«НАУКА В ЦЕНТРАЛЬНОЙ РОССИИ» **«SCIENCE IN THE CENTRAL RUSSIA»**
Научно-производственный периодический журнал The research-and-production periodic magazine
№2 (14), 2015 г.
Основан в 2012 г. **It is based in 2012.**
Выходит 6 раз в год **There are 6 times a year**

Учредитель и издатель журнала:
государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов Российской академии сельскохозяйственных наук
(ГНУ ВНИИТиН Россельхозакадемии)

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ
НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПЕРИОДИЧЕСКОГО ЖУРНАЛА
«НАУКА В ЦЕНТРАЛЬНОЙ РОССИИ»

ЗАЗУЛЯ Александр Николаевич — главный редактор, д-р техн. наук, профессор, директор ФГБНУ ВНИИТиН

НАГОРНОВ Станислав Александрович — зам. главного редактора, д-р техн. наук, профессор, зам. директора по научной работе ФГБНУ ВНИИТиН

ГОЛУБЕВ Иван Григорьевич — д-р техн. наук, профессор, заслуженный деятель науки Московской области, зав. отделом ФГБНУ «Росинформагротех»

ГОРБАЧЕВ Иван Васильевич — член-корреспондент РАН, д-р техн. наук, профессор

ЕРОХИН Михаил Никитьевич — академик РАН, заслуженный деятель науки РФ, д-р техн. наук, профессор, лауреат премии Правительства РФ

ЖАЛНИН Эдуард Викторович — д-р техн. наук, профессор, лауреат Государственной премии РФ в области науки и техники, ФГБНУ ВИМ

ЗАВРАЖНОВ Анатолий Иванович — академик РАН, д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВПО МичГАУ

КУШНАРЕВ АРТУР СЕРГЕЕВИЧ — доктор технических наук, профессор, член-корреспондент УААН, заслуженный работник народного образования, заведующий кафедрой теоретической механики и теории машин и механизмов Таврического государственного агротехнологического университета, Украина

ЛАРЮШИН Николай Петрович — д-р техн. наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, заслуженный работник сельского хозяйства, профессор кафедры ФГБОУ ВПО «Пензенская ГСХА»

ЛЯЛЯКИН Валентин Павлович — д-р техн. наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, ФГБНУ ГОСНИТИ

МИЩЕНКО Сергей Владимирович — д-р техн. наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники РФ, лауреат премии Правительства РФ в области образования, член Национального комитета по теплофизическим свойствам веществ РАН, ФГБОУ ВПО ТГТУ

ПОПОВ Владимир Дмитриевич — академик РАН, д-р техн. наук, профессор, президент Региональной областной организации "Санкт-Петербургская ассоциация инженеров сельского хозяйства – СПА-ИСХ", член Правления Ассоциации содействия полевым экспериментам и исследованиям, директор ФГБНУ «ИАЭП»

СТРЕБКОВ Дмитрий Семенович — академик РАН, д-р техн. наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, заместитель председателя Российского комитета по использованию возобновляемых источников энергии, председатель рабочей группы Европейского бюро ЮНЕСКО по образованию в области солнечной энергии, директор ФГБНУ ВИЭСХ

ФЕДОРЕНКО Вячеслав Филиппович — член-корреспондент РАН**,** д-р техн. наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники РФ, директор ФГБНУ «Росинформагротех»

REZA Ambrishambaf — vice Rector of Eastern Mediterranean University, PhD, Centro Algoritmi University of Minho Campus of Azurem. Portugal

MAJID Hashemipour — prof., PhD Manufacturing Engineering, Vise Rector for Technical Administration and International Affairs of Eastern Mediterranean University, Turkey

Редакция

Адрес редакции: **392022, г. Тамбов, пер. Ново-Рубежный, 28, к. 21,** тел. 8(4752)440-241; e-mail: naukacr@yandex.ru
Технический редактор: Левина Эмма Владимировна**, тел. +7 (920) 246-20-64**
Зав. отделом по развитию: Левин Максим Юрьевич**, тел. +7 (920) 240-71-96**

Журнал включен в РИНЦ и международную базу данных Agris

© «Наука в центральной России», 2015

«НАУКА В ЦЕНТРАЛЬНОЙ РОССИИ» **«SCIENCE IN THE CENTRAL RUSSIA»**
Научно-производственный периодический журнал The research-and-production periodic magazine
№2 (14), 2015 г.
Основан в 2012 г. **It is based in 2012.**
Выходит 6 раз в год **There are 6 times a year**

Учредитель и издатель журнала:
государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов Российской академии сельскохозяйственных наук
(ГНУ ВНИИТиНРоссельхозакадемии)

ЭКСПЕРТНЫЙ СОВЕТ
НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПЕРИОДИЧЕСКОГО ЖУРНАЛА
«НАУКА В ЦЕНТРАЛЬНОЙ РОССИИ»

агропромышленные инновационные технологии (в животноводстве и растениеводстве)

ЛОБАЧЕВСКИЙ Яков Петрович — д-р техн. наук, зам. директора по развитию и инновациям ФГБНУ ВИМ

РЫКОВ Виктор Борисович — д-р техн. наук, зам. директора по научной работе ФГБНУ СКНИИМЭСХ

ГАВРИЛОВА Вера Алексеевна — д-р биолог. наук, зав. отделом генетических ресурсов масличных и прядильных культур ФГБНУ ВНИИ растениеводства им. Н.И. Вавилова

КУРГУЗКИН Владимир Николаевич — д-р с.-х. наук, главный научный сотрудник лаборатории технологии производства молока и говядины ФГБНУ ВНИИТиН

ШУЛАЕВ Геннадий Михайлович — канд. с.-х. наук, зав. лабораторией технологии производства свинины ФГБНУ ВНИИТиН

моделирование и управление в технических системах

МУРОМЦЕВ Дмитрий Юрьевич – д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой ФГБОУ ВПО "ТГТУ"

ДОРОВСКИХ Владимир Иванович – к-т техн. наук, зав. лабораторией управления качеством технологических процессов в животноводстве ФГБНУ ВНИИТиН

современные энергосберегающие технологии, в том числе, нанотехнологии

ПЕТРАШЕВ Александр Иванович — д-р техн. наук, зав. лабораторией организации хранения и защиты техники от коррозии ФГБНУ ВНИИТиН

ТКАЧЕВ Алексей Григорьевич — д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой ФГБОУ ВПО "ТГТУ"

фундаментальные и прикладные приоритетные исследования, тепло- и массоперенос

ТИШАНИНОВ Николай Петрович — д-р техн. наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории управления качеством технологических процессов в сельском хозяйстве ФГБНУ ВНИИТиН

ГАТАПОВА Наталья Цибиковна — д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой ФГБОУ ВПО "ТГТУ"

МАРКОВ Владимир Анатольевич — д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВПО МГТУ имени Н.Э. Баумана

экология и рациональное природопользование

ПРОХОРЕНКОВ Вячеслав Дмитриевич — д-р техн. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории организации хранения и защиты техники от коррозии ФГБНУ ВНИИТиН

УЛЮКИНА Елена Анатольевна — д-р техн. наук, доцент, зав. кафедрой "Инженерная химия" Российского государственного аграрного университета – МСХА имени К.А.Тимирязева

экономика сельскохозяйственного производства

САЗОНОВ Сергей Николаевич — д-р техн. наук, профессор, зав. лабораторией использования производственных ресурсов в фермерских хозяйствах ФГБНУ ВНИИТиН

СОЛОПОВ Владимир Алексеевич — д-р эконом. наук, профессор, проректор по научной и инновационной работе ФГБОУ ВПО МичГАУ

эффективное использование нефтепродуктов и альтернативных энергоносителей

ОСТРИКОВ Валерий Васильевич — д-р техн. наук, зав. лабораторией использования смазочных материалов и отработанных нефтепродуктов ФГБНУ ВНИИТиН

ШУВАЛОВ Анатолий Михайлович — д-р техн. наук, профессор, зав. лабораторией использования альтернативных источников энергии взамен жидкого топлива ФГБНУ ВНИИТиН

эффективное использование отечественной и зарубежной сельскохозяйственной техники

ДЕВЯНИН Сергей Николаевич — д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой "Трактора и автомобили" Российского государственного аграрного университета – МСХА имени К.А. Тимирязева

ЕРОХИН Геннадий Николаевич — к-т техн. наук, зав. лабораторией эксплуатационных требований к сельхозтехнике ФГБНУ ВНИИТиН

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются. За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов. При перепечатке ссылка на журнал обязательна. Материалы публикуются в авторской редакции.

© «Наука в центральной России», 2015

Коллективу Всероссийского научно-исследовательского института использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве

Дорогие товарищи!

Поздравляю Вас со знаменательной датой — 35-летием со дня основания ВНИИТиН.

Знание истории создания нашего института, в какой-то мере, поможет нашей молодежи осознанно подойти к решению тех проблем, которые возникают при переводе экономики АПК на инновационный путь развития. Более подробно эти материалы можно найти в наших юбилейных изданиях. Сегодня я кратко напомню основные этапы становления ВНИИТиН.

Как известно, чтобы сделать труд отечественного механизатора эффективным, а предприятие прибыльным нужно при минимальных издержках производства добиться максимальной урожайности в растениеводстве или продуктивности в животноводстве. Указанная цель может быть достигнута только при высоком уровне системы использования техники, что свидетельствует о ее главной роли в сельскохозяйственном производстве. Система использования техники является центральным блоком, объединяющим все звенья инженерно-технической сферы.

В дореформенное время вопросам машиноиспользования уделялось много внимания. Основы теории машиноиспользования были заложены академиком В.П. Горячкиным. Академик М.С. Рунчев показал, что интенсификация использования уборочно-тракторных агрегатов, а в целом – всех материально-технических ресурсов, может дать народнохозяйственный эффект, соизмеримый или даже больший, чем введение в производство новой техники.

Однако, по сравнению с передовым зарубежным сельским хозяйством, в отечественном АПК заметного научно-технического прогресса не наблюдалось. Конечно, рост капиталовложений позволял решать задачи интенсификации производства и повышения уровня механизации технологических процессов, но адекватного роста эффективности производства не происходило. Неуклонно росла себестоимость продукции, стабилизировалась на низком уровне продуктивность полей и ферм.

По-видимому, рост капиталовложений в техническое оснащение и вовлекаемые в производство ресурсы не были сбалансированы с учетом мотивации труда, уровнем организации производства, продуктивностью полей и ферм, поскольку наиболее слабо в научном и практическом плане была разработана система использования машин в сельском хозяйстве.

Затраты на эксплуатацию техники в отечественном АПК составляют более 35 % и намного превышают все затраты на производство сельхозпродукции в развитых странах. Машинно-технологические ресурсы АПК в современном сельском хозяйстве используются недостаточно, и поставить их на службу интенсивному сельскохозяйственному производству – задача первостепенной важности. Поэтому назрела необходимость в переосмыслении основных положений и понятий науки об использовании техники в сельском хозяйстве, ее целей и задач и, как следствие, эффективности использования техники. Сегодня для решения этих задач нужен новый методологический подход к определению результатов использования техники и топливно-смазывающих материалов.

Сельское хозяйство нуждалось в своей «приземленной» организации, которая могла быть головной в этом вопросе. Идея создания нового института, который выдавал бы методические рекомендации, нормативно-техническую документацию для технической эксплуатации техники с учетом запросов и интересов самих сельхозтоваропроизводителей, объективной оценкой потребительских свойств, существующих и вновь создаваемых перспективных видов техники и технологий, с использованием нивелирующих методов оценки достижений научно-технического прогресса, была материализована в 1980 г.

Всесоюзный НИИ по использованию техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве создан на базе Тамбовского филиала ВИЭСХ в соответствии с постановлениями Совета Министров СССР от 19 июня 1978 года № 520, Государственного комитета СССР по науке и техники от 24 апреля 1980 года № 163 и приказа Министерства сельского хозяйства СССР от 6 мая 1980 года № 128.

В соответствии с приказом Министерства сельского хозяйства и Российской академии сельскохозяйственных наук от 26 марта 1992 года № 198/19 ПК институт с 1992 года входит в состав Российской академии сельскохозяйственных наук, а в соответствии с приказом Россельхозакадемии от 1 сентября 2009 года № 115 институт переименован в Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов Российской академии сельскохозяйственных наук.

На основании Федерального закона РФ от 27.09.2013 г. № 253-ФЗ и распоряжения Правительства РФ от 30.12.2013 г. № 2591-р ГНУ ВНИИТиН Россельхозакадемии передан в ведение ФАНО России и на основании приказа ФАНО России от 29.07.2014 г. № 360 переименован в Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве» (ФГБНУ ВНИИТиН).

Создание института явилось событием, значение которого для АПК трудно переоценить. Основной целью деятельности института является проведение фундаментальных и прикладных научных исследований, опытно-конструкторских работ, внедрение достижений науки и передового опыта, направленных на получение новых знаний в сфере агропромышленного комплекса Российской Федерации, способствующих его технологическому, инженерно-техническому, экономическому, социальному развитию и повышению качества жизни сельского населения страны. Предметом деятельности института является научное обеспечение рационального использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве, производственных ресурсов аграрных товаропроизводителей в целом, а также всех видов энергии, которые могут быть использованы при производстве и переработки сельскохозяйственной продукции, удовлетворении социальных и бытовых потребностей сельских жителей.

Сегодня можно уверенно сказать, что дальнейшее формирование системы использования техники непосредственно связано с научно-исследовательскими работами сотрудников ВИИТиНа, которые за прошедшие годы внесли весомый вклад в развитие агроинженерной науки, в укрепление интеллектуального и экономического потенциала сельскохозяйственного производства. Благодаря Вашим исследованиям ВНИИТиН занимает лидирующие позиции в российской прикладной науке, в частности, были разработаны оригинальные технологии, которые имеют большое значение для инновационного развития экономики страны.

Свой 35-летний рубеж ВНИИТиН встречает на подъеме и демонстрирует эффективную интеграцию науки, образования и бизнеса. За прошедшие годы сотрудниками института выполнено более 800 научно-технических разработок, включая 265 новых технических средств, 260 рекомендаций и технологий, 55 концепций и программ, 95 инструкций и руководств, 60 нормативов, 25 типовых проектов, около 50 пакетов прикладных программ. Разработки института защищены 205 авторскими свидетельствами и патентами, отмечены 65 медалями ВДНХ, ВВЦ и других выставок. Результаты работы института отражены в 50 книгах, 320 брошюрах, 1350 статьях, информлистках, буклетах.

Все вышеперечисленное свидетельствует о существенном влиянии института на инновационную и производственную деятельность аграрного сектора. Однако успокаиваться рано. В условиях модернизации российской экономики и ее перевода на инновационный путь развития важно существенно повысить эффективность работы института. Необходимо обеспечить широкое применение теоретических разработок и высоких технологий для их практического внедрения в растениеводстве и животноводстве. Уверен, что Ваши знания и опыт и впредь будут востребованы отечественным АПК и послужат обеспечению продовольственной

безопасности России. Убежден, что богатый производственный опыт и высокий профессионализм нашего коллектива позволит и впредь «высоко держать планку», хранить и приумножать лучшие традиции научного творчества и преемственности поколений.

Желаю Вам доброго здоровья, благополучия и новых творческих успехов на благо нашей Родины, оригинальных, интересных идей, неиссякаемой бодрости, благополучия и больших успехов на пути возрождения отечественной школы инноваций в области инженерно-технической системы!

Директор ФГБНУ ВНИИТиН **А.Н. Зазуля**

==========

Коллективу Всероссийского научно-исследовательского института использованиятехники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве

Уважаемые коллеги!

От отделения сельскохозяйственных наук РАН примите искренние поздравления с 35-летием со дня основания института.

Производство продукции растениеводства и животноводства немыслимо без применения современной, высокотехнологичной сельскохозяйственной техники. Инженерно-техническая сфера сельхозпроизводства формирует 2/3 издержек на производство сельскохозяйственной продукции. Машинно-технологические ресурсы АПК в современном сельском хозяйстве используются не всегда эффективно, и поставить их на службу интенсивному сельскохозяйственному производству – задача первостепенной важности. Поэтому назрела необходимость в переосмыслении основных положений и понятий науки об использовании техникидля многоукладного сельского хозяйства и, как следствие, повышения эффективности использования техники. Сегодня для решения этих задач нужен новый методологический подход к определению результатов использования техники и соответствующих компонентов, обеспечивающих ее высокую работоспособность.

ВНИИТиН - единственный институт в системе академических НИИ, которому поручено решение указанных насущных проблем. За прошедшие годы ВНИИТиН стал ведущим в стране центром разработки научно обоснованных путей повышения эффективности использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве.

Разработки института демонстрировались на многих международных специализированных выставках сельхозтехники, межрегиональных специализированных выставках с международным участием, на Российских агропромышленных неделях «Золотая осень», отечественных выставках «Энергоэффективность и ресурсосбережение. Альтернативная энергетика» и других и были неоднократно отмечены золотыми медалями и дипломами.

Отрадно отметить, что в настоящее время коллектив ВНИИТиН занимает передовые позиции по разработке и внедрению в производство новых методов и средств эффективного использования инновационных зерноочистительных технологий, современных импортозамещающих, конкурентоспособных, ресурсосберегающих технологий получения биодизельного топлива, энергосберегающих способов сохранения качества нефтепродуктов при их хранении и др.

В этот знаменательный день желаем всему сплоченному высококвалифицированному коллективу института новых творческих успехов на ниве агроинженерной науки, крепкого здоровья, счастья и благополучия.

Член Президиума РАН, академик РАН **Ю.Ф. Лачуга**

==========

Коллективу Всероссийского научно-исследовательского института использованиятехники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве

Уважаемый Александр Николаевич!

ФГБНУ «Росинформагротех» сердечно поздравляет Вас и весь коллектив федерального государственного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве» с 35-летием.

Ваш институт известен в России и за рубежом как научный центр, внесший значительный вклад в развитие инженерной сферы агропромышленного комплекса страны и его научного потенциала. Это по праву ведущая научно-исследовательская организация в области эксплуатации сельскохозяйственной техники. В институте накоплен уникальный опыт проведения научных исследований и подготовки научных кадров для агропромышленного комплекса и других отраслей. ВИИТиН сформировался как центр инновационной деятельности, осуществляющий эффективную интеграцию науки и производства, где успешно развиваются научные школы, плодотворно трудятся высокоинтеллектуальные специалисты. Особенно приятно отметить, что Ваш коллектив успешно сотрудничает с учеными нашего института. Сотрудники ВИИТиН являются соавторами многочисленных изданий и публикаций.

Желаем вашему коллективу долгих лет, здоровья, новых высот в научно-инновационной деятельности на благо России!

Директор, член-корреспондент РАН, доктор технических наук, профессор **В.Ф. Федоренко**

==========

Коллективу Всероссийского научно-исследовательского института использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве

Уважаемый Александр Николаевич!

Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана Министерства образования и науки Республики Казахстан сердечно поздравляет Вас и весь коллектив ФГБНУ ВНИИТиН с 35-летием со дня основания института.

За этот сравнительно недолгий путь Вы сумели накопить большую историю и традиции. Благодаря слаженной работе и профессионализму трудового коллектива, ВНИИТиН по праву занимает одно из ведущих мест в отрасли и широко известен не только в России, но и в Республики Казахстан. Широкая практическая, инновационная направленность, современные технологии, новаторские проекты, которые реализует институт, позволяют уверенно идти в ногу со временем, заниматься глубокой исследовательской работой. Благодаря целеустремленности, огромной созидательной энергии, творческому поиску, высокому профессионализму, умению бережно хранить заложенные традиции Ваш коллектив неизменно добивается успехов в осуществлении самых смелых планов и идей.

Пусть и впредь профессиональные поиски, авторские находки, преданность делу будут главными в деятельности Вашего института.

От всей души желаю Вашему коллективу дальнейшей реализации научного и творческого потенциала, новых интересных идей, профессиональных достижений, воплощения в жизнь всех задуманных планов и проектов, здоровья, благополучия, счастья и уверенности в завтрашнем дне!

Надеемся на наше долгое плодотворное сотрудничество и от всего сердца поздравляем коллектив института с юбилеем!

Пусть юбилейный год станет годом старта новых успешных проектов, точкой отсчета нового этапа развития. Уверен - в будущем в историю Вашего института будет вписано еще немало славных страниц, а наше сотрудничество продолжится на благо инженерного дела и сельскохозяйственного производства!

Ректор Западно-Казахстанского аграрно-технического университета имени Жангир хана **Н.Х. Сергалиев**

==========

Коллективу Всероссийского научно-исследовательского института использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве

Уважаемый Александр Николаевич!

От имени Тамбовского государственного технического университета примите искренние поздравления с 35-летием со дня основания Всероссийского научно-исследовательского института использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве.

Ваш институт был, есть и останется флагманом научной мысли, примером творческого подхода к повышению эффективности использования техники и нефтепродуктов в сельскохозяйственном производстве.

Мы высоко ценим плодотворную научную деятельность ВНИИТиН, благодарны за высокий профессионализм Ваших сотрудников, за ту атмосферу творчества и увлечённости наукой, которая создана и постоянно присутствует в стенах института, за сохранение преемственности традиций.

Особенно приятно отметить, что между нашими организациями установились хорошие и плодотворные контакты. Ведущие ученые Вашего института возглавляют базовые кафедры ТГТУ, являются председателями и членами ГЭК и ГАК университета, работают совместителями на различных кафедрах, регулярно выступают на конференциях и круглых столах, проводимых университетом, участвуют в работе специализированных советов по защите диссертаций, издают научные труды, монографии и учебные пособия совместно с учеными университета, осуществляют научное руководство дипломников, магистрантов и аспирантов ТГТУ.

