На правах рукописи

ШИХАЛЕВ Илья Николаевич

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ И ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЦЕССА ПРИГОТОВЛЕНИЯ ПЛАСТИЧНЫХ СМАЗОК НА ОСНОВЕ ОТРАБОТАННЫХ МОТОРНЫХ МАСЕЛ ДЛЯ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКЕ

05.20.03 – Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук

\

Тамбов – 2016

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве» (ФГБНУ ВНИИТиН).

Научный руководитель — доктор технических наук, старший научный сотрудник **Остриков Валерий Васильевич**

Официальные оппоненты: **Балабанов Виктор Иванович**, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», заведующий кафедрой «Технологии и машины растениеводства»;
Картошкин Александр Петрович, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», заведующий кафедрой «Автомобили и тракторы»

Ведущая организация — ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова»

Защита состоится 21 апреля 2016 г. в 14 часов 00 минут на заседании диссертационного совета Д 220.010.04, созданного на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра 1» (ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ), по адресу: 394087, г. Воронеж, ул. Тимирязева, д. 13, учебный корпус агроинженерного факультета (корпус № 3), аудитория 319.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Воронежского ГАУ и на сайте www.vsau.ru («Информация о деятельности диссертационных советов» – «Защиты» – «Д 220.010.04»), а также по ссылке: http://ds.vsau.ru/?p=2836.

Автореферат разослан 24 февраля 2016 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета Д 220.010.04 Афоничев Дмитрий Николаевич

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Нефтепродукты являются основной статьёй затрат сельского товаропроизводителя при производстве продукции. В сельскохозяйственной технике используется широкий ассортимент топлив, смазочных масел, пластичных смазок. Общая доля применяемых пластичных смазок не столь велика (5 - 6 %) по сравнению с дизельным топливом и моторными маслами. Однако пластичные смазки могут работать в тех узлах, где масла не способны удерживаться в негерметизированных системах. Смазки более эффективны при воздействии высоких температур, имеют более высокие защитные свойства, выдерживают высокое давление и ударные нагрузки, то есть обладают всеми эксплуатационными свойствами столь необходимыми при использовании их в тяжелонагруженных узлах трения сельскохозяйственной техники.

Существующие на сегодняшний день способы получения и составы пластичных смазок предполагают использование дорогостоящих и ограниченных ресурсов, таких как нефтяные базовые масла и присадки, а технологии их производства энергоемки и высокозатратны.

Отработанные моторные масла представляют собой продукт, требующий утилизации, при этом они содержат сильно загрязненную основу масла и остаточный запас присадок, которые при определенных условиях могут быть использованы при производстве вторичных масел и смазок.

Удаление из отработанных моторных масел, смол, асфальтенов, карбенов, карбоидов позволит получить практически масляную основу – дисперсионную среду для пластичных смазок, при этом в отличии от традиционно используемых дорогостоящих товарных масел, очищенные отработанные масла содержат 25 - 30 % антиокислительных, противоизносных, антикоррозионных присадок, которые повышают эксплуатационные свойства дисперсионной среды, а следовательно и свойства пластичной смазки.

Разработка простых технологических процессов очистки отработанных масел от примесей и загрязнений и получения на их основе востребованных в АПК пластичных смазок позволяет решать многогранную актуальную проблему ресурсосбережения, снижения затрат на приобретение смазочных материалов и рациональное решение задач утилизации отработанных масел в местах их потребления.

Степень разработанности темы. Вопросами очистки отработанных масел и получения на их основе вторичных масел и технических жидкостей посвящены работы Удлера Э.И., Фукса И.Г., Коваленко В.П., Рыбакова К.В., Григорьева М.А., Осипова М.В., Ленивцева А.А., Немец В.Л., Стрельцова В.В., Картошкина А.П., Острикова В. В., и др.

Проблемами разработки различных составов пластичных смазок, оценки и изучения их свойств плодотворно занимались такие ученые как Сорокин Г.И., Ваиншток В.В., Фехервари А., Бакалейников М.Б., Смиотанко Э.А., Зелькинд И.Е., Шибряев С.Б., Киташов Ю.Н., Boner C.J., Myers E.N., Verdura T.M. и др.

Решением задач эффективного применения смазочных материалов в сельскохозяйственной технике, повышения эксплуатационных свойств смазок, надежности работы узлов трения активно и успешно занимались Ленский А.В., Быстрицкая А.П., Итинская Н.И., Кузнецов Н.А., Балабанов В.И., Лышко Г.П., Холманов В.М., Уханов А.П., Сафонов В.В., Лебедев А.Т., Остриков В.В. и др.

Разработанные известные методы и технологии получения пластичных смазок, улучшение их эксплуатационных свойств направлены прежде всего на решение задач повышения надежности работы узлов трения машин, а проблемы получения высококачественных смазок из отработанных масел, снижения затрат на их производство за счет

использования отработанных нефтепродуктов, тем самым вопросы повышения эффективности использования ресурсов в сельскохозяйственном производстве остаются нерешенными.

Практически отсутствуют научные разработки в области получения высоко востребованных в АПК смазок Солидол Ж и Литол – 24 на основе отработанных масел. Нет информации о результатах исследований свойств и фактов использования в сельскохозяйственной технике пластичных смазок, полученных на основе вторичного сырья.

Целью работы является повышение эффективности использования ресурсов в сельскохозяйственном производстве за счет замены товарных пластичных смазок аналогами, получаемыми на основе отработанных моторных масел в условиях предприятий АПК.

В соответствии с целью поставлены следующие **задачи исследований:**

– обосновать выбор разделяющих агентов, обеспечивающих укрупнение примесей и загрязнений в отработанных моторных маслах;

– установить аналитические зависимости процесса осаждения укрупненных примесей и загрязнений с целью разработки способов очистки отработанных масел для их дальнейшего использования в качестве дисперсионной среды пластичных смазок;

– определить рациональный состав смазок и показатели эффективности их работы в узлах трения;

– разработать технологический процесс и универсальное устройство для приготовления смазок, обеспечивающее и получение дисперсионной среды из отработанных масел, и последующее её загущение, и перемешивание в одном объекте;

– экспериментально подтвердить эффективность применения очищенного отработанного моторного масла в качестве дисперсионной среды, рациональность разработанных составов смазок, их основных свойств, провести экономическую оценку эффективности применения смазок в сельскохозяйственной технике.

Объект исследования – технологические процессы приготовления и использования пластичных смазок на основе отработанного моторного масла в узлах трения сельскохозяйственной техники.

Предмет исследования – закономерности изменения характеристик и свойств пластичных смазок в процессе их приготовления и использования.

Научную новизну работы составляют:

– способы очистки отработанных моторных масел, отличающиеся обоснованным выбором в качестве разделяющих агентов спиртового раствора карбамида и моноэтаноламина, позволяющих нейтрализовать действие моюще-диспергирующих присадок и укрупнять примеси в минеральных и синтетических отработанных маслах;

– аналитические зависимости для определения эффективности процесса удаления примесей, оцениваемые скоростью и временем осаждения, отличающиеся учетом коэффициента кратности увеличения примесей под действием разделяющих агентов и коэффициента замедления процесса осаждения за счет остаточного действия моюще-диспергирующих присадок, определяемого экспериментально;

– составы пластичных смазок, отличающиеся использованием в качестве дисперсионной среды очищенных от примесей отработанных моторных масел взамен товарных масел на нефтяной и синтетической основе и упрощенной дисперсной фазы в виде мыльных загустителей;

– показатель эффективности работы смазки, характеризуемый ресурсом узла трения, отличающийся учетом особенностей свойств основы отработанного моторного масла, определяемых аналитически с учетом коэффициента природы масла, остаточной

концентрации присадок и противоизносных свойств смазки, оцениваемых по диаметру пятна износа;

– схема технологического процесса приготовления пластичных смазок, отличающаяся совместимостью операций получения дисперсионной среды и ее смешивания с дисперсной фазой в реакторе – смесителе.

Теоретическая и практическая значимость работы: Результаты теоретических исследований позволяют обосновать способы получения дисперсионной среды пластичных смазок из отработанных масел, установить аналитические зависимости процессов осаждения примесей с учетом известных закономерностей и принятых особенностей, определить рациональный состав смазок, состоящий из дисперсионной среды очищенного отработанного моторного масла и дисперсной фазы в виде загустителей. На основании известных теоретических подходов, знаний науки трибологии, с учетом обоснованных решений предложен и апробирован показатель эффективности работы смазки в узле трения. Применение способов очистки масла и получения дисперсионной среды, разработанного состава смазки, технологического процесса и оборудования для приготовления пластичных смазок в условиях потребителя позволяет снизить затраты на эксплуатацию сельскохозяйственной техники, решить проблемы ресурсосбережения и снижения загрязнения окружающей среды.

