Тип статьи: научная
УДК 621.892
DOI: 10.35887/2305-2538-2023-2-93-105

ОЦЕНКА АНТИКОРРОЗИОННЫХ, ПРОТИВОИЗНОСНЫХ СВОЙСТВ СОСТАВОВ МАСЕЛ ДЛЯ КОНСЕРВАЦИИ ДВИГАТЕЛЕЙ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ

***Валерий Васильевич Остриков* [1], *Дмитрий Николаевич Жерновников* [2], *Алла Владимировна Забродская* [3], *Виктор Сергеевич Вязинкин* [4], *Валентин Владимирович Сафонов*[5]**
[1,2,3,4]*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*
[5]*Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия*
[5]safonow2010sgau @.yandex.ru

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

Реферат. *Перед постановкой зерноуборочных комбайнов на межсезонное хранение проводятся работы по консервации внутренних полостей двигателей внутреннего сгорания и, в первую очередь, гильз цилиндров, для чего заводами-изготовителями техники рекомендуется использовать специальные технологии консервации и специализированные консервационные масла. В условиях реальной эксплуатации данные меры защиты машин от коррозии практически не применяются, в первую очередь, из-за высоких затрат на их реализацию. В ФГБНУ ВНИИТиН разрабатывается малозатратная ресурсосберегающая технология защиты двигателей комбайнов от коррозионно-механического износа путём разработки состава консервационного масла на базе отработавшего свой срок моторного масла. Разработан способ очистки отработанного масла от загрязнений. Проведены исследования по определению рационального состава масла, включающие применение полимеризованного рапсового масла и пушечной смазки в качестве добавок, повышающих противоизносные и антикоррозионные свойства. Установлено оптимальное время полимеризации масла - не менее 20 часов, позволяющее повысить его вязкость и увеличить параметры формируемой защитной плёнки. В качестве ингибитора коррозии в составе консервационного масла рассмотрена пушечная смазка ПВК. Для смешивания ПВК с базовым маслом отбирается незначительное (3 л) количество очищенного моторного масла М-10Г$_2$, производится нагрев смеси до 100°С и перемешивание в течение 20 минут. Полученная обогащающая смесь очищенного масла с растворённым полимеризованным рапсовым маслом и смазкой ПВК вносилась в основной объём очищенного масла в концентрации 3%, 6%, 9%. На основании проведённых исследований получены зависимости изменения вязкости. Определено, что рациональной концентрацией внесения обогащающей смеси является 6% добавка. Оценка возможности осаждения компонентов масел в процессе их хранения показала допустимые значения толщины слоя осадка, не превышающие 1 мм. В первом приближении разработан новый состав масла, легкодоступный для получения в условиях сельхозпредприятий АПК.*

Ключевые слова: *моторное масло, двигатель, консервационное масло, состав, добавки, вязкость, защитная плёнка, защитные свойства.*

EVALUATION OF ANTICORROSION, ANTIWEAR PROPERTIES OF OIL COMPOSITIONS FOR PRESERVATION OF ENGINES OF GRAIN HARVESTERS

***Valery Ostrikov*[1], *Dmitry Zhernovnikov*[2], *Alla Zabrodskaya*[3], *Viktor Vyazinkin*[4], *Valentin Safonov*[5]**

[1,2,3,4] *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*
[5]*Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia*
[5]safonow2010sgau @.yandex.ru

Abstract. *Works on conservation of the internal cavities of internal combustion engines and, first of all, cylinder liners are carried out before placing combine harvesters for off-season storage, for which equipment manufacturers recommend using special conservation technologies and specialized conservation oils. These measures to protect machines from corrosion are practically not used in real operation, primarily because of the high costs of their implementation. A low-cost resource-saving technology for protecting combine harvester engines from corrosion-mechanical wear is being developed at FSBNU VNIITiN by developing a conservation oil composition based on used engine oil. A method for cleaning waste oil from contaminants has been developed. Studies have been carried out to determine the rational composition of the oil, including the use of polymerized rapeseed oil and gun grease as additives that increase anti-wear and anti-corrosion properties. The optimal oil polymerization time has been established to be at least 20 hours, which makes it possible to increase the viscosity of the oil and increase the parameters of the protective film being formed. PVK gun grease is considered as a corrosion inhibitor in the composition of conservation oil. A small amount (3 l) of purified motor oil M-10G2 is taken for mixing PVC with base oil, the mixture is heated to 100°C and mixed for 20 minutes. The resulting enriching mixture of purified oil with dissolved polymerized rapeseed oil and PVC lubricant was added to the main volume of purified oil at a concentration of 3%, 6%, 9%. Based on the studies carried out, the dependences of the change in viscosity were obtained. It has been determined that a 6% additive is a rational concentration for adding an enriching mixture. An assessment of the possibility of precipitation of oil components during their storage showed acceptable values for the thickness of the sediment layer, not exceeding 1 mm. As a first approximation, a new oil composition has been developed, which is easily accessible for production under the conditions of agricultural enterprises of the agro-industrial complex.*

Keywords: *motor oil, engine, conservation oil, composition, additives, viscosity, protective film, protective properties.*

Для цитирования: Остриков В.В., Жерновников Д.Н., Забродская А.В., Вязинкин В.С., Сафонов В.В. Оценка антикоррозионных, противоизносных свойств составов масел для консервации двигателей зерноуборочных комбайнов // Наука в центральной России Science in the central Russia. 2023. Т. 62, № 2. С. 93-105. https://doi.org/10.35887/2305-2538-2023-2-93-105.

For citation: Ostrikov V., Zhernovnikov D., Zabrodskaya A., Vyazinkin V., Safonov V. Evalution of anticorrosion, antiwear properties of oil compositions for preservation of engines of grain harvesters // Наука в центральной России Science in the central Russia. 2023; 62(2): 93-105. (In Russ.) https://doi.org/10.35887/2305-2538-2023-2-93-105.

