

Тип статьи: научная
УДК 621.892
DOI: 10.35887/2305-2538-2024-3-141-147

УДАЛЕНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ИЗ СИСТЕМЫ СМАЗКИ ДВИГАТЕЛЕЙ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ ПЕРЕД ПОСТАНОВКОЙ НА ХРАНЕНИЕ

*Дмитрий Николаевич Жерновников*¹, *Виктор Сергеевич Вязинкин*²,
*Алла Владимировна Забродская*³, *Владимир Константинович Нагдаев*⁴
^{1,2,3,4} *Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и
нефтепродуктов в сельском хозяйстве, г. Тамбов, Российская Федерация*
¹ viitinlab8@bk.ru

Автор, ответственный за переписку: Дмитрий Николаевич Жерновников, viitinlab8@bk.ru
Corresponding author: Dmitry Zhernovnikov, viitinlab8@bk.ru

Реферат. Консервация двигателя внутреннего сгорания является одним из важнейших мероприятий при постановке зерноуборочных комбайнов на хранение после завершения уборочных работ. Но в реальных условиях данная операция практически не проводится, масло, проработавшее сезон уборки, из системы смазки не сливается, что приводит к осаждению загрязнений как в картере, так и в масляных каналах. Оставшиеся в системе смазки загрязнения, продукты окисления смешиваются со свежее-заправленным маслом, что снижает срок службы масла, а оставшиеся механические примеси могут вызвать повышение износа. Проведение многолетнего мониторинга состояния масла и технического состояния комбайнов показало, что к моменту постановки на хранение, щелочное число масла может составлять как 7 мг КОН/г, так и менее 2 мг КОН/г (близко к браковочному значению). В отработанном масле содержание загрязнений велико и в основном преобладают смолистые составляющие. На основании результатов исследований разработана ресурсосберегающая технология консервации ДВС зерноуборочных комбайнов. Одним из элементов является очистка отработанного масла от загрязнений под действием реагентов. Получены зависимости изменения содержания загрязнений в масле М-10ДМ от времени работы двигателя при различной концентрации добавки реагентов. Оптимальное содержание добавки реагента - 3 мас.%. Представлены результаты конкретных исследований по определению толщины масляной плёнки и других параметров. Толщина масляной плёнки на пластине на отработанном масле - 0,35 мм. (время испытания - 6 месяцев). Установлено, что очистка отработанного масла с одновременной промывкой системы смазки и последующей заправкой товарного масла позволяет продлить срок его службы, снизить риск образования следов коррозии на деталях ЦПГ на 5-10% и уменьшить затраты на эксплуатацию и ремонт дорогостоящей техники.

Ключевые слова: моторное масло, загрязнения, очистка, реагенты, зерноуборочный комбайн, срок службы, хранение, коррозия, износ.

REMOVAL OF CONTAMINATION FROM THE LUBRICATION SYSTEM OF CORN HARVEST ENGINES BEFORE STORAGE

*Dmitry Zhernovnikov*¹, *Viktor Vyazinkin*², *Alla Zabrodskaya*³, *Vladimir Nagdaev*⁴
^{1,2,3,4} *All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture,
Tambov, Russian Federation*
¹ viitinlab8@bk.ru

Abstract. Preservation of the internal combustion engine is one of the most important measures when placing combine harvesters into storage after completion of harvesting work. But in real conditions, this operation is practically not carried out; the oil that has worked for the cleaning season