Методология и методы исследований. Теоретические исследования по выбору разделяющих агентов, обоснованию способов очистки отработанных масел для получения из них дисперсионной среды осуществлялись на основе известных законов физической химии. Оценка процессов осаждения загрязнений проводилась с учетом законов гидромеханики. Обоснование и расчетные выражения для определения процессов, характеристик и параметров смешивания дисперсной среды с дисперсной фазой выполнялись с использованием известных законов гидродинамики и теплофизики. Определение составов смазок и их характеристик проходили с учетом основ трибологии, исследования физико-химических свойств смазок проводились на современном исследовательском оборудовании. Стендовые испытания образцов смазок выполнялись на специально разработанном стенде, имитирующем работу подшипниковых пар трения. Экспериментальные образцы оборудования изготавливались в условиях экспериментального производства ФГБНУ ВНИИТиН.

Производственные испытания смазок проводились в узлах сельскохозяйственной техники в колхозе ПЗ имени Ленина Тамбовского района Тамбовской области, технологический процесс и оборудование приготовления смазок прошли производственную проверку в ООО «МИПП ЭнергоОйл», г. Мурманск, и ООО «Завод смазок ПРОМОИЛ», г. Иваново.

Обработка данных результатов исследований проводилась с использованием методов математического анализа и статической обработки, с применением современных компьютерных программ обработки данных экспериментов.

На защиту выносятся следующие основные положения:

– способы очистки отработанных масел под действием разделяющих агентов, позволяющих временно нейтрализовать действие присадок в отработанных минеральных и синтетических маслах и укрупнять мелкодиспергированные продукты окисления, что повышает эффективность их последующего удаления;

– аналитические зависимости процесса осаждения примесей и загрязнений, позволяющие определить скорость и время осаждения скоагулировавших (укрупнившихся) частиц примесей в поле гравитационных сил с учетом коэффициентов кратности увеличения примесей и коэффициента замедления, определяемого аналитически;

– составы пластичных смазок, позволяющие использовать в качестве дисперсионной среды очищенные отработанные масла, а в качестве дисперсной фазы простейшие мыльные загустители;

– показатель эффективности работы пластичных смазок, характеризующий ресурс работы узла трения в зависимости от остаточного содержания присадок в дисперсионной среде, природы масла (минеральное или синтетическое), и позволяющий по диаметру пятна износа смазки, номинальной динамической грузоподъемности и нагрузке, определять в целом ресурс работы подшипника и смазки;

– схема технологического процесса для приготовления смазок, позволяющая, исходя из объемов масел, их свойств и характеристик процессов перемешивания, использовать один объект и для очистки масел от примесей и для эффективного перемешивания дисперсной фазы с дисперсионной средой;

– экспериментальные данные исследований по оценке эффективности действия разделяющих агентов в отработанном масле для удаления примесей и получения дисперсионной среды, результаты исследований составов и свойств смазок на основе отработанных масел, результаты оценки трибологических свойств смазок в узлах трения.

Личный вклад автора. Автору принадлежит постановка цели и задач исследования, разработка программы и методик экспериментальных исследований. Принято непосредственное участие в разработке способов очистки, составов смазок в проведении лабораторных, стендовых и производственных испытаний смазок. С его участием разработаны и изготовлены опытные образцы стенда для оценки свойств смазки и оборудования для приготовления аналогов пластичных смазок. Принято непосредственное участие в организации и внедрении технологического процесса производства смазок на предприятиях, относящихся к производителям – поставщикам нефтепродуктов в АПК.

При его участии подготовлены и опубликованы материалы исследований в журналах, рекомендованных ВАК РФ, подготовлены и получены патенты на изобретения.

Реализация результатов исследований. На основании результатов теоретических и экспериментальных исследований разработаны составы аналогов смазок Солидол Ж и Литол – 24, апробированных в узлах трения опорных подшипников мотовила жатки ПН – 35 и узлах ведомого привода левого торсиона жатки, правого подшипника привода жатки, привода барабана жатки, подшипников режущего механизма, ускорителя выгрузки, привода жатки (ведомый шкив питающего аппарата) комбайна Дон 680 М при уборке трав и кукурузы на силос в июле – августе 2015 году в колхозе ПЗ имени Ленина Тамбовского района Тамбовской области. Разработанные реактор-смеситель и технология приготовления смазок внедрены в ООО «МИПП ЭнергоОйл» г. Мурманска. За период 2014 – 2015 на предприятии произведено и реализовано 50148 кг пластичных смазок аналогов Литол – 24. Состав и технологический процесс приготовления смазок на основе отработанных моторных масел внедрен в серийное производство ООО «Завод смазок ПРОМ-ОИЛ» г. Иваново, что подтверждено актами и протоколами испытаний, справками о внедрении.

Степень достоверности и апробации работы. Достоверность работы подтверждена высокой сходимостью результатов теоретических и экспериментальных исследований и испытаний в лабораторных, стендовых и производственных условиях.

Основные положения и результаты работы доложены и обсуждены на XVII Международной научно - практической конференции «Повышение эффективности использования ресурсов при производстве сельскохозяйственной продукции – новые технологии и техника нового поколения для растениеводства и животноводства» 23-25 сент. 2013 г., Тамбов, Международной научно – практической конференции «Актуальные направления научных исследований 21 века: теория и практика.» ФГБОУ ВПО «Воро-

нежская государственная лесотехническая академия». Воронеж 2014 г, Международном научно - техническом семинаре имени В.В. Михайлова «Проблемы экономичности и эксплуатации автотракторной техники» г. Саратов, 2014, XI Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы научно – технического прогресса в АПК», посвященной 65 – летию факультета механизации сельского хозяйства, 25-27 марта 2015 г, г. Ставрополь. – «Агрус», СГАУ., XVIII Международной научно - практической конференции «Повышение эффективности использования ресурсов при производстве сельскохозяйственной продукции – новые технологии и техника нового поколения для растениеводства и животноводства» 23-24 сентября 2015 года, г. Тамбов, научно-практической конференции «Инженерное обеспечение инновационных технологий в АПК» 15-17 октября 2015 года, – Мичуринск - наукоград РФ.

Публикации по теме диссертации:

По результатам исследований опубликовано 22 печатные работы, в том числе 4 статьи в журналах, рекомендованных ВАК РФ, получено 3 патента на изобретения №2554357 «Способ очистки отработанного масла» 27.06.2015 г., №2556221 «Способ регенерации отработанных синтетических моторных масел» 10.07.2015 г., №2529857 «Пластичная смазка для тяжелонагруженных узлов трения» 10.10.2014 г.

Общий объем публикаций составляет 3,1 п.л., из них лично соискателю принадлежит 1,95 п.л.

Структура и объем диссертации:

Диссертация состоит из введения, пяти разделов, включающих 91 рисунок и 16 таблиц, заключения, списка используемой литературы, включающего 152 наименования, 10 приложений. Объём диссертации 220 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Введение в соответствии с ГОСТ Р 7.01.11-2011 включает: актуальность темы исследования, степень ее разработанности, цель и задачи исследований, научную новизну, теоретическую и практическую значимость, методологию и методы исследования, положения выносимые на защиту, степень достоверности и апробации результатов.

В первой главе «Состояние вопроса, цели и задачи исследований» в результате анализа составов и основных характеристик пластичных смазок установлено, что практически все пластичные смазки состоят из 70–80% дисперсионной среды - смазочного масла, и 20–30% дисперсной фазы - загустителей, присадок и добавок. Состав дисперсионной среды существенно влияет на структурообразование и загущающий эффект дисперсной фазы. К важнейшим характеристикам пластичных смазок, влияющим на износ узлов трения, следует отнести температуру каплепадения, адгезию, прочностные свойства, противоизносные, антикоррозионные и антифрикционные характеристики.

Исследование процессов смазывания, поверхностей трения проводимые такими учеными как Григорьев, М.А., Ленивцев Г.А., Немец В.Л., Балабанов В.И., Сафонов В.В., Лышко Г.П., Уханов А.П. и т. д. показали, что смазывание представляет собой динамический процесс, состоящий из этапов перемешивания смазки, маслоотделения и нарушения целостности масляной пленки. В процессе трения и окисления свойства смазок изменяются более чем в 2 раза.

Определено, что большинство способов приготовления смазок включает 4 этапа: выбор дисперсионной среды; смешивание дисперсионной среды с дисперсной фазой; термообработка; внесение присадок с последующим охлаждением.

Среди многообразия подходов оценки характеристик работоспособности пластичных смазок, большинство направлено на определение ресурса, исходя из технологических составляющих узла трения, режимов его работы, не учитывая при этом свойства основы масла, её противоизносные характеристики.

Общая стратегия и технология получения смазок базируется на классических подходах решения проблем трибологии, при этом недостаточно рассматриваются вопросы повышения эффективности использования ресурсов, снижения затрат на производство смазок. Выявлено, что практически не рассматриваются и не решаются задачи использования вторичного сырья в качестве основы, а имеющие место разработки составов на основе отработанных масел недостаточно изучены. Среди основных недостатков и недоработок в этом направлении является использование отработанных масел, содержащих примеси, смолы, что в конечном результате усложняет процессы приготовления смазок и не обеспечивает их работоспособность в узлах трения.