Введение. Моторное масло в процессе простоя техники в период межсезонного хранения изменяет свои свойства [1-3]. Присутствующие в работавших маслах загрязнения оседают, образуя осадок как в картере, так и в масляных каналах.

Отказ от проведения технологических операций подготовки техники к хранению может приводить к появлению следов коррозии и последующего износа деталей ДВС в период последующего использования комбайнов [4-6].

Образовавшиеся начальные мельчайшие следы коррозии на поверхностях гильз цилиндров являются в дальнейшем причиной образования раковин, интенсификации износа с последующим дорогостоящим ремонтом двигателя. Так при проведении ремонтных работ в АО ПЗ «Пригородный» Тамбовского района, после разборки двигателя внутреннего сгорания зафиксирован характерный налет на стенках гильз цилиндров, рисунок 1 а, б.

а) следы коррозии на стенках гильз цилиндров

б) образующиеся в процессе эксплуатации раковины на зеркале цилиндра, как следствие работы двигателя со следами первоначальной коррозии

Рисунок 1 – Внешний вид новообразований и последствия отказа от проведения операции защиты техники от коррозии

Известно, что для консервации и защиты сельскохозяйственной техники от коррозии широко применяется отработанное моторное масло. Причём, по данным ФГБНУ ВНИИТиН, чем больше степень загрязнения моторных масел смолами, тем больший эффект проявляет масло и составы на его основе [6-10].

Данный подход к использованию отработанных масел в качестве компонента рабоче-консервационного, консервационного масел пока не нашел применения для трущихся деталей в силу высокой степени загрязненности. При этом отработавшее уборочный период моторное масло содержит значительное количество присадок, в том числе и антиокислительных, антикоррозионных.

Методика проведения исследований. Оценке защитных свойств масел подвергалось отработанное моторное масло (ММО), глубокоочищенное отработанное моторное масло ММОО, консервационное масло К-17, отработанное глубокоочищенное моторное масло с добавками полимеризованного рапсового масла (ОМ) и пушечной смазки (ПС).

Электрохимические исследования позволяют дать предварительную оценку защитных свойств масляных композиций. Исследования проводили на потенциостате AUTOLAB в потенцио-динамическом режиме со скоростью развертки потенциала 0,4 мВ/с с электрохимической ячейкой из стекла «Пирекс» с разделенным шлифом анодным и катодным пространствами. Использовали в качестве рабочего электрода углеродистую сталь Ст3,

армированную в оправку из эпоксидной смолы ЭД-5 с отвердителем полиэтиленполиамином, электрода сравнения – насыщенный водный хлорид-серебряный, вспомогательного – гладкую платину. Для формирования масляные покрытия на электродах выдерживались в течение суток. Потенциалы пересчитаны по н.в.ш. (нормальной водородной шкале).

Противоизносные свойства масел определялись в сравнительном режиме. Исследования проводили на отработанном загрязнённом моторном масле М-10ДМ, слитом из картера двигателя комбайна «Полесье», после его очистки от загрязнений, очищенном моторном масле с добавками ПВК и полимеризованного рапсового масла, товарном консервационном масле К-17. Оценку проводили по диаметру пятна износа на четырёхшариковой машине трения КТ-2 и машине трения СМЦ-2.

Результаты и их обсуждение. ФГБНУ ВНИИТиН проведены исследования по определению рационального состава масла для консервации ДВС на основе очищенных моторных масел М–10Г$_2$ и М–10ДМ. В качестве компонентов, повышающих защитные, противокоррозионные, антиокислительные свойства, рассмотрены рапсовое масло, пушечная смазка.

При проведении исследований за эталон принято рабоче-консервационное масло К–17. Исследования проводились в лабораторных условиях на моторных маслах, слитых из картеров двигателей комбайнов «Полесье» после наработки 150…200 часов и очищенных по разработанному способу [11].

Рапсовое масло подвергалось предварительной полимеризации. Для этих целей в ёмкость заправлялось рапсовое масло 1 литр, и проводился его нагрев. Время процесса полимеризации составляло 24 часа. При этом контролировалось изменение вязкости и кислотного числа масла (рисунок 2). Установлено, что вязкость изменялась в зависимости от выдержки при температуре 110…120ºС. По достижении значения 20 мм^2/с процесс увеличения вязкости замедлялся. Из анализа (линия 1) можно сделать вывод, что время полимеризации (нагрева) целесообразно ограничить 20 часами.

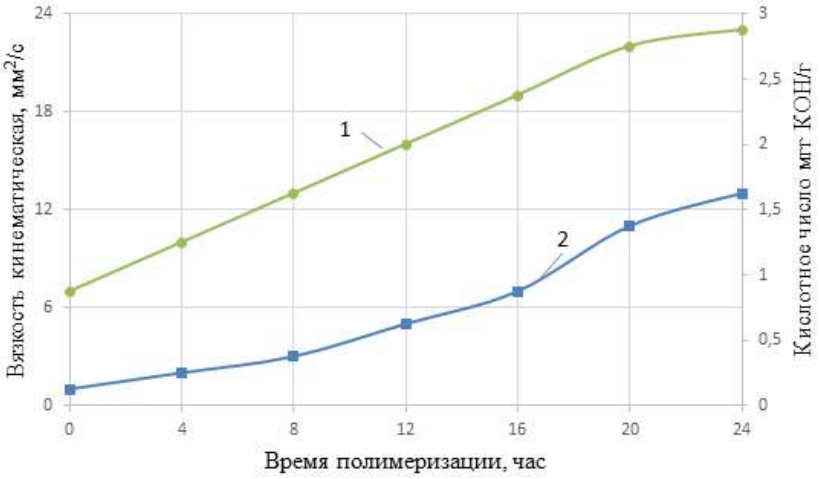

Рисунок 2 – Зависимость изменения вязкости (1) и кислотного числа (2) рапсового масла от времени нагрева (полимеризации)

При проведении операции нагрева в рапсовом масле наблюдался рост кислотного числа масла с 0,3 мг КОН/г до 1,5 мг КОН/ (линия 2). С учётом того, что полимеризованное рапсовое масло должно прежде всего участвовать в формировании масляной плёнки, её толщины при незначительной концентрации добавки в масляную основу (очищенное моторное масло) кислотное число может незначительно влиять на снижение окислительных свойств консервационного масла.