is not drained from the lubrication system, which leads to the deposition of contaminants both in the crankcase and in the oil channels. Contaminants and oxidation products remaining in the lubrication system are mixed with freshly filled oil, which reduces the service life of the oil, and remaining mechanical impurities can cause increased wear. Long-term monitoring of the condition of the oil and the technical condition of combines has shown that by the time of storage, the alkaline number of the oil can be either 7 mg KOH/g or less than 2 mg KOH/g (close to the rejection value). The content of contaminants in used oil is high and mainly resinous components predominate. Resource-saving technology for preserving the internal combustion engines of grain harvesters has been developed based on research results. One of the elements is the cleaning of season-used oil from contaminants under the influence of reagents. The dependences of the change in the contaminant content in M-10DM oil on the engine operating time at different concentrations of reagent additives were obtained. The optimal content of reagent additive is 3 wt.%. The results of specific studies to determine the thickness of the oil film and other parameters are presented. The thickness of the oil film on the plate in waste oil is 0.35 mm. (test time – 6 months). It has been established that cleaning used oil with simultaneous flushing of the lubrication system and subsequent refilling of commercial oil can extend its service life, reduce the risk of the formation of traces of corrosion on CPG parts by 5-10% and reduce the cost of operation and repair of expensive equipment.

Keywords: motor oil, contamination, cleaning, reagents, combine harvester, service life, storage, corrosion, wear.

Для цитирования: Жерновников Д.Н., Вязинкин В.С., Забродская А.В., Нагдаев В.К. Удаление загрязнений из системы смазки двигателей зерноуборочных комбайнов перед постановкой на хранение // Наука в центральной России Science in the Central Russia. 2024. Т. 69, № 3. С. 141-147. <https://doi.org/10.35887/2305-2538-2024-3-141-147>.

For citation: Zhernovnikov D., Vyazinkin V., Zabrodsкая A., Nagdaev V. Removal of contamination from the lubrication system of corn harvest engines before storage. *Nauka v central'noj Rossii* = Science in the Central Russia: 2024; 69(3): 141-147. (In Russ.) <https://doi.org/10.35887/2305-2538-2024-3-141-147>.

Введение. После и перед началом уборочных работ в с/х предприятиях, как правило, проводят техническое обслуживание зерноуборочных комбайнов [1, 2].

В большей части это касается таких операций как: очистка основных рабочих органов от загрязнений, замена ремней приводов и замена моторного масла.

Так как после завершения уборочных работ, при постановке комбайнов на длительное хранение, чаще всего отработавшее определённый период моторное масло может содержать значительное количество загрязнений, смол, асфальтенов, то в масляных каналах системы смазки, на днище картера двигателя образуются достаточно «уплотнённые» смолистые загрязнения (за период простоя 8-9 месяцев) [3, 4].

Слив отработанного масла и заправка товарного моторного масла не решает проблему удаления загрязнений из системы смазки и они, соответственно, переходят, постепенно, в работающее масло, снижая срок его службы, ухудшая эксплуатационные свойства.

Ранее существовавшая система проведения работ при постановке комбайнов на межсезонное хранение, а именно слив отработанного моторного масла и заправка в двигатель специального консервационного масла практически повсеместно прекратило своё существование.

В ряде случаев, к периоду завершения уборочных работ, масло в системе смазки обладает достаточно высокими эксплуатационными свойствами (несмотря на загрязнённость) и перед началом нового сезона не меняется [5].

Всё это в конечном результате отрицательно влияет на характеристики двигателя и уменьшает срок его службы до капитального ремонта [6, 8].

Цель исследования. Повышение эффективности хранения техники.

Методика проведения исследований. Исследование проводится в условиях СХПК ПЗ «Пригородный» на комбайне «Полесье» после завершения уборочных работ полевых работ.

Из картера двигателя комбайна отбирается проба масла, объёмом 100 мл. Проводится анализ загрязнённости и щелочного числа экспресс-методами ФГБНУ ВНИИТиН [7].

На основании результатов анализа определяются параметры процесса очистки и концентрации вносимых реагентов.

Двигатель комбайна осматривается, очищается от загрязнений. Разбирается, очищается и собирается центрифуга.

Если в устройстве системы смазки установлен дополнительный фильтр очистки, то его отключают.

Далее двигатель запускают, и он работает на холостых оборотах до достижения температуры масла 70...80 °С. После чего двигатель глушится.

Готовится раствор реагента, состоящий из карбамида, растворённого в гидроксиде аммония (50:50) в концентрации к объёму очищаемого масла 1, 2, 3%. В полученную смесь реагента также добавляют 1 % масс. изопропилового спирта.