Таким образом, на основе проведенного системного анализа имеющегося теоретического и практического опыта ученых, предлагается комплексное решение актуальных проблем ресурсосбережения, снижения затрат на приобретение смазочных материалов, утилизации отработанных масел путем обоснования параметров и характеристик процесса приготовления и использования пластичных смазок на основе отработанных моторных масел с разработкой и реализацией технологических процессов приготовления смазок на специальном оборудовании в условиях сельскохозяйственного производства.

Во второй главе «Теоретические предпосылки разработки процесса получения пластичных смазок на основе отработанных масел» обоснован выбор разделяющих агентов, способных скоагулировать мелкодиспиргированные примеси в отработанных моторных маслах для их последующего удаления с целью получения дисперсионной среды пластичных смазок. Установлено, что среди известных коагулянтов для очистки отработанных масел от смол, асфальтенов, продуктов окисления наибольшим эффектом обладают амины, которые при определенных условиях алкилируются и ацетилируются в щелочной и кислотной среде масла. Отрицательным фактором процесса коагуляции примесей, является воздействие моюще-диспергирующих присадок присутствующих в отработанных моторных маслах, который зависит от температуры разложения. Взаимодействие аммиака с моюще-диспергирующими присадками проходит по схеме:

$$\left[R-A_2SO_2O-\right]_2 Me + 2NH_3 \rightarrow 2RA_2SO_2OH + Me(NH)_2$$

Взаимодействие выделяющегося аммиака с антиокислительной присадкой определяется как:

$$\left|\begin{array}{c} R'O \quad\quad S \\ \backslash \quad // \\ P \\ / \quad \backslash \\ R''O \quad\quad S \end{array}\right| Zn + 2NH_3 \rightarrow 2 \begin{array}{c} R'O \quad\quad S \\ \backslash \quad // \\ P \\ / \quad \backslash \\ R''O \quad\quad S \end{array} + Zn(NH_2)_2$$

Если рассматривать процесс взаимодействия смол, асфальтенов, карбенов, карбоидов, имеющих в своем составе $> O_1$, то при их взаимодействии, например с моноэтаноламином, возможна реакция:

$$\begin{array}{ccccccccccc} C & & CH_2 & & NH_2 & & CH_2 & & N & & R_2 \\ \| & & / & \backslash & / & \rightarrow & / & \backslash & / & \backslash\backslash & / \\ R_1-C-R_2+HO & & & CH_2 & & & HO & CH_2 & & C-R_1 & \end{array} + H_2O$$

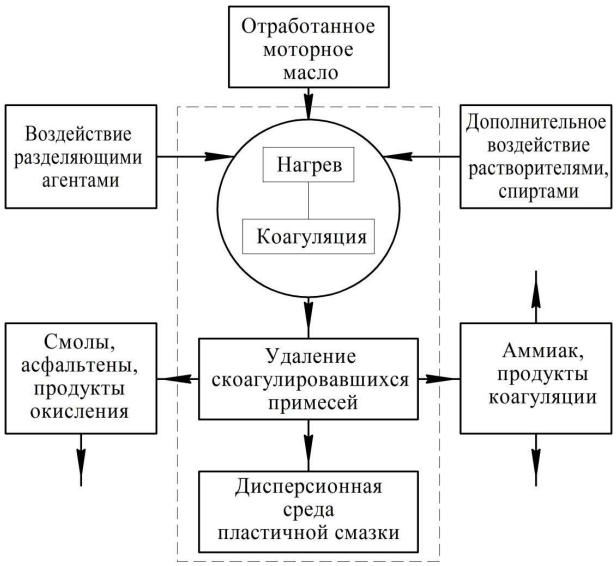


Рисунок 1 – Схема процесса получения дисперсионной среды на основе отработанных масел

Повышение эффективности действия карбамида, моноэтаноламина в масляной среде с высоким остаточным содержанием присадок возможно за счет временного растворения и ослабления их активности спиртами-растворителями с последующим их удалением, по схеме рисунок 1, что позволяет повысить качество очистки отработанного масла для использования его в качестве дисперсионной среды пластичных смазок.

В соответствии с известной закономерностью процесса осаждения частиц примесей, скорость осаждения частиц примесей в отработанном масле определяется выражением:

$$\upsilon_0 = \frac{F_{CT}}{r_{\text{ч.п.}} \cdot \mu} \tag{1}$$

где где F_{CT} - сила сопротивления осаждению частиц примесей, Н; $r_{чп}$ - радиус частиц примесей (загрязнений), м; μ- коэффициент динамической вязкости, кг/(м·с).

Для принимаемого условия очистки отработанных масел, скорость осаждения частиц примесей смол в поле гравитационных сил с учетом объёмного содержания частиц в масле $V_{(\text{П})}$ и некоторого коэффициента кратности увеличения примесей под действием разделяющих агентов равна:

$$\upsilon_0 = \frac{2 \cdot r_{\text{ч.п.}}^2 \left(\frac{\rho_{\text{ч.п.}}^0}{1 - \alpha \cdot t} - \rho(t) \right) V_{(\text{П})} \cdot g}{9 \cdot \mu \cdot \left(\frac{t_{\text{к}}}{\text{t}_{\text{и}}} \right)^{\text{к}} \cdot d(k)} \cdot \text{У}_{\text{к}} \tag{2}$$

где $\text{У}_{\text{к}}$ - коэффициент кратности увеличения частиц примесей (смол) под действием разделяющих агентов У=5…10 (определяемый аналитическим путем), $\rho_{\text{ч.п.}}^0$ - плотность частиц примесей исходная, кг/м^3; α - коэффициент объёмного расширения частиц примесей (смол, асфальтенов); t - температура масла относительно начального состояния $t_{\text{н}}$, °С; μ- коэффициент динамической вязкости, кг/(м·с).; к – коэффициент определяемый экспериментально 2,5<к<3,2; $r_{\text{ч.п.}}$ - радиус частиц примесей, м; g - ускорение свободного падения, м/с^2.

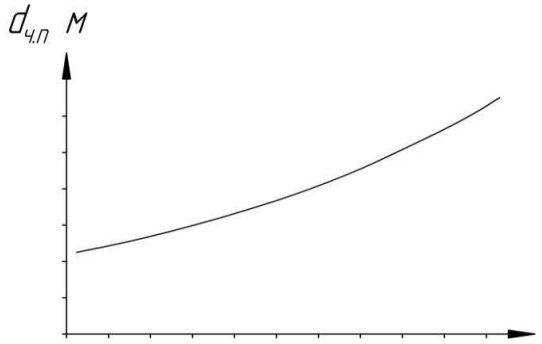


Рисунок 2 – Зависимость изменения скорости осаждения от диаметра частиц примесей

Анализируя полученное выражение с учетом теоретического представления и известных аналитических данных, скорость осаждения в зависимости от изменения диаметров частиц примесей носит степенной характер (рисунок 2).

Соответственно время, за которое частицы осаждаются, можно оценить по формуле:

$$\text{Т}_{\text{оч}} = \frac{\text{Н}}{\upsilon_0} \tag{3}$$

где Н – высота столба масла в ёмкости, м.

Анализируя составы отработанных моторных масел, установлено, что остаточное содержание моюще-диспергирующих присадок в них различно, и они, в силу их назначения, снижают эффективность процесса укрупнения примесей замедляя его, что влияет на время отстаивания примесей. Тогда коэффициент замедления можно представить как:

$$h' = \frac{\Pi_0}{\Pi_0 - \Pi_к} \tag{4}$$

где h' - коэффициент замедления; Π_0 - исходное содержание присадок в свежем масле, определяемое по щелочному числу, мгКОН/г; $\Pi_к$ – остаточное содержание моющее-диспергирующих присадок мгКОН/г, (принимаем 30, 20, 10 % или 3, 2, 1 мгКОН/г).

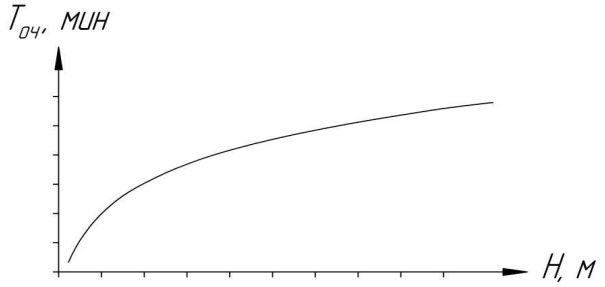


Рисунок 3 - Зависимость изменения времени осаждения $T_{оч}$ примесей от расстояния H с учетом укрупнения частиц и действия моюще – диспернирующих присадок

Тогда выражение 3 с учетом 4 будет иметь вид:

$$T_{оч} = \frac{H}{v_0} h' \tag{5}$$

Подставляя в полученную формулу (5) значение скорости осаждения примесей, высоту «столба» осаждающихся примесей с учетом замедления процесса под действием моюще-диспергирующих присадок, получим зависимость времени очистки $T_{оч}$ от расстояния $H_и$ которая представляется как (рисунок 3).

