23. Markov A.V., CHizhov A.S. Elektroprovodyashchie samoreguliruyushchiesya materialy na osnove polietilenovyh kompozicij s SVMPE i tekhnicheskim uglerodom. Tonkie himicheskie tekhnologii. 2019;14(2):60-69. https://doi.org/10.32362/2410-6593-2019-14-2-60-69

24. Markov A.V., Kuleznev V.N. Formirovanie fazovoj struktury i ee vliyanie na svojstva orientirovannyh plenok iz smesej polipropilena i polietilena // Vysoko-molek. coed. Ser. A. 2008. T. 50. № 4. S. 651–658.

25. YAgubov V.S. Samoreguliruemye elektricheskie nagrevateli na osnove polimerov, modificirovannyh uglerodnymi nanotrubkami, dlya dvigatelej vnutrennego sgoraniya // Problemy tekhnogennoj bezopasnosti i ustojchivogo razvitiya.– 2018 – №10 – S. 89-93.

26. Isakova O.P., Tarasevich YU.YU. Obrabotka i vizualizaciya dannyh fizicheskih eksperimentov s pomoshch'yu paketa Origin. Uchebno-metodicheskoe posobie. – Astrahan', 2007.

Сведения об авторах

Принадлежность к организации

Ягубов Виктор Сахибович – аспирант, инженер Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тамбовский государственный технический университет», Россия, г. Тамбов, e-mail: vitya-y@mail.ru.

Щегольков Александр Викторович – кандидат технических наук, доцент Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тамбовский государственный технический университет», Россия, г. Тамбов, e-mail: energynano@yandex.ru.

Нагдаев Владимир Константинович – кандидат химических наук Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тамбовский государственный технический университет», Россия, г. Тамбов, e-mail: v.nagdaev1950@yandex.ru.

Ткачев Алексей Григорьевич – доктор технических наук, профессор Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тамбовский государственный технический университет», Россия, г. Тамбов, e-mail: nanotam@yandex.ru.

Author credentials

Affiliations

Yagubov Viktor – Postgraduate Student, Engineer of Federal State-Funded Educational Institution of Higher Education “Tambov State Technical University”, Russia, Tambov, e-mail: vitya-y@mail.ru.

Shchegolkov Alexander– Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Federal State-Funded Educational Institution of Higher Education “Tambov State Technical University”, Russia, Tambov, e-mail: energynano@yandex.ru.

Nagdaev Vladimir– candidate of chemical sciences of Federal State-Funded Educational Institution of Higher Education “Tambov State Technical University”, Russia, Tambov, e-mail: v.nagdaev1950@yandex.ru.

Tkachev Alexey – Doctor of Technical Sciences, Professor of Federal State-Funded Educational Institution of Higher Education “Tambov State Technical University”, Russia, Tambov, e-mail: nanotam@yandex.ru.

Работа выполнена при финансовой поддержке Фонда содействия инновациям в рамках научного проекта по договору № 13748ГУ/2018.

Поступила в редакцию (Received): 25.07.2019 Принята к публикации (Accepted): 26.08.2019

УДК 631.3-049.7:620.3
DOI: 10.35887/2305-2538-2019-4-108-114

ТРИБОТЕХНИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕТАЛЛОПЛАКИРУЮЩИХ ПЛАСТИЧНЫХ СМАЗОК

[1]Балабанов Виктор Иванович
[1]Лехтер Валентина Владимировна
[1]ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»

Реферат. *Анализ литературных данных показывает, что применение металоплакирующих пластичных смазочных материалов в деталях и узлах сельскохозяйственной техники и оборудования достаточно эффективно в целях повышения задиростойкости, износостойкости и частичного восстановления микродефектов трущихся поверхностей. Проводили триботехнические исследования смазочных материалов (СМ) на модернизированной машине трения Timken-Mashine с использованием реальных узлов подшипников качения: внутренней обоймы и роликов диаметром 8 мм подшипника качения тип 7202 ГОСТ 520, изготовленных из стали ШХ-15 ГОСТ 801–78. Изучали известные металлоплакирующие пластичные СМ (AVTOсмазка, Метапол, ШРУС МС, Вымпел, Металл Плюс) и разработанную авторами новую смазку «Металл Плюс», содержащую соединения пластичных металлов: меди, олова и никеля. В качестве базового варианта использовали смазку Литол 24. Определено, что при использовании исследуемых СМ износ опытных образцов снижается по сравнению с базовым вариантом в среднем от 2 до 16 раз. Применение разработанной авторами смазки «Металл Плюс» обеспечивает восстановление веса образцов в среднем на 0,1 мг за счет образования на поверхностях трения композиционного медно-оловянисто-никелевого покрытия, толщиной около 1,0 мкм, а также диффузионной зоны глубиной до 12,5 мкм. Содержание элементов меди, олова и никеля в смазке после проведения испытаний снизилось по сравнению с исходным состоянием на 8 – 15 %. В целом полученные результаты подтверждают повышение износостойкости образцов и их частичное восстановление.*