Через заливную горловину двигателя раствор реагентов заправляется в поддон картера двигателя.

Двигатель запускают и контролируют его работу в режиме холостого хода в течение 5...15 мин.

Через каждые 5 минут работы двигателя, посредством щупа, достаётся капля моторного масла и наносится на фильтровальную бумагу белая лента.

По форме и цвету пятна от масла контролируют прохождение процесса коагуляции загрязнений. Как только пятно приобретает форму, содержащую по контуру жёлтую окантовку, далее тёмно-серый промежуток и в центре чётко выраженное чёрное пятно, процесс контроля эффективности коагуляции загрязнений прекращают, считая время появления вышеуказанного пятна оптимальным процессом укрупнения.

Полученный результат является отправной точкой начала увеличения оборотов двигателя до средние установленных 2000...2200 об/мин.

Далее, через каждые 5 минут работы двигателя, при помощи щупа уровня масла достаётся капля масла и контролируется изменение цвета пятна.

По достижении пятна жёлтого цвета без тёмных разводов двигатель глушится.

В процессе проведения всего комплекса работ, по датчикам, встроенным в панель управления комбайна, контролируется температура охлаждающей жидкости и давление масла в системе смазки.

Заливная горловина картера оставляется в полуоткрытом состоянии и прикрывается для доступа воздуха и предотвращения разбрызгивания масла.

По окончании операции очистки масла и системы смазки двигатель охлаждается. Проводятся работы по очистке внутреннего корпуса центрифуги от загрязнений.

Результаты и их обсуждение. В таблице 1 представлены результаты физико-химического анализа некоторых проб моторных масел М-10ДМ, отобранных из двигателя зерноуборочных комбайнов.

Таблица 1 - Характеристики масел, отобранных из двигателей комбайнов

Показатели	Наблюдаемый объект (комбайн 1)	Наблюдаемый объект (комбайн 2)	Наблюдаемый объект (комбайн 3)
Вязкость кинематическая при 100 °С, мм ² /с	12,2	13,3	11,5
Содержание механических примесей, %	0,6	0,8	0,3
Содержание нерастворимого осадка, %	0,75	0,81	0,51
Щелочное число, мг КОН/г	4,8	2,2	6,8
Кислотное число, мг КОН/г	1,8	1,95	2,0
Год начала эксплуатации	2015	2011	2020

Среди анализируемых масел наибольшую загрязнённость имело масло, слитое из комбайна «Полесье» №2, наименьшую – масла из комбайна №3.

Перед началом испытания в каждый образец масла в лабораторных условиях был внесён состав реагентов в концентрации 1, 2, 3% к объёму 50 мл.

После нагревания до 100 °С составы рассматривались на предмет загрязнений под микроскопом Биолам-70.

Установлено, что только в масле №2, при концентрации 1% состава реагентов наблюдалось укрупнение практически растворённых примесей.

В маслах №1 и №3 эффект коагуляции практически отсутствовал.

Тот же вид под микроскопом при увеличении в 140 раз наблюдается и при концентрации несённого состава в количестве 2% масс.

В масло №2 частицы загрязнений укрупнились до 10-15 мкм, а наблюдаемое поле изменило цвет и форму. Группы частиц объединились и между ними чётко просматривались прозрачные светлые линии.

При увеличении концентрации смеси реагентов до 3% во второй пробе чётко просматривались (под покровным стеклом) группы объединений размером >25 мкм.

Наблюдался начальный процесс коагуляции в масле №1 в отличие от масла №3.

Учитывая опыт предыдущих исследований ФГБНУ ВНИИТиН, можно утверждать, что в масле № 3 присутствует значительное количество моюще – диспергирующих присадок. Несмотря на то, что по информации инженерных служб комбайны имели практически одинаковую наработку за сезон. Далее было установлено, что комбайн «Полесье» № 3 изначально имел повышенный расход масла (угар). Для наших условий было наиболее актуально проверить возможность очистки самого загрязненного масла № 2, при том, что пробное моделирование показало перспективность проведения данной работы в части возможности очистки наиболее загрязненного продукта с высоким содержанием продуктов окисления.