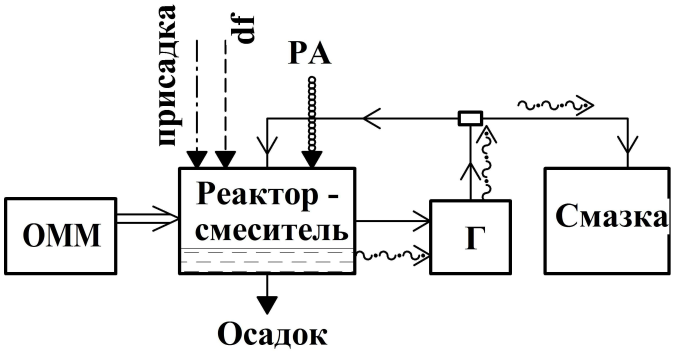


Рисунок 4 – Схема процесса приготовления смазки

С целью решения вопросов упрощения технологического процесса получения смазки на базе отработанного моторного масла предлагается весь процесс объединить в одном объекте: реакторе-смесителе (рис.4), где проводится и очистка отработанного масла (ММО) с помощью РА (разделяющего агента) и его перемешивание с дисперсной фазой (df) с последующей гомогенизацией (Г) и созреванием смазки.

Уравнение материального баланса для определения технологии и процесса очистки масла с целью получения дисперсионной среды имеет вид:

$$G_1 = G_2 + G_n \tag{6}$$

где G_1 - количество исходных компонентов (количество ОММ с разделяющими агентами), кг/час; G_2 - количество получаемой дисперсионной среды (очищенного масла), кг; G_n - количество осадка (потерь) на стадии очистки, кг.

Определяя параметры объекта (бака-реактора), где проводится и очистка масла и последующее приготовление на его основе пластичной смазки, исходим из того, что в сельскохозяйственных предприятиях среднего уровня (не более 100 единиц техники) потребляют в среднем в год 1,5-2 тонны пластичных смазок. На основании чего определяем рациональные размеры бака реактора V=0,7 м^3, диаметр d=0,9 м, высота H=1,1 м.

В соответствии с предполагаемым технологическим процессом перемешивания дисперсионной среды и дисперсной фазы предлагается расчетная рамная конструкция мешалки с мощностью электропривода 1,5 кВт.

Об эффективности работы пластичной смазки в узлах трения судят по целому ряду единичных и комплексных показателей.

В соответствии с теорией Харисона ресурс подшипника может быть оценен и увеличен путем создания благоприятных условий смазывания:

$$L = a_{rus}\left(\frac{C}{P}\right)^{P} \qquad (9)$$

где L – ресурс; C – номинальная динамическая грузоподъёмность; P – эквивалентная динамическая нагрузка на подшипник; a_{rus} – поправочный коэффициент.

Однако для наших условий от концентрации остаточного содержания присадок в дисперсионной среде зависят противоизносные свойства смазки, для чего необходимо определение дополнительного показателя, которым является диаметр пятна износа смазки, оцениваемый экспериментально:

$$Д = \alpha t^2 - \beta t \qquad (10)$$

где a – коэффициент связанный с природой отработанного масла (минеральное или синтетическое); β – остаточная концентрация присадки в очищенном моторном масле: t – температура масла, °С.

Тогда рассматривая ресурс работы подшипника в зависимости от свойств масла и остаточного содержания присадок выражение 9 примет вид:

$$L = \frac{1}{Д}\left(\frac{C}{P}\right)^{P} \qquad (11)$$

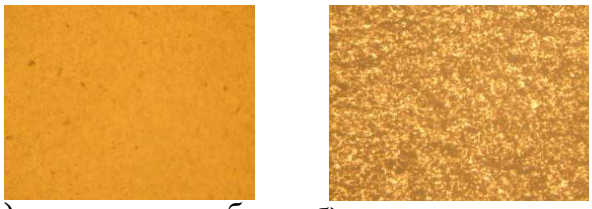
Установлено, что максимальное значение функции Д находится на границе области определения ресурса смазки с наибольшей остаточной концентрацией присадки в дисперсионной среде (ОММ).

В третьей главе «Программа и методики экспериментальных исследований» изложены программа и методики исследований, включающие методику проведения экспериментальных исследований по выбору разделяющих агентов, методику определения рациональных составов смазок и параметров процесса перемешивания дисперсионной среды с дисперсной фазой, методику электрохимической оценки противокоррозионных свойств пластичных смазок, определение адгезионной способности пластичных смазок, методику определения прочностных характеристик пластичных смазок при помощи теплофизической измерительной установки, определение теплоёмкости пластичных смазок методом монотонного разогрева, оценку противоизносных свойств пластичных смазок на четырехшариковой машине трения, методику стендовых испытаний пластичных смазок в подшипниках качения, методику проведения производственных испытаний образцов смазок в узлах трения сельскохозяйственной техники.

Производственные испытания экспериментальных образцов смазок аналогов Литол – 24 и Солидол Ж проводили в узлах трения уборочных машин, эксплуатируемых в СХПК ПЗ колхоз имени Ленина Тамбовского района Тамбовской области.

Результаты исследования обрабатывались с помощью методов математической статистики и современными программами для ПК.

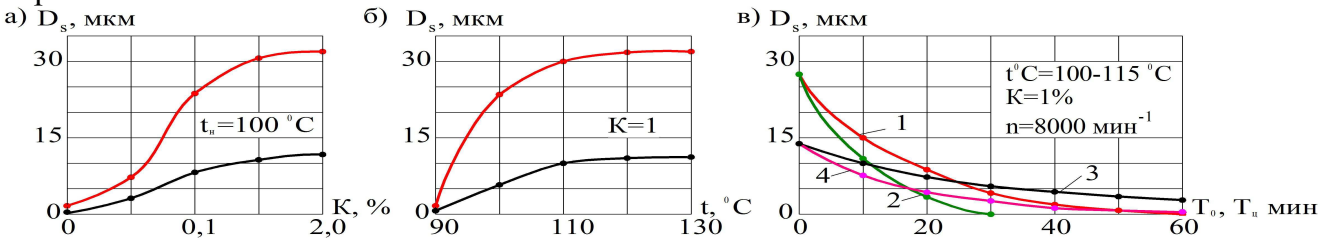
В четвертой главе «Результаты экспериментальных исследований» для рассмотрения действия и подтверждения обоснованности выбора разделяющих агентов в отработанное минеральное масло М10$Г_2$ вносился водный раствор карбамида в концентрации 0,1 - 2%, смесь нагревалась до температуры 90…130°С и отстаивалось в течение 120 минут. В результате исследований установлено, что внесение водного раствора в отработанное моторное масло позволяет укрупнять смолы, асфальтены, карбены, карбоиды от 0,1 до 10 мкм (рис.5). Определено, что рациональными параметрами процесса



а) исходное отработанное масло М-10Г$_2$ б) масло после внесения водного раствора карбамида

Рисунок 5 – Микрофотография проб масел

укрупнения мелкодиспиргированных примесей в ОММ является концентрация внесения раствора карбамида 1%, температура нагрева масла 110 °С и время отстаивания > 60 мин. Анализ масла на содержание нерастворимого осадка в отстоявшемся масле указывает на необходимость совершенствования состава вносимого коагулянта. Для повышения эффективности процесса укрупнения примесей карбамид вносился в смеси с изопропиловым спиртом. На рисунке 6 представлены результаты исследований по оценке дисперсного состава в отработанном масле.



а) от концентрации К, б) температуры масла $t_н$, в) от времени (осаждения, центрифугирования T_0, $T_ц$)

Рисунок 6 – Зависимости изменения дисперсного D состава загрязнений от концентрации вносимого коагулянта, температуры нагрева масла, времени отстоя T_0(1), времени центрифугирования $T_ц$(2)

Установлено, что дополнительное внесение изопропилового спирта (линия 2) позволяет укрупнить частицы примесей по сравнению с известным РА, линия 1, более чем в 2 раза, и достигать размеров скоагулировавших частиц размером >20 мкм.