Ключевые слова: *металлоплакирущий пластичный смазочный материал, машина трения, триботехнические испытания, восстановление поверхностей трения*

TRIBOTECHNICAL RESEARCHES OF METALLO-CLADING PLASTIC GREASES

[1]***Balabanov Victor***
[1]***Lekhter Valentina***
[1]*FSBEI HE "Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev"*

Abstract. *The analysis of literature data shows that the use of metal-clad plastic lubricants in parts and units of agricultural machinery and equipment is quite effective in order to increase the scoring resistance, wear resistance and partial restoration of microdefects of rubbing surfaces. Tribological studies of lubricants (SM) were carried out on a modernized Timken-Mashine friction machine using real rolling bearing assemblies: an internal cage and rollers with a diameter of 8 mm of a rolling bearing of type 7202 GOST 520, made of steel ШХ-15 GOST 801–78. The well-known metal-clad plastic SM (AVTO grease, Metapol, SHRUS MS, Vympel, Metal Plus) and the new Metal Plus grease developed by the authors, containing compounds of plastic metals: copper, tin and nickel, were studied. Litol 24 grease was used as a base case. It is determined that when using the studied SM, the wear of the prototypes is reduced in comparison with the base case on average from 2 to 16 times. The use of the Metal Plus lubricant developed by the authors ensures the recovery of the weight of the samples by an average of 0.1 mg due to the formation on the friction surfaces of a composite copper-tin-nickel coating with a thickness of about 1.0 μm, as well as a diffusion zone up to 12.5 μm deep. The result is an increase in the wear resistance of the samples and their partial recovery.*

Keywords: *metal-clad plastic lubricant, friction machine, tribotechnical tests, restoration of friction surfaces.*

Введение. В сельскохозяйственном производстве используется достаточно много техники, имеющей высокую степень износа. При этом в силу субъективных и объективных причин такая техника продолжает эксплуатироваться. Продлить срок службы изношенных деталей машин возможно их восстановлением и ремонтом.

В последнее десятилетие все большую актуальность приобретают безразборные методы ремонта и поддержания машин в работоспособном состоянии. Для реализации безразборных процессов ремонта применяются специальные ремонтно – восстановительные составы, добавляемые в смазочное масло и пластичные смазки [1 – 5].

Достаточно перспективным направлением продления сроков службы узлов трения является использование инновационных металлоплакирующих масел и смазок, среди которых наибольший интерес представляют металлоплакирующие пластичные смазки, работающие в условиях жестких нагрузок и высоких температур [6 – 10].

Зарубежные фирмы представляют большой набор пластичных смазок, предназначенных для восстановления трущихся поверхностей деталей. Среди них следует выделить смазку *Lubri Grease* на литиевой основе с включением свинцово-серебряно-медного сплава; медьсодержащую пластичную смазку *«Copper Compound»* компания *NV. Marly SA* (Бельгия); пластичную смазку *«Nickel Anti – Seize Lubricant»* с микрочастицами никеля. Среди российских разработок необходимо отметить смазку «ШРУС МС», производимую НПК «ВМПавто».

Анализ доступных литературных источников и патентов позволяет в первом приближении утверждать, что применение металлоплакирующих пластичных смазок в узлах трения сельскохозяйственной техники может способствовать продлению сроков службы машин, увеличению их межремонтного ресурса, снижению затрат на ремонт и эксплуатацию техники.

Материалы и методы. При проведении исследований и оценке важнейших эксплуатационных свойств металлоплакирующих смазок рассматривались образцы, представленные в таблице.