Мы выражаем уверенность в том, что творческие контакты и эффективное научное сотрудничество наших институтов и в дальнейшем будут успешно развиваться, а ВНИИТиН и впредь будет находится на переднем крае отечественной агроинженерной науки!

В этот знаменательный день желаем всему сплоченному высококвалифицированному коллективу института крепкого здоровья на долгие годы, сил и энергии, счастья и благополучия, новых творческих свершений и успехов на ниве агроинженерной науки, достижения всех поставленных целей и всего самого светлого и доброго!

И.о. ректора ТГТУ **М.Н. Краснянский**

==========

Коллективу Всероссийского научно-исследовательского института использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве

Уважаемый Александр Николаевич!

От имени администрации Тамбовской области, Управления сельского хозяйства и от себя лично горячо и сердечно поздравляю коллектив ВНИИТиН с замечательным юбилеем — 35-летием со дня основания института.

Возглавляемый Вами институт сегодня является уникальным инновационным научным центром, который снабжает тружеников полей и ферм новыми знаниями, эффективными проектами, позволяющими повышать урожаи и увеличивать продуктивность поголовья.

Достижения работающих в институте ученых имеют высокий авторитет в области международного научно-технического сотрудничества, основанного на серьезной совместной работе.

ВНИИТиН активно взаимодействует с Управлением сельского хозяйства Тамбовской области в рамках обоснования программ, осуществляет научно-инновационное и технологическое сопровождение проектов «Развитие малых семейных молочных ферм на базе КФХ», «Развитие молочного скотоводства Тамбовской области до 2015 года», ведомственной целевой программы «Региональная экономически значимая программа создания и развития молочного кластера Тамбовской области на 2015-2017 годы».

Научные школы ВНИИТиН — это мощный интеллектуальный потенциал, способный решать сложные проблемы, внедрять инновационные достижения в практику. Трудно найти сферу, где бы у ВНИИТиН не было серьезнейших наработок и успехов. И, что принципиально важно, все они — стопроцентно востребованы жизнью, имеют огромную практическую пользу для АПК и продовольственной безопасности страны.

Областное Управление сельского хозяйства широко использует результаты работы ученых института по созданию передовых инновационных технологий механизации сельскохозяйственных работ, эффективного использования топливно-смазочных материалов, получения биотоплива и многих других, не имеющих аналогов в мире.

Институт оказывает неоценимую помощь в развитии АПК Тамбовской области: во многих достижениях наших аграриев есть большой вклад ученых ВНИИТиН.

Не останавливаясь на достигнутых успехах, возглавляемый Вами коллектив продолжает совершенствовать свою работу в направлении повышения престижности и конкурентоспособности ВНИИТиН как на национальном, так и на международном уровнях.

Выражаю всему коллективу глубокую признательность за работу и надеюсь, что он и в дальнейшем будет приумножать славные традиции Россельхозакадемии и находиться в авангарде аграрной науки.

Желаю сотрудникам ВНИИТиН отличного здоровья, творческого энтузиазма и новых успехов в научной деятельности, направленной в конечном итоге на удовлетворение спроса населения в качественных сельхозпродуктах и обеспечение продовольственной безопасности страны.

Первый заместитель главы администрации Тамбовской области **А.Я. Дубовик**

ОГЛАВЛЕНИЕ

ШУВАЛОВ А.М., ЧЕРНОВ Д.С., МАШКОВ А.Н., ШУЛАЕВ Г.М., ВОТАНОВСКАЯ Н.А.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ В СИСТЕМЕ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ С КОМБИНИРОВАННЫМ НАГРЕВОМ ЗЕРНА СОИ 12

SHUVALOV A.M., CHERNOV D.S., MASHKOV A.N., SHULAEV G.M., VOTANOVSKAJA N.A.

THEORETICAL ANALYSIS OF THERMAL PROCESSES IN THE ENERGY SUPPLY SYSTEM WITH A COMBINED HEATING SOYBEAN 13

САЗОНОВ С.Н., САЗОНОВА Д.Д.

КАЧЕСТВЕННОЕ И КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОСНАЩЕНИЕ ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКОЙ 21

SAZONOV S.N., SAZONOVA D.D.

QUALITATIVE AND QUANTITATIVE EQUIPMENT OF FARMS BY AGRICULTURAL MACHINERY 22

ПЕТРАШЕВ А.И., КЛЕПИКОВ В.В., ТАХА Ф.Д.

ИЗМЕНЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ПРИ НАГРЕВЕ И ПЛАВЛЕНИИ КОМПОНЕНТОВ КОНСЕРВАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ 34

PETRASHEV A.I., KLEPIKOV V.V., TAHA F.D.

THE CHANGE IN DENSITY UPON HEATING AND MELTING OF COMPONENTS OF CONSERVATION MATERIALS 35

ОСТРИКОВ В.В., ПОПОВ С.Ю., ШИХАЛЕВ И.Н., ДИВИН А.Г., МАНАЕНКОВ К.А.

ДИСПЕРСИОННАЯ СРЕДА ПЛАСТИЧНЫХ СМАЗОК НА ОСНОВЕ ОТРАБОТАННЫХ МАСЕЛ 43

OSTRIKOV V.V., POPOV S.JU., SHIHALEV I.N., DIVIN A.G., MANAENKOV K.A.

DISPERSION WEDNESDAY GREASES ON THE BASIS OF WASTE OILS 44

КУЗНЕЦОВА Е.Г., КНЯЗЕВА Л.Г., ПЕТРАШЕВ А.И., РОПАЙ Б.А.

ИССЛЕДОВАНИЕ КОНСЕРВАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ ОТ АТМОСФЕРНОЙ КОРРОЗИИ 53

KUZNECOVA E.G., KNJAZEVA L.G., PETRASHEV A.I., ROPAJ B.A.

STUDY OF CONSERVATION MATERIALS FOR THE PROTECTION OF AGRICULTURAL MACHINERY AGAINST ATMOSPHERIC CORROSION 54

КИЙКО Е.И.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОБИОТИКОВ В ПЕРИОД РАЗДОЯ 62

KIJKO E.I.

USE OF PROBIOTICS DURING MILKING 63

ТИШАНИНОВ Н.П., АНАШКИН А.В., ТИШАНИНОВ К.Н.

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДЕЛИТЕЛЯ ПОТОКА ЗЕРНА С ШИБЕРНЫМ ОТВОДОМ 67

TISHANINOV N.P., ANASHKIN A.V., TISHANINOV K.N.

THEORETICAL SUBSTANTIATION OF PARAMETERS OF FLOW DIVIDER OF GRAIN WITH DARK SLIDE BENDS 68

ЛЕВИНА Е.Ю., ЛЕВИН М.Ю., НАГОРНОВ С.А.

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МЕХАНОАКТИВАЦИИ ВЯЗКОЙ ЖИДКОСТИ 77

LEVINA E.JU., LEVIN M.JU., NAGORNOV S.A.

PHYSICAL AND MATHEMATICAL MODEL OF MECHANICAL ACTIVATION VISCOUS FLUID 77

НАГОРНОВ С.А., РОМАНЦОВА С.В., КОРНЕВ А.Ю.

ВЫБОР РЕАКТОРА ДЛЯ СИНТЕЗА БИОДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА 81

NAGORNOV S.A., ROMANCOVA S.V., KORNEV A.JU.

THE CHOICE OF THE REACTOR FOR THE BIODIESEL SYNTHESIS 81

МЕЩЕРЯКОВА Ю.В., НАГОРНОВ С.А., ЕРОХИН И.В.

НАКОПИТЕЛЬНОЕ КУЛЬТИВИРОВАНИЕ МИКРОВОДОРОСЛИ ХЛОРЕЛЛА В ЗАКРЫТОМ ФОТОБИОРЕАКТОРЕ 92

MESHCHERYAKOVA Y.V., NAGORNOV S.A., EROKHIN I.V.

THE CUMULATIVE CHLORELLA MICROALGAE CULTIVATION IN A CLOSED PHOTOBIOREACTOR 93

УДК 631.017.3: 621.181

ШУВАЛОВ А.М., ЧЕРНОВ Д.С., МАШКОВ А.Н., ШУЛАЕВ Г.М., ВОТАНОВСКАЯ Н.А.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ В СИСТЕМЕ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ С КОМБИНИРОВАННЫМ НАГРЕВОМ ЗЕРНА СОИ

Шувалов Анатолий Михайлович,
доктор технических наук, профессор, заведующий лабораторией, Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве.

Чернов Денис Серафимович,
научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве.

Машков Алексей Николаевич,
кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве.

Шулаев Геннадий Михайлович,
кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, заведующий лабораторией, Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве.

Вотановская Нина Александровна,
кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве.

Реферат. *Одной из наиболее подходящих сельскохозяйственных культур с высоким содержанием легко растворимого протеина является соя. Однако возможность использования сои в качестве протеиновой добавки в корма животных ограничивается содержанием в ней антипитательных веществ, которые могут вызывать снижение роста и развития животных, вызывать аллергические реакции, снижать кормовую эффективность. Как показали исследования, основным способом удаления антипитательных веществ из сои стала термическая обработка с помощью инфракрасных источников тепла. К основным преимуществам такого способа обработки относится быстрота разогрева зерна, к недостаткам - неравномерность прогрева, для компенсации которой приходится увеличивать среднюю температуру нагрева. Это ведет к увеличению расхода энергии и локальному перегреву зерна, что отрицательным образом сказывается на питательности зерна сои. Целью данной работы было изучение тепловых процессов в системе энергообеспечения с комбинированным нагревом зерна сои. Для увеличения эффективности тепловой обработки сои в ВНИИТиН разработана установка для комбинированного нагрева сои, в которой подача теплоты к зерну происходит сверху инфракрасными излучателями и снизу от электронагревательной поверхности, что обеспечивает высокую равномерность прогрева. Проведенные расчеты, а также экспериментальные исследования показали, что применение двухстороннего нагрева сои позволяет равномерно прогревать весь объем зерна и, следовательно, удалять антипитательные вещества при сохранении высокого его качества. Двухсторонний нагрев сокращает время термической обработки и повышает производительность. Также анализ тепловых процессов показал, что величина соотношения тепловых потоков имеет важное значение при проектировании систем энергообеспечения процесса термической обработки сои. Расчеты*

подтверждаются экспериментальными исследованиями, отклонения результатов составляют 11% что приемлемо для практических расчетов.

Ключевые слова: *соя, антипитательные вещества, комбинированный нагрев, равномерность прогрева, перенос теплоты.*

SHUVALOV A.M., CHERNOV D.S., MASHKOV A.N., SHULAEV G.M., VOTANOVSKAJA N.A.

THEORETICAL ANALYSIS OF THERMAL PROCESSES IN THE ENERGY SUPPLY SYSTEM WITH A COMBINED HEATING SOYBEAN

ShuvalovAnatoliyMichailovich,
Full Doctor of Technical Sciences, professor, laboratory chief, All-Russian Research Institutefor Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture
Chernov Denis Seraphimovich,
researcher, All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture.
MashkovAlexey Nikolaevich,
Ph.D. (Technical), Senior Researcher, All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture
ShulaevGennadiyMichailovich,
Ph.D. in agricultural sciences, senior researcher, laboratory chief, All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture
Votanovskaya Nina Alexandrovna,
Ph.D.in biological sciences, senior researcher All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture

Summary.*One of the most suitable crops with a high content of easily soluble protein is soy. However, the use of soy as protein additives in animal feed is limited in its content of antinutritional substances which can cause a reduction in in the growth and development of animals, cause allergic reaction, decrease feed efficiency. As shown investigations the primary way of removing of antinutritional substances from soy became a thermal treatment by infrared heat sources. The main advantages of this method of treatment is the speed of heating grain, disadvantages include uneven warming, for which compensation is necessary to increase the average temperature of heating. This leads to increased energy consumption and local overheating of the grain, which has a negative impact on the nutritional value of soy. The aim of this work was to study thermal processes in the system of power providing with combined heating of soy. To increase the efficiency of the thermal processing of soy apparatus for the combined heating of soy is developed in VIITiN in which heat input to the grain of infrared emitters occurs from the top and bottom of the infrared radiators from the surface of the electric heating, which ensures high uniformity of heating. The calculations and experimental studies have shown that the use of double-sided heating of soy can evenly heat the entire volume of the grain and thus remove anti-nutritional substances while maintaining high quality. Bilateral heating reduces the heat treatment time and increases productivity. Also, analysis of thermal processes showed that the magnitude of the ratio of heat flow is important in the design of energy systems for the thermal treatment of soybeans. Calculations are corroborated by experimental studies, the deviation of the results is 11% which is acceptable for practical calculations.*

Keywords: *soybeans, anti-nutritional substances, combined heating, uniform heating, heat transfer.*

Введение. Обеспечить население качественным отечественным продовольствием можно только за счёт укрепления и расширения сельскохозяйственного сектора экономики. Существенный недостаток белка и незаменимых аминокислот в рационах сельскохозяйственных животных за последние 20 лет привели к деградации и значительному сокращению поголовья скота и птицы. Одной из наиболее подходящих сельскохозяйственных культур с высоким содержанием легко растворимого протеина является соя. Несмотря на высокие кормовые достоинства соевых бобов, присутствие антипитательных веществ существенно снижает их питательную ценность, сказывается на пищевой и кормовой эффективности. Главным образом, это – аллергические вещества, ингибиторы протеаз, лектины и гемагглютенины, сапонины, а также вещества, вызывающие эндокринные и рахитические расстройства. Они также могут вызывать угнетение роста, снижение прироста животных, гипертрофию поджелудочной железы, изменение или поражения слизистой оболочки, аллергические проявления.

Информационно-патентные исследования показали, что широкое распространение для удаления антипитательных веществ получил инфракрасный нагрев сои (микронизация) [1 - 3]. Однако из-за тепловой инерционности зерна сои температура внутри и в нижней части его поверхности будет при одностороннем нагреве значительно меньше.

Самым идеальным способом нагрева был бы такой нагрев, при котором температура на оболочке сои и в центре зерна была бы одинаковой. В этом случае антипитательные вещества удалялись бы одинаково во всем объеме зерна. Вероятность равномерного прогрева внутренней части зерна сои при односторонней подаче теплоты всегда меньше, чем при двухстороннем (комбинированном) нагреве: сверху от инфракрасных источников, снизу от электронагревательной поверхности (ЭНП), то есть комбинированный нагрев более предпочтительный для однородного прогрева зерна и эффективного удаления антипитательных веществ[4 - 6]. ВНИИТиНом разработана система энергообеспечения процесса термической обработки с двухсторонним нагревом зерна сои. Целью данной работы было изучение тепловых процессов в системе энергообеспечения с комбинированным нагревом зерна сои.

Рассмотрим процессы теплопереноса при одностороннем и двухстороннем (снизу и сверху) способах нагрева сои, и определим температуру в центре ее зерна и температурный перепад между температурой оболочки и в центре.Так как зерно сои – твердое тело, то перенос теплоты с оболочки в центр зерна осуществляется теплопроводностью.При термической обработке сои осуществляется два процесса переноса теплоты: нестационарный $dt / d\tau \neq 0$ и стационарный $dt / d\tau = 0$.В данном случае нас интересует стационарный процесс, то есть когда оболочка сои нагрета до заданной температуры и требуется определить, какая же при этом температура в центре зерна.

Примем допущение: в процессе термической обработки коэффициент теплопроводности λ сои постоянный (или среднеинтегральный). Рассмотрим зерно сои как однородное тело толщиной δ и коэффициентом теплопроводности λ (рисунок 1). Если ось X направлена, как показано на рисунке 1, то температуру зерна сои в направлении OYи OZможно принять постоянной:

$$\frac{dt}{dy} = \frac{dt}{dz} = 0 \tag{1}$$

Следовательно, температура будет функцией одной координаты x и дифференциальное уравнение теплопроводности в этом случае имеет вид:

$$\frac{d^2t}{dx^2} = 0$$

Зададим следующие граничные условия:

при x=0 $t=t_1$ (2)

при x= δ $t=t_2$

Закон распределения температур по толщине зерна сои найдется в результате двойного интегрирования уравнения (1).

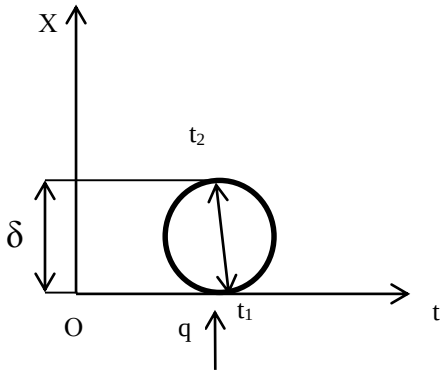


Рисунок 1 - Расчетная схема переноса теплоты в зерне сои.

После первого интегрирования получим

$$\frac{dt}{dy} = c_1 \tag{3}$$

В результате второго интегрирования имеем:

$$t = c_1 x + c_2, \tag{4}$$

Постоянные c_1 и c_2 в уравнении (4) определяются из граничных условий:

при x=0 $t=t_1$и $c_2=t_1$

при x= δ $t=t_2$ и $c_1=-\frac{t_1-t_2}{\delta}$

С учетом значений c_1 и c_2 уравнение (4) принимает вид:

$$t = t_1 - \frac{t_1 - t_2}{\delta} \cdot x = t_1 - (t_1 - t_2) \cdot \frac{1}{2} \tag{5}$$

По формуле (5) при средней толщине зерна сои 0,06мопределена температура в его центре (таблица 1). Кроме того, для уточнения результатов расчетов проведены экспериментальные исследования по нагреву сои с фиксацией температуры на верхней, нижней поверхности и в центре зерна.

Таблица 1. - Температурный режим при одностороннем и двухстороннем нагреве

Инфракрасный нагрев				Двухсторонний нагрев			
t_1	120	130	142	t_1	105	115	122
t_2	50	55	60	t_2	103	110	120
$t_ц$	85	92	100	$t_ц$	104	112	117

t_1, t_2, $t_ц$ – температура верха, низа и центра зерна, °С

Результаты расчетов показали, что при двухстороннем нагреве сои при температуре на его поверхности 110 - 130 °С температура в центре зерна несущественно отличается от поверхностной температуры (на 3 - 5 °С), то есть вся масса зерна (в том числе и в центре) прогреваетсяравномерно.

При одностороннем инфракрасном нагреве, как показали расчеты, разница температуры между обогреваемой и необогреваемой поверхностью достигает 38 - 40 °С. Неравномерный прогрев внутренней части зерна не позволяет снизить уровень уреазы до нормируемых значений. [7]

В данном случае снизить уровень уреазы возможно лишь повышением температуры до 140 - 150°Си увеличением времени нагрева зерна. Однако, это связано с ухудшением качества обработанной сои и как следствие – снижением ее потребительских свойств.

Экспериментальные исследования показали также (рисунок 2), что при комбинированном нагреве сои разница температур в начальный период достигает 20°С, а в конце нагрева (до 130 °С) эта разница составляет 3 °С. Равномерный прогрев зерна обеспечивает высокое качество термической обработки сои [8, 9]. При одностороннем инфракрасном нагреве неравномерность прогрева зерна достигает 50 °С (рисунок 3) и чтобы достичь температуры в центре зерна 130 °С потребуется увеличить плотность теплового потока и нагреть оболочку зерна до 160 °С, а при этой температуре начинается пригорание оболочки и качество обработки снижается.

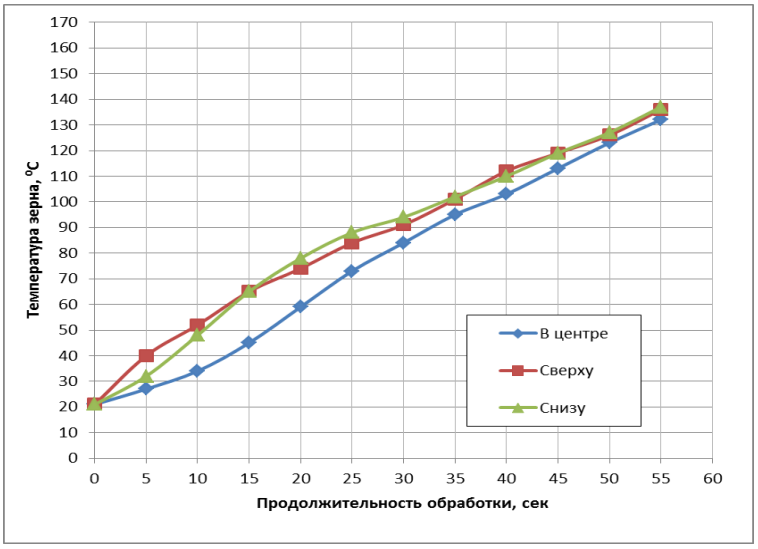


Рисунок 2. - Динамика разогрева зерна сои при комбинированномтеплоэнергоподводе

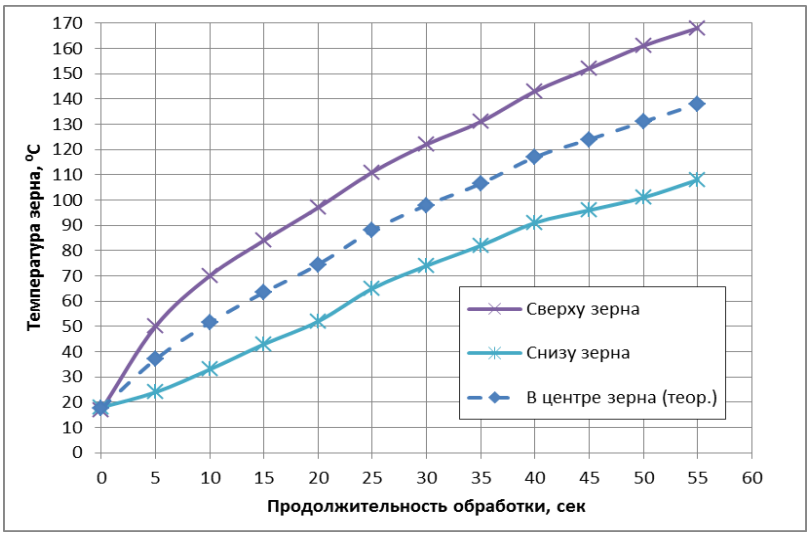


Рисунок 3. Динамика разогрева зерна сои при ИК-обработке

Для реализации системы энергообеспечения с комбинированным нагревом зерна сои возникает задача определения тепловых потоков от ИК-источников и от электронагревателей.