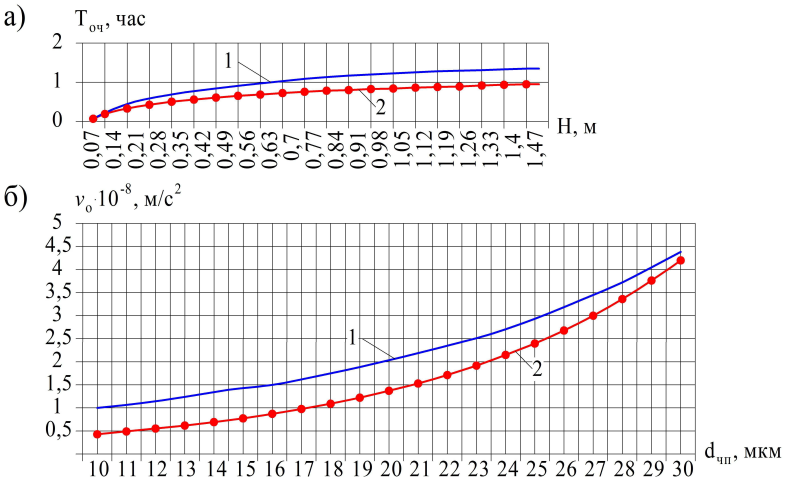


Рисунок 7 – Определение сходимости и результатов теоретических и экспериментальных исследований по оценке скорости и времени осаждения примесей

Подставляя полученные в ходе экспериментальных исследований данные в теоретически установленную зависимость (2 и 5) установлена высокая сходимость теоретических и экспериментальных данных (рисунок 7).

В соответствии с теоретическими представлениями проведены исследования по укрупнению примесей и их удалению под действием моноэтаноламина.

Установлено, что его внесение 1% - 1,5% позволяет увеличить дисперсный состав примесей от 0,1-0,5 мкм до 20 мкм. Последующее внесение 1% изопропилового спирта способствует агрегатации частиц до размеров >30 мкм т. е. в 20-30 раз (рис.8)

Исходное масло 0,5% МЭА 1% МЭА

Рисунок 8 - Характер процесса коагуляции примесей в синтетическом отработанном моторном масле в зависимости от концентрации внесения МЭА

Проведение операций осаждения скоагулировавших примесей

показало, что время полного осаждения примесей составляло 60 мин. Зависимость содержания нерастворимого осадка в масле от концентрации внесения МЭА при различной температуре представлена на рисунке 9.

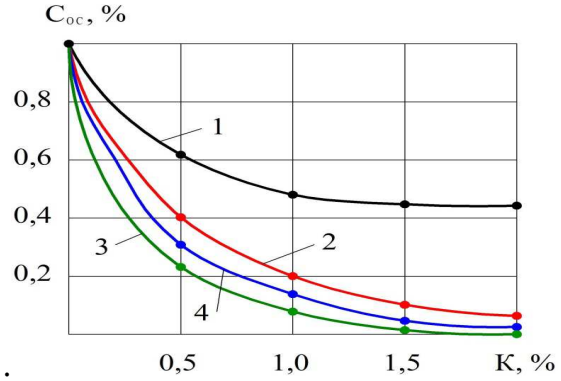


Рисунок 9 – Зависимость изменениея содержания нерастворимого осадка в масле от концентрации внесения коагулянтов при различной температуре 1-80 ºС, 2-90 ºС, 3- 100ºС, 4-110 ºС

Анализируя полученные данные можно утверждать, что масло после внесения РА и отстаивания в поле гравитационных сил практически не содержит загрязнений и пригодно к использованию в качестве дисперсионной среды пластичных смазок. В результате определения рационального состава экспериментальных смазок на основе глубокоочищенных отработанных моторных масел определено (рис. 10), что рациональным составом смазки аналога Солидола, позволяющий получить смазку с температурой каплепадения 90 °С, является 80 % основы (очищенного отработанного масла) и 20 % дисперсной фазы, состоящей из КОСЖК и водного раствора щелочи 1:2. Состав смазки аналога Литол – 24 состоит 80 – 81 % основы – очищенного отработанного моторного синтетического масла и 20 – 19% дисперсной фазы состоящей из 12 – оксистеариновой кислоты.

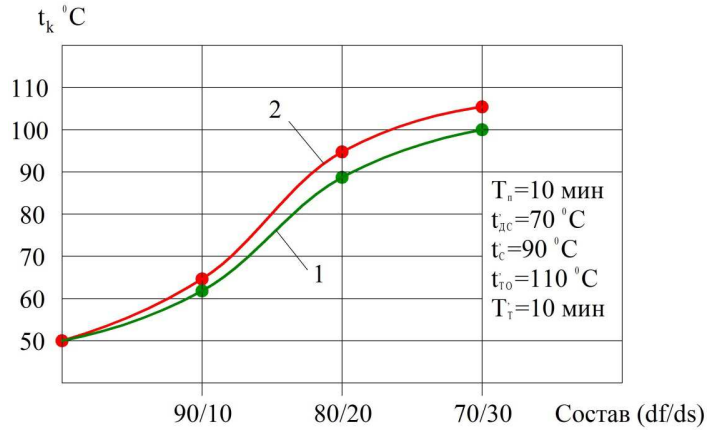


Рисунок 10 – Зависимость изменения температуры каплепадения смазки от соотношения дисперсионной среды (ds) и дисперсной фазы (df)

В результате электрохимических исследований защитных свойств составов смазок на катодной поляризационной кривой установлен линейный тафелевский участок с наклоном $tg\alpha_к$ ~ 140 мВ, переходящий в область предельного катодного тока с $i_{пред}$ ~ 0,040 А/м^2 (рис 11). На анодной поляризационной кривой также имеется линейный тафелевский участок с наклоном ≈ 53 мВ, близким к значению *2,3 RT/F*, что свидетельствует о высоких защитных свойствах смазок. Исследования адгезионных свойств экспериментальных пластичных смазок на основе отработанных синтетических и минеральных масел показали, что

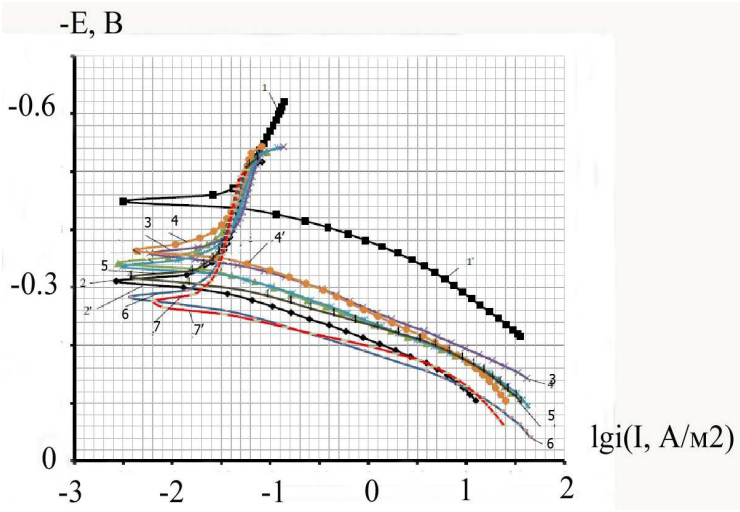


Рисунок 11 – Поляризационные кривые

экспериментальные смазки на минеральной основе имели нагрузку на отрыв на 10 % больше чем у смазки аналога Солидола на минеральной основе (рисунок 12).

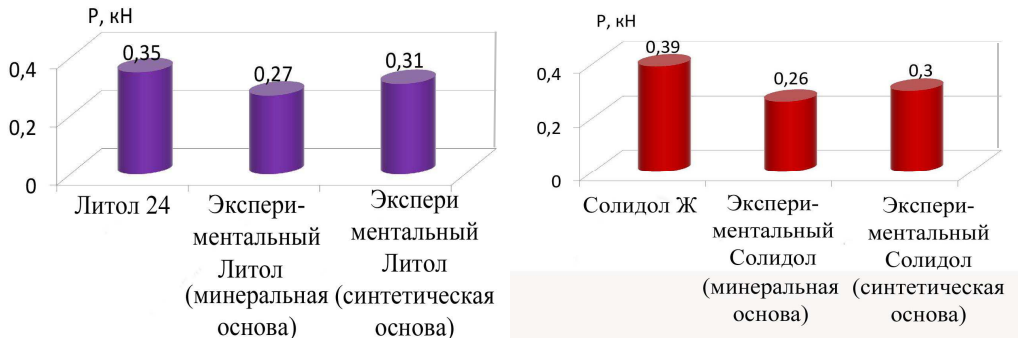


Рисунок 12 – Зависимость изменения адгезионных свойств смазок от основы смазки и толщины слоя смазки между пластинами

Пластичные смазки, используемые в узлах трения тракторов и комбайнов, подвергаются воздействию статических и динамических нагрузок различных по величине, продолжительности и направлению. Установлено, что при температуре 18 - 23 ºС Солидол товарный (рисунок 13 а) имеет более высокие прочностные характеристики чем экспериментальные аналоги, приготовленные на основе отработанных масел.