Таблица – Наименование, производители и нормативные документы, испытуемых металлоплакирующих пластичных смазок

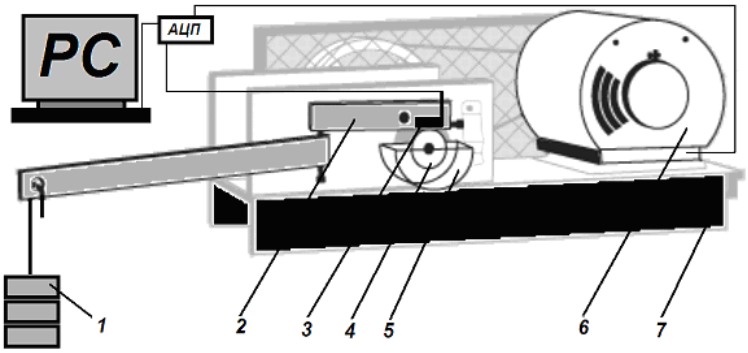
Наименование	Производитель	ТУ или ГОСТ
1. Литол 24	ООО «Эксперт-ойл»	ГОСТ 21150-87
2. AVTO смазка	НТЦ «РемАвто»	ТУ 02-58178995-3-92
3. Метапол	НПФ «Эллис»	ТУ 1-92-193-95
4. ШРУС МС	ООО «ВМПАВТО»	ТУ 0254-011-45540231-2004
5. Вымпел	Fine Metal Powders Co	ТУ 0254-026-12288799-2005
6. Металл Плюс	РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева	ТУ 4366.03.03049297-2011

Смазка Литол-24 является наиболее распространенной и применяемой в узлах трения современной сельскохозяйственной техники. Смазки позиций 2 – 5 представляет собой образцы металлоплакирующих пластичных смазок, предназначенных, по заявлениям разработчиков, для смазывания узлов трения и восстановления изношенных поверхностей деталей машин.

Смазка «Металл Плюс» разработана ведущими учеными РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева и имеет в своем составе компоненты меди, олова и никеля.

Триботехнические испытания проводились на модернизированной машине трения Timken-Mashine. На рисунках 1, 2 представлены общий вид и схема модернизированной машины трения.

Рисунок 2 – Общий вид модернизированной машины трения Timken-Mashine



1 – грузы; 2 – нагрузочный механизм; 3 – верхний роликовый образец с термодатчиком; 4 – нижний кольцевой образец; 5 – кювета для смазочного материала; 6 – электродвигатель; 7 – станина; АЦП – аналого-цифровой преобразователь; PC – персональный компьютер с программным обеспечением

Рисунок 2 – Схема модернизированной машины трения Timken-Mashine

Принцип работы машины трения основывается на реализации вращательного движения по схеме «кольцо-ролик». При проведении испытаний использовались подшипники качения 7202 из стали ШХ-15 (ГОСТ 801-78) с диаметром ролика 8. Все исследуемые образцы смазок сравнивались как между собой, так и со смазкой Литол 24.

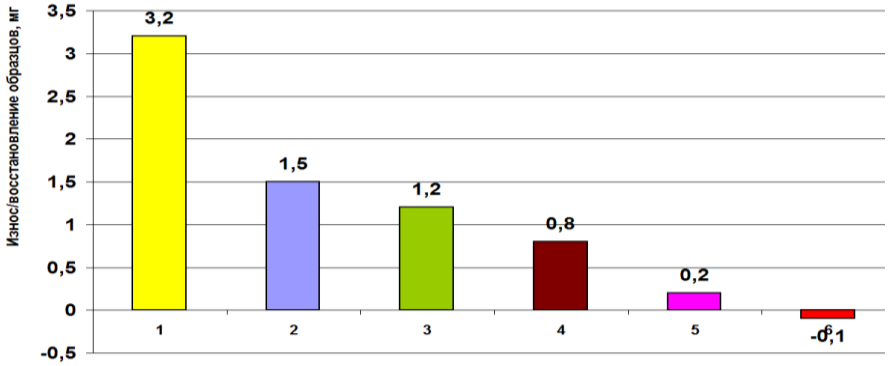
Триботехнические испытания проводились на следующих режимах. Удельное давление в зоне контакта p = 10 МПа, скорость скольжения v = 1,83 м/с, время одного испытания составляло t = 3600 с.

Для оценки эффекта восстановления деталей, образования защитных пленок, выравнивания микронеровностей под действием металлоплакирующих смазок использовался весовой метод, микрофотосъемка, анализ изменения содержания меди, олова, никеля методом атомно – абсорбционной спектроскопии на приборе МГА – 915 МД.