Следует отметить, что процесс переноса теплоты к зерну сои в рабочей зоне комбинированного нагрева сложный и включает: перенос теплоты конвекцией от ИК-источников и от электронагревательной поверхности (ЭНП), перенос теплопроводностью от ЭНП, перенос энергии инфракрасным излучением, отражением, поглощением и т.д. (рисунок 4)

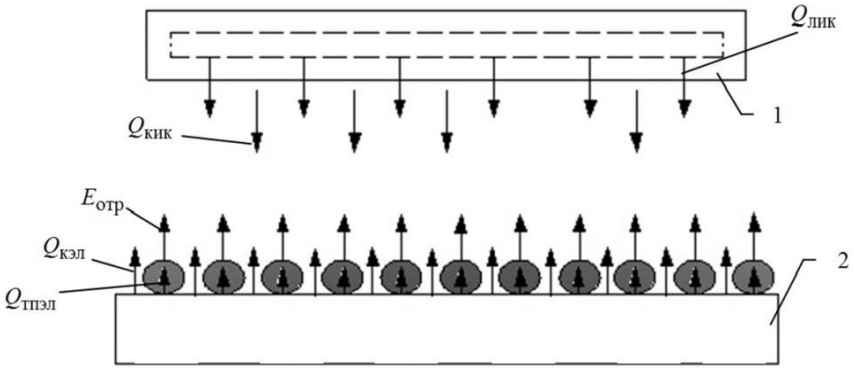


Рисунок 4. - Схема теплообмена в рабочей зоне комбинированного нагрева зерна сои; 1 - источник инфракрасного излучения, 2 – электронагревательная поверхность

В общем случае суммарный тепловой поток системы энергетического обеспечения процесса термической обработки сои с комбинированным нагревом описывается уравнением:

$$Q = Q_к + Q_л + Q_{тпэл}.$$

Конвективный тепловой поток включает две составляющие:

$$Q_к = Q_{кэл} + Q_{кик}.$$

Тепловые потоки излучением:

$$Q_л = Q_{лик} + Q_{лэл}.$$

Тогда тепловые потоки, действующие на сою сверху и снизу:

$$Q = Q_{кик} + Q_{лик} + Q_{тпэл} + Q_{кэл} + Q_{лэл}.$$

Согласно закона Ньютона-Рихмана количество теплоты, отдаваемой при конвективном теплообмене единицей поверхности тела в единицу времени, пропорционально разности температур поверхности тела и окружающей среды

$$q_к = \alpha_к \cdot (t_н - t_о).$$

При естественной (не принудительной) конвекции величину $\alpha_к$ можно определить по формуле [10]:

$$\alpha_к = a\sqrt[4]{\Delta t}, \qquad (6)$$

Расчеты показывают, что плотность теплового потока от электронагревательной поверхности в начале нагрева зерна сои в 1,8 раза больше, чем в конечной точке электронагревательной поверхности. Это следует учитывать при проектировании технологической линии термообработки сои.

Для решения задачи по переносу теплоты теплопроводностью от электронагревательной поверхности внутрь зерна сои воспользуемся законом Фурье, согласно которому поверхностная плотность теплового потока, передаваемого теплопроводностью, выражается уравнением:

$$q_{тп} = \frac{\lambda}{\delta}(t_{эн} - t_{ц}) = 9 \text{ кВт/м}^2.$$

По известной плотности теплового потока теплопроводностью и с учетом поверхности, передающей теплоту сои, можно определить полный тепловой поток, который равен:

$$Q_{тп}^{эл} = q_{тп} \cdot F_{эл} = 7{,}605 \text{ кВт},$$

Примем ее такой же как у широко распространенного и серийно выпускаемого микронизатора УТЗ-4 равной 0,845 м^2.

Определим полный тепловой поток конвекцией с учетом поверхности теплоотдачи и средней температуры нагрева сои (70 °С).

$$Q_к = F_{эп} \cdot \alpha_к \cdot (t_к - t_о) = 1{,}55 \text{ кВт}$$

Суммарная величина теплового потока, передаваемого конвекцией и теплопроводностью от электронагревательной панели составляет

$$Q_\Sigma = Q_{тп} + Q_к = 9{,}155 \text{ кВт}.$$

Плотность теплового потока

$$q_\Sigma = 10{,}83 \text{ кВт/м}^2.$$

Общеизвестно, что излучаемая энергия зависит от длины волны и температуры тела. Зависимость спектральной плотности потока излучения от длины волны и температуры устанавливается законом Планка [11]:

$$E_{0\lambda} = \frac{2\pi c_1}{\lambda^5} \cdot \left(e^{-\frac{c_2}{\lambda T}} - 1 \right)^{-1}.$$

Из графического представления закона Планка в виде изотерм для различных температур, следует, что при длине волны λ→0 и λ→∞ плотность потока стремится к нулю.

У серийно выпускаемых ИК-ламп и используемых для нагрева сои температура излучающего тела 1200 - 1400 °С, максимальная плотность потока достигается при λ = 1…5 мкм. Тепловым излучением лучистая энергия обладает при λ = 0,4…800 мкм (видимое и инфракрасное излучение).

С снижением температуры тела до 600 °С и ниже, спектральная плотность потока излучения минимальная и наблюдается в диапазоне длин волн λ=1,5…8 мкм. Такое излучение характерно для электронагревательной поверхности транспортирующего устройства сои и его можно из-за малости в расчетах не учитывать. Отсюда следует, что основной тепловой поток излучением поступает от ИК-ламп в виде инфракрасных лучей.

Для ИК-ламп характерно полусферическое излучение, зависимость плотности потока интегрированного полусферического излучения от температуры установлена законом Стефана-Больцмана, которая для удобства практических расчетов имеет вид [11]:

$$E_0 = C_0 \cdot \left(\frac{T_{ик}}{100} \right)^4, \text{ Вт/м2}$$

Полный поток излучения одной ИК-лампой составляет

$$Q_{лик} = E_0 \cdot F = 0{,}72 \text{ кВт}.$$

В микронизаторах зерна типа УТЗ-4 применены три секции инфракрасного нагрева, в каждой секции 11 ИК-ламп.

Поток излучения от трех секций ИК-ламп

$$Q_{\Sigma}^{\text{ик}} = 23{,}76 \text{ кВт}$$

Следует отметить, что оболочка зерна сои серого цвета, то есть не только поглощает, но и частично отражает лучистую энергию и пропускает через массу тела.

Уравнение теплового баланса для лучистого теплообмена имеет вид [11]:

$$E_0 = E_{\text{погл}} + E_{\text{отр}} + E_{\text{проп}},$$

$$E_{\text{проп}} = Д \cdot E_{\text{пад}}.$$

Для многих твердых тел принимается Д = 0, так как они практически являются не прозрачными, для сои тоже можно принять Д = 0, то есть плотность потока пропускаемого излучения ничтожно мала $E_{\text{проп}} = 0$.

В рабочей зоне комбинированного нагрева сои ИК-лампы расположены на малом расстоянии (<3см) от поверхности сои. В этом случае отраженный от оболочки сои лучистый поток снова отразится от зеркальной поверхности отражателя ИК-источника и поглотится зерном сои.

Следовательно, для практических расчетов можно принять:

$$E_0 \approx E_{\text{погл}}.$$

Тогда поверхностная плотность поступающего от ИК-ламп лучистого теплового потока составит

$$E_0 = \frac{Q_{\Sigma}^{\text{ик}}}{F} = 28{,}1 \text{ кВт/м}^2.$$

С учетом выше изложенного можно определить соотношение плотностей тепловых потоков, поступающих для нагрева сои сверху от ИК-источников и снизу – от ЭНП транспортирующего устройства.

$$N = \frac{E_{\text{ик}}}{q_{\text{эн}}} = \frac{28{,}1}{10{,}83} = 2{,}6.$$

Выводы:

1. Применение двухстороннего нагрева сои позволяет применить щадящий режим (120 - 130 °С) ее термической обработки с равномерным прогревом наружной и внутренней частей зерна, что позволяет удалять антипитательные вещества при сохранении высокого качества обработанного зерна сои. Кроме того, двухсторонний нагрев позволяет сократить время термической обработки и как следствие этого – повысить производительность установки в 1.4 раза и уменьшить расход электроэнергии на 26,4 %.

2. Величина соотношения тепловых потоков N имеет важное значение при проектировании систем энергообеспечения процесса термической обработки сои. Она подтверждена результатами теоретических и экспериментальных исследований, отклонение составляет 11 %, что вполне приемлемо для практических расчетов.

Список литературы

1. Патент РФ № 2038797 «Способ обработки необезжиренных бобов сои». 1995.

2. Патент РФ № 2303369 «Способ инактивации антипитательных веществ и повышения питательной ценности соевых бобов». 2007.

3. Патент РФ № 2313226. «Способ обработки полножирных соевых бобов». 2007.

4. Шувалов А.М. Перспективы применения комбинированного электронагрева зерна сои

для удаления антипитательных веществ. / А.М. Шувалов, Д.С. Чернов, А.Н. Машков, В.Ф. Калинин. // Вестник ВИЭСХ. – 2014. – №3(16). – С. 75–77.

5. Шувалов А.М. Многоцелевой термоагрегат. / А.М. Шувалов, А.Н. Машков, К.А. Набатов, Д.С. Чернов. // Сельский механизатор. – 2014. – №3(16). – С. 10–11.

6. Шувалов А.М. Определение расхода электроэнергии инфракрасными излучателями на микронизацию сои. / А.М. Шувалов, Д.С. Чернов, В.Ф. Калинин, К.А. Набатов. // Наука в центральной России. – 2014. – №1(7). – С. 52-55.

7. Шувалов А.М., Шулаев Г.М., Вотановская Н.А., Чернов Д.С. Определение рациональных параметров гидротермической обработки полножирной сои на основе характера распределения тепла в зерне. /А.М. Шувалов, Г.М. Шулаев, Н.А. Вотановская, Д.С. Чернов. // Труды 9-ой международной научно-технической конференции «Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве». – Москва, ГНУ ВИЭСХ, ч.2. – 2014. –С. 181–185.

8. Фильней М.И. Проектирование вентиляционных установок. – М.: Высшая школа, 1976, 206 с.

9. Исаченко В.П., Осипова В.А., Суколин А.С. Теплопередача. – М.: Энергоиздат. 1981, с. 417.

10. Шувалов А.М., Чернов Д.С. Технические средства транспортирования сои в процессе микронизации. / А.М. Шувалов, Д.С. Чернов. // Наука в центральной России. – 2014.– №1(7). – С. 60-63.

11. Шувалов А.М. Снижение антипитательных факторов в семенах микронизированной полножирной сои. / А.М. Шувалов, Г.М. Шулаев, Н.А. Вотановская, Р.К. Милушев, Д.С. Чернов. // Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве. Труды 8-й Международной научно-технической конференции (16-17 мая 2012 года, г. Москва, ГНУ ВИЭСХ). В 5-ти частях. Часть 2. Энергосберегающие технологии в растениеводстве и мобильной энергетике. – М.: ГНУ ВИЭСХ. – 2012. – С. 59 - 62.

References

1. Patent RF № 2038797 «Sposob obrabotki neobezzhirennyx bobov soi». 1995.

2. Patent RF № 2303369 «Sposob inaktivacii antipitatel'nyx ve-shhestv i povysheniya pitatel'noj cennosti soevyx bobov». 2007.

3. Patent RF № 2313226. «Sposob obrabotki polnozhirnyx soevyx bobov». 2007.

4. Shuvalov A.M. Perspektivy primeneniya kombinirovannogo e'lek-tronagreva zerna soi dlya udaleniya antipitatel'nyx veshhestv. / A.M. Shuvalov, D.S. Chernov, A.N. Mashkov, V.F. Kalinin. // Vestnik VIE'SX. – 2014. – №3 (16). – S. 75–77.

5. Shuvalov A.M. Mnogocelevoj termoagregat. / A.M. Shuvalov, A.N. Mashkov, K.A. Nabatov, D.S. Chernov. // Sel'skij mexanizator. – 2014. – №3 (16). – S. 10–11.

6. Shuvalov A.M. Opredelenie rasxoda e'lektroe'nergii infrakrasnymi izluchatelyami na mikronizaciyu soi. / A.M. Shuvalov, D.S. Chernov, V.F. Kalinin, K.A. Nabatov. // Nauka v central'noj Rossii. – 2014. – №1 (7). – S. 52-55.

7. Shuvalov A.M., Shulaev G.M., Votanovskaya N.A., Chernov D.S. Opredelenie racional'nyx parametrov gidrotermicheskoj obrabotki polnozhirnoj soi na osnove xaraktera raspredeleniya tepla v zerne. /A.M. Shuvalov, G.M. Shulaev, N.A. Votanovskaya, D.S. Chernov. // Trudy 9-oj mezhdunarodnoj nauchno-texnicheskoj konferencii «E'nergoobespechenie i e'nergosberezhenie v sel'skom xozyajstve».– Moskva, GNU VIE'SX, ch.2.– 2014. –S. 181–185.

8. Fil'nej M.I. Proektirovanie ventilyacionnyx ustanovok. – M.: Vysshaya shkola, 1976, 206 s.

9. Isachenko V.P., Osipova V.A., Sukolin A.S. Teploperedacha. – M.: E'nergoizdat. 1981, s. 417.

10. Shuvalov A.M., Chernov D.S. Texnicheskie sredstva transportirovaniya soi v processe mikronizacii. / A.M. Shuvalov, D.S. Chernov. // Nauka v central'noj Rossii. – 2014.– №1(7). – S. 60-63.

11. Shuvalov A.M. Snizhenie antipitatel'nyx faktorov v semenax mikronizirovannoj polnozhirnoj soi. / A.M. Shuvalov, G.M. Shulaev, N.A. Votanovskaya, R.K. Milushev, D.S. Chernov. // E'nergoobespechenie i e'nergosberezhenie v sel'skom xozyajstve. Trudy 8-j Mezhdunarodnoj nauchno-texnicheskoj konferencii (16-17 maya 2012 goda, g. Moskva, GNU VIE'SX). V 5-ti chastyax. Chast' 2. E'nergosberegayushhie texnologii v rastenievodstve i mobil'noj e'nergetike. – M.: GNU VIE'SX. – 2012. – S. 59-62.

УДК 631.3: 631.15.017.3

САЗОНОВ С.Н., САЗОНОВА Д.Д.

КАЧЕСТВЕННОЕ И КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОСНАЩЕНИЕ ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКОЙ

Сазонов Сергей Николаевич
доктор технических наук, профессор, заведующий лабораторией, Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве,
E-mail: snsazon@mail.ru
Сазонова Дамира Давидовна
кандидат экономических наук, доцент, ведущий научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве, E-mail: snsazon@mail.ru

Реферат. *Оснащение фермерских хозяйств машинами и механизмами является важнейшим фактором, который в существенной мере предопределяет конечные итоги деятельности современных российских фермеров. Цель исследования - проведение ретроспективного анализа оснащенности фермерских хозяйств машинами и механизмами на примере типичного аграрного региона России, каким и является Тамбовская область, и установление влияния технического оснащения на результаты деятельности фермеров. Анализ проводился по данным, полученным в результате авторского мониторинга деятельности типичных фермерских хозяйств региона на протяжении 1993-2013гг. Установлено, что определяющим настоящее и будущее фермерского сектора аграрной экономики страны является техническое оснащение фермерских хозяйств. Вместе с тем, на начало 2014 года 100% гусеничных и 68,4% колесных тракторов, 92,3% зерноуборочных комбайнов и 79,2% грузовых автомобилей, используемых в обследованных фермерских хозяйствах, исчерпали срок полезного использования. Установлено, что в течение последних лет крайне снизился объем приобретения фермерами новых машин и механизмов, в основном приобретается только подержанная сельскохозяйственная техника, что вызывает еще больший объем ремонтных работ и дополнительный расход запасных частей. Признавая нужность и крайнюю необходимость насыщения фермерских хозяйств новой сельскохозяйственной техникой, тем не менее, надо ясно понимать, что без должного развития технического сервиса все усилия, направленные на создание*

льготных условий для приобретения фермерами новых машин и механизмов, ожидаемого эффекта не дадут. При определении приоритетных направлений государственной поддержки фермерского сектора отечественной аграрной экономики необходимо учитывать инженерное понимание этой проблемы.

***Ключевые слова**: Тамбовская область, фермерские хозяйства, ретроспективный анализ, обеспеченность, сельскохозяйственная техника*

SAZONOV S.N., SAZONOVA D.D.

QUALITATIVE AND QUANTITATIVE EQUIPMENT OF FARMS BY AGRICULTURAL MACHINERY

Sazonov Sergei Nikolaevich
Full Doctor of Technical Sciences, professor, laboratory chief, All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture
E-mail: snsazon@mail.ru.
Sazonova Damira Davidovna
PhD (Economics), associate professor, leading research fellow, All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture
E-mail: snsazon@mail.ru.

***Summary.** Equipment of farms by machines and mechanisms is an important factor, which to a large extent predetermines final results of modern Russian farmers. The purpose of the study is retrospective analysis of equipment of farm machines and mechanisms on an example of a typical agrarian region of Russia, and what is the Tambov region, and to establish the influence of technical equipment on the results of operations of farmers. The analysis was conducted on data obtained as a result of the author's monitoring of activities of typical farms in the region for 1993-2013gg. It was found that the defining present and future of the farm sector of the agrarian economy of the country is the technical equipment of the farms. However, at the beginning of 2014 100 % of tracked and 68.4 % of wheeled tractors, 92.3 % of combine harvesters and 79.2 % of trucks used in the surveyed farms have exhausted the useful life. It is found that the amount of acquisition of by farmers of new machines and mechanisms is extremely decreased in recent years, mostly only used agricultural machinery is acquired, what causes an even greater amount of repair work and additional expense of spare parts. Recognizing the importance and urgency of saturation of farms of new agricultural techniques, however, it must be clearly understood that without proper development of technical service all efforts aimed at creating of favorable conditions for the acquisition of farmers of new machines and mechanisms, will not give the expected effect. In determining the priority directions of state support for the farm sector of the domestic agricultural economy engineering understanding of the problem must be considered.*

***Keywords:** Tambov region, farms, retrospective analysis, provision of equipment, agricultural machinery*

Введение. Оснащение фермерских хозяйств машинами и механизмами является важнейшим фактором, который в существенной мере предопределяет конечные итоги деятельности современных российских фермеров [1-8]. Еще большее значение приобретает техническое оснащение фермерских хозяйств, если мы хотим нарастить объемы производства в фермерском секторе аграрной экономики страны. Например, анализ производственной функции, представленный в работах [9-10], говорит о том, что суммарная весомость факторов, непосредственно связанных с техническим оснащением фермерских хозяйств,

использованием техники и обеспечением ее работоспособного состояния, составляет 53,4%. Иными словами, более чем на половину прирост объемов продукции в фермерских хозяйствах зависит от количества тракторов, комбайнов и автомобилей, возможности поддерживать их работоспособное состояние (наличие запасных частей) и объективных возможностей их использования в производственном процессе (наличие топливо-смазочных материалов). При этом, что крайне важно подчеркнуть, увеличение площади пашни имеет весомость лишь 9,1%. Следовательно, вопреки укрепившемуся мнению, успех деятельности фермерских хозяйств предопределяется не расширением площади землепользования, а техническим обеспечением производственного процесса. В этом заключении нет ничего принципиально нового, эта истина прекрасно известна профессиональному научному сообществу [11-18], однако применительно к фермерским хозяйствам этот вывод приобретает особую актуальность. Исходя из этого, целью работы является проведение ретроспективного анализа оснащенности фермерских хозяйств машинами и механизмами на примере типичного аграрного региона России, каким и является Тамбовская область, и установление влияния технического оснащения на результаты деятельности фермеров.

Материалы и методы. Результаты мониторинга деятельность фермерских хозяйств Тамбовской области, проведенного авторами в 1993-2013гг. на основе данных первичных документов в процессе монографического обследования типичных фермерских хозяйств региона [19-29].

Результаты и обсуждение.

За период 1993-2013гг. количество основной техники, имеющейся в среднем фермерском хозяйстве, изменилось довольно значительно. Так, если количество зерноуборочных комбайнов осталось практически тем же, то количество колесных тракторов увеличилось на 65,2%, а количество гусеничных тракторов и грузовых автомобилей снизилось на 14,1% и 41,5% (таблица 1).

При этом, по данным на начало 2014 г., 100% гусеничных и 68,4% колесных тракторов, 92,3% зерноуборочных комбайнов и 79,2% грузовых автомобилей уже полностью самортизированы. Дело в том, что основное количество техники (от 70,6 до 94,4% в зависимости от ее вида) было приобретено на кредитные средства в период 1991-1994гг., поэтому срок полезного их использования истек, а обновление парка за счет собственных средств фермерского хозяйства было весьма незначительным.

