исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», Россия, г. Тамбов, e-mail: viktrikt@mail.ru.

Author credentials

Affiliations

Petrashev Alexandr – Full Doctor of Technical Sciences, Chief Researcher of Federal State Budgetary Scientific Institution «All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture», Russia, Tambov, e-mail: vitin-10.pet@mail.ru

Klepikov Viktor – Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher of Federal State Budgetary Scientific Institution «All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture», Russia, Tambov, e-mail: viktrikt@mail.ru.

Поступила в редакцию (Received): 07.04.2021 Принята к публикации (Accepted): 31.05.2021

УДК 621.899:620.197

DOI: 10.35887/2305-2538-2021-3-107-112

ЗАЩИТА ДЕТАЛЕЙ ДВИГАТЕЛЕЙ ОТ КОРРОЗИИ В ПРОЦЕССЕ ХРАНЕНИЯ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ

¹Жерновников Дмитрий Николаевич

¹Ерохин Геннадий Николаевич

¹Князева Лариса Геннадиевна

^{1,2}Остриков Валерий Васильевич

¹Забродская Алла Владимировна

¹ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт

использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве»

²ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет»

Реферат. Известно, что, после завершения полевых работ, зерноуборочные комбайны отправляют на длительное хранение на открытых или закрытых площадках. Одним из важных узлов, но наименее защищённых от действия коррозии является двигатель внутреннего сгорания. После завершения работ моторное масло из картера не сливается и не проводятся работы по защите основных его деталей от коррозионного воздействия, что влияет на срок службы техники и затраты на её эксплуатацию и ремонт. ФГБНУ ВНИИТнН разрабатывает ресурсосберегающую технологию постановки данного вида техники на хранение, рассматривая возможность очистки моторного масла непосредственно во время работы двигателя и системы смазки под действием моноэтаноламина и изопропанола. Установлено, что внесение в картер двигателя комбайна смеси 2% моноэтаноламина и 2% изопропанола при температуре масла 70°C с последующими запуском и работой на холостом ходу позволяет удалить из масла все виды загрязнений, в том числе отложения из поддона картера и масляных каналов. Определено, что последующее добавление в очищенное в двигателе масло 6%-9 % ингибитора коррозии Cortec VpCl-369 позволяет увеличить вязкость масла, обеспечивая тем самым защитную плёнку на деталях двигателя. Экспериментальными исследованиями состава, нанесённого на стальные пластины с последующей обработкой в 3% растворе NaCl, показали на увеличение защитной эффективности очищенного масла, обогащённого ингибитором Cortec VpCl-369. По результатам предварительных исследований можно утверждать, что данный подход позволит увеличить срок службы дорогостоящей зерноуборочной техники и снизить затраты на её ремонт. Одновременно с решением задач защиты техники от коррозии, повышения надёжности работы ДВС решаются вопросы экономии средств на приобретение дорогостоящих консервационных материалов, снижения загрязнённости окружающей среды отработанными маслами. После осуществляется операция слива масла и замены его на моторное, а рабоче-консервационное масло может использоваться повторно.

Ключевые слова: зерноуборочный комбайн, коррозия, защита при хранении, ингибитор коррозии, двигатель внутреннего сгорания.

PROTECTING ENGINES AGAINST CORROSION
DURING STORAGE OF GRAIN HARVESTERS¹Zhernovnikov Dmitry¹Erokhin Gennady¹Knyazeva Larisa^{1,2}Ostrikov Valery¹Zabrodsкая Alla¹FSBSI "All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture"²FSBEI HE "Michurinsk State Agrarian University"

Abstract. It is known that, after the completion of field work, combine harvesters are sent for long-term storage in open or closed areas. One of the important components, but the least protected from corrosion, is the internal combustion engine. Engine oil is not drained from the crankcase after the completion of work and work to protect its main parts from corrosive effects is not carried out, which affects the service life of the equipment and the costs of its operation and repair. FGBNU VNIITiN is developing a resource-saving technology for storing this type of equipment, considering the possibility of cleaning engine oil directly during the operation of the engine and the lubrication system under the action of monoethanolamine and isopropanol. It was found that the introduction of a mixture of 2% monoethanolamine and 2% isopropanol into the crankcase of the combine engine at an oil temperature of 70 °C, followed by starting and idling, removes all types of contaminants from the oil, including deposits from the oil pan and oil channels. It has been determined that the subsequent addition of 6% -9% corrosion inhibitor Cortec VpCl-369 to the oil refined in the engine increases the viscosity of the oil, thereby providing a protective film on the engine parts. Experimental studies of the composition applied to steel plates followed by treatment in a 3% NaCl solution have shown an increase in the protective effectiveness of the purified oil enriched with the Cortec VpCl-369 inhibitor. According to the results of preliminary studies, it can be argued that this approach will increase the service life of expensive grain harvesting equipment and reduce the cost of repairing it. Simultaneously with the solution of the problems of increasing the reliability of the internal combustion engine, the problems of saving funds for the purchase of expensive preservation materials, reducing the pollution of the environment with used oils are being solved. After that, the operation of draining the conservation oil and replacing it with engine oil is carried out. Working and conservation oil can be reused.