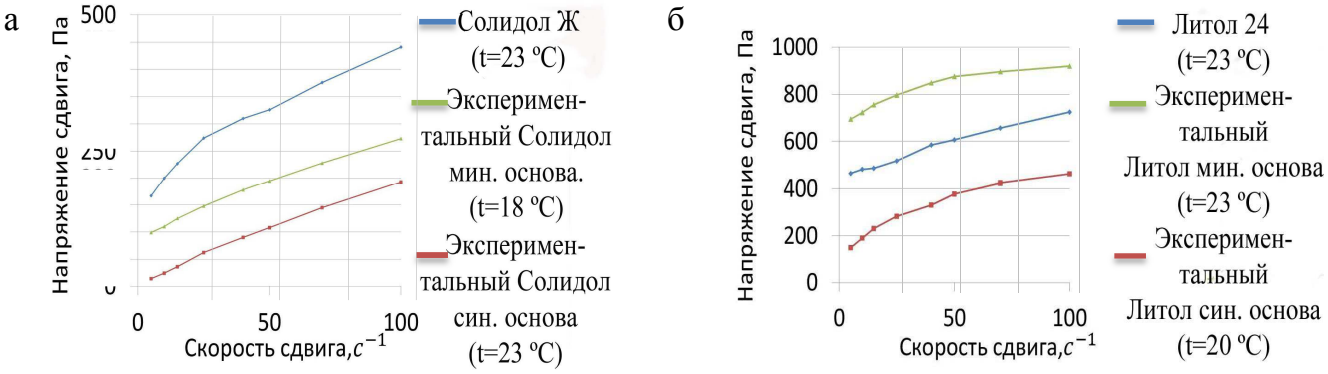


Рисунок 13 – Зависимости изменения напряжения сдвига от скорости сдвига

Напряжение на сдвиг у образцов Литола (рисунок 13 б) в несколько раз превышают показатели Солидола что закономерно, так как составы смазок типа Литол – 24 способны работать в более жестких условиях и имеют более высокие эксплуатационные характеристики.

В результате исследования по определению теплоёмкости смазок установлено, что при повышении температуры нагрева товарного Солидола его теплоемкость увеличивалась и к 100 – 110 °С достигла 2300 Дж/(кг·К). Несколько по другому изменялась теплоемкость аналогов экспериментального Солидола, полученных на минеральной и синтетической основе, а именно пик повышения теплоемкости смазок наблюдался в диапазоне температур 75 – 85 °С. Далее по мере нагрева процесс стабилизировался, и теплоемкость увеличивалась с 1800 Дж/(кг·К) до 2000 - 2100 Дж/(кг·К).

Для определения окислительных процессов в смазках проводилась оценка изменения кислотного числа смазок в зависимости от их нагрева (рисунок 14).

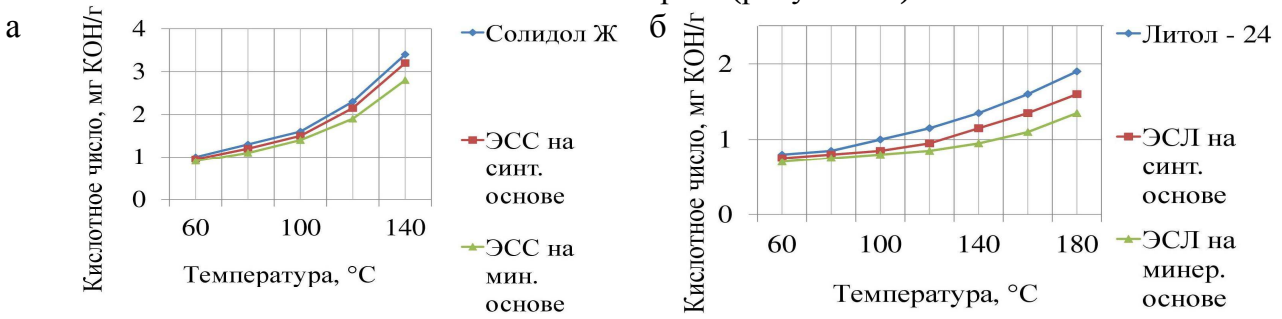
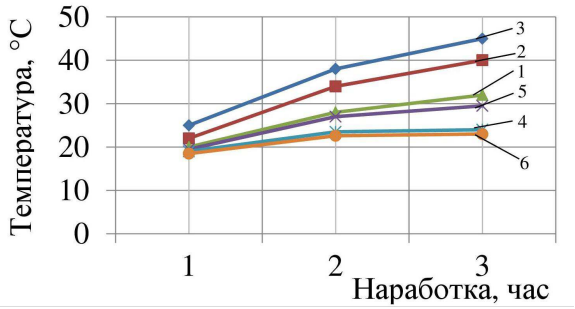


Рисунок 14 Зависимость изменения кислотного числа смазок от температуры нагрева

Анализируя полученные зависимости установлено, что в процессе нагрева смазки Солидол Ж (рис. 14 а) кислотное число росло незначительно до 100 °С. Далее по мере

нагрева до 140 °С кислотное число товарного Солидола увеличивалось практически в два раза. Экспериментальные смазки аналоги, приготовленные на минеральной ЭСС и синтетической основе окислялись аналогично. Увеличение кислотного числа смазок до 3 мг КОН/г свидетельствует об интенсивных окислительных процессах в смазке и сокращении эффективного срока службы смазок. Смазки Литол – 24, экспериментальные ЭСЛ и их аналоги (рисунок 14 б) на основе синтетических и минеральных масел по мере увеличения температуры до 140…150 °С окислялись медленно. Наблюдалось активное увеличение кислотного числа товарной смазки при нагреве ее выше температуры 160 °С. Экспериментальная смазка аналог Литола, изготовленная на основе синтетического очищенного моторного масла, заметно менее подвержена воздействию высоких температур.



1 – Солидол Ж, 2 – ЭСС на синтетической основе, 3 – ЭСС на минеральной основе, 4 – Литол – 24, 5 – ЭСЛ на минеральной основе, 6 – ЭСЛ на синтетической основе

Рисунок 15 – Зависимость изменения температуры нагрева подшипника от времени работы при постоянной нагрузке в узлах стендовых испытаний

Сравнительные стендовые испытания Солидола Ж и Литола 24 (рис. 15) и экспериментальных аналогов в подшипниках качения показали, что разработанные смазки 2, 3, 5, 6 имеют более высокие трибологические характеристики.

На рисунке 16 а, б, в, г, д, е показаны следы износа дорожек качения неподвижных обойм подшипников до и после их испытаний в течение 180 минут.

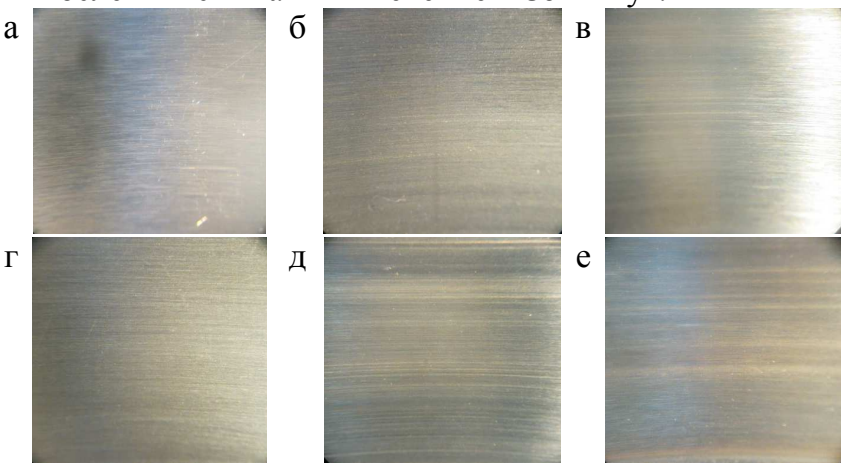


Рисунок 16 – Микрофотографии поверхностей износа подшипников

а, г –исходной поверхности; б –поверхности после 3 часов испытаний на смазке Солидол Ж; в - поверхности после 3 часов испытаний на ЭСС (на синтетической основе); д - поверхности после 3 часов испытаний на смазке Литол – 24; е - поверхности после 3 часов испытаний на ЭСЛ (на синтетической основе).

Анализируя микрофотоснимки установлено, что наибольший износ поверхности качения наблюдался у товарного Солидола Ж и Литола -24, при равных условиях испытаний с экспериментальными образцами – частота вращения – 1380 мин$^{-1}$, время испытаний 3 часа, нагрузка 20 Н.

Производственные испытания образцов смазок аналогов Литол – 24 и Солидол Ж проводили в узлах трения уборочных машин, эксплуатируемых в СХПК ПЗ колхоз имени Ленина Тамбовского района Тамбовской области.

На рисунке 17 показана динамика изменения температуры t °С опорного подшипника жатки от времени работы смазки Солидол Ж и экспериментального образца Солидола.

Установлено, что товарная смазка Солидол Ж (1) работала в установленном допустимом температурном режиме t °С. При этом экспериментальная смазка (2), работавшая в параллельно установленном подшипнике, имела значение температуры на 5 °С ниже, что косвенно говорит о более высоких трибологических характеристиках.