Таблица 1 - Наличие техники в среднем фермерском хозяйстве

Календарный год	Тракторы гусеничные, шт		Тракторы колесные, шт.		Зерноуборочные комбайны		Грузовые автомобили, шт	
	всего	в т.ч. полностью саморти-зированы	всего	в т.ч. полностью саморти-зированы	всего	в т.ч. полностью саморти-зированы	всего	в т.ч. полностью саморти-зированы
1993	0,78	0	0,46	0	0,54	0	0,82	0
1994	0,78	0	0,43	0	0,57	0	0,79	0
1995	0,67	0	0,43	0	0,57	0	0,71	0
1996	0,67	0	0,46	0	0,62	0	0,75	0
1997	0,67	0	0,52	0	0,62	0	0,86	0
1998	0,70	0	0,58	0	0,62	0	0,86	0
1999	0,70	0,02	0,61	0	0,57	0	0,90	0
2000	0,70	0,37	0,61	0	0,57	0	0,86	0
2001	0,70	0,67	0,61	0,04	0,61	0	0,82	0

2002	0,70	0,67	0,61	0,07	0,61	0,22	0,86	0
2003	0,76	0,67	0,67	0,43	0,62	0,38	0,95	0,04
2004	0,76	0,67	0,67	0,63	0,62	0,48	0,90	0,33
2005	0,75	0,68	0,63	0,58	0,58	0,50	0,96	0,54
2006	0,76	0,72	0,62	0,58	0,58	0,57	0,96	0,67
2007	0,76	0,71	0,62	0,57	0,57	0,52	0,90	0,76
2008	0,76	0,71	0,67	0,62	0,57	0,52	0,86	0,71
2009	0,76	0,71	0,67	0,62	0,57	0,52	0,81	0,62
2010	0,76	0,71	0,67	0,57	0,57	0,52	0,71	0,52
2011	0,71	0,71	0,62	0,48	0,52	0,48	0,62	0,48
2012	0,71	0,71	0,76	0,48	0,52	0,48	0,52	0,38
2013	0,67	0,67	0,76	0,52	0,52	0,48	0,48	0,38

За период 1993 - 1998 гг. средняя стоимость основных средств в фермерских хозяйствах возросла в 106 раз (таблица 2). Но это увеличение было обусловлено, в основном, их периодической переоценкой. Увеличение же количества техники в физическом исчислении было незначительно: число колесных тракторов за тот же период возросло в 1,26 раза, грузовых автомобилей - в 1,05 раза и зерноуборочных комбайнов – в 1,15 раза.

Таблица 2 - Динамика стоимости основных средств фермерского хозяйства

Календарный год	Стоимость основных средств (тыс.руб.)		Остаточная стоимость основных средств, тыс.руб.	Износ, %	Календарный год	Стоимость основных средств (тыс.руб.)		Остаточная стоимость основных средств, тыс.руб.	Износ, %
	всего	в т.ч. амортизируемых				всего	в т.ч. амортизируемых		
1993	3,1	3,1	2,5	19,4	2004	349,8	60,2	29,1	91,7
1994	67,6	67,6	47,5	29,7	2005	347,9	46,3	22,3	93,6
1995	217,2	217,2	126,9	41,6	2006	345,0	38,9	19,5	94,3
1996	238,7	238,7	124,6	47,8	2007	350,5	45,0	26,0	92,6
1997	237,2	237,2	111,7	52,9	2008	347,2	42,8	21,0	94,0
1998	327,7	327,7	115,8	64,7	2009	344,2	48,9	22,6	93,4
1999	329,2	326,5	89,3	72,8	2010	343,7	52,5	27,4	92,0
2000	331,3	281,2	66,0	80,0	2011	357,8	100,5	77,5	78,4
2001	335,1	231,7	50,1	85,0	2012	399,7	146,7	109,8	72,5
2002	339,7	178,0	35,6	89,5	2013	402,4	145,6	95,4	76,3
2003	348,9	136,1	36,3	89,6					

За последующий период (1998 - 2010 гг.) восстановительная стоимость основных средств практически не изменялась: колебания от среднего за этот период значения (341,6 тыс. руб.) составили не более 4,1 %. В то же время стоимость амортизируемых средств снизилась в 6,2 раза (под амортизируемыми основными средствами понимаются средства, имеющие положительную остаточную стоимость). Таким образом, к началу 2011г. 92% основных средств (в стоимостном выражении) уже исчерпали срок полезного их использования.

За последние три года (2011-2013гг) произошли заметные изменения. Во-первых, снизилось количество техники (тракторы, комбайны и грузовые автомобили) на 8,8%, во-вторых, возросли восстановительная и остаточная стоимости техники, соответственно, в 1,2 и 3,5 раза. Это стало следствием не только приобретения за последний год новой техники, но и ужесточения порядка исчисления транспортного налога, в связи с чем фермеры вынуждены избавляться от старых, но вполне работоспособных грузовых автомобилей.

Общий анализ структуры основных средств производства (таблица 3) показывает, что в стоимостном выражении они на 90,9 % представлены машинами и механизмами. Иными словами в фермерских хозяйствах практически отсутствуют объекты производственной инфраструктуры. В абсолютном большинстве фермерских хозяйств нет объективных условий для создания современной ремонтно-обслуживающей базы, позволяющей проводить полноценные ремонтно-восстановительные работы [30]. Известно, что в России приспособленными помещениями для проведения примитивных ремонтно-обслуживающих работ располагают только 5,72 % фермерских хозяйств. По данным Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2006 года ежегодный прирост площадей для проведения ремонтно-обслуживающих работ в фермерском секторе страны составляет менее 1 процента. Иными словами, для того, чтобы в каждом фермерском хозяйстве появилась хотя бы примитивная ремонтно-обслуживающая база, потребуется более 100 лет. Полученные данные свидетельствуют о критическом состоянии, сложившемся в обеспечении работоспособного состояния сельскохозяйственной техники в фермерском секторе аграрной экономики страны.

Таблица 3 - Наличие основных средств и их структура в среднем фермерском хозяйстве (на 1 января 2014 года)

Наименование основных средств	Количество, шт.	Стоимость тыс. руб.	Удельный вес в общей стоимости, %	Остаточная стоимость, тыс.руб.	Износ, %
Тракторы – всего	1,43	191,1	47,5	75,8	60,3
в т.ч. гусеничные	0,67	53,4	13,3	0	100
колесные	0,76	137,7	34,2	75,8	44,9
Грузовые автомобили	0,48	28,9	7,2	0,6	98,0
Сельхозмашины всего	4,33	142,5	35,4	18,5	87,0
в т.ч. зерноуборочные комбайны	0,52	81,0	20,1	0,6	99,2
Здания производственные	0,29	27,0	6,7	0,4	98,5
Прочие основные средства	0,86	12,8	3,2	0,1	100
ВСЕГО		402,4	100	95,4	76,4

Следует отметить, что стоимость единицы техники, находящейся на балансе фермерского хозяйства, значительно ниже стоимости аналогичной новой. Например, средняя стоимость зерноуборочного комбайна в фермерском хозяйстве 156 тыс.руб., гусеничного трактора – 80 и колесного –181 тыс. руб., что более чем на порядок ниже стоимости аналогичных новых машин. Это объясняется, во-первых, несовершенством и нерегулярностью проводившихся переоценок основных производственных фондов, и, во-вторых, тем, что, начиная с 1993 года, фермеры приобретают технику, как правило, не новую, а по остаточной стоимости у других предприятий.

Распределения стоимости основных производственных средств описывается законом распределения Вейбулла (рисунок 1). Коэффициент вариации, по данным за 2013 год, составляет 0,83. На представленных графиках видно, что за период 2001-13гг. заметных изменений в стоимости основных средств фермерских хозяйств не произошло.

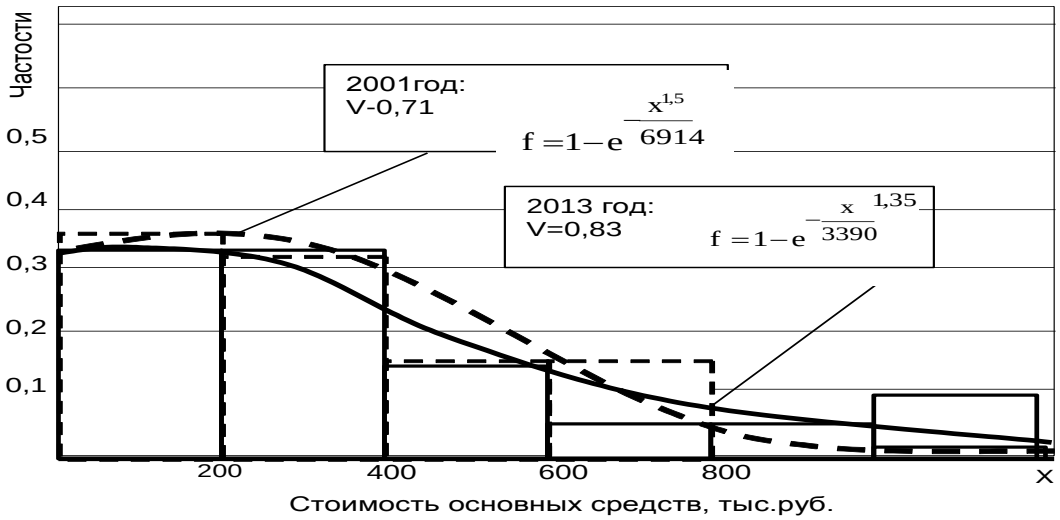


Рисунок 1- Распределение стоимости основных средств

Взаимосвязь размеров землепользования и оснащенности основными средствами, выраженной в стоимостном выражении, описывается зависимостью:

$$P = 55{,}5 \cdot S^{0,35}, \quad (1)$$

где P – стоимость основных средств, тыс.руб.;

S - площадь пашни, га.

Тогда изменение величины фондообеспеченности в зависимости от изменения размеров площади земельного участка опишется следующим выражением:

$$F = 55{,}5 \cdot S^{-0,65}, \quad (2)$$

где F – фондообеспеченность, тыс. руб./га.

На рисунке 2 представлены графики полученных зависимостей. Как следует из графиков, с увеличением площади землепользования стоимость основных средств в абсолютном исчислении увеличивается, а фондообеспеченность, напротив, снижается.

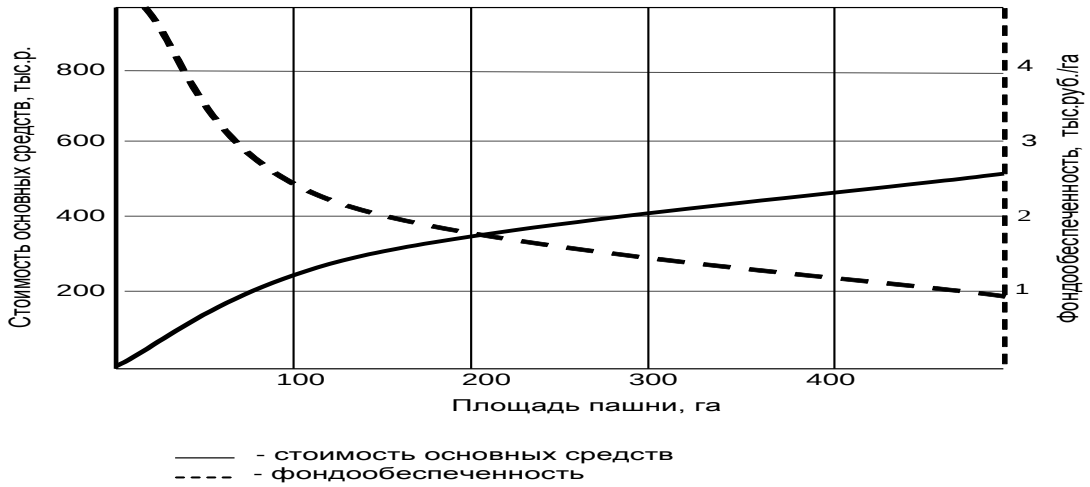


Рисунок 2 - Зависимость стоимости основных средств и фондообеспеченности от площади пашни в фермерском хозяйстве

Удельный вес стоимости основных средств, находящихся в распоряжении групп хозяйств, полученных при разбиении фермерских хозяйств по площади землепользования, приведен на рисунке 3.

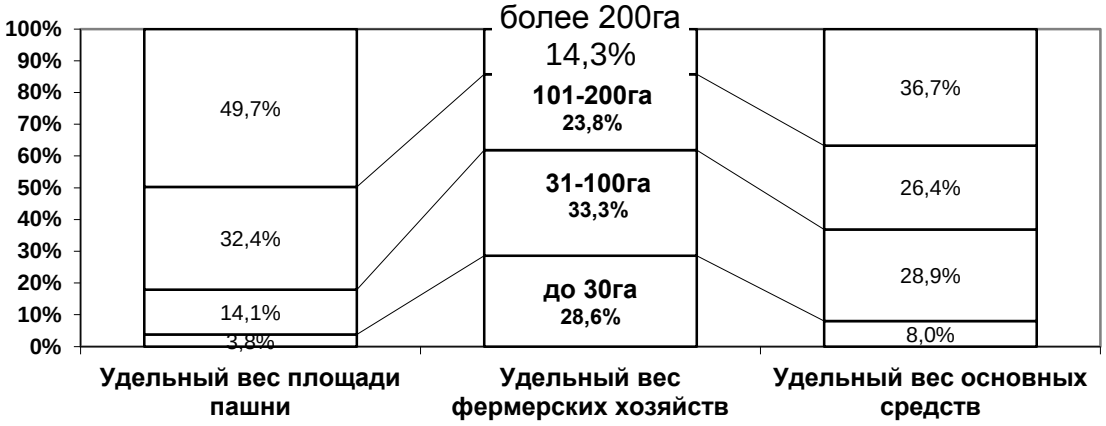


Рисунок 3 - Удельная обеспеченность хозяйств землей и основными средствами (по данным на 01.01.2014г.)

Так, по данным диаграммы, те 28,6 % фермерских хозяйств, которые владеют в общей сложности 3,8% земли, имеют в своем распоряжении 8% от общей суммы основных средств производства, выраженных в денежном исчислении (нижний интервал диаграммы). И в то же время 14,3% хозяйств имеют в своем распоряжении 49,7% пашни и 36,7% основных средств (верхний интервал диаграммы).

Максимальную фондообеспеченность имеют хозяйства с площадью пашни до 30га, хотя за период 2006-2013гг. она снизилась в 1,9 раза, и обусловлено последнее не ростом площади пашни (она возросла только на 4,2%), а снижением стоимости основных средств в 1,8 раза. Как правило, хозяйства именно этой группы продают технику, и в эту группу переходят те хозяйства, которые сворачивают производство, отказываясь от арендованной земли, оставив только ту, что закреплена на правах собственности, и продавая часть техники (таблица 4).

Таблица 4 - Обеспеченность фермерских хозяйств основными средствами и землей

№	Группы хозяйств с площадью:	Удельный вес ФХ в группе, %		Средняя площадь пашни, га		Средняя стоимость основных средств, тыс.руб.		Средняя фондообеспеченность, руб./га	
		2006г	2013г	2006г	2013г	2006г	2013г	2006г	2013г
1	до 30 га	28,6	28,6	14,2	14,8	208,3	113,8	14669	7689
2	31 -100 га	38,2	33,3	67,1	46,1	304,1	350,6	4532	7605
3	101-200 га	19,0	23,8	134,5	148,8	415,8	447,4	3091	3007
4	более 200 га	14,2	14,3	285,7	380,0	633,0	1039	2216	2734

Выросла в 1,7 раза фондообеспеченность хозяйств с площадью 31-100 га, но при этом стоимость основных средств практически не изменилась – увеличение составило всего 15,3%,- а площадь пашни снизилась почти в 1,5 раза. Изменения показателей в хозяйствах с площадью пашни 101-200 га не столь значительны: колебания в сторону снижения или повышения не превышают 20%.

В группе хозяйств с площадью пашни более 200 га, напротив, динамика положительная. За последние семь лет площадь пашни выросла в 1,3 раза, стоимость основных средств – в 1,6 раза, а фондообеспеченность – в 1,2 раза.

Но, как было отмечено ранее, оперируя только стоимостью основных средств производства, числящихся на балансе фермерского хозяйства, не всегда можно получить объективную оценку обеспеченности хозяйства основными средствами. В таблице 5 приведены данные о наличии техники в рассмотренных группах хозяйств.

Таблица 5 - Обеспеченность групп фермерских хозяйств техникой (на 1.01.2014 г.)

№	Группы хозяйств с площадью:	Гусеничные тракторы, шт.		Колесные тракторы, шт.		Зерноуборочные комбайны, шт.		Грузовые автомобили шт.	
		на одно ФХ	на 100 га	на одно ФХ	на 100 га	на одно ФХ	на 100 га	на одно ФХ	на 100 га
1	до 30 га	0,17	1,12	0,33	2,24	0,17	1,12	0,17	1,12
2	31 -100 га	0,71	1,55	0,57	1,24	0,57	1,24	0,14	0,31
3	101-200 га	1,00	0,67	1,20	0,81	0,60	0,40	0,80	0,54
4	более 200 га	1,00	0,26	1,33	0,35	1,0	0,26	1,33	0,35

Так, хозяйства с площадью пашни более 200га имеют наименьшее количество техники в расчете на 100га. Более того, за период 2006-2013гг значения этих показателей снизились: количество тракторов и комбайнов в расчете на 100га пашни - на 0,09 единиц, грузовых автомобилей – на 0,23 (рисунок 4).

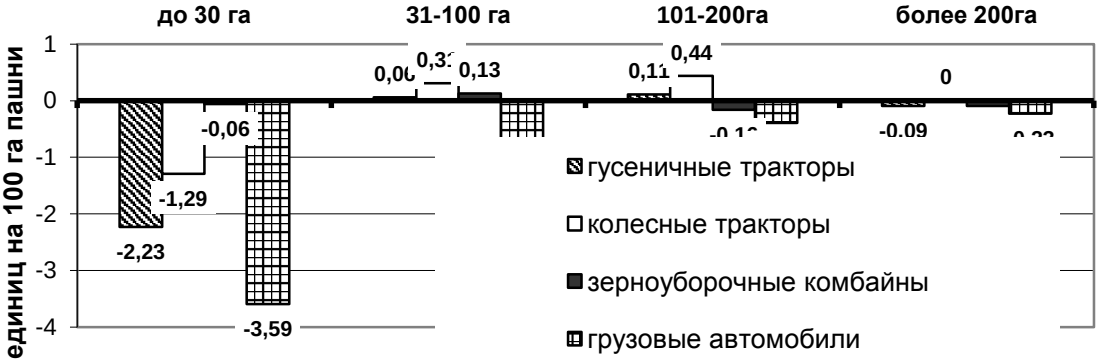


Рисунок 4 - Изменение обеспеченности техникой за период 2006-2013г (отрицательное значение – снижение)

Увеличение фондообеспеченности при снижении обеспеченности единицы площади пашни техникой в физическом ее исчислении говорит о том, что в этой группе хозяйств идет обновление техники – замена старой более новой. Особенно существенно снижение обеспеченности техникой в группе хозяйств с площадью до 30га. К примеру, количество гусеничных тракторов уменьшилось на 2,23 единицы в расчете на 100га, колесных – на 1,29. Здесь при снижении фондообеспеченности это свидетельствует о выбытии техники.

В общей стоимости основных средств среднего фермерского хозяйства средства механизации составляют в среднем 90,1% (таблица 5). Это значительно превышает сложившиеся пропорции в мировой практике. Например, во Франции аналогичный показатель составляет 38%, в Голландии и Италии – 45%, а СССР составлял 60%. Но и при этом оснащенность фермерских хозяйств сельскохозяйственной техникой является крайне недостаточной, например, обеспеченность тракторами составляет в среднем 72% (с учетом списанной по износу техники), зерноуборочными комбайнами —52%, прочими сельскохозяйственными машинами и оборудованием -11%.

Однако в настоящее время общее экономическое положение в фермерских хозяйствах таково, что самоинвестирование средств в техническое оснащение практически невозможно, и процесс оснащения техникой крайне замедлился. К примеру, по данным за 2013 год средняя выручка за реализованную сельскохозяйственную продукцию составила всего 244 тыс. руб., что составляет 8,5% от стоимости нового зерноуборочного комбайна «Нива-Эффект».

Если сопоставить вложения в технику относительно объема произведенной валовой про-

дукции (таблица 6), то становится ясно, что техника в фермерских хозяйствах в основном приобреталась за счет различных форм финансовой поддержки со стороны государства. В 1992-93гг. фермеры тратили на приобретение машин и механизмов в 1,27 раза больше, чем получали валовой выручки от реализации собственно сельскохозяйственной продукции и продуктов ее переработки.