На рисунке 1 представлена зависимость изменения содержания механических примесей и нерастворимого осадка от времени процесса нахождения масла в системе с очистителем (встроенной центрифугой) и концентрации добавки смеси реагента в двигателе комбайна № 2.

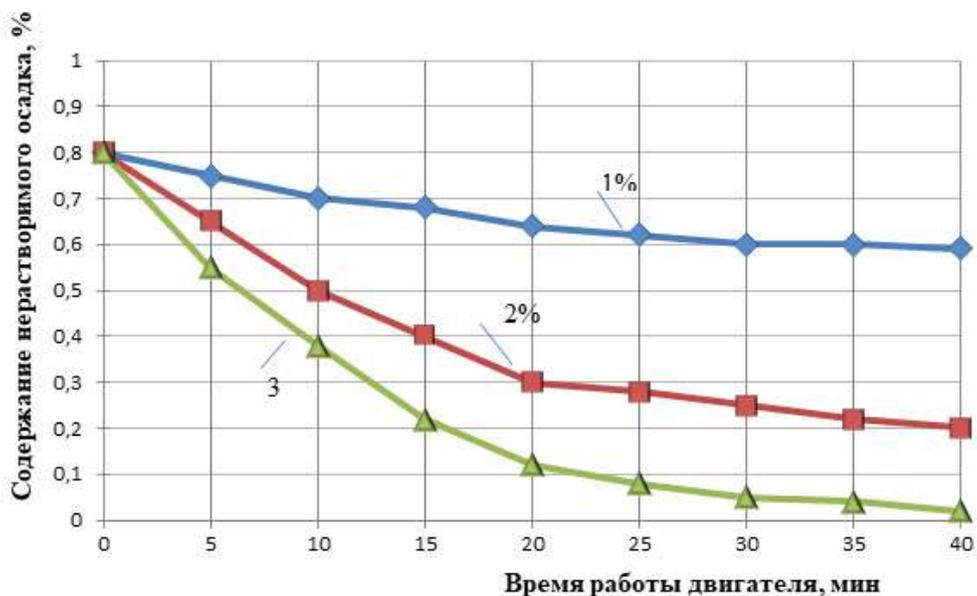


Рисунок 1 - Зависимость изменения содержания загрязнений в моторном масле М-10ДМ от времени работы двигателя: 1%, 2%, 3% - концентрация реагента

В результате экспериментальных исследований установлено, что для масла принятой исходной загрязненности с невысоким содержанием щелочного числа рациональной концентрацией внесения смеси реагентов является значение 3 %, а время очистки (работы двигателя – 30-35 мин). Давление масла в системе выросло на 10 %, компрессия в цилиндрах в среднем на 8 %, что может свидетельствовать об удалении загрязнений и из масляных каналов. После завершения операции очистки масла масляная центрифуга разбиралась и из внутренней полости ротора извлекались загрязнения.

Следует отметить, что толщина слоя осадка в роторе центрифуги за предшествующий период работы двигателя комбайна (уборочный сезон) составляла 8 мм, а за период очистки масла с реагентами 35 минут – 15 мм.

Решая задачу очистки системы смазки двигателя масла в период постановки зерноуборочного комбайна на длительное хранение одним из важнейших вопросов являлось определение защитных свойств очищенного масла.

По заявлениям ученых, исследовавших проблему коррозии, на стенках гильз цилиндров после остановки двигателя и к периоду его перевода в рабочий режим толщина масляной плёнки составляет 0,5 – 1 мкм и эффективно защищает поверхность металла от коррозии при использовании чистого моторного масла или консервационного [5, 9].

Если же масло после завершения уборочного периода сильно загрязнено и содержит значительное количество продуктов окисления, то на зеркале гильз цилиндров могут появляться следы коррозионного поражения в последующем преобразующиеся в раковины.