Полученное полимеризованное рапсовое масло вносилось при температуре 80ºС в очищенные образцы моторных масел в концентрации 3, 6, 9, 12 %, при этом контролировалось изменение вязкости базового масло и его кислотного числа. Установлено (рисунок 3), что внесение полимеризованного рапсового масла в моторные масла позволяет увеличить их вязкость с 12 мм^2/с до 15–16 мм^2/с и с 16 мм^2/с до 19 мм^2/с соответственно. При этом наблюдался незначительный рост кислотного числа.

В первом приближении можно утверждать, что внесение полимеризованного рапсового масла способствует увеличению толщины масляной пленки при не значительном росте кислотного числа.

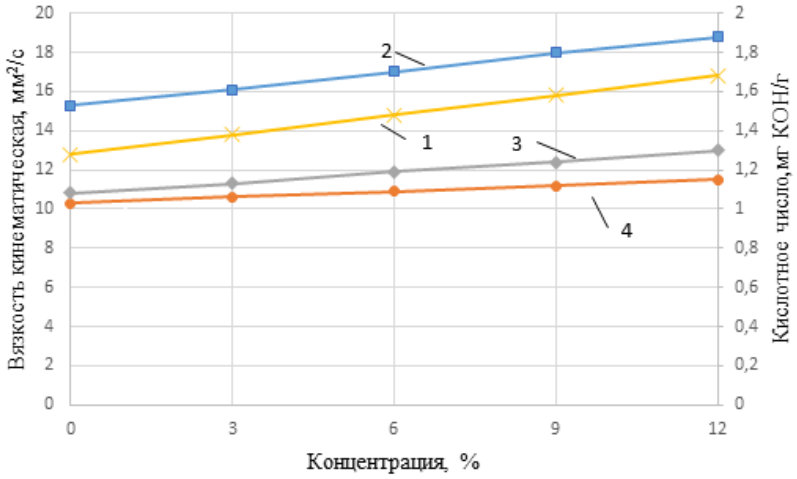

Рисунок 3 – Зависимость изменения вязкости и кислотного числа масла М–10Г$_2$ и М–10ДМ от концентрации добавки полимеризованного рапсового масла: 1–масло М–10Г$_2$ (вязкость); 2–масло М–10ДМ (вязкость); 3–масло М–10ДМ (кислотное число); 4–масло М–10Г$_2$ (кислотное число)

Толщину формируемой масляной пленки на металлической поверхности оценивают гравиметрическим методом. Данный метод является приближенным и не дает полной характеристики смазывающих свойств масел.

На следующем этапе в качестве доступного элемента, входящего в состав консервационного масла, рассматривалась пушечная смазка.

Пушечная смазка (ПВК) ГОСТ 19537-83 представляет собой нефтяное масло, загущённое петролатумом и церезином, содержащее антикоррозионную присадку. Пушечная смазка имеет температуру каплепадения 60 ºС, смазка обладает одним из самых высоких пределов прочности. Известно большое количество смазочных композиций для защиты техники от коррозии, в состав которых в качестве ингибитора коррозии входит пушечная смазка.

Пушечная смазка представляет собой пластичную консистенцию и не может смешиваться с маслами без определенных воздействий. Для смешивания ПВК отбиралась проба очищенного моторного масла в объёме 3 литра. Масло нагревалось до 80 ºС, и в него добавлялась пушечная смазка массой 300 граммов. Далее смесь перемешивалась, при этом температура смеси повышалась до 100 ºС.

Перемешивание проводилось в течение 20 минут до полного равномерного растворения смазки в масле. Равномерность растворения смазки в масле оценивалась под микроскопом. Полным растворением считалось отсутствие в масле видимых конгломератов.

Полученная таким образом смесь вносилась в очищенное масло с полимеризованным рапсовым маслом в концентрации 3%, 6%, 9% при температуре нагрева масла 80 ºС. На рисунке 4 представлена зависимость изменения вязкости масла М–10ДМ с добавкой полимеризованного рапсового масла, обогащенных концентратом пушечной смазки в масле в соотношении 3%, 6%, 9% масс.

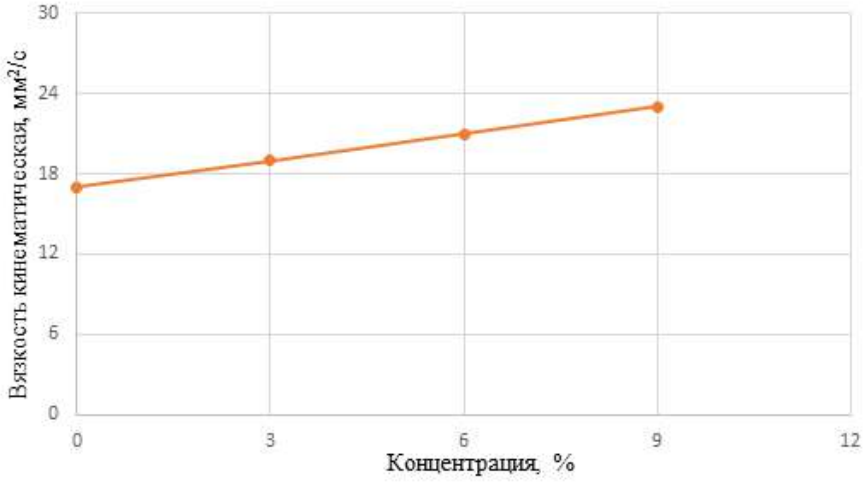

Рисунок 4 – Зависимость изменения вязкости масла М–10ДМ с добавкой полимеризованного рапсового масс масла (6%) от концентрации внесения раствора пушечной смазки в масле

Вязкость состава масла на основе очищенного масла М–10ДМ более 20 мм/с^2, что может положительно влиять на формирование защитной пленки на поверхности металла. При проведении исследований рассматривался процесс осадкообразования в подготовленном составе рабоче-консервационного масла на основе очищенного моторного масла с добавками. Подготовленные составы масел выдерживались в течение 72 часов при комнатной температуре.