Таблица 6 - Динамика затрат на приобретение основных средств

Календарный год	Выручка от реализации сельхозпродукции, руб	Затраты на приобретение основных средств		Календарный год	Выручка от реализации сельхозпродукции, руб	Затраты на приобретение основных средств	
		всего, руб.	относительно выручки за сельхозпродукцию, %			всего, руб.	относительно выручки за сельхозпродукцию, %
1992	855	1960	229,3	2004	62053	4606	7,4
1993	2612	2449	93,8	2005	56801	2083	3,7
1994	4035	1520	37,7	2006	86809	2762	3,2
1995	5139	2338	45,5	2007	116068	11333	9,8
1996	12368	3343	27,0	2008	113538	3212	2,8
1997	24801	2569	10,4	2009	96671	6333	6,6
1998	25492	3189	12,5	2010	112900	9667	8,6
1999	51940	2406	4,6	2011	208185	47910	23,0
2000	46652	2352	5,0	2012	196300	19524	9,9
2001	50440	3449	6,8	2013	243521	12429	5,1
2002	35229	7868	22,3	среднее			27,1
2003	72290	15357	21,2				

В 1991-92 годах практически все вновь образующиеся фермерские хозяйства приобретали машины и механизмы полностью за счет кредитных средств. В 1993 году только 67% средств, использованных на эти цели, были кредитными. В дальнейшем фермерами наблюдаемой группы не было получено ни одного долгосрочного кредита, что, естественно, повлекло за собой снижение удельного веса затрат на приобретение основных средств: если в 1993г. эта статья расходов составляла 93,8% относительно выручки за сельскохозяйственную продукцию, то в 1999г. – лишь 4,6 %, в 2008г – 2,8 %.

В 2011 году на эти цели было потрачено в 20,4 раза больше денежных средств, чем это было в 2000 году. Но, даже тратя на приобретение основных средств до 23% валовой выручки, фермеры не в состоянии восполнить изнашивающийся парк машин. Так, за 2000-13гг. стоимость амортизируемых основных средств (с износом менее 100 %) снизилась почти в 2 раза.

Анализ динамики таких важных экономических показателей, как фондообеспеченность и фондоотдача, свидетельствуют о большой диспропорции в изменениях стоимости сельхозпродукции и основных производственных фондов. Так, за период 1993-2013гг. величина выручки за реализованную сельскохозяйственную продукцию с единицы площади (в реальных ценах) увеличилась в 31,9 раза, а фондообеспеченности - в 44,6 раз. Следовательно, фондоотдача снизилась в 1,4 раза.

Насколько больше или меньше продукции стали производить фермеры за указанный период можно определить, сравнивая только действительно сравнимые показатели. Если соотнести получаемую в фермерских хозяйствах выручку за реализованную сельскохозяйственную продукцию к средней стоимости одной тонны пшеницы, то видно, что валовой продукт, получаемый с единицы площади, снизился в 2013г. по сравнению с 1993г. в 1,6 раза. За тот

же период снизилась обеспеченность единицы площади тракторами в 2,5 раза, грузовыми автомобилями – в 5 раз, зерноуборочными комбайнами - в 3 раза (рисунок 5).

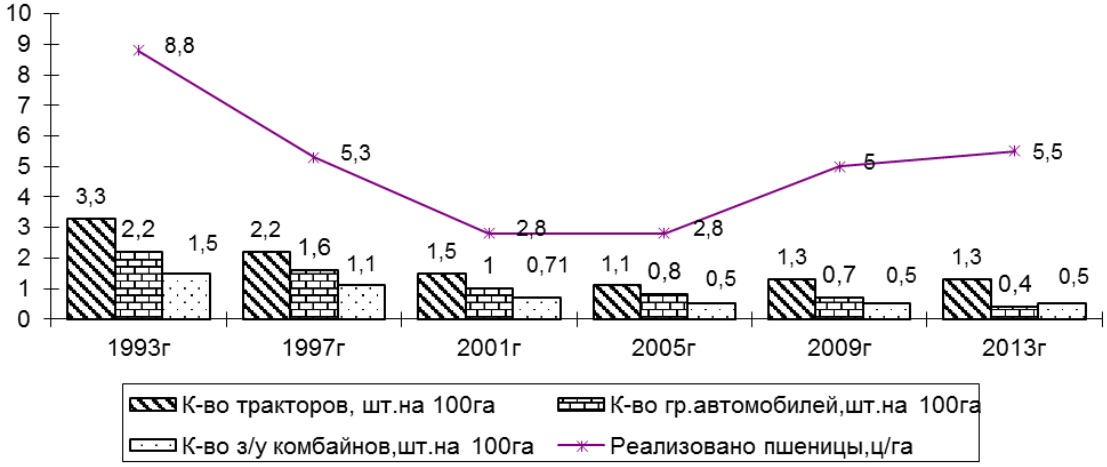


Рисунок 5 - Динамика обеспеченности единицы площади техникой

Заключение. Результаты ретроспективного анализа оснащенности фермерских хозяйств основными средствами показывают, что определяющим настоящее и будущее фермерского сектора аграрной экономики страны является техническое оснащение фермерских хозяйств. Вместе с тем, на начало 2014 года 100% гусеничных и 68,4% колесных тракторов, 92,3% зерноуборочных комбайнов и 79,2% грузовых автомобилей, используемых в обследованных фермерских хозяйствах, исчерпали срок полезного использования.

К сожалению, в течение последних лет крайне снизился объем приобретения фермерами новых машин и механизмов, в основном приобретается только подержанная сельскохозяйственная техника, что вызывает еще больший объем ремонтных работ и дополнительный расход запасных частей.

Исходя из этого, необходимо подчеркнуть, что, несомненно, признавая нужность и крайнюю необходимость насыщения фермерских хозяйств новой сельскохозяйственной техникой, тем не менее, надо ясно понимать, что без должного развития технического сервиса все усилия, направленные на создание льготных условий для приобретения фермерами новых машин и механизмов, ожидаемого эффекта не дадут. К сожалению, при определении приоритетных направлений государственной поддержки фермерского сектора отечественной аграрной экономики совершенно игнорируется элементарное инженерное понимание этой проблемы. Если о том, что фермерам нужна техника, в принципе, знают все, то понимание того факта, что машина в состоянии выполнять полезную работу только в том случае, если она находится в работоспособном состоянии – много сложнее.

Недостаточное техническое оснащение являлось и является важнейшим сдерживающим фактором интенсификации использования земли в фермерских хозяйствах. К сожалению, большое отрицательное влияние на техническое оснащение фермерских хозяйств оказывают рассогласованность и противоречия между региональным и федеральным законодательством. В частности, ужесточение порядка исчисления транспортного налога, который находится в ведении регионального законодательства, привело к тому, что фермеры были вынуждены избавляться от старой, но работоспособной техники.

Следует подчеркнуть, что речь не идет об ограниченности мышления региональных законодателей, ужесточение налогового бремени собственных сельскохозяйственных товаропроизводителей является для них вынужденной мерой, предопределяемой нынешней системой

регулирования и управления межбюджетными отношениями в Российской Федерации. Кроме этого, сложившаяся ситуация в полной мере показала порочность используемой в настоящее время стратегической схемы оказания поддержки сельскохозяйственным товаропроизводителям, основанной на паритетном участии федерального центра и регионов. Складывается парадоксальная ситуация, когда, с одной стороны, экономически более слабые регионы, как правило, с преобладанием в региональной экономике аграрного сектора, не в состоянии оказывать должную поддержку собственным сельскохозяйственным товаропроизводителям. Хотя природно-климатические и социально-экономические условия, многовековой исторический опыт указывают на несомненную целесообразность развития именно в них аграрного производства.

С другой стороны, экономически более состоятельные регионы, как правило, с развитым топливно-энергетическим комплексом, в состоянии оказывать несоизмеримо большую поддержку собственным аграрникам, полностью игнорируя природно-климатические условия своих регионов, искусственно создавая, не считаясь с затратами, более благоприятные условия для собственных сельскохозяйственных товаропроизводителей. В результате ломается веками сложившаяся природно-экономическая аграрная специализация регионов страны, а получаемая сельскохозяйственная продукция заведомо неконкурентоспособна, что на внутреннем, что на международном рынках.

Список литературы

1. Агроэкологическое состояние и перспективы использования земель России, выбывших из активного сельскохозяйственного оборота/Отв. ред. Г. А. Романенко и др. -М., 2008. -62 с.

2. Миндрин А.С. Технология как предмет системного анализа//АПК: экономика, управление. - 2010. -№ 2.- С.26-33

3. Миндрин А.С., Хамзин И.И. Стимулирование эффективного землепользования в сельском хозяйстве. -М., 2012. - 152 с.

4. Москалев М.В., Солопов В.А. Особенности функционирования механизмов ценообразования на региональном зерновом рынке//Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. -2005.-№ 10. - С.47 - 50

5. Развитие овощеводства в Российской Федерации: состояние и перспективы / Бунин М.С. и др. -М., 2010.-223 с.

6. Руденко Н.Р., Солопов В.А. Особенности управления региональным аграрным сектором АПК // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. -2011. -№2. -С.88-91.

7. Сазонов С.Н., Сазонова Д.Д. Техническое оснащение как фактор восстановления фермерских хозяйств//Механизация и электрификация сельского хозяйства. -2010. -№5. -С.24-26.

8. Эффективность сельскохозяйственного производства: методические рекомендации/Санду И.С. и др. –М.: Росинформагротех, 2013. -228 с.

9. Сазонова Д.Д., Сазонов С.Н. Аллокативная эффективность использования производственных ресурсов в фермерских хозяйствах//Экономика: вчера, сегодня, завтра. -2013. №3-4. С.32-53.

10. Сазонов С.Н., Сазонова Д.Д. Оценка эффективности использования производственно-технических ресурсов в фермерских хозяйствах//Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. -2014.-№1.-С.96-103

11. Сазонов С.Н., Попова О.Н., Сазонова Д.Д. Структура времени использования техники в крестьянских (фермерских) хозяйствах // Механизация и электрификация сельского хозяйства. -1996. -№8. - С.21-23

12. Кузьмин В.Н., Федоренко В.Ф., Никитин А.В. и др. Справочник фермера. - М.: Росинформагротех, 2013. - 616 с.

13. Сазонов С.Н., Сазонова Д.Д. Рекомендации по организации межфермерской кооперации в использовании сельскохозяйственной техники –Тамбов, 1994. - 43 с.

14. Ерохин Г.Н., Решетов А.С. Оценка уровня надежности работы зерноуборочных комбайнов в сельхозпредприятии//Техника в сельском хозяйстве. -2012. -№6. - С.10-12.

15. Ерохин Г.Н., Сазонов С.Н., Коновский В.В. О надежности работы современных зерноуборочных комбайнов // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. - 2013. -№6. - С.59-63.

16. Сазонов С.Н. Организационно-экономические проблемы развития фермерского движения в России//Международный сельскохозяйственный журнал. -1995.- № 5. – С.28-32

17. Сазонов С.Н., Ерохин Г.Н., Коновский В.В. Моделирование показателей использования зерноуборочных комбайнов ACROS 530 и VECTOR 410. //Вестник ЧГАА. -2013. Т.65. С.114-117.

18. Сазонов С.Н., Сазонова Д.Д., Клейменов О.А. и др. Теория и практика использования техники в крестьянских хозяйствах –Тамбов, 1996. - 66 с.

19. Никитин А.В., Сазонова Д.Д., Иванова Е.В. Учет и налогообложение в фермерских хозяйствах –Мичуринск, 2013. - 54 с.

20. Сазонов С.Н. Два варианта развития фермерского движения//АПК: экономика, управление. 1994. №7. С.67-71.

21. Сазонов С.Н., Сазонова Д.Д. Динамика землепользования и оснащения техникой фермерских хозяйств//Достижения науки и техники АПК. 2004. №7. С.38-40

22. Сазонов С.Н., Сазонова Д.Д. Производственно-экономическая результативность деятельности крестьянских хозяйств//АПК: экономика, управление. 1997. №3. С.59-63.

23. Сазонов С.Н., Сазонова Д.Д. Экономический анализ работы крестьянских хозяйств и предложения по совершенствованию их деятельности –Тамбов, 1996. - 68 с.

24. Сазонов С.Н., Сазонова Д.Д., Земцова В.М. Повышать доходы крестьянских хозяйств//Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. - 1996. - №4. С.36-40

25. Сазонов С.Н., Сазонова Д.Д., Попова О.Н. Обеспечение нефтепродуктами фермерских хозяйств//Наука в центральной России. - 2013. - № 1. - С. 44-50

26. Сазонова Д.Д., Сазонов С.Н. О соразмерности социальных платежей и результатов деятельности фермерских хозяйств//Человек и труд. -2013. -№7. -С.34-39

27. Сазонова Д.Д., Сазонов С.Н. Фермерство на Тамбовщине: состояние и тенденции развития //Социологические исследования. -2006. -№7. - С.61-70.

28. Сазонова Д.Д. Экономические показатели деятельности крестьянских (фермерских) хозяйств//Экономика сельского хозяйства России. -1999. -№10. -С.6.-30

29. Сазонов С.Н., Остриков В.В., Сазонова Д.Д. Доступность и повышение эффективности использования нефтепродуктов в фермерских хозяйствах//Вестник ЧГАА. -2014. -Т. 68. -с. 76-83

30. Сазонова Д.Д., Попова О.Н., Сазонов С.Н. Первоочередные объекты производственной инфраструктуры в фермерских хозяйствах//Техника и оборудование для села. -2006. -№ 12. -С.14-16.

References

1. Agrojekologicheskoe sostojanie i perspektivy ispol`zovanija zemel` Rossii, vybyvshih iz aktivnogo sel`skohozjajstvennogo oborota/Otv. red. G. A. Romanenko i dr. -M., 2008. -62 s.

2. Mindrin A.S. Tehnologija kak predmet sistemnogo analiza//APK: jekonomika, upravlenie. -2010. -№2.-S.26-33

3. Mindrin A.S., Hamzin I.I. Stimulirovanie jeffektivnogo zemlepol`zovanija v sel`skom hozjajstve. -M., 2012. - 152 s.

4. Moskalev M.V., Solopov V.A. Osobennosti funkcionirovanija mehanizmov cenoobrazovanija na regional`nom zernovom rynke//Jekonomika sel`skohozjajstvennyh i pererabatyvajushhih predprijatij. -2005.-№10. -s.47-50

5. Razvitie ovoshhevodstva v Rossijskoj Federacii: sostojanie i perspektivy / Bunin M.S. i dr. -M., 2010.-223 s.

6. Rudenko N.R., Solopov V.A. Osobennosti upravlenija regional`nym agrarnym sektorom APK // Izvestija Samarskoj gosudarstvennoj sel`skohozjajstvennoj akademii. -2011. -№2. -S.88-91.

7. Sazonov S.N., Sazonova D.D. Tehnicheskoe osnashhenie kak faktor vosstanovlenija fermerskih hozjajstv//Mehanizacija i jelektrifikacija sel`skogo hozjajstva. -2010. -№5. -S.24-26.

8. Jeffektivnost` sel`skohozjajstvennogo proizvodstva: metodicheskie rekomendacii/Sandu I.S. i dr. -M.: Rosinformagroteh, 2013.-228 s.

9. Sazonova D.D., Sazonov S.N. Allokativnaja jeffektivnost` ispol`zovanija proizvodstvennyh resursov v fermerskih hozjajstvah//Jekonomika: vchera, segodnja, zavtra. -2013. №3-4. S.32-53.

10. Sazonov S.N., Sazonova D.D. Ocenka jeffektivnosti ispol`zovanija proizvodstvenno-tehnicheskih resursov v fermerskih hozjajstvah//Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta.-2014.-№1.-S.96-103

11. Sazonov S.N., Popova O.N., Sazonova D.D. Struktura vremeni ispol`zovanija tehniki v krest`janskih (fermerskih) hozjajstvah // Mehanizacija i jelektrifikacija sel`skogo hozjajstva. -1996. -№8. - S.21-23

12. Kuz`min V.N., Fedorenko V.F., Nikitin A.V. i dr. Spravochnik fermera. - M.: Rosinformagroteh, 2013. - 616 s.

13. Sazonov S.N., Sazonova D.D. Rekomendacii po organizacii mezhfermerskoj kooperacii v ispol`zovanii sel`skohozjajstvennoj tehniki -Tambov, 1994. - 43 s.

14. Erohin G.N., Reshetov A.S. Ocenka urovnja nadezhnosti raboty zernouborochnyh kombajnov v sel`hozpredprijatii//Tehnika v sel`skom hozjajstve. -2012. -№6. - S.10-12.

15. Erohin G.N., Sazonov S.N., Konovskij V.V. O nadezhnosti raboty sovremennyh zernouborochnyh kombajnov // Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta.-2013. -№6. - S.59-63.

16. Sazonov S.N. Organizacionno-jekonomicheskie problemy razvitija fermerskogo dvizhenija v Rossii//Mezhdunarodnyj sel`skohozjajstvennyj zhurnal.-1995.- № 5. - S.28-32

17. Sazonov S.N., Erohin G.N., Konovskij V.V. Modelirovanie pokazatelej ispol`zovanija zernouborochnyh kombajnov ACROS 530 i VECTOR 410.//Vestnik ChGAA. -2013. T.65. S.114-117.

18. Sazonov S.N., Sazonova D.D., Klejmenov O.A. i dr. Teorija i praktika ispol`zovanija tehniki v krest`janskih hozjajstvah -Tambov, 1996. - 66 s.

19. Nikitin A.V., Sazonova D.D., Ivanova E.V. Uchet i nalogooblozhenie v fermerskih hozjajstvah -Michurinsk, 2013. - 54 s.

20. Sazonov S.N. Dva varianta razvitija fermerskogo dvizhenija//APK: jekonomika, upravlenie. 1994. №7. S.67-71.

21. Sazonov S.N., Sazonova D.D. Dinamika zemlepol`zovanija i osnashhenija tehnikoj fermerskih hozjajstv//Dostizhenija nauki i tehniki APK. 2004. №7. S.38-40

22. Sazonov S.N., Sazonova D.D. Proizvodstvenno-jekonomicheskaja rezul`tativnost` dejatel`nosti krest`janskih hozjajstv//APK: jekonomika, upravlenie. 1997. №3. S.59-63.

23. Sazonov S.N., Sazonova D.D. Jekonomicheskij analiz raboty krest`janskih hozjajstv i predlozhenija po sovershenstvovaniju ih dejatel`nosti -Tambov, 1996. - 68 s.

24. Sazonov S.N., Sazonova D.D., Zemcova V.M. Povyshat` dohody krest`janskih hozjajstv//Jekonomika sel`skohozjajstvennyh i pererabatyvajushhih predprijatij. - 1996. - №4. S. 36 – 40.

25. Sazonov S.N., Sazonova D.D., Popova O.N. Obespechenie nefteproduktami fermerskih hozjajstv//Nauka v central`noj Rossii. - 2013. - № 1. - S. 44-50.

26. Sazonova D.D., Sazonov S.N. O sorazmernosti social`nyh platezhej i rezul`tatov dejatel`nosti fermerskih hozjajstv//Chelovek i trud. -2013. -№ 7. -S. 34-39.

27. Sazonova D.D., Sazonov S.N. Fermerstvo na Tambovshhine: sostojanie i tendencii razvitija //Sociologicheskie issledovanija. -2006. -№ 7. - S.61-70.

28. Sazonova D.D. Jekonomicheskie pokazateli dejatel`nosti krest`janskih (fermerskih) hozjajstv//Jekonomika sel`skogo hozjajstva Rossii. -1999. -№ 10. -S.6.-30

29. Sazonov S.N., Ostrikov V.V., Sazonova D.D. Dostupnost` i povyshenie jeffektivnosti ispol`zovanija nefteproduktov v fermerskih hozjajstvah//Vestnik ChGAA. -2014. -T. 68. -S. 76-83.

30. Sazonova D.D., Popova O.N., Sazonov S.N. Pervoocherednye ob`ekty proizvodstvennoj infrastruktury v fermerskih hozjajstvah//Tehnika i oborudovanie dlja sela. -2006. -№ 12. -S. 14 - 16.

УДК 532.1:621.88

ПЕТРАШЕВ А.И., КЛЕПИКОВ В.В., ТАХА Ф.Д.

ИЗМЕНЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ПРИ НАГРЕВЕ И ПЛАВЛЕНИИ КОМПОНЕНТОВ КОНСЕРВАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Петрашев Александр Иванович,
доктор технических наук, старший научный сотрудник,
заведующий лабораторией, Всероссийский научно-исследовательский
институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве
E-mail: vitin-10.pet@mail.ru
Клепиков Виктор Валерьевич,
младший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский
институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве
Таха Фирас Джума,
аспирант, Всероссийский научно-исследовательский
институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве

Реферат. *При производстве консервационных материалов требуется нагревать и плавить твердые и жидкие компоненты, а затем их смешивать до получения однородного веще-*

ства. Для разработки эффективного смесителя необходимо знать закономерности изменения плотностей компонентов в процессе нагрева, которые позволят вычислить температуру всплытия термопластичного вещества. На основании анализа гидростатического взаимодействия расплавленной противокоррозионной присадки с жидким отработанным маслом определены перепады вертикального и горизонтального избыточных гидростатических давлений. Перепад избыточного вертикального давления способствует всплытию присадки во время нагрева, а перепад горизонтального давления - растеканию присадки. Проведены измерения плотностей присадок Эмульгин, КО-СЖК и отработанного моторного масла при нагреве, установлены эмпирические взаимосвязи их плотностей с температурой. По каждой присадке выделены три участка, отличающиеся темпом изменения плотностей при нагреве. На 1-ом участке, соответствующем нагреву до 40 градусов, присадка находится в состоянии твердого вещества, и ее плотность снижается постепенно. На 2-ом участке при температуре 40-46 градусов происходит интенсивное плавление и резкое снижение плотности присадки. 3-ий участок температуры 46-60 градусов соответствует разогреву разжиженной присадки и постепенному снижению плотности. Установлено, что плотность присадки КО-СЖК на протяжении всего периода нагрева превышает плотность масла, и присадка постоянно находится в масле на нижнем уровне. Присадка Эмульгин при загрузке в масло сначала опускается на нижний уровень, а в процессе плавления при температуре свыше 43 градусов поднимается на поверхность масла из-за резкого скачка плотности. Определены способы эффективного смешивания всплывающих присадок, предусматривающие либо накачивание масла на поверхность присадки с одновременным их смешиванием, либо принудительное нагнетание расплавленной присадки в масло при смешивании. Выявлена необходимость в разработке нового комбинированного смесителя с ручным приводом для установок эконом-класса.