Результаты и их обсуждение. Триботехнические исследования показали, что применение металлоплакирующих пластичных смазок по сравнению с пластичной смазкой Литол 24 позволяет снизить износ образцов с 3,5 мг до 1,5 – 0,2 мг, то есть в 2 – 16 раз.

В результате исследований оценивались не только противоизносные свойства образцов смазок, но и рассматривалась возможность восстановления изношенных поверхностей трения. Одной из критериальных характеристик восстановления поверхностей трения является увеличение веса детали.

На рисуноке 3 представлены результаты исследований по определению способности смазок снижать износ и восстанавливать поверхность трения.



1– Литол 24, 2 – AVTO смазка; 3 – ШРУС МС; 4 – Метапол; 5 – Вымпел; 6 – Металл Плюс

Рисунок 3 – Износ – восстановление трущихся образцов после триботехнических испытаний

В результате анализа изменения структуры поверхностей трения образцов установлено, что при использовании смазки «Металл Плюс» на контактных поверхностях формируется пленка, состоящая из медно - оловянисто-никелевых включений. Толщина пленки составляет 0,9 – 1,0 мкм с диффузионной зоной 12,5 мкм.

На рисунке 4 представлен характер изменения компонентного состава поверхностей трения после применения смазки «Металл Плюс».

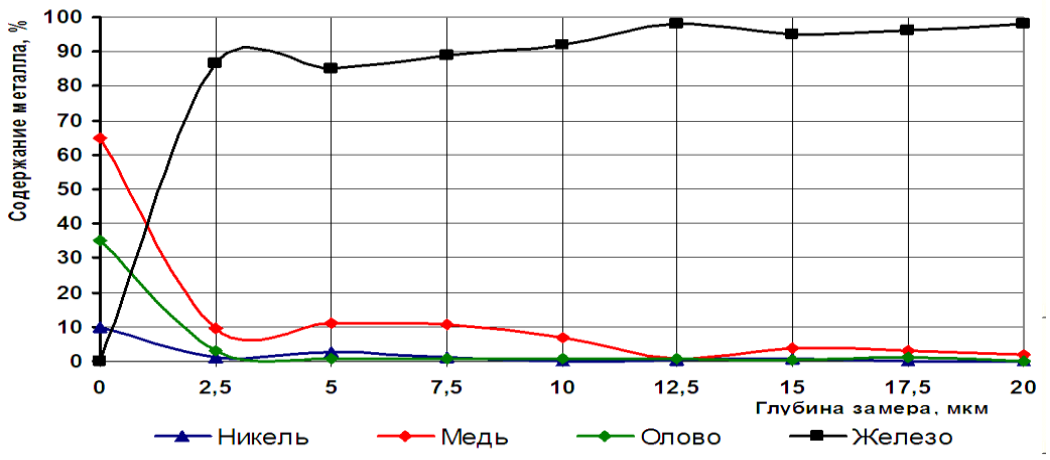


Рисунок 4 – Компонентный состав поверхностей трения образцов после применения металлоплакирующей пластичной смазки «Металл Плюс»

Атомно – абсорбционная спектрометрия изменения состава смазки до начала и после проведения испытаний показала на уменьшение содержания олова на 15 %, меди на 10 %, никеля на 8 % в металлоплакирующих смазках.

Полученные значения служат подтверждением эффекта перехода элементов олова, меди и никеля из смазки на поверхность трения и реализации процесса восстановления.

Выводы. Использование металлоплакирующих смазочных материалов позволяет снизить износ опытных образцов, по сравнению с базовой смазкой Литол 24 в среднем с 3,5 мг до 1,5 – 0,2 мг (от 2,1 до 16 раз).

В результате триботехнических испытаний образцов с применением разработанной металлоплакирующей пластичной смазки марки «Металл Плюс» зарегистрировано увеличение веса исследуемых образцов в среднем на 0,1 мг.

Физико-химические исследования трущихся образцов показали, что использование металлоплакирующей пластичной смазки «Металл Плюс» приводит к формированию на поверхностях трения композиционного медно-оловянисто-никелевого покрытия, толщиной до 1,0 мкм и диффузионную зону глубиной до 12,5 мкм. Снижение в составе смазки после ее применения содержания элементов меди, олова и никеля подтверждает факт восстановления микродефектов трущихся поверхностей.