Через каждые 24 часа из ёмкости сливалось масло. Образующийся осадок, его консистенция определялась визуально, а толщина слоя замерялась с помощью щупа с делениями. Установлено, что и в масле М–10Г$_2$ с добавками полимеризованного рапсового масла и концентрата масляной добавки на основе пушечной смазки и в масле М–10ДМ с теми же добавками (6% масс каждой) величина слоя осадка составляла после приготовления и первых 24 часов отстаивания не более 1 мм. Далее осадок практически не изменялся (рисунок 5).

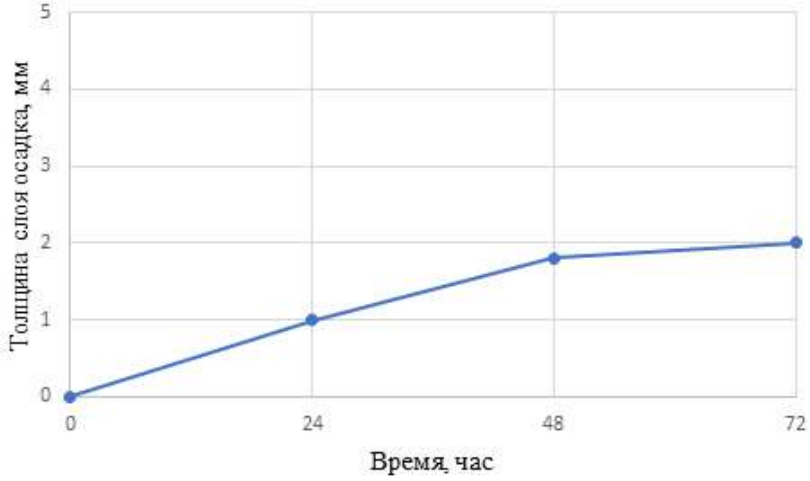

Рисунок 5 – Толщина слоя осадка составов рабоче-консервационных масел от времени отстаивания

С учетом того, что перемешивание проводилось без использования специальных технических средств, полученные характеристики можно считать удовлетворительными.

На рисунке 6 показаны поляризационные кривые в 0,5 М растворе NaCl

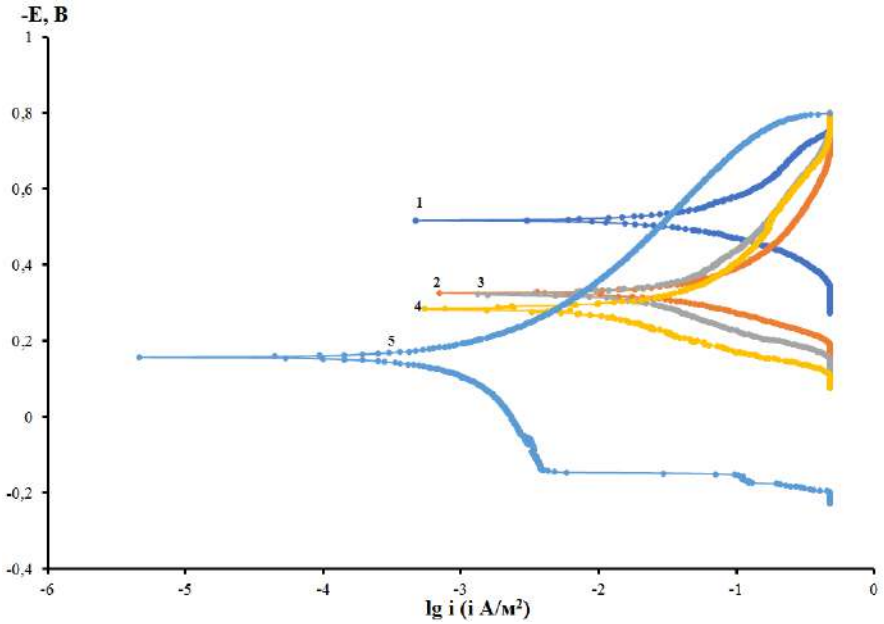

Рисунок 6 – Поляризационные кривые на стали Ст3 : 1 – Без покрытия, 2 – К-17, 3 – Отработанное ММ, 4 – М-10ДМ, 5 – 6% РМ + 6% ПС в ММОО

Стационарный потенциал коррозии ($E_{кор}$) стали Ст3 составляет –0,515 В, плотность тока коррозии в фоновом растворе ($i_{кор}$) - 11·А/м^2. Все исследуемые композиции смещают потенциал коррозии электрода в положительную сторону (рисунок 6, таблица 1), затрудняя коррозионные процессы. Наиболее сильный сдвиг потенциала на 0,361 В наблюдается для разработанной композиции 6% РМ + 6% ПС в ММОО. Свежее товарное масло М-10ДМ в большей степени сдвигает потенциал в положительную сторону, чем загрязнённое. Последнее облагораживает потенциал коррозии до той же величины, что и консервационное масло К-17.

Наклоны тафелевских участков, имеющихся на анодных поляризационных кривых, отвечающих ионизации железа с масляными покрытиями, близки к наклону тафелевского участка на поляризационной кривой без покрытия для всех масляных композиций. Это свидетельствует о том, что механизм электрохимической коррозии не меняется при нанесении на сталь любой из исследуемых масляных композиций.