***Ключевые слова**: гидростатическое давление, плотность, противокоррозионная присадка, перемешивающее устройство.*

PETRASHEV A.I., KLEPIKOV V.V., TAHA F.D.

THE CHANGE IN DENSITY UPON HEATING AND MELTING OF COMPONENTS OF CONSERVATION MATERIALS

Petrashev Alexandr Ivanovich,
Full Doctor of Technical Sciences, associate professor,
laboratory chief, All-Russian Research Institute for Use of Machinery
and Petroleum Products in Agriculture. E-mail: vitin-10.pet@mail.ru
Klepikov Viktor Valer'evich,
junior researcher fellow, All-Russian Research Institute for Use of Machinery
and Petroleum Products in Agriculture
Taxa Firas Jumaah
graduate, All-Russian Research Institute for Use of Machinery
and Petroleum Products in Agriculture

***Summary.** In the manufacture of conservation materials is required to heat and melt the solid and liquid components and then to mix them to obtain a homogeneous material. To develop an effective mixer is necessary to know regularities of changing densities of the components in the heating process that allow to calculate the temperature of emersion for thermoplastic material. Based on the analysis of hydrostatic interaction of molten corrosion additives with liquid waste oil vertical and*

horizontal gradients of excess hydrostatic pressure are defined. Differential excessive vertical pressure contributes to surfacing of additives during heating and differential horizontal pressure - spreading of additives. Measurement densities of Emulgin additives, KO-SZhK and waste motor oil during heating were carried out, empirical relationship of density with temperature was set. For each additive three segments differing rate of change of densities upon heating were selected. The first portion corresponding to heating to 40 degrees, the additive is in the solid state, and its density is gradually decreases. In the second portion at a temperature of 40-46 degrees intense melting and a sharp decline in the density of the additive takes place. The third section of the temperature 46-60 degrees corresponds to heating of liquefied additive and gradual decrease of density. It was found that the density of the additive KO-SZhK exceeds the density of the oil throughout the heating period and the additive in the oil is constantly at the lower level. Additive Emulgin when loaded into oil first descends to the lower level, and in the process of melting at temperatures above 43 degrees the additive rises to the surface of oil due to a sharp jump in the density. Methods for efficient mixing pop additives stipulating a pumping of oil to the surface additives with simultaneous mixing or forced injection of molten additives in oil when mixed are defined. Need to develop of the new combined mixer with manual drive for economy-class setting is revealed.

Keywords*: hydrostatic pressure, density, anticorrosive additive mixing device.*

Введение. Производство консервационных материалов для противокоррозионной защиты рабочих органов почвообрабатывающей техники заключается в совместном нагреве твердых и жидких компонентов до температурного уровня, который не менее чем на 20 °С превышает температуру плавления твердого компонента, а затем в их тщательном перемешивании до получения гомогенного вещества [1 - 5]. При выборе эффективного перемешивающего устройства важно знать соотношение плотностей жидкого и твердого компонента и закономерности их изменения в процессе нагрева.

Результаты и обсуждение. Рассмотрим цилиндрический вертикальный бак, в котором нагревают и смешивают компоненты при приготовлении консервационной смазки. В качестве компонентов используют отработанное масло и загущающие противокоррозионные добавки, например, присадку Эмульгин, содержащую алифатические амины и парафин, или присадку КО-СЖК, содержащую смеси карбоновых кислот [6]. Априори известно, что при комнатной температуре присадки Эмульгин и КО-СЖК находятся в твердом состоянии и их плотность выше плотности отработанного масла. Поэтому при введении в масло они погружаются на дно бака [7]. В процессе нагрева температура твердой присадки достигает точки начала плавления - $T_н$, присадка размягчается, в течение некоторого температурного интервала $\Delta T_п$ достигает температуры окончания плавления - $T_к$ и переходит в жидкое состояние: $\Delta T_п = T_к - T_н$. При плавлении присадки ее плотность $\rho_п$ снижается:

$$\rho_п = \rho_{п.н.}\left[1 - \beta_п (T - T_н)\right], \quad (1)$$

где $\rho_{п.н}$ - плотность присадки при температуре $T_н$, кг/м^3; $\beta_п$ - температурный коэффициент изменения плотности присадки в интервале $\Delta T_п$, °С$^{-1}$; T - температура присадки в интервале $\Delta T_п$, °С.

Плотность $\rho_м$ отработанного масла при нагреве также снижается:

$$\rho_м = \rho_{м.н.}\left[1 - \beta_м (T - T_н)\right], \quad (2)$$

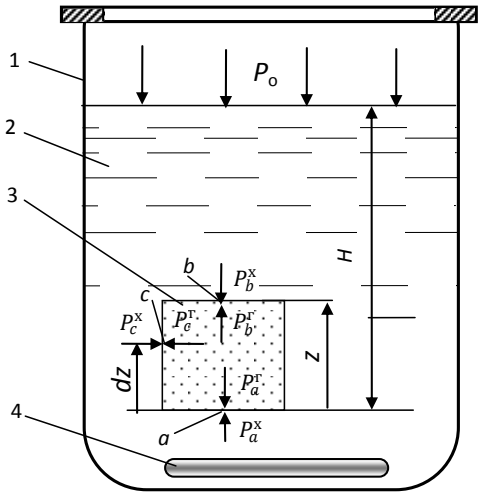
где $\rho_{м.н}$ - плотность масла при температуре $T_н$, кг/м^3; $\beta_м$ - температурный коэффициент изменения плотности масла, °С$^{-1}$.

В процессе плавления присадки ее плотность $\rho_п$ может сравняться с плотностью $\rho_м$ отработанного масла ($\rho_п = \rho_м$). Приравняв выражения (1) и (2), найдем температуру $T_с$, при которой плотности ($\rho_п$, $\rho_м$) компонентов сравняются:

$$T_с = T_н + \frac{\rho_{п.н.} - \rho_{м.н.}}{\rho_{п.н.}\beta_п - \rho_{м.н.}\beta_м} \le T_к . \quad (3)$$

При дальнейшем повышении температуры $T > T_с$ плотность присадки может оказаться ниже плотности отработанного масла ($\rho_п < \rho_м$).

Представим, что плавящаяся присадка имеет форму куба высотой z (рисунок 1), удерживаемого одномоментно на глубине H от свободной поверхности. Силой, одномоментно удерживающей горячую присадку, может быть сила вязкого трения масла. На нижнем горизонтальном основании куба вокруг точки a выделим единичную площадь, на верхнем горизонтальном основании вокруг точки b тоже выделим единичную площадь.



1 - вертикальный бак; 2 - отработанное масло; 3 - присадка; 4 – нагреватель

Рисунок 1 - Расчетная схема для исследования гидростатического давления при нагреве компонентов консервационной смазки

На единичную площадь a нижнего основания, находящегося на глубине H, со стороны масла действует гидростатическое давление $P_а^м$, которое определяется по известной [8] формуле:

$$P_а^м = P_0 + \rho_м g H , \quad (4)$$

где P_0 - внешнее давление на свободную поверхность, Па; g - ускорение свободного падения, м/с^2.

Со стороны присадки на единичную площадь a нижнего основания куба действует вертикальное гидростатическое давление $P_а^п$:

$$P_а^п = P_0 + \rho_м g(H - z) + \rho_п g z . \quad (5)$$

Разность давлений $\Delta P_а$ между маслом и присадкой на единичную площадь нижнего основания куба определим из выражений (4) и (5):

$$\Delta P_а = P_а^м - P_а^п = (\rho_м - \rho_п) g z . \quad (6)$$

Величина перепада гидростатического давления $\Delta P_{\text{а}}$ зависит от высоты *z* куба и плотности $\rho_{\text{п}}$ присадки в нем. Определим гидростатическое давление $P_b^{\text{п}}$, которым горячая присадка воздействует на масло через единичную площадь верхнего основания в точке *b*. Оно направлено снизу-вверх и равно:

$$P_b^{\text{п}} = P_0 + \rho_{\text{м}} gH - \rho_{\text{п}} gz. \quad (7)$$

Через эту же площадь гидростатическое давление $P_{\text{b}}^{\text{м}}$ на горячую присадку со стороны масла действует сверху вниз и равно:

$$P_b^{\text{м}} = P_0 + \rho_{\text{м}} g(H - z). \quad (8)$$

Разность давлений ΔP_b между присадкой и маслом на плоскость верхнего основания куба определим из выражений (7) и (8):

$$\Delta P_b = P_b^{\text{п}} - P_b^{\text{м}} = (\rho_{\text{м}} - \rho_{\text{п}})gz. \quad (9)$$

На обеих плоскостях куба при контакте горячей присадки с нагретым маслом имеет место равный по величине перепад ΔP гидростатических давлений, направленный вертикально:

$$\Delta P = \Delta P_{\text{а}} = \Delta P_{\text{b}} = (\rho_{\text{м}} - \rho_{\text{п}})gz. \quad (10)$$

Если плотность присадки больше плотности масла $\rho_{\text{п}} > \rho_{\text{м}}$, то разность гидростатических давлений на плоскости куба отрицательна ($\Delta P < 0$) и направлена вниз, при этом присадка не всплывает. Если плотность масла больше плотности присадки $\rho_{\text{м}} > \rho_{\text{п}}$, то разность гидростатических давлений на плоскости куба положительна ($\Delta P > 0$) и направлена вверх, при этом присадка всплывает. Разность ΔP уместно считать вертикальным перепадом гидростатических давлений.

Сравним горизонтальные гидростатические давления $P_{\text{с}}^{\text{м}}$ и $P_{\text{с}}^{\text{п}}$, действующие на вертикальную единичную площадь куба в точке *c*, находящейся на расстоянии *dz* от нижнего основания. Примем, что в границах единичной площади значения горизонтальных гидростатических давлений $P_{\text{с}}^{\text{м}}$ и $P_{\text{с}}^{\text{п}}$ неизменны. Тогда их разность:

$$\Delta P_{\text{с}} = P_{\text{с}}^{\text{п}} - P_{\text{с}}^{\text{м}} \quad (11)$$

где $P_{\text{с}}^{\text{п}}$ - гидростатическое давление в точке *c*, действующее из куба с присадкой на масло; $P_{\text{с}}^{\text{м}}$ - гидростатическое давление в точке *c,* действующее со стороны масла на куб с присадкой.

В рамках принятого нами допущения, что куб всплывающей присадки удерживается одномоментно на глубине *H*, гидростатическое давление $P_{\text{с}}^{\text{п}}$ со стороны присадки определим по формуле:

$$P_{\text{с}}^{\text{п}} = P_0 + \rho_{\text{м}} gH - \rho_{\text{п}} gdz. \quad (12)$$

Гидростатическое давление со стороны масла $P_{\text{с}}^{\text{м}}$ составит:

$$P_{\text{с}}^{\text{м}} = P_0 + \rho_{\text{м}} g(H - dz). \quad (13)$$

Подставляем выражения (12) и (13) в (11) и находим величину горизонтального перепада $\Delta P_{\text{с}}$ гидростатических давлений между всплывающей присадкой и окружающим ее маслом:

$$\Delta P_{\text{с.в}} = (\rho_{\text{м}} - \rho_{\text{п}})gdz. \quad (14)$$

Для невсплывающей присадки горизонтальный перепад давлений:

$$\Delta P_{\text{с.н}} = (\rho_{\text{п}} - \rho_{\text{м}})g(z - dz). \quad (15)$$

Величина горизонтального перепада гидростатических давлений изменяется по высоте куба в зависимости от плотности присадки.

Для всплывающей присадки перепад давлений возрастает от нуля внизу, до максимума вверху при $dz \to z$:

$$\Delta P_{\text{max.в}} = (\rho_{\text{м}} - \rho_{\text{п}})gz \ .$$

Для невсплывающей присадки перепад давлений возрастает от нуля вверху, до максимума внизу при $dz \to 0$:

$$\Delta P_{\text{max.н}} = (\rho_{\text{п}} - \rho_{\text{м}})gz \ .$$

Горизонтальный перепад гидростатических давлений является движущей силой, обеспечивающей растекание всплывающей присадки по уровню свободной поверхности, а невсплывающей - по дну бака.

Вертикальная сила F, с которой вертикальный перепад гидростатических давлений ΔP воздействует на куб присадки, зависит от площади S поверхности основания куба:

$$F = \Delta PS = (\rho_{\text{м}} - \rho_{\text{п}})gzS = \rho_{\text{м}}gV - \rho_{\text{п}}gV \ .$$

где V - объем куба с горячей присадкой, $V = S \cdot z$.

В этом выражении произведение $\rho_{\text{м}}gV = G_{\text{м}}$ определяет вес нагретого масла, которое может занимать объем, равный объему V присадки. Этот вес представляет собой выталкивающую силу или «силу Архимеда». Произведение $\rho_{\text{п}}gV = G_{\text{п}}$ определяет вес присадки в объеме V. Чем выше температура и ниже плотность $\rho_{\text{П}}$ присадки, тем меньше ее вес $G_{\text{П}}$ в объеме V и, соответственно, больше вертикальная сила F, обеспечивающая движение нагретой присадки вверх на уровень свободной поверхности.

Экспериментальное определение температурных зависимостей для плотностей термопластичных присадок Эмульгин, КО-СЖК в их твердом состоянии и в период плавления проводили с использованием стеклянных пикнометров [9]. Влияние температуры на плотность масла и расплавленных компонентов, находящихся в жидком состоянии, оценивали посредством денсиметров, тарированных на подходящий диапазон плотности.

Установлено, что при нагреве от 23 до 55 °С плотность присадки КО-СЖК снизилась на 20 кг/м^3, а присадки Эмульгин - на 60 кг/м^3. Столь резкое снижение плотности Эмульгина объясняется наличием в его составе алифатических аминов и парафиновых углеводородов (до 35 %) с высоким коэффициентом объемного расширения.

Анализ представленных результатов позволил выделить три участка, отличающихся темпом изменения плотностей присадок. На 1-ом участке, соответствующем нагреву до 40 °С, присадки находятся в состоянии твердого вещества и начинают размягчаться. На 2-ом участке температуры 40-46 °С происходит интенсивное плавление, резкий рост объема присадок и, соответственно, резко снижается их плотность. 3-ий участок температуры 46-60 °С соответствует разогреву расплавленной массы присадок.

С помощью формулы (1) получены аппроксимирующие зависимости плотности от температуры для каждого участка исследованных присадок.

Для присадки Эмульгин:

- в твердом состоянии (от 20 до 40 °С) $\rho_{\text{э.т.}} = 910{,}5\left[1 - 8{,}2 \cdot 10^{-4}(T - 20)\right]$;

- при плавлении (от 40 до 46 °С) $\rho_{э.п.} = 895{,}5\left[1 - 55{,}9 \cdot 10^{-4}(T - 40)\right]$;

- в жидком состоянии (от 46 до 60 °С) $\rho_{э.ж.} = 865{,}5\left[1 - 12{,}4 \cdot 10^{-4}(T - 46)\right]$.

Для присадки КО-СЖК:

- в твердом состоянии (от 20 до 40 °С) $\rho_{к.т.} = 944{,}5\left[1 - 13{,}2 \cdot 10^{-4}(T - 20)\right]$;

- при плавлении (от 40 до 46 °С) $\rho_{к.п.} = 942\left[1 - 23 \cdot 10^{-4}(T - 40)\right]$;

- в жидком состоянии (от 46 до 60°С) $\rho_{к.ж.} = 929\left[1 - 4{,}3 \cdot 10^{-4}(T - 46)\right]$.

Для отработанного масла (от 18 до 64 °С):

$$\rho_{м.} = 897\left[1 - 7{,}6 \cdot 10^{-4}(T - 18)\right].$$

Результат наложения аппроксимирующих зависимостей на экспериментальные данные показан на рисунке 2.

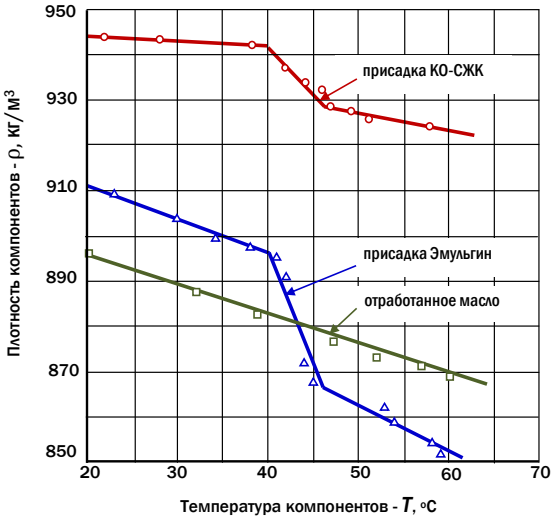


Рисунок 2 - Аппроксимирующие линии и экспериментальные данные зависимости плотности ρ компонентов от их температуры *T*

При разработке конструктивной схемы перемешивающего устройства необходимо учитывать уровень размещения компонентов внутри бака, который зависит от значений их плотностей. Так как каждый из исследуемых компонентов смешивается с отработанным маслом, то уровень их размещения можно определить расчетом по формуле:

$$\Delta\rho = \rho_м - \rho_п .$$

Если разность плотностей (Δρ) будет иметь отрицательное значение, то присадка, как более тяжелое вещество, опустится вниз, на дно бака. Если - положительное значение, то присадка всплывет на поверхность масла. По результатам выполненного расчета построены графики на рисунке 3. Приведенные на рисунке 3 графики наглядно иллюстрируют уровень расположения присадок по высоте бака в процессе их нагрева. Например, присадка КО-СЖК на протяжении всего периода нагрева будет находиться в масле на уровне днища бака.

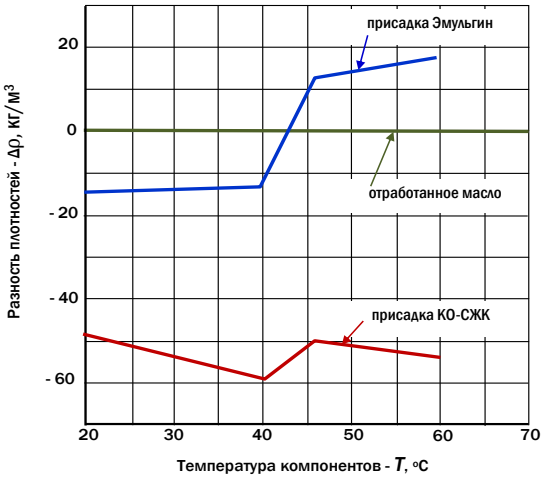


Рисунок 3 - Изменение разности плотностей Δρ отработанного масла и противокоррозионных присадок в зависимости от температуры *T* нагрева

Присадка Эмульгин при загрузке в бак сначала опустится в масле на уровень днища, а затем в процессе плавления поднимется на поверхность масла. Расчет по формуле (3) дает температуру T_c = 43 °C, свыше которой присадка начнет всплывать на поверхность масла и при дальнейшем нагреве останется там. Это также следует из графиков на рисунке 3. Перепады горизонтального и вертикального гидростатических давлений, определенные из выражений (9) и (15), составят 3-5 Па.

Присадка Эмульгин всплывает при нагреве и смешивании с отработанными минеральными маслами плотностью 890-910 кг/м^3. Синтетические масла имеют меньшую плотность 848-885 кг/м^3, поэтому при приготовлении консервационных смазок с ними высока вероятность того, что присадка Эмульгин не всплывет.

Исходя из анализа полученных результатов исследований, конкретизированы требования к устройству установки для производства консервационных смазок. Разрабатываемая установка должна быть оснащена обогреваемым баком с мешалкой, способной в случае использования присадок типа КО-СЖК активизировать смешивание придонного слоя присадки с массой более легкого масла. В установках эконом-класса в качестве ручной мешалки для смешивания присадки КО-СЖК с маслом применима листовая мешалка с отбойными пластинами по периферии бака.

Следует иметь в виду, что мешалка должна обеспечить также эффективное смешивание всплывшей присадки Эмульгин с массой более тяжелого масла, находящегося под ней. Практика показывает, что листовой мешалкой, вращаемой вручную, возможно смешивать компоненты объемом до 30 л в течение достаточно длительного времени (до 1,0 ч), часто меняя направление вращения.

Для улучшения смешивания с маслом всплывающей присадки, разжиженной нагревом, на поверхности жидкости пробовали устанавливать радиальные пластины, которые препятствовали образованию центральной воронки. Однако применение таких пластин оказалось малоэффективным.

Выводы. Эффективное смешивание нагретой присадки Эмульгин с отработанным минеральным маслом можно обеспечить двумя путями:

1. Принудительным накачиванием масла на поверхность расплавленной присадки с одновременным их смешиванием. Смесь масла с присадкой благодаря циркуляции в течение короткого периода времени станет гомогенной. Данный способ реализуем с использованием

направляющего цилиндра и пропеллерной мешалки, отличающейся высоким насосным действием. Однако для работы пропеллерной мешалки на больших оборотах требуется электропривод.

2. Принудительным нагнетанием расплавленной присадки в объем масла и их смешиванием при вертикальной циркуляции компонентов внутри бака. Для реализации этого смешивания в установках эконом-класса требуется разработка нового комбинированного смесителя с ручным приводом.