Список литературы

1. Потапов Г.К., Балабанов В.И. Способ безразборного восстановления трущихся соединений / Патент РФ 2062821. Бюл. № 18, 1996. - 4 с.

2. Балабанов В.И. Повышение качества отремонтированных двигателей внутреннего сгорания путем реализации избирательного переноса при трении // Вестник машиностроения, 2001. № 8. С. 14–19.

3. Беклемышев В.И., Махонин И.И., Лепгов А.Ф., Филиппов В.К., Балабанов В.И. Влияние металлоорганических присадок RENOM на поверхности трения и показатели автомобильной техники // Вестник машиностроения. 2004. № 10. С. 51– 55.

4. Балабанов В.И., Беклемышев В.И., Махонин И.И., Филиппов В.К. Ремонтно-восстановительные препараты для техники // Сельский механизатор. М., № 11. 2005. С. 40–41.

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. Нанотехнологические препараты автохимии для безразборного сервиса автомобиля /Балабанов В.И., Болгов В.Ю., Лехтер В.В. Нанотехнологии, экология, производство, № 2. 2009. С. 18-21.

7. Нанотехнологии и наноматериалы в агропромышленном комплексе: Научн. аналитический обзор / В.Ф. Федоренко, М.Н. Ерохин, В.И. Балабанов и др. М.: Росинформагротех, 2011. - 312 с.

8. Балабанов В.И., Болгов В.Ю. Автомобильные присадки и добавки. М.: Изд-во РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2011.

9. Патент 2432386. Металлоплакирующая восстановительная добавка к пластичным смазочным материалам. В.И. Балабанов, В.Ю. Болгов, С.А. Ищенко, В.В. Лехтер. Бюл. № 30. от 27.10. 2011 г., заявка № 2009145822 от 11.12.2009 г.

10. Лехтер В.В. Восстановление работоспособности подшипников качения движителей сельскохозяйственной техники металлоплакирующей пластичной смазкой: автореф. дис. … канд. тех. наук. /Лехтер Валентина Владимировна, Москва, МГАУ, 2010. 16 с.

References

1. Potapov G.K., Balabanov V.I. Sposob bezrazbornogo vosstanovleniya trushchihsya soedinenij / Patent RF 2062821. Byul. № 18, 1996. - 4 s.

2. Balabanov V.I. Povyshenie kachestva otremontirovannyh dvigatelej vnutrennego sgoraniya putem realizacii izbiratel'nogo perenosa pri trenii // Vestnik mashinostroeniya, 2001. № 8. S. 14–19.

3. Beklemyshev V.I., Mahonin I.I., Lepgov A.F., Filippov V.K., Balabanov V.I. Vliyanie metalloorganicheskih prisadok RENOM na poverhnosti treniya i pokazateli avtomobil'noj tekhniki // Vestnik mashinostroeniya. 2004. № 10. S. 51– 55.

4. Balabanov V.I., Beklemyshev V.I., Mahonin I.I., Filippov V.K. Remontno-vosstanovitel'nye preparaty dlya tekhniki // Sel'skij mekhanizator. M., № 11. 2005. S. 40–41.

5. Balabanov V.I Nanotekhnologii i nanopreparaty dlya avtotraktornoj tekhniki / Primenenie nanotekhnologij i nanomaterialov v APK: Sb. dokladov. - M.: FGNU «Rosinformagrotekh», 2008. S. 77-81.

6. Nanotekhnologicheskie preparaty avtohimii dlya bezrazbornogo servisa avtomobilya /Balabanov V.I., Bolgov V.YU., Lekhter V.V. Nanotekhnologii, ekologiya, proizvodstvo, № 2. 2009. S. 18-21.

7. Nanotekhnologii i nanomaterialy v agropromyshlennom komplekse: Nauchn. analiticheskij obzor / V.F. Fedorenko, M.N. Erohin, V.I. Balabanov i dr. M.: Rosinformagrotekh, 2011. - 312 s.

8. Balabanov V.I., Bolgov V.YU. Avtomobil'nye prisadki i dobavki. M.: Izd-vo RGAU-MSKHA imeni K.A. Timiryazeva, 2011.

9. Patent 2432386. Metalloplakiruyushchaya vosstanovitel'naya dobavka k plastichnym smazochnym materialam. V.I. Balabanov, V.YU. Bolgov, S.A. Ishchenko, V.V. Lekhter. Byul. № 30. ot 27.10. 2011 g., zayavka № 2009145822 ot 11.12.2009 g.