Таблица 1 – Результаты электрохимических измерений исследуемых масляных композиций

Состав	$-E_{кор}$, В	$i_{кор}$, А/м^2	b_a, В	b_k, В	Z, %
Без покрытия	0,515	0,0288	0,080	0,111	-
К-17	0,327	0,0152	0,066	0,058	47
Отработанное М-10ДМ	0,327	0,0112	0,076	0,069	61
М-10ДМ	0,263	0,0139	0,098	0,147	52
6% РМ + 6% ПС в ММОО	0,154	0,000457	0,116	0,097	98,4

Наибольшими токами коррозии и, соответственно, наименьшей защитной эффективностью характеризуется консервационное масло К-17. Отработанное М-10ДМ характеризуется меньшими токами коррозии и, соответственно, обладает большим защитным эффектом по сравнению с товарным маслом, вероятно за счет ингибирующих свойств продуктов загрязнения.

Наилучшие результаты по защитному эффекту получены для композиции 6% РМ + 6% ПС в ММОО. Представляет научный и практический интерес результаты исследований и наблюдений за изменением поверхности пластин под действием раствора NaCl с выдержкой в течение 6 суток.

Для рассмотрения процессов коррозионного разрушения поверхностей пластин из стали Ст3 их обрабатывали отработанным маслом, слитым из картера двигателя комбайна «Полесье»,

отработанным маслом после очистки с добавлением 6 % ПВК, товарным маслом М-10ДМ, товарным маслом К-17 (рисунок 7).

Анализируя полученные результаты следует отметить, что пластина без обработки имеет максимальную площадь поражения продуктами коррозии. Пластины, обработанные отработавшим 200 часов моторным маслом М-10ДМ, товарным маслом М-10ДМ, товарным маслом К-17 имели значительную площадь поражения.

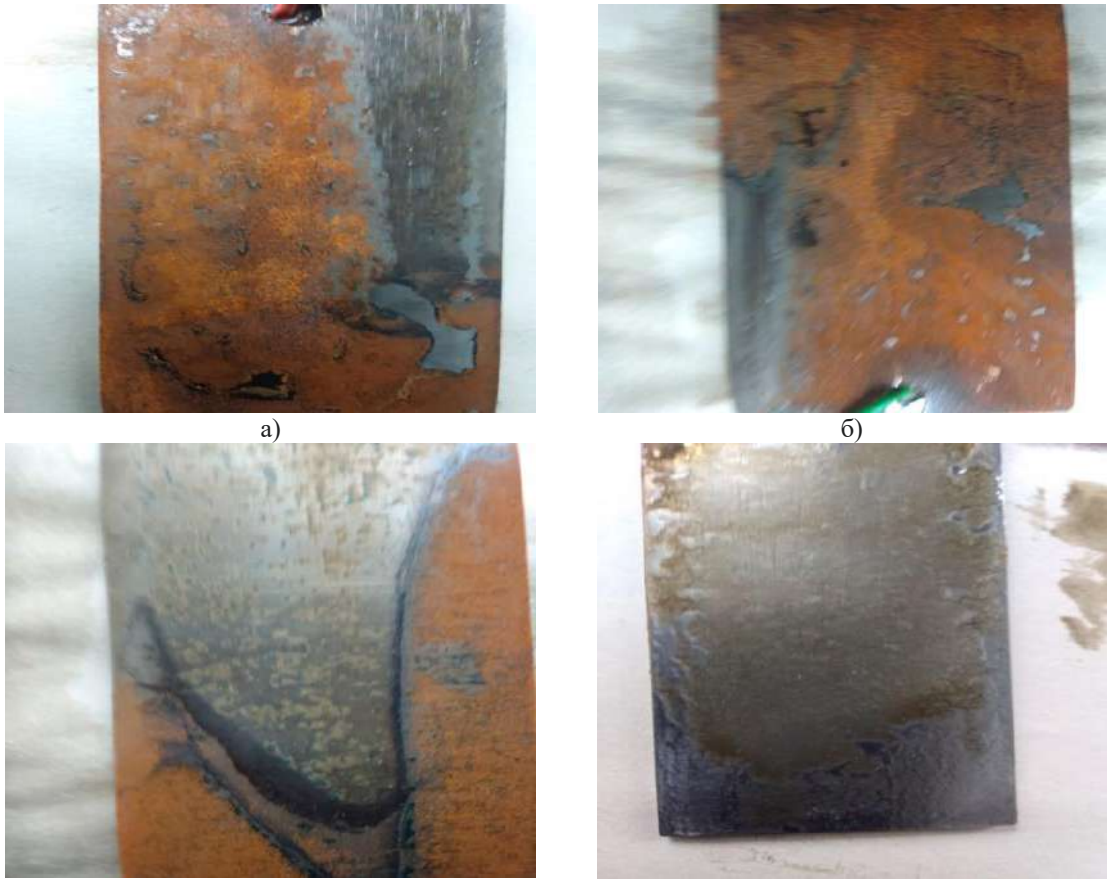

Рисунок 7 – Характер (внешний вид) процесса коррозии на металлических пластинах в зависимости от вида используемого масла: а) пластина, обработанная отработанным маслом М-10ДМ; б) пластина, обработанная товарным маслом М-10ДМ; в) пластина, обработанная товарным маслом К-17; г) пластина, обработанная очищенным отработанным моторным маслом М-10ДМ с добавками полимеризованного рапсового масла и смазки ПВК

Пластина, обработанная разработанным составом рабоче – консервационного масла на базе очищенного работавшего масла с добавками, имела минимальную область поражения.

Установлено, что отработавшее уборочный сезон моторное масло М-10ДМ имеет низкое значение противоизносных свойств. Данное значение в большей степени объясняется присутствием в масле механических примесей. Тем не менее данное масло не рекомендуется к дальнейшему использованию и подлежит замене. Вышеуказанное масло в соответствии с разработанным ФГБНУ ВНИИтИН способом подвергалось очистке от механических примесей и продуктов старения. Определено, что в очищаемом моторном масле после удаления загрязнений снизилось значение пятна износа с 0,35 до 0,27.