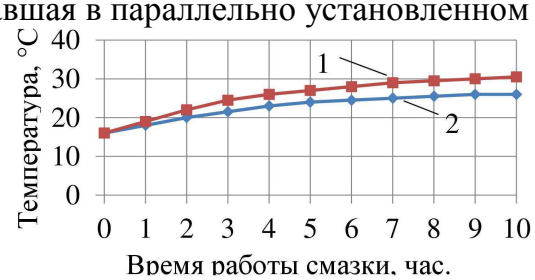
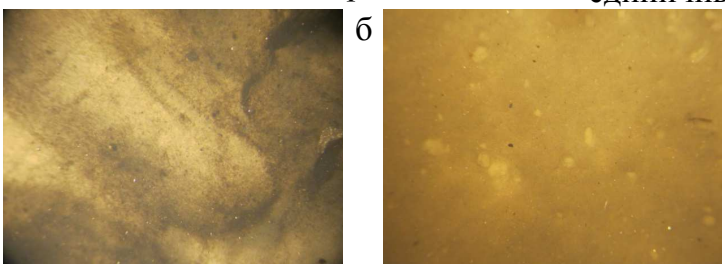


Рисунок 17 – Зависимость изменение температуры опорного подшипника в зависимости от наработки

Анализируя внешний вид и загрязненность смазок под микроскопом (рисунок 18) установлено, что товарная смазка после 8 часов работы изменила цвет и приобрела более темный оттенок с видимыми многочисленными вкраплениями (рисунок 18 а) примесей. Экспериментальная смазка имела более светлый цвет с единичными элементами загрязнений.

а б



а–товарная смазка, б–экспериментальная смазка

Рисунок 18 – Внешний вид и загрязненность смазок после 8 часов работы в узле трения

В результате измерения температуры нагрева в узле трения установлено, что экспериментальный образец смазки Литол на синтетической основе способствовал снижению температуры в среднем на 5…15 % по сравнению с испытаниями в тех же узлах товарной смазки Литол – 24.

Полученные результаты исследований являлись основанием для проведения расчетов и разработки опытного образца оборудования для приготовления смазок (рисунок 19).

Рисунок 19 – Общий вид опытного образца реактора-смесителя для приготовления смазок

После завершения этапа проектирования и изготовления опытного образца устройства для получения смазок проводился ряд производственных экспериментов по получению смазок.

На рисунке 20 представлена зависимость изменения температуры каплепадения от времени перемешивания в аппарате и концентрации дисперсной фазы С.

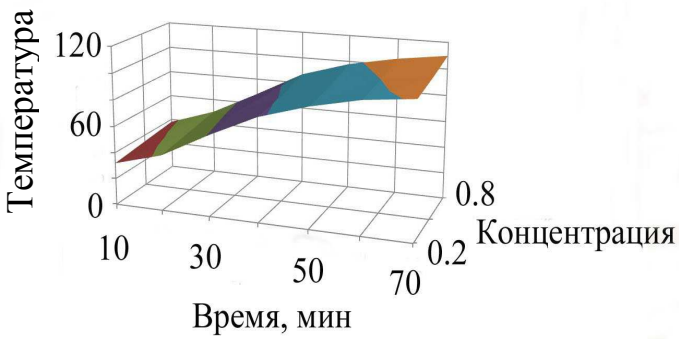


Рисунок 20– Зависимость температуры каплепадения от времени перемешивания и концентрации смешиваемых составов

На рисунке 21 представлена зависимость потребляемой мощности от времени перемешивания и концентрации дисперсной фазы С.

Разработанные реактор – смеситель и технологический процесс приготовления смазок внедрен в ООО «МИПП ЭнергоОйл» г. Мурманска и ООО «Завод смазок ПРОМ-ОИЛ» г. Иваново. Предприятие изготавливает смазки Литол – 24 и Солидол Ж и реализует их автотранспортным и сельскохозяйственным предприятиям области.

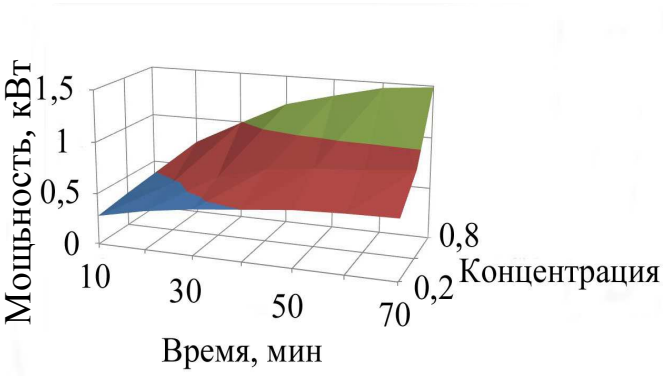


Рисунок 21 – Зависимость потребляемой мощности от времени перемешивания и концентрации смазки.

В пятой главе «Оценка экономической эффективности от использования аналогов пластичных смазок в сельскохозяйственной технике» проведены расчеты показателей экономической эффективности. Полученный экономический эффект от использования пластичных смазок на основе отработанных моторных масел составляет 219483 руб. в год, при сроке окупаемости 0,7 года.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные теоретические и экспериментальные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Определено, что для коагуляции загрязнений в отработанных маслах и последующего удаления примесей, смол дисперсного состава <1 мкм целесообразно использовать разделяющие агенты в виде спиртовых растворов карбамида и моноэтаноламина, способные укрупнять частицы примесей в 20-30 раз.

2. Установлено, что процессы удаления примесей из отработанных масел зависят от скорости осаждения V_0 и времени их удаления $Т_{оч}$ под действием разделяющих агентов с учетом коэффициента кратности увеличения примесей $У_к$=20…30 и замедления процесса осаждения за счет остаточного действия моюще - диспергирующих присадок, учитываемого коэффициентом замедления $h' = 0{,}1 \dots 0{,}3$, что позволило разработать новые способы очистки отработанных масел для их дальнейшего использования в качестве дисперсионной среды пластичных смазок.

3. Определен рациональный состав пластичных смазок, состоящий из 80 % дисперсионной среды – очищенных отработанных моторных масел и 20% дисперсной фазы, представляющей собой 7% КОСЖК и 13% щелочи, для получения аналога смазки Солидол, и 81% очищенного отработанного синтетического моторного масла и 19% 12 - оксистеариновой кислоты с водным раствором гидроксида лития для аналога смазки Литол – 24.

4. Определен показатель эффективности работы смазки в узле трения, представляющий собой ресурс L, учитывающий свойства дисперсионной среды через коэффициент $\alpha = 0{,}8 - 0{,}9$ и $\beta = 0{,}3$, режимы работы узла трения, противоизносные свойства смазки, определяемые экспериментально по диаметру пятна износа Д.

5. Предложена схема процесса приготовления смазок, позволяющая выполнить операции очистки отработанных масел для их использования в качестве дисперсионной среды, перемешивания дисперсионной среды и дисперсной фазы, нагрева, гомогенизации.

6. Экспериментально подтверждено, что внесение в отработанное масло 1% карбамида и изопропанола при температуре 100 °С позволяет увеличить дисперсный состав примесей в 20-30 раз, снизить содержание примесей в 5 раз за время отстаивания 60 мин., внесение в отработанное синтетическое моторное масло 1,5% моноэтаноламина, нагрева до $t = 70 - 115\ ^0$С и отстаивания в течение 60 мин. позволяет удалить из масла 90 % смол, асфальтенов, карбенов, карбоидов, дополнительное смешивание с 1% изопропиловым спиртом вызывает ослабление действия моюще – диспиргирующих присадок, интенсифицирует процесс коагуляции и в конечном результате позволяет удалять примеси из отработанных масел.

Подтверждено, что рациональной концентрацией смешивания дисперсионной среды с дисперсной фазой являются пропорции 80/20 и 81/19, предварительная температура обработки 100±5 °С, рациональное время обработки смеси 120 мин., окончательная обработка проводится при температуре 230 °С.

7. Оценка антикоррозионных и защитных свойств разработанных составов смазок показала их высокую способность обеспечивать защитную эффективность стальных поверхностей, при определении адгезионных свойств смазок установлено усилие на отрыв, составляющее 0,29 – 0,31 кН, что характеризует высокие адгезионные свойства смазок. Прочностные характеристики экспериментальных смазок, оцениваемые напряжением на сдвиг, составляли > 500 Па, т.е. в 2 раза выше, чем у товарных смазок. Противоизносные свойства экспериментальных аналогов пластичных смазок, оцениваемые по диаметру пятна износа, на 15 – 20 % выше, чем у сравниваемых товарных образцов. Содержание железа в смазках при испытаниях в подшипниках качения, в стендовых условиях не превышало 0,0007 г/кг, что в 2 – 3 раза меньше чем в испытанном товарном образце. Ресурс работы подшипников и смазки превышает на 20% нормативное значение, и составляет $3.4 \cdot 10^{11}$ мл. об.

8. Производственные испытания экспериментальных смазок в узлах жатки ПН-35 и комбайна Дон 680 М показали устойчивую работу узлов трения и снижение температуры их нагрева на 30 – 40 %, снижение продуктов износа (железа) в экспериментальных смазках по сравнению с товарными образцами на 10 – 15 %.