Список литературы

1. Петрашев, А.И. Совершенствование технологических процессов и ресурсосберегающих средств консервации сельскохозяйственной техники при хранении: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук: 05.20.03. /А.И. Петрашев - Саратов: Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова. - 2007. - 48с.

2. Петрашев, А.И. Научно-технические основы механизации процессов консервации аграрной техники / А.И. Петрашев, С.Н. Сазонов, В.В. Клепиков // Вестник МичГАУ. - 2014. - №4. - С.61-67.

3. Петрашев, А.И. Мобильный агрегат для противокоррозионной защиты сельскохозяйственной техники вязкими смазками / А.И. Петрашев, Л.Г. Князева, В.В. Клепиков // Тракторы и сельхозмашины. - 2014. - №2. - С.11-13.

4. Петрашев А.И., Прохоренков В.Д., Князева Л.Г., Остриков В.В., Вигдорович В.И. Защита от атмосферной коррозии отработанными маслами, ингибированными продуктами их очистки. Сообщение 5. Технологии получения и применения продуктов очистки отработанных масел // Практика противокоррозионной защиты. 2006. № 3. С. 38 - 43.

5. Петрашев А.И., Князева Л.Г., Прохоренков В.Д., Клепиков В.В. Технология консервации сельскохозяйственной техники отработанными маслами // Наука в центральной России. 2013. № 1. С. 57 - 61.

6. Князева Л.Г. Научные основы создания антикоррозионных консервационных материалов на базе отработавших нефтяных масел и растительного сырья: диссертация на соискание ученой степени доктора химических наук: 05.17.03 / ГОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет». Тамбов. 2012. 374 с.

7. Петрашев, А.И. Приготовление консервационных материалов на малогабаритном оборудовании. /А.И. Петрашев // Техника в сельском хозяйстве. –1999. - №3. С.5-8.

8. Рабинович Е.З. Гидравлика. Учебное пособие для вузов. - М.: Недра. - 1980. - 278с.

9. Определение теплофизических свойств газов, жидкостей и водных растворов веществ: Методические указания. /Составители: Шадрина Е.М., Волкова Г.В. - Ивановский ГХТУ. - Иваново, 2009. - 80с.

References

1. Petrashev, A.I. Sovershenstvovanie texnologicheskix processov i resursosberegayushhix sredstv konservacii sel'skoxozyajstvennoj texniki pri xranenii: avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni doktora texnicheskix nauk: 05.20.03. /A.I. Petrashev - Saratov: Saratovskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet im. N.I. Vavilova. - 2007. - 48s.

2. Petrashev, A.I. Nauchno-texnicheskie osnovy mexanizacii processov konservacii agrarnoj texniki / A.I. Petrashev, S.N. Sazonov, V.V. Klepikov // Vestnik MichGAU. - 2014. - №4. - S.61-67.

3. Petrashev, A.I. Mobil'nyj agregat dlya protivokorrozionnoj zashhity sel'skoxozyajstvennoj texniki vyazkimi smazkami / A.I. Petrashev, L.G. Knyazeva, V.V. Klepikov // Traktory i

sel'xozmashiny. - 2014. - №2. - S.11-13.

4. Petrashev A.I., Proxorenkov V.D., Knyazeva L.G., Ostrikov V.V., Vi-gdorovich V.I. Zashhita ot atmosfernoj korrozii otrabotannymi maslami, ingibirovannymi produktami ix ochistki. Soobshhenie 5. Texnologii polucheniya i primeneniya produktov ochistki otrabotannyx masel // Praktika protivokorrozionnoj zashhity. 2006. № 3. S. 38 - 43.

5. Petrashev A.I., Knyazeva L.G., Proxorenkov V.D., Klepikov V.V. Texnologiya konservacii sel'skoxozyajstvennoj texniki otrabotannymi maslami // Nauka v central'noj Rossii. 2013. № 1. S. 57 - 61.

6. Knyazeva L.G. Nauchnye osnovy sozdaniya antikorrozionnyx konservacionnyx materialov na baze otrabotavshix neftyanyx masel i rastitel'nogo syr'ya: dissertaciya na soiskanie uchenoj stepeni doktora ximicheskix nauk: 05.17.03/ GOU VPO «Tambovskij gosudarstvennyj texnicheskij universitet». Tambov. 2012. 374 s.

7. Petrashev, A.I. Prigotovlenie konservacionnyx materialov na malogabaritnom oborudovanii. /A.I. Petrashev // Texnika v sel'skom xozyajstve. –1999. - №3. S.5-8.

8. Rabinovich E.Z. Gidravlika. Uchebnoe posobie dlya vuzov. - M.: Nedra. - 1980. - 278s.

9. Opredelenie teplofizicheskix svojstv gazov, zhidkostej i vodnyx rastvorov veshhestv: Metodicheskie ukazaniya. /Sostaviteli: Shadrina E.M., Volkova G.V. - Ivanovskij GXTU. - Ivanovo, 2009. - 80s.

УДК 621.899

ОСТРИКОВ В.В., ПОПОВ С.Ю., ШИХАЛЕВ И.Н., ДИВИН А.Г., МАНАЕНКОВ К.А.

ДИСПЕРСИОННАЯ СРЕДА ПЛАСТИЧНЫХ СМАЗОК НА ОСНОВЕ ОТРАБОТАННЫХ МАСЕЛ

Остриков Валерий Васильевич,
доктор технических наук, заведующий лабораторией, Всероссийский научно – исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве, E–mail: viitinlab8@bk.ru

Попов Сергей Юрьевич,
кандидат технических наук, научный сотрудник, Всероссийский научно – исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве. E–mail: viitinlab8@bk.ru

Шихалев Илья Николаевич,
научный сотрудник, Всероссийский научно – исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве
E–mail: viitinlab8@bk.ru

Дивин Александ Георгиевич
доктор технических наук, заведующий кафедрой, Тамбовский государственный технический университет. E–mail: agdv@yandex.ru

Манаенков Константин Алексеевич
доктор технических наук, профессор, директор Инженерного института
Мичуринский государственный аграрный университет
E–mail: mikheyev@mgau.ru

Реферат. *Пластичные смазки используются в сельскохозяйственной технике в гораздо меньших объемах нежели смазочные масла. Однако их роль в надежной работе машин не менее важна. Смазки состоят из жидкой основы (дисперсионной среды), твердого загустителя (дисперсной фазы) и различного рода присадок и добавок. В качестве дисперсионной среды смазок используют различные смазочные масла и жидкости. Большинство смазок готовится на минеральных, нефтяных маслах. Для смазок, работающих в тяжелых условиях эксплуатации, применят синтетические масла. Многие свойства смазок зависят от свойств дисперсионной среды. Химический состав, природа масел существенно влияют на структуру образования и загущающий эффект дисперсионной фазы, а соответственно на эксплуатационные свойства смазок. Отработанные масла минерального и синтетического происхождения имеют все положительные свойства дисперсионной среды, однако в их составе находится большое количество смол, продуктов сгорания топлива, разложения масел и присадок. Существующие на сегодняшний день технологии очистки отработанных масел позволяют удалять из них в основном механические примеси и воду, делая их непригодными к использованию в качестве высококачественной и дисперсионной среды. В данной работе поставлена задача получения дисперсионной среды на базе отработанных минеральных и синтетических масел, использовавшихся в сельскохозяйственной технике. В результате исследований установлено, что внесение в масло карбамида не всегда позволяет добиться высоких показателей удаления примесей. Активизация коагуляционных процессов в минеральных маслах может быть повышена дополнительным внесением в масло едкого кали в этиловом спирте. Для отработанных масел на синтетической основе предложено новое технологическое решение укрупнения смол, асфальтенов, карбенов, карбоидов под действием моноэтаноламина с последующим отстаиванием. Физико – химический анализ характеристик, очищенных предложенными способами отработанных масел показал состоятельность выбранного направления их использования в качестве дисперсионной среды для приготовления аналогов смазок «Солидол – Ж» и «Литол – 24», широко применяемых в сельскохозяйственном производстве.*

Ключевые слова: *пластичная смазка, отработанное масло, дисперсионная среда, коагуляция, примеси, нерастворимый осадок, удаление.*

OSTRIKOV V.V., POPOV S.JU., SHIHALEV I.N., DIVIN A.G., MANAENKOV K.A.

DISPERSION WEDNESDAY GREASES ON THE BASIS OF WASTE OILS

Ostrikov Valery Vasilyevich,
Full Doctor of technical Sciences, laboratory chief, All - Russian Research Institute of Machinery and Petroleumproducts in Agriculture, E-mail: viitinlab8@bk.ru
Popov Sergey Yurevich,
Candidate of technical Sciences,
Researcher, All - Russian Research Institute of Machinery and Petroleumproducts in Agriculture, E-mail: viitinlab8@bk.ru
Shikhalev Ilya Nikolayevich,
Researcher, All - Russian Research Institute of Machinery and Petroleumproducts in Agriculture,E-mail: viitinlab8@bk.ru
Divin Aleksandr Georgievich
Full Doctor of technical Sciences, Head of the Department Tambov State Technical University
E-mail: agdv@yandex.ru
Manaenkov Konstantin Alekseevich

Full Doctor of technical Sciences, Professor, Director of the Engineering Institute Michurinsky State Agrarian University. E-mail: mikheyev@mgau.ru

Summary. *The grease used in agricultural machinery in much smaller quantities than lubricating oil. However, their role in the reliable operation of the machines is not less important. The lubrication consists of a liquid (dispersion medium), particulate thickener (dispersed phase) and various additives and supplements. As the dispersion medium use different lubricants lubricating oils and fluids. Most greases prepared for mineral, petroleum oils. For lubricants, operating in severe conditions, use synthetic oil. Many of the properties of lubricants depend on the properties of the dispersion medium. The chemical composition, the nature of the oils significantly affect the structure of education and thickening effects of the dispersion phase, and consequently on the performance properties of lubricants. Waste oils, mineral and synthetic origin have all the positive properties of the dispersion medium, however, their composition is a large number of resins, products of combustion, decomposition of oils and additives. Current treatment technology of waste oils allow you to delete all of them mainly mechanical impurities and water, making them unsuitable for use as a high quality and the dispersion medium. In this work, the task of obtaining the dispersion medium on the basis of waste mineral and synthetic oils used in agricultural machinery. As a result of the research showed that the introduction of the oil urea is not always possible to achieve a high rate of removal of impurities. Activation of coagulation processes in mineral oils can be increased by an additional entry into the oil potassium hydroxide in ethyl alcohol. For waste oils synthetic proposed a new solution for the enlargement of resins, asphaltenes, carbenes, karboidov under the action of monoethanolamine, followed by settling. Physico - chemical analysis of the characteristics of the purified proposed methods of waste oils showed the viability of the selected directions for their use as the dispersion medium for the preparation of analogues grease "Solidol" and "Litol - 24", widely used in agricultural production.*

Keywords: *grease, waste oil, dispersion medium, coagulation, impurities, insoluble residue removal.*

Введение. В качестве дисперсионной среды могут быть использованы различные масла [1]. Отработанные моторные масла содержат в своем составе около 30 % не сработавшихся антиокислительных, моюще-диспергирующих, противоизносных, антикоррозионных и других присадок [2, 3], что является положительным фактором при использовании отработанных масел в качестве дисперсионной среды при получении пластичных смазок. Однако отработанные масла содержат и большое количество продуктов окисления, смол, асфальтенов, которые отрицательно влияют на реологические, физико-химические и эксплуатационные свойства любого вида смазки, получаемой на их основе [4, 5].

Существующие на сегодняшний день способы и технологии очистки отработанных моторных масел не всегда позволяют удалять из них практически растворимые загрязнения [6, 7, 8]. На основании чего ставится задача удаления из отработанных масел продуктов окисления и смол.

Результаты и обсуждение. В соответствии с задачами исследования, для получения дисперсионной среды рассматривались два вида отработанных моторных масел, на минеральной основе М-10$Г_2$ и на синтетической основе SAE 15W40.

Результаты анализа характеристик исходных масел для их очистки и последующего использования в качестве дисперсионной среды представлены в таблице 1. Анализируя данные таблицы 1, следует отметить, что отработанные масла имеют удовлетворительные вязкостные характеристики для их использования в качестве дисперсионной среды. Щелочное число 2,8

и 3,4 мг КОН/г свидетельствует о высоком остаточном содержании присадок. Высокое содержание загрязнений не позволяют рассматривать данные масла в качестве дисперсионной среды для получения пластичных смазок.

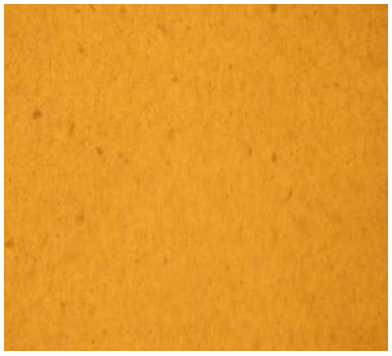
Таблица 1 - Характеристики отработанных масел

№ п/п	Физико-химические характеристики	Отработанное моторное масло М-10Г$_2$	Отработанное моторное масло SAE 15W40
1	Вязкость кинематическая при 100 ^{0}С,мм^2/с,	9,8	10,2
2		198	205
3	Температура вспышки, ^{0}С	2,8	3,4
4	Щелочное число, мгКОН/г	1,95	2,15
5	Кислотное число, мгКОН/г	1,0	0,85
6	Содержание мех. примесей, %	0,9	0,98
	Содержание нерастворимого осадка, %		

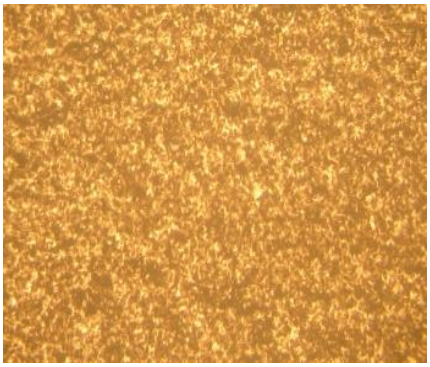
На основании ранее известных разработок ФГБНУ ВНИИТиН [2, 9 - 11] рассматривалась возможность удаления примесей и загрязнений из отработанных моторных масел в поле гравитационных и центробежных сил под действием коагулянтов. В качестве коагулянтов использовались карбамид и щелочи.

Для проведения операций удаления примесей в минеральное отработанное масло вносился водный раствор карбамида в количестве 0,1 – 2 %. Смесь нагревалась до температуры 90 … 130 °С, отстаивалась в течении 2 часов или проводилось ее центрифугирование в лабораторной центрифуге.

Результаты исследований установлено, что введение в отработанное масло водного раствора карбамида позволяет укрупнять смолы, асфальтены (рисунок 1).



а) исходное отработанное масло М-10Г$_2$



б) масло после внесения водного раствора карбамида

Рисунок 1 - Микрофотография проб масел

На рисунке 2 [1] представлены результаты исследования по оптимизации параметров процесса укрупнения примесей, смол внесением водного раствора карбамида в зависимости от температуры нагрева смеси, времени отстаивания и центрифугирования.

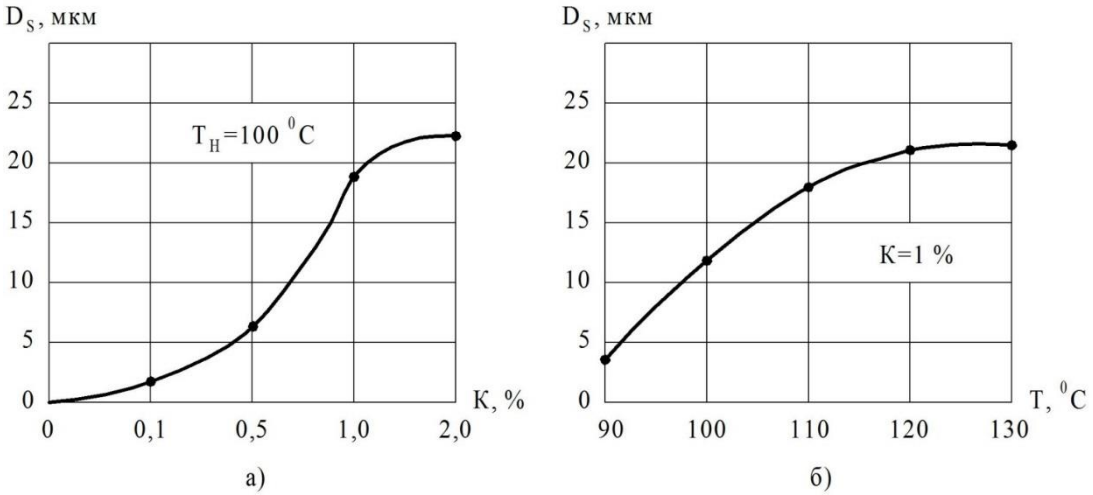


Рисунок 2 - Зависимости изменения дисперсного D состава загрязнений от концентрации коагулянта (а) и температуры масла (б)

Рассматривая полученные зависимости (рисунок 3) следует отметить что оптимальной концентрацией внесения карбамида в масло для коагуляции загрязнений является 0,5-1 %. Температурный диапазон составляет 100–120°С. А время отстаивания масла для выпадения в осадок примесей превышает 60 мин.

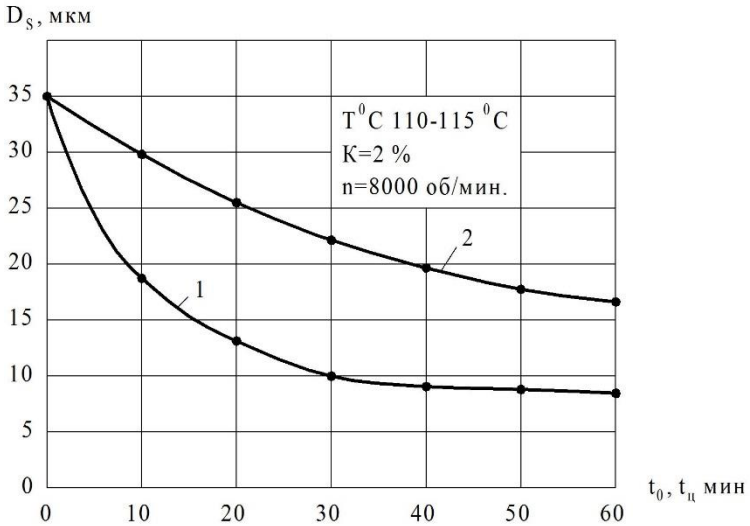


Рисунок 3 - Зависимости изменения дисперсного D состава загрязнений от времени отстоя t_0(1) и времени центрифугирования $t_ц$(2) при частоте вращения n= 8000 об/мин

Центрифугирование масла позволяет значительно ускорить процесс удаления примесей (линия 2, рис.3).

Физико- химический анализ масел после их отстоя и центрифугирования (таблица 2) указывает на положительную динамику процессов очистки. Установлено, что содержание нерастворимого осадка в масле после внесения карбамида, нагрева и отстаивания изменяется почти в три раза, а при воздействии на масло в силовом поле центрифуги в 5 раз.

Таблица 2 - Показатели очистки отработанного масла от примесей

№ п/п	Физико-химические характеристики	Отработанное масло М-10Г$_2$	Масло после очистки, отстаивания	Масло после очистки, центрифугирования

1	Вязкость кинематическая при 100 ^{0}С, мм^2/с,	9,8	9,7	9,7
2	Температура вспышки, ^{0}С	198	199	200
3	Щелочное число, мгКОН/г	2,8	2,7	2,6
4	Кислотное число, мгКОН/г	1,95	1,2	0,9
5	Содержание мех. примесей, %	1,0	0,25	0,20
6	Содержание нерастворимого осадка, %	0,9	0,18	0,11
7	Цвет, баллы ед ЦНТ	9	7	6,5

Содержание нерастворимого осадка в очищенном масле 0,35 и 0,20 % свидетельствует о том, что в масле остается значительное количество смол и продуктов окисления. Далее рассматривалась возможность активизации коагуляционных процессов добавлением в смесь масла с водным раствором карбамида дополнительного раствора едкого калия в этиловом спирте. Смесь нагревалась до температуры 70…80 °С и в неё вводилось 2…3 % раствор едкого калия 0,6 – 0,7 % масс, смесь перемешивалась и нагревалась до температуры 100 – 110 °С. В процессе кипячения вода и спирт выпаривались.

В таблице 3 представлены показатели изменения значений содержания нерастворимого осадка в маслах предложенным способом очистки в зависимости от времени отстаивания. Из представленных в таблице 3 данных видно, что содержание нерастворимого осадка в минеральном масле очищенном с использованием едкого калия в этиловом спирте значительно меньше чем в масле очищенном водным раствором карбамида. Значительно снижается содержание нерастворимых примесей и при очистке отработанных моторных масел на синтетической основе. Данные исследования позволили разработать способ очистки отработанных синтетических моторных масел.