Данный показатель (0,27 мм) соответствует некоторым видам товарных моторных масел М-10Г$_2$ (0,22 – 0,28 мм). Если значение 0,22 – 0,27 мм в большей степени зависит от содержания и свойств противоизносных и вязкостных присадок, присутствующих в товарных маслах, то в отработанном очищенном масле диаметр пятна износа 0,27 мм является следствием действия реагентов, используемых для очистки масла.

Очищенное работавшее в двигателе моторное масло М-10ДМ после обогащения добавками полимеризованного рапсового масла и смазки ПВК имело размер диаметра пятна износа 0,21 – 0,22 мм, что ниже, чем у очищенного масла без добавок (0,27 мм) и наилучший результат в сравнении с товарными моторными маслами. Данный факт имел важное значение, так как не исключается работа двигателя определённое время (в период запуска, прогрева и т.д.) на разрабатываемом составе консервационного масла.

Значение диаметра пятна износа у товарного масла К-17 составило 0,27 мм, то есть аналогично очищенному моторному маслу М-10ДМ.

Испытаниями на четырехшариковой машине трения КТ-2 не всегда удаётся смоделировать условия работы реальных машин. Более информативными являются испытания на роликовых машинах, где возможно оценить больше параметров при работе пар трения на различных режимах. Исследования проводились в Саратовском ГАУ. Рассматривалось несколько проб масел, представленных обезличено под номерами 1,2,3,4,5.

Для определения влияния представленных образцов масла на его трибологические свойства при испытании пары трения «гильза - поршневое кольцо» в лабораторных условиях использовали машину трения СМЦ-2 в условиях «трения-скольжения» по схеме «ролик – колодка». Образцы пар трения были изготовлены из конструкционных материалов, применяемых в ДВС. Для воспроизводства пары трения «гильза - поршневое кольцо» колодки и ролики изготовляли из серого чугуна СЧ-25 одной плавки. Твёрдость образцов 190…220 НВ. Шероховатость рабочей поверхности Ra ролика и колодки соответственно 0,32 и 0,64 мкм.

Испытания проводили в течение 3 ч. Нагрузка на пару трения создавали с помощью специального нагрузочного устройства, имеющегося на машине трения. Пуск машины осуществляли при нагрузке на образцы 90 Н, после чего нагрузку увеличивали, достигая максимальной величины 1,2 кН. Начальная температура 19 – 20 ^{0}С.

В процессе испытаний фиксировали следующие параметры: момент трения и температуру рабочей поверхности ролика. Изменение момента трения во время испытаний позволяет оценить антифрикционные свойства смазочной среды. Непрерывное измерение момента трения на машине трения проводилось с помощью потенциометра, входящего в конструкцию машины трения. Износ определяли взвешиванием образцов до и после опыта на аналитических весах HR-250AZG с точностью до 0,1 мг. Температуру трущейся поверхности ролика измеряли с помощью цифрового пирометра Mastech MS6530.

Результаты испытания представлены в таблице 2

Таблица 2 - Изменение силы момента трения и температуры поверхности трения ролика

№	Время, мин	**1 – образец**		**2 – образец**		**3 – образец**		**4 – образец**		**5 – образец**	
		Температура, ^{0}С	Сила момента трения, нм	Температура, ^{0}С	Сила момента трения, нм	Температура, ^{0}С	Сила момента трения, нм	Температура, ^{0}С	Сила момента трения, нм	Температура, ^{0}С	Сила момента трения, нм
6	30	125	3,8	128	4,0	73	2,4	80	2,8	140	4,3
13	360	69	2,2	125	3,8	50	1,2	60	1,5	163	5,2

Максимальный момент трения отмечен в образцах № 1 и № 2. В данном случае это отработавшие масла из двигателей комбайнов «Полесье», находящихся под наблюдением. В зависимости от продолжительности работы узла трения увеличивалась и температура. В образцах № 1 и № 2 через 30 минут температура увеличилась до 125 и 128 °С. После 2 часов испытаний наблюдается снижение температуры (рисунок 8)

Максимальная сила момента трения отмечена у образца масла, очищенного по разработанному способу.

Образец № 4 (новый разработанный состав масла) показал высокие трибологические характеристики. При этом товарное масло К-17 (образец № 5) имело противоизносные характеристики даже ниже, чем у работавших моторных масел (рисунок 9).

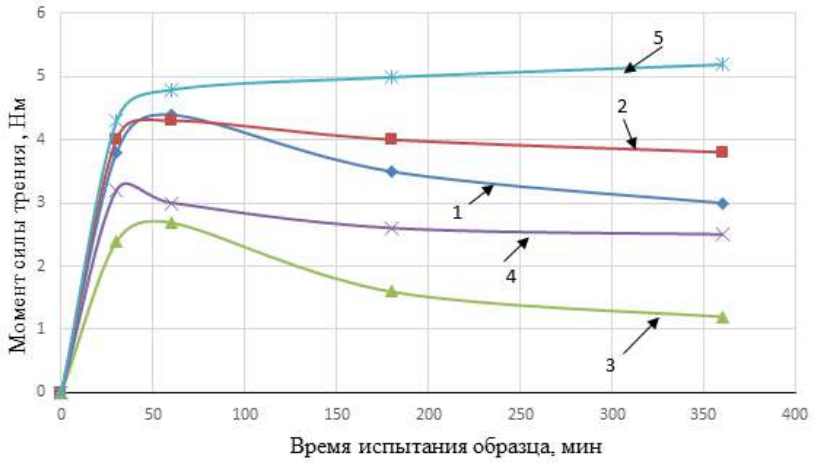

Рисунок 8 – Изменение момента силы трения от времени для различных моторных масел: 1 – отработанное масло, комбайн № 14 «Полесье»;
2 - отработанное масло, комбайн № «Полесье»; 3 – масло очищенное (гидроксид аммония + карбамид), комбайн № 14 «Полесье»; 4 - масло очищенное (гидроксид аммония + карбамид + добавки), комбайн № 14 «Полесье»; 5 - Консервационное масло К-17