10. Lekhter V.V. Vosstanovlenie rabotosposobnosti podshipnikov kacheniya dvizhitelej sel'skohozyajstvennoj tekhniki metalloplakiruyushchej plastichnoj smazkoj: avtoref. dis. … kand. tekh. nauk. /Lekhter Valentina Vladimirovna, Moskva, MGAU, 2010. 16 s.

Сведения об авторах

Принадлежность к организации

Балабанов Виктор Иванович – доктор технических наук, профессор Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», Россия, Москва, e-mail: vbalabanov@rgau-msha.ru.

Лехтер Валентина Владимировна – кандидат технических наук Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», Россия, Москва, e-mail: vbalabanov@rgau-msha.ru.

Author credentials

Affiliations

Balabanov Victor – full doctor of Technical Sciences, Professor of Federal State-Funded Educational Institution of Higher Education “Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev”, Russia, Moscow, e-mail: vbalabanov@rgau-msha.ru.

Lekhter Valentina – candidate of technical sciences of Federal State-Funded Educational Institution of Higher Education “Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev”, Russia, Moscow, e-mail: vbalabanov@rgau-msha.ru.

Поступила в редакцию (Received): 22.07.2019 Принята к публикации (Accepted): 19.08.2019

УДК 621.892: 620.197.2
DOI: 10.35887/2305-2538-2019-4-114-122

ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ КОНСЕРВАЦИИ СЕЛЬХОЗМАШИН ВЯЗКОЙ МАСТИКОЙ С ПОДОГРЕВОМ

[1]***Петрашев Александр Иванович***
[1]***Клепиков Виктор Валерьевич***
[1]*ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве»*

Реферат. *Известно, что применение консервационного оборудования для нанесения защитных покрытий из вязкой мастики сокращает время подготовки сельскохозяйственных машин к длительному хранению. Показано, что производительность консервационного оборудования и качество защитных покрытий из мастики находятся в обратной зависимости от ее вязкости, которую необходимо снижать путем нагрева. Предложены технические решения для мобильного оборудования по консервации машин вязкой мастикой в условиях открытых площадок хранения, предусматривающие подогрев мастики в локальной камере напорного бака и в шланге подачи к пистолету-распылителю за счет использования электроэнергии от низковольтного генератора 28 В. Исследовали нагрев мастики от 5 до 40 ^{o}С в локальной камере объемом 4,5 л от низковольтного ТЭН мощностью 450 Вт. Установили, что длительность нагрева мастики не превышала 20 мин, при этом ее динамическая вязкость снизилась до уровня 0,18 Па·с, достаточного для мелкодисперсного распыления. Определили параметры шланга подачи мастики длиной 10 м, диаметром 10 мм, снабженного нагревательной спиралью из стальной проволоки длиной 11 м, диаметром 1,2 мм, мощностью 245 Вт, при которых мастика разогревалась от 5 до 40 ^{o}С в течение 20 мин. Рекомендовали реализовать в составе мобильного консервационного оборудования эти технические решения. Это позволит сократить в 2 раза время ввода оборудования в рабочий при пониженной до 5 ^{o}С температуре.*

Ключевые слова*: защитная мастика, консервация, напорный бак, локальная камера нагрева, шланг подачи, нагревательная спираль.*

TECHNICAL SOLUTIONS CONSERVATION PROBLEM FOR AGRICULTURAL MACHINESBY VISCOUS MASTIC WITH HEATING

[1]***Petrashev Alexander***
[1]***Klepikov Viktor***
[1]*FSBSI “All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture”*

Abstract. *It known that the use of conservation equipment for applying a protective coating of viscous mastic reduces the time of preparation of agricultural machines for long-term storage.It shown that the performance of conservation equipment and the quality of protective mastic coatings inversely related to its viscosity, which must reduce by heating.Technical solutions for mobile equipment for the preservation of machines with viscous mastic in conditions of open storage areas, providing for heating of mastic in the local chamber of the pressure tank and in the supply hose to the spray gun due to the use of electricity from a 28 V low-voltage generator suggested.Heating mastic from 5 to 40 ° C in a local chamber of 4.5 liters from a low-voltage heating element with a power of 450 W was investigated.It found that the duration of heating for mastics did not exceed 20 minutes, while its dynamic viscosity decreased to a level*