Keywords: combine harvester, corrosion, storage protection, corrosion inhibitor, internal combustion engine.

Введение. Трактора и автомобили в сельскохозяйственном производстве работают практически круглогодично. При этом, основной период занятости приходится на весенне-осенний период эксплуатации техники.

Зерноуборочные комбайны эксплуатируются с июля по октябрь месяц. Остальное время находятся на открытых или закрытых площадках в нерабочем состоянии. И если открытые детали, резинотехнические изделия, цепи и т.д. обрабатываются различного рода консервантами, то двигатели внутреннего сгорания чаще всего не подвергаются защитным действиям, предохраняющим от коррозии [1]. Между тем, в инструкциях по эксплуатации и организационно-технологических картах по техническому обслуживанию предусматривается ряд мероприятий по замене моторных масел на консервационные или другие жидкости.

Консервационные, консервационно-рабочие, рабочие-консервационные масла относятся к средствам временной противокоррозионной защиты. Они представляют собой композиции минеральных или синтетических масел со значительным содержанием маслорастворимых ингибиторов коррозии. Консервационные масла используют только в период хранения техники и сливают перед началом ее работы [2]. Консервационно-рабочие допускаются однократно использовать при введении техники в эксплуатацию [2]. Рабочие-консервационными маслами защищают металлоизделия от коррозии как при хранении, так и при периодической эксплуатации, но они обладают более низкой защитной эффективностью [2,3].

Все вышеперечисленные консервационные смазочные материалы ограниченно доступны для сельского товаропроизводителя в силу высокой цены приобретения, однократности

использования. Также они не всегда имеют высокую защитную эффективность. По данным ФГБНУ ВНИИТиН более 80 процентов хозяйств используют традиционную схему постановки и снятия зерноуборочных комбайнов с хранения [1, 4]. После завершения полевых работ комбайн отправляется на место стоянки, моторное масло из картера двигателя не сливается, а его замена если и производится, то перед началом нового уборочного сезона. В других случаях, после завершения эксплуатации, масло из картера двигателя сливается и заправляется свежее моторное масло [1].

Уровень функциональных свойств современных моторных масел соответствует требованиям эксплуатации машин и механизмов. Их использование способствует уменьшению отдельных видов изнашивания. Так, например, для защиты двигателей внутреннего сгорания при хранении достаточно противокоррозионных свойств неингибированного моторного масла М-10 ДМ с 5-8% моющих присадок [5].

При этом остаётся малоизученным вопрос процессов, происходящих в моторном масле за период наработки 150-250 мото-часов в двигателях зерноуборочных комбайнов. Независимо от «исключительных» свойств масла в нём накапливаются продукты окисления, смолы, образуются отложения в масляных каналах и на деталях цилиндно-поршневой группы [5].

Для оценки загрязнённости моторных масел, работающих в двигателях зерноуборочных комбайнов, проведён физико-химический анализ изменения вязкости, содержания загрязнений и щелочного числа масла М-10ДМ через каждые 50 часов наработки. На рисунке 1 представлены зависимости изменения свойств моторного масла от наработки в зерноуборочных комбайнах Дон-1500.

Рисунок 1 – Зависимость изменения свойств моторного масла М-10ДМ в двигателях зерноуборочных комбайнов от наработки (средние значения): 3 – загрязненность (содержание нерастворимого осадка); Щ – щелочное число; В – вязкость кинематическая.

Анализируя фактические данные установлено, что уже к 150 часам наработки комбайном масло в двигателе имело показатели, близкие к браковочным значениям по щелочному числу и содержанию загрязнений (нерастворимого осадка).

После завершения работ масло оставалось в картере двигателя с сентября по март месяц. Это приводит к образованию осадков на дне картера толщиной 1...2 мм. В весенний период при проведении операции подготовки комбайнов к работе масло сливалось из картера и проводилась заправка свежего масла с последующим запуском двигателя. В данных случаях при запуске двигателя происходит смыв и смешивание осадков и загрязнений со свежим маслом, что заведомо приводит к снижению сроков службы масла.

Определить коррозионное воздействие на детали цилиндно-поршневой группы в результате простоя зерноуборочного комбайна без разборки двигателя на основании анализа свойств масла очень сложно.

Многолетние исследования в области защиты техники от коррозии, в том числе с детальным анализом изменения поверхностей цилиндров, головок блоков цилиндров, проведённых рядом учёных и практиков [6] показывают, что даже в «благоприятных» условиях хранения не исключается корродирование деталей. Отрицательное воздействие на свойства масла, его загрязнённость, срок службы может оказывать техническое состояние двигателя, качество используемого дизельного топлива и т.д.