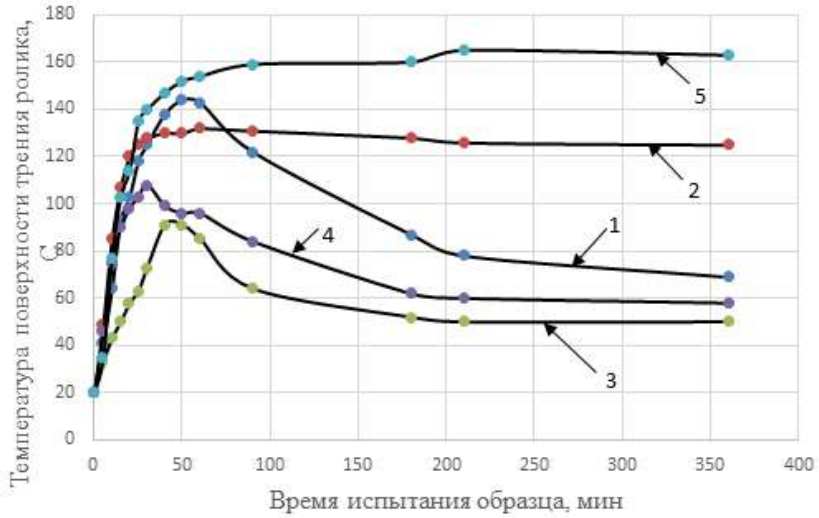

Рисунок 9 – Изменение температуры поверхности ролика от времени испытания моторного масла

В результате оценки изменения суммарного износа колодки, ролика на различных составах масла установлено, что максимальный износ наблюдался в узлах трения, работавших на масле М - 10ДМ, проработавших в двигателе комбайна 200 часов, рисунок 10, образцы № 1 и № 2.

Минимальный износ отмечен у очищенного моторного масла и разработанного состава, соответственно образцы № 3 и № 4. Недостаточно высокими противоизносными свойствами обладает и товарное масло К-17.

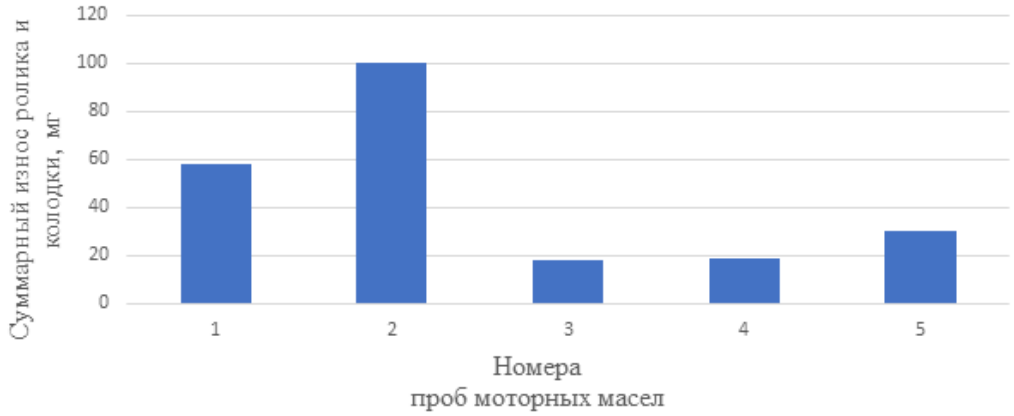

Рисунок 10 – Изменение суммарного весового износа ролика и колодки от различных проб масел

Заключение. В результате проведённых исследований установлено, что моторное масло, отработавшее 200 и более часов в двигателе зерноуборочного комбайна, не рационально использовать в качестве консервационного материала при постановке техники на межсезонное хранение. Очищенное отработавшее моторное масло может рассматриваться в качестве базового масла для получения смазочных материалов, используемых для консервации двигателя с возможностью его кратковременной работы при снятии техники с хранения.

Добавка в очищенное моторное масло полимеризованного рапсового масла и пушечной смазки ПВС повышает смазывающие и защитные свойства состава консервационного масла до уровня товарных смазок, рекомендованных для консервации двигателей в период межсезонного хранения.

Список источников

1. Остриков В.В., Вязинкин В.С., Кошелев А.В., Забродская А.В. Изменение характеристик моторных масел в двигателях зерноуборочных комбайнов // Наука в центральной России. 2022. № 3 (57). С. 70-75. DOI: 10.35887/2305-2538-2022-3-70-75

2. Терентьев В.В., Андреев К.П., Аникин Н.В., Шемякин А.В., Шпак А.А., Терентьев А.С. Предупреждение разрушения сельскохозяйственной техники при хранении // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2021. № 168. С. 1-15. DOI: 10.21515/1990-4665-168-001

3. Мелькумова Т.В. Повышение эффективности мероприятий по подготовке сельскохозяйственной техники к хранению / В сборнике: Юность и Знания - Гарантия Успеха - 2017. Сборник научных трудов 4-й Международной молодежной научной конференции. В 2-х томах. Ответственный редактор А.А. Горохов. 2017. С. 195-198.

4. Гайдар С.М., Пыдрин А.В., Карелина М.Ю. Технология консервации автотракторных дизелей рабоче-консервационным составом // Техника и оборудование для села. 2014. № 12. С. 18-23.