На основании поставленной цели проведены сравнительные испытания по защитным свойствам масел. Толщина масляной плёнки оценивалась известным гравиметрическим методом. Пластины из стали опускали в моторное масло до его очистки и в моторное масло после очистки с использованием предложенных реагентов. Пластины помещали в эксикатор в вертикальном положении и выдерживали 6 месяцев в неотапливаемом помещении. После истечения времени (6 месяцев) пластины доставали и взвешивали, определяя остаточное содержание масла на поверхности. Методом расчёта установлено, что толщина масляной плёнки в отработавшем масле составляла 0,35 мм, толщина масляной плёнки на пластине, выдерживаемой в очищенном масле, равнялась 1,95 мкм.

После завершения данных циклов исследований при проведении регламентных подготовительных работ к работе комбайнов в следующем уборочном сезоне масла из картеров двигателей сливались и проводилась их замена на товарные масла М-10ДМ (на основании анализа всех характеристик, соответствующих ГОСТ). Устанавливались новые масляные фильтры.

По мере созревания зерновых культур все комбайны приступали к уборочным работам. После каждых 8 часов работы комбайнов из картера двигателей отбиралась проба масла и проводился в лабораторных условиях анализ загрязнённости масла, а также наносилась капельная проба на фильтровальную бумагу. Наблюдение и анализ проводились в течение 6 смен (48 часов) работы комбайна. На рисунке 2 показана зависимость изменения загрязненности масла в наблюдаемых комбайнах.

В результате анализа загрязнённости масла после замены отработанного масла на свежее М-10ДМ и начала его эксплуатации в условиях уборки зерновых культур установлено, что очистка моторного масла перед постановкой комбайна на хранение с последующим запуском позволяет изменить динамику накопления загрязнений в свежее-заправленном масле и, соответственно, снизить интенсивность его старения, увеличить срок службы до замены, повысить надежность работы комбайна.

Использование технологического процесса очистки масла с применением реагентов также может повысить эффективность хранения, снижение рисков образования следов коррозии.

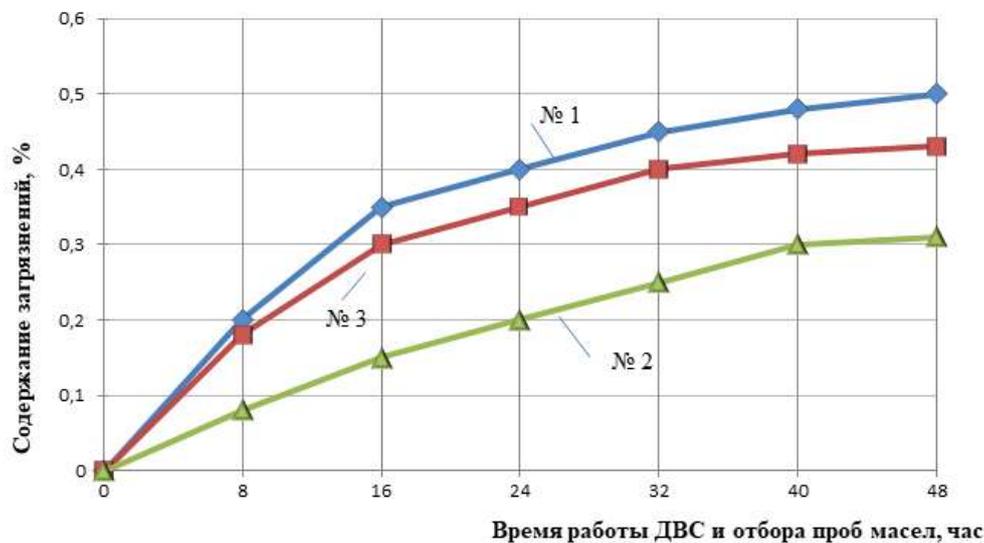


Рисунок 2 - Зависимость изменения содержания загрязнений в масле от наработки (после замены масла): комбайны № 1, № 2, № 3

Заключение. Удаление загрязнений из моторного масла и системы смазки зерноуборочных комбайнов перед постановкой их на хранение по сравнению с реально существующей схемой замены масла перед началом уборочной кампании позволяет в целом повысить эксплуатационные характеристики ДВС комбайна, снизить риск образования следов коррозии на деталях ЦПГ на 5 – 10 %. Уменьшить затраты на приобретение специальных консервационных жидкостей.