На основании данного подхода ФГБНУ ВНИИТиН разрабатывается технология продления службы зерноуборочных комбайнов и повышения эффективности защиты деталей цилиндро-поршневой группы от коррозии.

Методика проведения исследования. Технологический процесс сохранения техники и повышения эффективности её работы в первом приближении заключается в следующем. После завершения полевых работ, перед постановкой на хранение из картера двигателя комбайна отбирается проба масла объёмом 8-10 мл. Проводится экспресс-контроль загрязнённости и щелочного числа масла. Если характеристики масла близки к браковочным значениям, то проводится операция очистки масла и системы смазки без слива масла из картера двигателя с последующим внесением в очищенное масла ингибиторов коррозии 3-9% масс.

На первом этапе экспериментальные исследования по предлагаемому технологическому процессу проводились в лабораторных условиях на масле М-10ДМ, слитом после 150 часов наработки в двигателе комбайна Дон-1500.

Моторное масло нагревалось до температуры 70°C. В нагретое масло добавлялась смесь моноэтаноламина и изопропанола 2% масс к объёму очищаемого масла. Содержимое перемешивалось и продолжался процесс нагрева. Через каждые 10°C повышения температуры масла отбиралась капельная проба для оценки процесса коагуляции загрязнений на фильтровальной бумаге.

В очищенное масло вносился ингибитор коррозии в соотношении 3, 6, 9, 12 % масс. к маслу. Смесь перемешивалась и определялась кинематическая вязкость при 20, 70 и 100 °C. Полученные составы наносились на металлическую пластинку Ст 3, которую помещали в 3 % раствор NaCl. Выдержка составляла 14 дней, после чего определялась защитная эффективность [4].

Обсуждение результатов исследований. По результатам эксперимента установлено, что рациональной температурой нагрева масла для обеспечения процесса коагуляции может быть значение 120...130 °C. Пятно на фильтровальной бумаге имеет чёрное ядро в центре с резким переходом в жёлтый цвет к периферии. На следующем этапе понижали температуру масла до 70°C и проводили очистку масла в лабораторной центрифуге СТР-50 в течение 30 мин при частоте вращения ротора 4000 об/мин. В таблице 1 представлены результаты анализа масла до и после очистки.

Таблица 1 – Физико-химические характеристики моторного масла до и после очистки от загрязнений

Показатели	Масло моторное М-10ДМ после 150 часов наработки (Дон-1500)	Масло после удаления загрязнений
Вязкость кинематическая, мм ² /с (100°C)	12,8	12,0
Температура вспышки в открытом тигле, °C	215	195
Щелочное число, мг КОН/г	2,9	3,1
Кислотное число, мг КОН/г	1,4	0,8
Содержание нерастворимого осадка, %	0,9	0,07
Цвет, бал ед ЦНТ	8	5,5

После проведения операции очистки в масле незначительно снизились вязкость и температура вспышки как результат использования изопропанола в качестве коагулирующего компонента смеси. Содержание нерастворимого осадка (загрязнений) снизилось в 10 раз. Цвет масла изменился с чёрного до красно-коричневого прозрачного.

Анализируя полученные результаты, можно утверждать, что очищенное масло следует в дальнейшем рассматривать в качестве основы рабоче-консервационного масла. На следующем этапе рассматривалась возможность повышения защитных, антикоррозионных свойств очищенного масла модификацией его ингибитором коррозии. Для определения эксплуатационных

и защитных свойств в первую очередь рассматривалось изменение вязкостно-температурных характеристик масла с ингибитором коррозии в процентном соотношении 3, 6, 9, 12 % масс.

На рисунке 2 представлена зависимость изменения вязкости масла от концентрации ингибитора коррозии при температуре 20, 70 и 100 °С.

Температура 20 °С при измерении вязкости определяет характер пуска, 70 °С определяет рабочий режим при смешивании очищенного масла с ингибитором, 100 °С – значение температуры на некоторых деталях, позволяющая в очень приближённом виде оценивать толщину масляной плёнки. В процессе обработки составом деталей головки блока, цилиндров, шеек коленчатого вала, стаканов цилиндров температура на их поверхностях может быть от 70 до 200 °С.

1 – при 20 °С; 2 – при 70 °С; 3 – при 100 °С

Рисунок 2 – Изменения вязкости моторного очищенного масла в зависимости от концентрации ингибитора коррозии в составе

Одним из самых доступных методов определения защитных свойств состава являются исследования по нанесению экспериментального состава на пластинку из стали с последующей её выдержкой в 3% растворе NaCl в течение 14 суток. Исследования проводились в сравнительном режиме. На стальные пластины наносилось очищенное масло и составы масел, содержащие 3, 6, 9, 12 % масс. ингибитора коррозии.