5. Бышов Н.В., Борычев С.Н., Успенский И.А., Фадеев И.В. Разработка нового средства для защиты сельскохозяйственных машин при хранении // Техника и оборудование для села. 2019. № 6 (264). С. 38-42. DOI: 10.33267/2072-9642-2019-6-38-42

6. Остриков В.В., Нагдаев В.К., Вигдорович М.В., Афоничев Д.Н., Забродская А.В., Жерновников Д.Н. Проблемы защиты двигателей зерноуборочных комбайнов от износа и коррозии // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2022. Т. 15. № 2 (73). С. 18-27. DOI: 10.53914/issn2071-2243_2022_2_18

7. Остриков В.В., Вязинкин В.С., Кошелев А.В., Забродская А.В. Изменение характеристик моторных масел в двигателях зерноуборочных комбайнов // Наука в центральной России. 2022. № 3 (57). С. 70-75. DOI: 10.35887/2305-2538-2022-3-70-75

8. Wanjun He, Qunfeng Zeng, Lei Cheng, Jianing Zhu, Zhao Wang, Jian Zhuang, Xunkai Wei Droplet size dependent localized corrosion evolution of M50 bearing steel in salt water contaminated lubricant oil // Corrosion Science, 30 August 2022, Volume 208 (Cover date: November 2022), Article 110620

9. M. Diaby, P. Singhal, M. Ousmane, M. Sablier, A. Le Négrate, M. El Fassi, V. Zymla Impact factors for the degradation of engine oil causing carbonaceous deposits in the piston's grooves of Diesel engines // FuelMay 2013, Volume 107, Pages 90-101

10. Стебаков В.А. Постановка на хранение зерноуборочной техники / В сборнике: Интеллектуальные системы в аграрном и строительном комплексе. сборник материалов Международной научно-практической конференци. Орел, 2022. С. 194-197.

11. Патент РФ № 2773468 МПК C10M 175/02 Способ очистки отработанных моторных минеральных масел / Остриков Валерий Васильевич, Вигдорович Михаил Владимирович, Вязинкин Виктор Сергеевич, Забродская Алла Владимировна, Нагдаев Владимир Константинович, Кошелев Александр Викторович, Жерновников Дмитрий Николаевич / 2773468 C1, 06.06.2022. Заявка № 2021123711 от 06.08.2021.

References

1. Ostrikov V.V., Vyazinkin V.S., Koshelev A.V., Zabrodskaya A.V. Changes in the characteristics of motor oils in the engines of combine harvesters // Science in Central Russia. 2022. No. 3 (57). pp. 70-75. DOI: 10.35887/2305-2538-2022-3-70-75

2. Terentiev V.V., Andreev K.P., Anikin N.V., Shemyakin A.V., Shpak A.A., Terentiev A.S. Prevention of destruction of agricultural machinery during storage // Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University. 2021. No. 168. P. 1-15. DOI: 10.21515/1990-4665-168-001

3. Melkumova T.V. Improving the efficiency of measures to prepare agricultural machinery for storage // In the collection: Youth and Knowledge - Guarantee of Success - 2017. Collection of scientific papers of the 4th International Youth Scientific Conference. In 2 volumes. Managing editor A.A. Gorokhov. 2017. S. 195-198.

4. Gaidar S.M., Pydrin A.V., Karelina M.Yu. Technology of conservation of autotractor diesel engines with a working-preservation composition // Machinery and equipment for the village. 2014. No. 12. S. 18-23.

5. Byshov N.V., Borychev S.N., Uspensky I.A., Fadeev I.V. Development of a new tool for the protection of agricultural machines during storage // Machinery and equipment for the village. 2019. No. 6 (264). pp. 38-42. DOI: 10.33267/2072-9642-2019-6-38-42

6. Ostrikov V.V., Nagdaev V.K., Vigdorovich M.V., Afonichev D.N., Zabrodskaya A.V., Zhernovnikov D.N. Problems of protection of engines of grain harvesters from wear and corrosion //

Bulletin of the Voronezh State Agrarian University. 2022. V. 15. No. 2 (73). pp. 18-27. DOI: 10.53914/issn2071-2243_2022_2_18

7. Ostrikov V.V., Vyazinkin V.S., Koshelev A.V., Zabrodskaya A.V. Changes in the characteristics of motor oils in the engines of combine harvesters // Science in Central Russia. 2022. No. 3 (57). pp. 70-75. DOI: 10.35887/2305-2538-2022-3-70-75

8. Wanjun He, Qunfeng Zeng, Lei Cheng, Jianing Zhu, Zhao Wang, Jian Zhuang, Xunkai Wei // Droplet size dependent localized corrosion evolution of M50 bearing steel in salt water contaminated lubricant oil // Corrosion Science, 30 August 2022, Volume 208 (Cover date: November 2022), Article 110620

9. M. Diaby, P. Singhal, M. Ousmane, M. Sablier, A. Le Négrate, M. El Fassi, V. Zymla // Impact factors for the degradation of engine oil causing carbonaceous deposits in the piston's grooves of Diesel engines // FuelMay 2013, Volume 107, Pages 90-101

10. Stebakov V.A. Putting grain harvesting equipment into storage / In the collection: Intelligent systems in the agricultural and construction complex. collection of materials of the International scientific-practical conference. Eagle, 2022. S. 194-197.

11. Method for cleaning used motor mineral oils / Ostrikov Valery Vasilievich, Vigdorovich Mikhail Vladimirovich, Vyazinkin Viktor Sergeevich, Zabrodskaya Alla Vladimirovna, Nagdaev Vladimir Konstantinovich, Koshelev Alexander Viktorovich, Zhernovnikov Dmitry Nikolaevich Patent for invention 2773468 C1, 06.06.2022. Application No. 2021123711 dated 08/06/2021.

Информация об авторах

В.В. Остриков – доктор технических наук, профессор; Д.Н. Жерновников – младший научный сотрудник; А.В. Забродская – научный сотрудник; В.С. Вязинкин – научный сотрудник; В.В. Сафонов – доктор технических наук, профессор.

Information about the authors

V. Ostrikov - Doctor of Technical Sciences, Professor; D. Zhernovnikov - junior researcher; A. Zabrodskaya - researcher; V. Vyazinkin - researcher; V. Safonov - Doctor of Technical Sciences, Professor.

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