов В.И., Болгов В.Ю. Автомобильные присадки и добавки. М.: Изд-во РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2011. 224 с.
7. Картошкин А.П. Исследование нагароотложений на деталях цилиндропоршневой группы при эксплуатации дизелей сельскохозяйственных тракторов. Л.: ЛСХИ, 1984. 97 с.
8. 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. 244 с.
9. Салмин В.В. Оценка эксплуатационных свойств моторных масел // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2003. № 7. С. 18-20.

Критерии авторства

Остриков В.В., Балабанов В.И., Сафонов В.В., Ищенко С.А. выполнили теоретические исследования, на их основании провели эксперимент. Остриков В.В., Балабанов В.И., Сафонов В.В., Ищенко С.А. имеют на статью авторские права и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила 12.03.2020

Опубликована 29.06.2020

References

1. Strebkov S.V., Streltsov V.V. *Primeneniye topliva, smazochnykh materialov i tekhnicheskikh zhidkostey v agro-promyshlennom komplekse: uchebnoye posobiye* [Use of fuel, lubricants and industrial fluids in the agricultural sector: a training manual]. Belgorod, BGSKHA, 1999: 404. (In Rus.)
2. Beklemyshev V.I., Makhonin I.I., Letov A.F., et al. *Vliyaniye metalloorganicheskikh prisadok RENOM na poverkhnosti treniya i pokazateli avtomobil'noy tekhniki* [Effect of organometallic additives RENOM on the friction surface and indicators of automotive technology]. *Vestnik mashinostroyeniya*, 2004; 10: 51-55. (In Rus.)
3. Balabanov V.I., Beklemyshev V.I., Makhonin I.I., Filip-pov V.K. *Remontno-vosstanovitel'nyye preparaty dlya tekhniki* [Repair and recovery products for equipment]. *Sel'skiy mekhanizator*, 2005; 11: 40-41. (In Rus.)
4. Sinel'nikov A.F., Balabanov V.I. *Avtomobil'nyye masla, topliva i tekhnicheskkiye zhidkosti: Ser. Kratkyy spravoch-nik* [Motor oils, fuels and technical fluids: Ser. Quick refer-ence]. Moscow, Za Rulem, 2007: 155-172. (In Rus.)
5. Balabanov V.I. *Nanotekhnologii i nanopreparaty dlya avtotraktornoy tekhniki* [Nanotechnology and nanopreparations for automotive machinery]. *Primeneniye nanotekh-nologiy i nanomaterialov v APK: Sb. докладов*. Moscow, Ros-informagrotekh, 2008: 77-81 (In Rus.)
6. Balabanov V.I., Bolgov V.Yu. *Avtomobil'nyye prisadki i dobavki* [Motor additives and improvers. Moscow, Izd-vo RGAU-MSKHA imeni K.A. Timiryazeva, 2011: 224. (In Rus.)
7. Kartoshkin A.P. *Issledovaniye nagarootlozheniy na detalyakh tsilindroporshnevoy gruppy pri ekspluatatsii di-zeley sel'skokhozyaystvennykh traktorov* [Study of deposits on the the cylinder-piston group parts during the operation of farm tractor diesel engines]. L.: LSKHI, 1984: 97. (In Rus.)
8. Ostrikov V.V., Petrashev A.I., Sazonov S.N., Zabrods-kaya A.V. *Toplivo, smazochnyye materialy i tekhnicheskkiye zhidkosti: uchebnoye posobiye* [Fuel, lubricants and techni-cal fluids: a training manual]. Moscow – Vologda: Infra – Inzheneriya, 2019: 244. (In Rus.)
9. Salmin V.V. *Otsenka ekspluatatsionnykh svoystv mot-ornykh masel* [Evaluating the operational properties of mo-tor oils]. *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozyay-stva*, 2003; 7: 18-20. (In Rus.)

Contribution

V.V. Ostrikov, V.I. Balabanov, V.V. Safonov, S.A. Ishchenko carried out the experimental work, summarized the material based on the experimental results, and wrote the manuscript. V.V. Ostrikov, V.I. Balabanov, V.V. Safonov, S.A. Ishchenko have equal author's rights and bearequal responsibility for plagiarism.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publica-tion of this paper.

The paper was received on March 12, 2020

Published 29.06.2020