Установлено, что очищенное масло имеет не достаточную противокоррозионную эффективность по сравнению с составом, включающим очищенное масло с 6 % и 9 % ингибитора коррозии.

Список литературы

1. Ерохин Г.Н., Коновский В.В. Надёжность зерноуборочных комбайнов в реальных условиях эксплуатации // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. – 2014. – № 1. – С. 37-40.
2. Школьников В.М. Топлива, смазочные материалы, технические жидкости. Ассортимент и применение. – Москва: Техинформ, 1999. – 596 с.
3. Гайдар С.М. Теория и практика создания средств защиты сельскохозяйственной техники от коррозии. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2011. – 340 с.
4. К вопросу хранения сельскохозяйственной техники / Князева Л.Г., Петрашев А.И., Прохоренков В.Д., Клепиков В.В. // Наука в центральной России. – 2017. – № 6 (30). – С. 37-49.
5. Топливо, смазочные материалы и технические жидкости: учебное пособие / Остриков В.В., Петрашев А.И., Сазонов С.Н., Оробинский В.И., Афоничев Д.Н. – Воронеж: Воронежский ГАУ, 2017. – 391 с.
6. Сохраняемость и противокоррозионная защита техники в сельском хозяйстве / Черноиванов В.И. и др. – М.: ГОСНИТИ. 2009. – 240 с.

References

1. Erohin G.N., Konovskij V.V. Nadyozhnost' zernouborochnykh kombajnov v real'nykh usloviyakh ekspluatatsii // Sel'skohozyajstvennaya tekhnika: obsluzhivanie i remont. – 2014. – № 1. – S. 37-40.
2. SHkol'nikov V.M. Topliva, smazochnye materialy, tekhnicheskie zhidkosti. Assortiment i primeneniye. – Moskva: Tekhninform, 1999. – 596 s.
3. Gajdar S.M. Teoriya i praktika sozdaniya sredstv zashchity sel'skohozyajstvennoj tekhniki ot korrozii. – M.: FGBNU «Rosinformagrotekh», 2011. – 340 s.
4. K voprosu hraneniya sel'skohozyajstvennoj tekhniki / Knyazeva L.G., Petrashev A.I., Prohorenkov V.D., Klepikov V.V. // Nauka v central'noj Rossii. – 2017. – № 6 (30). – S. 37-49.
5. Toplivo, smazochnye materialy i tekhnicheskie zhidkosti: uchebnoye posobie / Ostrikov V.V., Petrashev A.I., Sazonov S.N., Orobinskij V.I., Afonichev D.N. – Voronezh: Voronezhskij GAU, 2017. – 391 s.
6. Sohranyaemost' i protivokorroziionnaya zashchita tekhniki v sel'skom hozyajstve / CHernoivanov V.I. i dr. – M.: GOSNITI. 2009. – 240 s.

Сведения об авторах

Принадлежность к организации

Жерновников Дмитрий Николаевич – младший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», Россия, г. Тамбов, e-mail: viitinlab8@bk.ru.

Ерохин Геннадий Николаевич – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», Россия, г. Тамбов, e-mail: witin4@rambler.ru

Князева Лариса Геннадьевна – доктор химических наук, доцент, главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», Россия, г. Тамбов, e-mail: Knyazeva27@mail.ru.

Остриков Валерий Васильевич – доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», профессор кафедры «Стандартизации, метрологии и технического сервиса» ФГБОУ ВО «Мичуринский ГАУ», Россия, г. Тамбов, e-mail: viitinlab8@bk.ru.

Забродская Алла Владимировна – научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», Россия, г. Тамбов, e-mail: viitinlab8@bk.ru.

Author credentials

Affiliations

Zhernovnikov Dmitry – junior researcher of Federal State Budgetary Scientific Institution “All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture”, Russia, Tambov, e-mail: viitinlab8@bk.ru.

Erokhin Gennady – Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher of Federal State Budgetary Scientific Institution “All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture”, Russia, Tambov, e-mail: witin4@rambler.ru.

Knyazeva Larisa – Full Doctor of Chemical Sciences, Associate Professor, Chief Researcher of Federal State Budgetary Scientific Institution “All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture”, Russia, Tambov, e-mail: Knyazeva27@mail.ru.

Ostrikov Valery Vasilievich – Full Doctor of Technical Sciences, Chief Researcher of Federal State Budgetary Scientific Institution “All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture”, Russia, Tambov, e-mail: viitinlab8@bk.ru..

Zabrodskaya Alla – Researcher of Federal State Budgetary Scientific Institution “All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture”, Russia, Tambov, e-mail: viitinlab8@bk.ru.

Поступила в редакцию (Received): 05.04.2021 Принята к публикации (Accepted): 31.05.2021