Составы, технология и оборудование для производства смазок приняты к серийному производству в ООО «Завод смазок ПРОМ-ОИЛ» г. Иваново и ООО «МИПП ЭнергоОйл» г. Мурманска.

Экономическая эффективность от использования разработанных составов смазок взамен товарных составляет 219483 руб. в год при сроке окупаемости 0,7 года, рассчитанном для условия производства 1 тонны смазок в год.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛЕКОВАННЫХ АВТОРОМ ПО ТЕМЕ ДИСССЕРТАЦИИ

Статьи в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК РФ

1. Шихалев И.Н. Пластичные смазки на основе отработанных масел [Текст] / Остриков В.В., Корнев А.Ю., Шихалев И.Н., Сафонов В.В. // Сельский механизатор. – 2014. – № 3. – С. 30-31.

2. Шихалев И.Н. Исследования по разработке технологических процессов получения пластичных смазок на основе глубокоочищенных отработанных масел [Текст] / Остриков В.В., Корнев А.Ю., Шихалев И.Н. // Научное обозрение. – 2014. – № 4. – С. 211-215.

3. Шихалев И.Н. Технологический процесс приготовления пластичных смазок на основе отработанных масел [Текст] / Остриков В.В., Корнев А.Ю., Тупотилов Н.Н., Ши-

халев И.Н., Сафонов В.В., Мякинин И.Н. // Техника и оборудование для села. – 2014. – № 6. – С. 26-28.

4. Шихалев И.Н. Смазка из отработанного масла [Текст] / Остриков В.В., Корнев А.Ю., Тупотилов Н.Н., Шихалев И.Н., Сафонов В.В. // Сельский механизатор. – 2015. – № 7. – С. 34-35.

Патенты

5. Пат. 2529858 Российская Федерация, МПК C10M175/02. Способ очистки отработанных масел / Остриков В.В., Корнев А.Ю., Попов С.Ю., Шихалев И.Н.; заявитель и патентообладатель ГНУ ВНИИТиН Россельхозакадемии - 2014131692/04; заявл. 30.07.2014; опубл. 27.06.2015.

6. Пат. 2556221 Российская Федерация, МПК C10M175/00. Способ регенерации отработанных синтетических моторных масел / Остриков В.В., Тупотилов Н.Н., Корнев А.Ю., Шихалев И.Н., Вигдарович В.И.; заявитель и патентообладатель ГНУ ВНИИТиН Россельхозакадемии - 2014125915/04; заявл. 26.06.2014; опубл. 10.07.2015.

7. Пат. 2529857 Российская Федерация, МПК C10M101/02; C10M129/26; C10M159/04; C10N30/06; Пластичная смазка для тяжелонагруженных узлов трения / Корнев А.Ю., Остриков В.В., Шихалев И.Н., Вигдарович В.И., Казаринов О.Г.; заявитель и патентообладатель ГНУ ВНИИТиН Россельхозакадемии - 2013130714/04; заявл. 04.07.2013; опубл. 10.10.2014.

Статьи в материалах конференций и научных журналах

8. Шихалев И.Н. Получение пластичных смазок на основе отработанных масел [Текст] / Корнев А.Ю., Шихалев И.Н., Остриков В.В. // Сборник научных докладов XVII Международной научно - практической конференции «Повышение эффективности использования ресурсов при производстве сельскохозяйственной продукции – новые технологии и техника нового поколения для растениеводства и животноводства» г. Тамбов 23-25 сентября 2013. – С. 227-228.

9. Шихалев И.Н. Получение пластичных смазок на основе отработанных масел [Текст] / Корнев А.Ю., Остриков В.В., Вигдорович В.И., Шихалев И.Н. // Наука в центральной России, – № 4. – 2013. – С. 11-14.

10. Шихалев И.Н. Пластичная смазка на основе отработанного масла [Текст] / Остриков В.В., Корнев А.Ю., Тупотилов Н.Н., Шихалев И.Н., Сафонов В.В. // Сборник трудов международной заочной научно – практической конференции «Актуальные направления научных исследований 21 века: теория и практика.» ФГБОУ ВПО «Воронежская государственная лесотехническая академия». – 2014. –№ 3, – Ч. 4 (8-4) – С. 447-451.

11. Шихалев И.Н. Технологический процесс приготовления аналогов пластичных смазок [Текст] / Остриков В.В., Корнев А.Ю., Шихалев И.Н., Сафонов В.В // Материалы Международного научно - технического семинара имени В.В. Михайлова «Проблемы экономичности и эксплуатации автотракторной техники». – Вып. 27.- Саратов, Буква – 2014. – С/ 138-142.

12. Шихалев И.Н. Технологический процесс приготовления пластичных смазок на основе отработанного синтетического моторного масла [Текст] / Остриков В.В., Вязинкин В.С., Шихалев И.Н. // Сборник научных статей XI Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы научно – технического прогресса в АПК», посвященной 65 – летию факультета механизации сельского хозяйства, 25-27 марта 2015 , г. Ставрополь. – «Агрус», СГАУ, –2015. – С. 289-293.

13. Шихалев И.Н. Дисперсионная среда пластичных смазок [Текст] / Остриков В.В., Шихалев И.Н., Попов С.Ю. // Научная мысль, – 2015. –№ 3. – С. 15-21.

14. Шихалев И.Н. Оценка защитных свойств пластичных смазок на основе отработанных масел [Текст] / Остриков В.В., Шихалев И.Н., Попов С.Ю. // Научная мысль, – 2015. – № 3. – С. 22-27.

15. Шихалев И.Н. Технологический процесс приготовления пластичных смазок в емкостном реакторе-мешалке [Текст] / Остриков В.В., Шихалев И.Н., Попов С.Ю. // Сборник научных докладов XVIII Международной научно- практической конференции «Повышение эффективности использования ресурсов при производстве сельскохозяйственной продукции – новые технологии и техника нового поколения для растениеводства и животноводства» 23-24 сентября 2015 года, г. Тамбов. – 2015. – С. 217-221.

16. Шихалев И.Н. Адгеззионные свойства пластичных смазок на основе отработанных масел [Текст] / Остриков В.В., Шихалев И.Н. // Сборник научных докладов XVIII Международной научно- практической конференции «Повышение эффективности использования ресурсов при производстве сельскохозяйственной продукции – новые технологии и техника нового поколения для растениеводства и животноводства» 23-24 сентября 2015 года, г. Тамбов. – 2015. – С. 221-222.

17. Шихалев И.Н. Дисперсионная среда пластичных смазок на основе отработанных масел [Текст] / Остриков В.В., Попов С.Ю., Шихалев И.Н., Дивин А.Г., Манаенков К.А. // Наука в центральной России. – 2015. - № 2. – С. 43-53.

18. Шихалев И.Н. Определение оптимального компонентного состава дисперсионной среды и дисперсной фазы пластичных смазок [Текст] / Остриков В.В., Шихалев И.Н., Попов С.Ю., Манаенков К.А., Дивин А.Г. // Наука в центральной России, – 2015. – №3(15). – с. 101-108.

19. Шихалев И.Н. Защитные свойства пластичных смазок на основе отработанных масел [Текст] / Остриков В.В., Шихалев И.Н., Попов С.Ю., Князева Л.Г., Урядников А.А., Манаенков К.А. // Наука в центральной России, – 2015. – №3(15). – С. 101-108.

20. Шихалев И.Н. Оценка эффективности работы пластичной смазки в узлах трения [Текст] / Остриков В.В., Попов С.Ю. Шихалев И.Н., Манаенков К.А. // Материалы научно-практической конференции «Инженерное обеспечение инновационных технологий в АПК» 15-17 октября 2015 года, – Мичуринск-наукоград РФ, – 2015. – С. 243-248.

21. Шихалев И.Н. Обоснование способов получения дисперсионной среды на базе отработанных моторных масел [Текст] / Остриков В.В., Попов С.Ю. Шихалев И.Н., Манаенков К.А. // Материалы научно-практической конференции «Инженерное обеспечение инновационных технологий в АПК» 15-17 октября 2015 года, – Мичуринск-наукоград РФ, – 2015. – С. 248-259.

22. Шихалев И.Н. Способ получения дисперсионной среды смазок на основе отработанных моторных масел и оценка эффективности работы пластичной смазки в узле трения [Текст] / Шихалев И.Н. // Наука в центральной России, – 2015. – № 5. – С. 85-91.

Просим принять участие в работе диссертационного совета Д 220.010.04 или выслать Ваш отзыв на автореферат в двух экземплярах с заверенными подписями по адресу: 394087, г. Воронеж, ул. Тимирязева, д. 13, ученому секретарю. E-mail: et@agroeng.vsau.ru, телефоны: 8 (473) 253-75-35; 8-900-924-5638.

Подписано в печать Формат 60x84/16
Объем 1,0 п. л. Тираж 100 экз.
392022, г. Тамбов, пер. Ново-Рубежный, д. 28
ФГБНУ ВНИИТиН