Список источников

1. Севернев М.М., Подлекарев Н.Н., Сохадзе В.Ш., Китиков В.О. Износ и коррозия сельскохозяйственных машин. - Минск: Беларуская навука, 2011. – 333 с.
2. Техника, используемая в сельском хозяйстве. Правила хранения: ГОСТ 7751-2009. – Введ. 01.05.2011 – М.: Стандартинформ, 2011. – 18 с.
3. Остриков В.В., Вязинкин В.С., Кошелев А.В., Забродская А.В. Изменение характеристик моторных масел в двигателях зерноуборочных комбайнов трения //Наука в центральной России. 2021. № 3 (57). С. 70-75.
4. Шехтер Д.Н., Школьников В.М., Богданова Т.И., Милованов В.Д. Рабоче-консервационные смазочные материалы. М.: Химия, 1979. - 256 с.
5. Северный А.Э. Сохраняемость и защита от коррозии сельскохозяйственной техники. М.: ГОСНИТИ. 1993. – 283 с
6. Пучин Е.А., Гайдар С.М. Рекомендации по внутренней консервации цилиндропоршневой группы дизелей серийными моторными маслами. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2010. – 14с.
7. Остриков В.В., Корнев А.Ю., Вязинкин В.С., Белогорский В.В. Контроль качества моторных масел // Сельский механизатор. 2009 № 3 С. 28-29.
8. Kaesche H. Corrosion of metals: physicochemical principles and current problems. New York: Springer, 2003. 594 p.
9. Macián B., Tormos P., Olmeda Y.A. Findings from a fleet test on the performance of two engine oil formulations in automotive CNG engines // Lubrication Science. 2015. Vol. 27(1). Pp. 15–28.

References

1. Severnev M.M., Podlekarev N.N., Sokhadze V.Sh., Kitikov V.O. Wear and corrosion of agricultural machines. - Minsk: Belaruskaya Navuka, 2011. - 333 p.

2. Equipment used in agriculture. Storage rules: GOST 7751-2009. – Enter. 05/01/2011 – М.: Standartinform, 2011. – 18 p.
3. Ostrikov V.V., Vyazinkin V.S., Koshelev A.V., Zabrodskaya A.V. Changes in the characteristics of motor oils in the engines of friction combine harvesters // Science in Central Russia. 2021. No. 3 (57). pp. 70-75.
4. Shekhter D.N., Shkolnikov V.M., Bogdanova T.I., Milovanov V.D. Working and conservation lubricants. М.: Chemistry, 1979. - 256 p.
5. Northern A.E. Storability and corrosion protection of agricultural machinery. М.: GOSNITI. 1993. – 283 s.
6. Puchin E.A., Gaidar S.M. Recommendations for the internal preservation of the cylinder-piston group of diesel engines with serial motor oils. М.: FGNU "Rosinformagrotekh", 2010. - 14 p.
7. Ostrikov V.V., Kornev A.Yu., Vyazinkin V.S., Belogorsky V.V. Quality control of motor oils // Rural machine operator. –2009– No. 3 – P. 28–29.
8. Kaesche H. Corrosion of metals: physicochemical principles and current problems. New York: Springer, 2003. 594 P.
9. Macián B., Tormos P., Olmeda Y.A. Findings from a fleet test on the performance of two engine oil formulations in automotive CNG engines // Lubrication Science. 2015. Vol. 27(1). pp. 15–28.

Информация об авторах

Д.Н. Жерновников – младший научный сотрудник; В.С. Вязинкин – научный сотрудник; А.В. Забродская – научный сотрудник; В.К. Нагдаев - кандидат химических наук.

Information about the authors

D. Zhernovnikov – junior researcher; V. Vyazinkin – research; A. Zabrodskaya – researcher; V. Nagdaev - Candidate of Chemical Sciences.

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): 24.05.2024 Принята к публикации (Accepted): 22.06.2024