Таблица 3 - Изменения содержания нерастворимого осадка в масле в процессе его отстаивания под действием коагулянтов

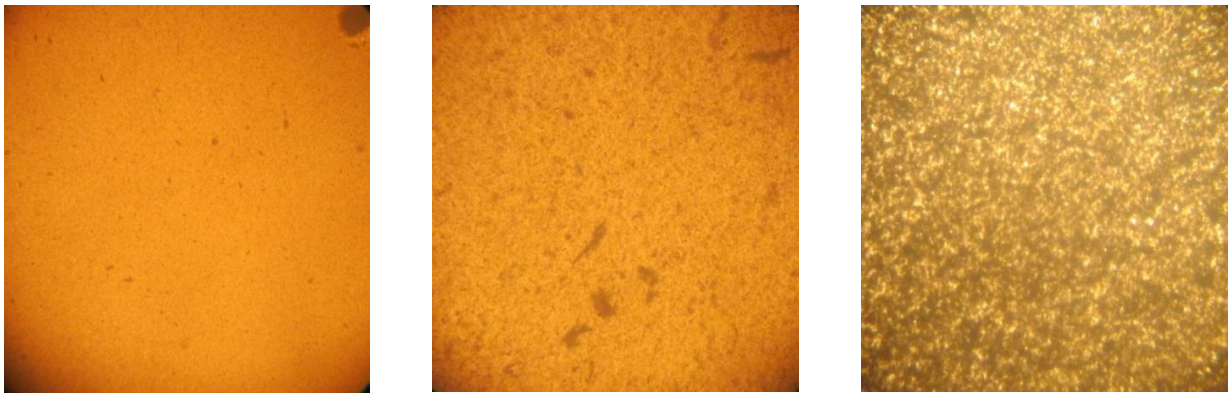
Показатель масла	Минеральное ММО				Синтетическое ОММ			
	Время отстаивания, ч				Время отстаивания			
	0,5	1	2	3	0,5	1	2	3
Содержание нерастворимого осадка, %	0,5	0,16	0,10	0,11	0,69	0,45	0,33	0,28

Однако остаточное содержание нерастворимого осадка 0,28 – 0,33 в очищенном отработанном синтетическом моторном масле не позволяет его рекомендовать в качестве дисперсионной среды смазок, так как нерастворимые примеси, смолы, асфальтены продукты окисления могут вызывать различные химические реакции, деструкцию и т. д. с дисперсионной фазой и присадками.

Для решения вопросов получения дисперсионной среды на базе отработанных моторных масел ставится задача активации процесса очистки и разработки нового более эффективного способа очистки и удаления примесей.

На основании глубокого анализа и лабораторных пробных исследований в качестве коагулянта загрязнений принят моноэтаноламин. Моноэтаноламин представляет собой бесцветную вязкую гигроскопичную жидкость со специфическим аммиачным запахом, неограниченно смешивается с водой, хорошо растворим в этаноле, бензоле, хлороформе, плохо - в предельных углеводородах, обладает сильными щелочными свойствами.

Для рассмотрения процессов оптимизации параметров очистки отработанных минеральных и синтетических моторных масел в них вводились моноэтаноламин в концентрации 0,5 - 2 % по отношению к массе масла. Смесь нагревалась до температуры 70 - 120 °С, отстаивалась или центрифугировалась в лабораторной центрифуге при частоте вращения 7000 - 8000 об/мин. Микрофотосъёмка процесса коагуляции загрязнений в минеральном отработанном масле (рисунок 4) показала, что внесение даже 0,5 % моноэтаноламина (МЭА) в масло, нагретое до температуры 80 °С позволяет укрупняться примесям (рисунок 4 б).



а) исходное масло | б) масло + 0,5 % МЭА и при температуре 80°С | в) масло + 0,5% МЭА при температуре 110 °С

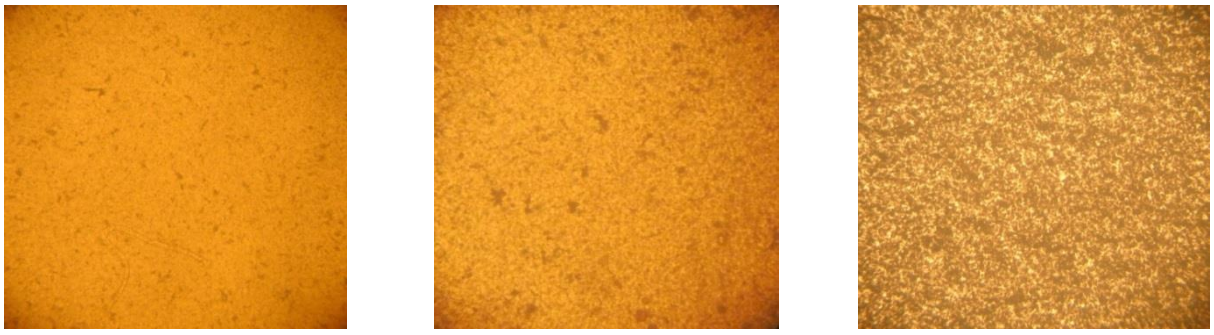
Рисунок 4 - Микрофотография пробы масла до и после внесения МЭА

При температуре нагрева масла до 110 °С и постоянном перемешивании (рисунок 4 в) частицы агрегатируются в конгломераты. Отстаивание масла в течении 0,5 часа приводит к практически полному высаживанию примесей в осадок. Данный факт позволяет упростить процесс очистки отказавшись от центрифугирования масла, что значительно снижает затраты на технологический процесс очистки масла для получения дисперсионной среды смазок. Установлено, что МЭА в отработанных минеральных маслах работает более эффективно, чем реагенты, используемые в ранее разработанном способе.

Для оценки эффективности работы МЭА в отработанном синтетическом моторном масле, масло предварительно нагревалось, как и в предыдущем случае от 70 до 120 °С МЭА вносилось в концентрации 0,5 - 2 %.

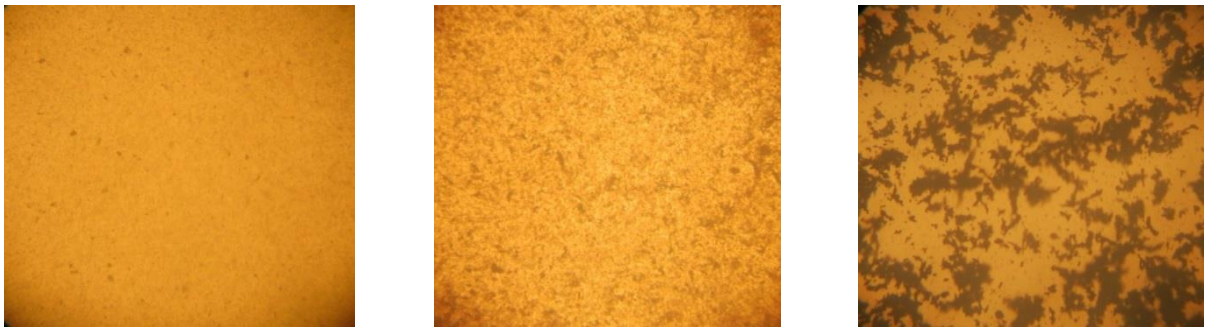
На рисунках 5 – 6 показан характер процесса коагуляции примесей в зависимости от концентрации внесения МЭА и температуры нагрева. Как известно, синтетические масла обладают лучшими моюще-диспергирующими свойствами, чем минеральные. Отработанные синтетические моторные масла практически не подвержена отстаиванию за счет остаточного действия диспергирующих присадок.

а) концентрация МЭА в масле 0,5 %



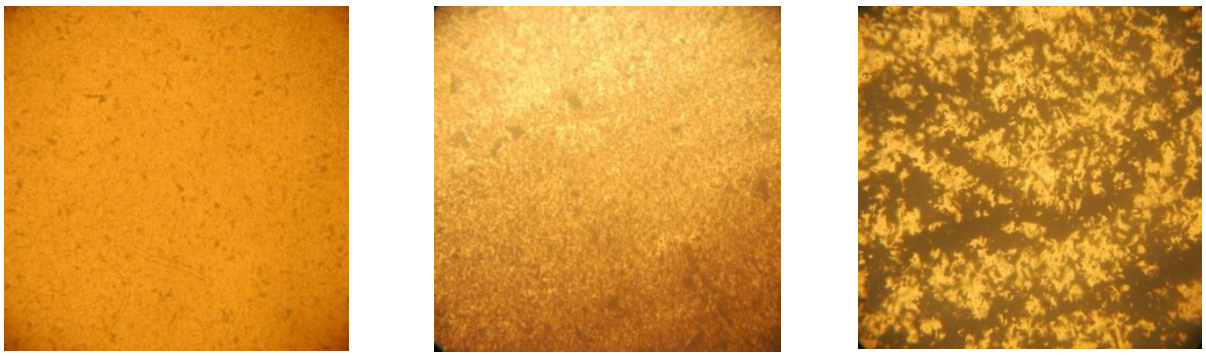
исходное масло | t_m=80ºС | t_m=120ºС

б) концентрация МЭА в масле 1 %



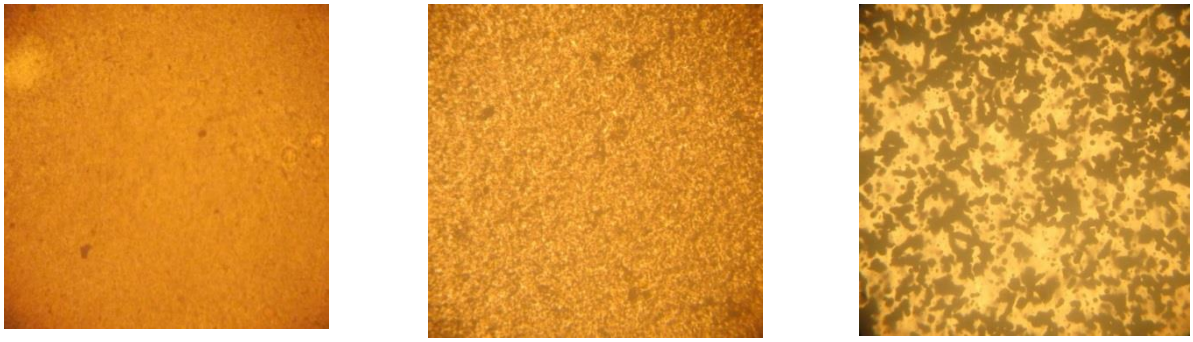
исходное масло t_m=80ºС t_m=120ºС

в) концентрация МЭА в масле 1,5 %



исходное масло t_m=80ºС t_m=120ºС

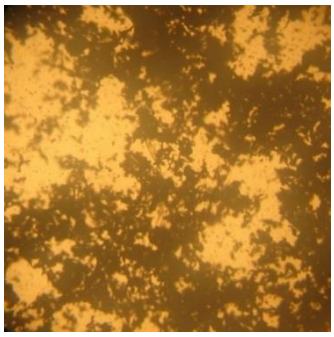
Рисунок 5 - Характер процесса коагуляции примесей в масле в зависимости от концентрации внесения МЭА при различной температуре маслаt_m концентрация МЭА в масле 2%



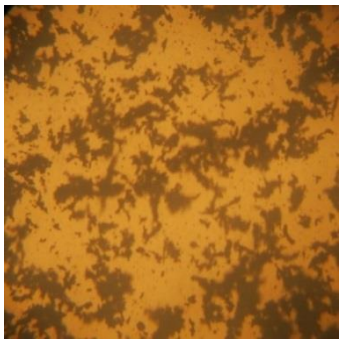
исходное масло t_m=80ºС t_m=120ºС

Рисунок 6 - Характер процесса коагуляции примесей в масле с концентраций МЭА 2% при различной температуре масла t_m

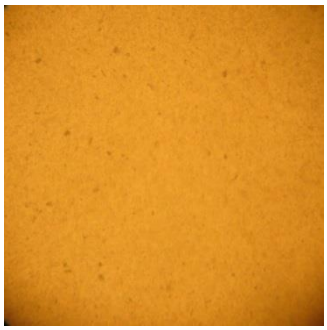
Отстаивание масла в течении 3 часов после внесения в него МЭА показало, что только к 2,5 - 3 часам отстоя наблюдается значительное снижение содержания количества примесей (рисунок 7).



а) масло после внесения МЭА 1,5 % при t_m=115ºС



б) масло после отстаивания 1 часа

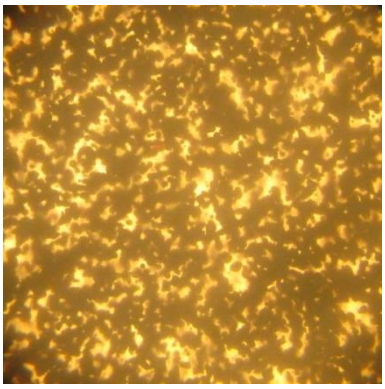


в) масло после отстаивания 3 часов

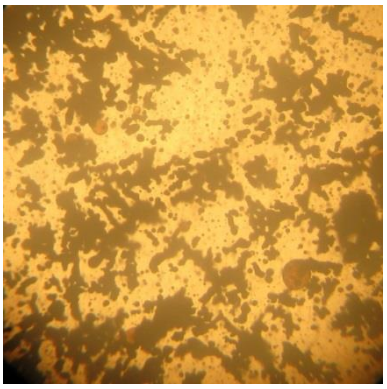
Рисунок 7 - Характер процесса отстаивания скоагулировавшихся примесей в масле

Для активации процесса отстаивания и временной нейтрализации действия моюще-диспергирующих присадок в масло после внесения МЭА добавлялся изопропиловый спирт в концентрации 0,5 -1% масс. Установлено, что при внесении 1 % спирта и нагрева смеси до t = 100 °С наблюдается резкое снижение времени отстаивания загрязнений в масле (рис. 8).

а)



б)



в)

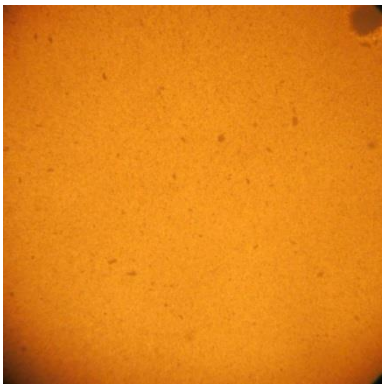


Рисунок 8 - Изменение количества скоагулировавшихся примесей в масле в процессе отстаивания, а) при внесении изопропилового спирта 1% и времени отстаивания, б) 0,5 часа, в) 1 час

Таким образом, дополнительная обработка масла позволяет снизить время отстаивания масла в 3 раза.

Выводы. В результате исследования по оптимизации параметров процесса получения дисперсионной среды из отработанных моторных масел установлено, что и минеральные и синтетические отработанные масла после удаления из них загрязнений могут рассматриваться в качестве дисперсионной среды.

Для отработанных минеральных масел рационально использовать два направления очистки, отстаивания или центрифугирования с использованием агентов. Для масел на синтетической основе в качестве агента целесообразно применение моноэтаноламина с последующим отстаиванием и удалением примесей из реакторов.

Список литературы

1. Остриков, В.В., Нагорнов, С.А., Гафуров И.Д. Топливо и смазочные материалы. Учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению 110300 - "Агроинженерия" / М-во сельского хоз-ва Российской федерации, Башкирский государственный аграрный университет. Уфа, 2006.

2. Остриков, В.В., Бусин, И.В. Удаление продуктов старения из масел //Сельский механизатор. – 2012. - №1. - С. 36-37.

3. Остриков, В.В., Тупотилов, Н.Н., Белогорский, В.В. Информативность и взаимосвязь показателей качества работающих моторных масел // Техника в сельском хозяйстве. – 2008. - №3. – С. 45-47.

4. Остриков, В.В., Зимин, А.Г., Попов, С.Ю., Сафонов В.В., Сафонов, К.В. Расширение функциональных возможностей добавок к моторным маслам //Техника в сельском хозяйстве. – 2012. - №6. – С. 32-33.

5. Петрашев, А.И., Прохоренков В.Д., Князева, Л.Г., Остриков В.В. Вигдорович, В.И. Защита от атмосферной коррозии отработанными маслами, ингибированными продуктами их очистки. сообщение 5. Технологии получения и применения продуктов очистки отработанных масел //Практика противокоррозионной защиты. – 2006. - №3. – С. 38-43.

6. Остриков, В.В. Сазонов, С.Н. Актуальные проблемы повышения эффективности использования нефтепродуктов в сельскохозяйственной технике // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2013. - №1. – С. 30-32.

7. Сазонов, С.Н., Остриков, В.В., Сазонова, Д.Д. Доступность и повышение эффективности использования нефтепродуктов в фермерских хозяйствах // Вестник ЧГАА. – 2014. – Т. 68. – С. 76-83.

8. Остриков, В.В., Матыцин, Г.Д., Тупотилов, Н.Н., Корнев, А.Ю. Установка для очистки масел и приготовления в условиях потребителя пленкообразующих добавок к смазочным материалам // Техника в сельском хозяйстве. – 2008. - №5. – С. 44-46.

9. Остриков, В.В., Тупотилов, Н.Н., Корнев, А.Ю., Власов, С.В. Смазочная композиция на основе отработавшего моторного масла // Химия и технология топлив и масел. – 2006. - №4. – С. 35-37.

10. Прохоренков, В.Д., Остриков, В.В., Князева, Л.Г., Чернышева, И.Ю. Противокоррозионные свойства отработанного моторного масла М10$Г_2$(К) //Практика противокоррозионной защиты. – 2003. - №2. – С. 7-11.

11. Петрашев, А.И., Князева, Л.Г., Прохоренков, В.Д., Клепиков, В.В. Технология консервации сельскохозяйственной техники отработанными маслами // Наука в центральной России. 2013. № 1. С. 57 – 61.

References

1. Ostrikov, V.V., Nagornov, S. A., Gafurov of I.D. Toplivo and lubricants. The manual for students of the higher educational institutions which are trained in the direction 110300 - "Agroinzheneriya" / M-in a rural hoz-v of the Russian Federation, the Bashkir state agricultural university. Ufa, 2006.

2. Ostrikov, V.V., Beads, I.V. Removal of products of a streniye from oils//the Rural machine operator. – 2012. - No. 1. - Page 36-37.

3. Ostrikov, V.V., Tupotilov, N.N., Belogorsky, V. V. Informativnost and interrelation of indicators of quality of the working engine oils//Equipment in agriculture. – 2008. - No. 3. – Page 45-47.

4. Ostrikov, V.V., Zimin, A.G., Popov, S.YU., Safonov V. V., Safonov, K.V. Expansion of functionality of additives to engine oils//Equipment in agriculture. – 2012. - No. 6. – Page 32-33.

5. Petrashev, A.I., Prokhorenkov V.D., Knyazeva, L.G., Ostrikov V. V. Vigdarovich, V. I. Protection against atmospheric corrosion by the fulfilled oils, inhibited products of their cleaning. Message 5. Technologies of receiving and application of products of purification of the fulfilled oils//Practice of anticorrosive protection. – 2006. - No. 3. – Page 38-43.

6. Ostrikov, V. V. Sazonov, S. N. Actual problems of increase of efficiency of use of oil products in agricultural machinery//Mechanization and electrification of agriculture. – 2013. - No. 1. – Page 30-32.

7. Sazonov, S.N., Ostrikov, V.V., Sazonova, D. D. Dostupnost and increase of efficiency of use of oil products in farms//the ChGAA Bulletin. – 2014. – T. 68. – Page 76-83.

8. Ostrikov, V.V., Matytsin, G.D., Tupotilov, N.N., Kornev, A.YU. Installation for purification of oils and preparation in the conditions of the consumer of film-forming additives to lubricants//Equipment in agriculture. – 2008. - No. 5. – Page 44-46.

9. Ostrikov, V.V., Tupotilov, N.N., Kornev, A.YU., Vlasov, S. V. Lubricant composition on the basis of the fulfilled engine oil//Chemistry and technology of fuels and oils. – 2006. - No. 4. – Page 35-37.

10. Prokhorenkov, V.D., Ostrikov, V.V., Knyazeva, L.G., Chernysheva, I.YU. Anticorrosive properties of the fulfilled M10G2 (K) engine oil//Practice of anticorrosive protection. – 2003. - No. 2. – Page 7-11.

11. Petrashev, A.I., Knyazeva, L.G., Proxorenkov, V.D., Klepikov, V.V. Texnologiya konservacii sel'skoxozyajstvennoj texniki otrabotannymi maslami // Nauka v central'noj Rossii. 2013. № 1. S. 57 – 61.

УДК 620.193

КУЗНЕЦОВА Е.Г., КНЯЗЕВА Л.Г., ПЕТРАШЕВ А.И., РОПАЙ Б.А.

ИССЛЕДОВАНИЕ КОНСЕРВАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ ОТ АТМОСФЕРНОЙ КОРРОЗИИ

Кузнецова Екатерина Геннадиевна
кандидат химических наук, старший научный сотрудник ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», г. Тамбов, e-mail: vitin-10@mail.ru

Князева Лариса Геннадьевна
доктор химических наук, главный научный сотрудник ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», г. Тамбов, e-mail: vitin-10@mail.ru

Петрашев Александр Иванович
доктор технических наук, ведущий научный сотрудник ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», г. Тамбов, e-mail: vitin-10@mail.ru

Ропай Богдан Александрович
студент ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина, г. Тамбов, Российская Федерация

Реферат. *Для противокоррозионной защиты сельскохозяйственной техники при хранении в нерабочий период предложено использовать консервационные материалы на масляной основе. Целью данной работы являлось изучение защитных свойств композиций на основе различных отработанных моторных масел методом потенциостатической поляризации. Исследования проведены на углеродистой стали Ст3 под пленками масляных композиций в 0,5 М растворе NaCl. Прибором для измерения тока коррозии служил потенциостат IPC-Pro*

(Россия). В работе были исследованы составы на основе свежих и отработанных масел, используемых в импортной сельскохозяйственной технике: John Deere plus 50, Ambra Master Gold, Claasse lectultratec, Mobil devlac. В качестве ингибирующих добавок использовали Эмульгин, Мобиин-3, Телаз А, пасту Удар в концентрации 1 – 5 масс. %, ПООМ (продукт очистки отработанных минеральных масел) в концентрации 10 - 50 масс. %. При использовании пленок свежих (товарных) масел рост стационарного потенциала и снижение скорости коррозии сильнее, чем в случае использования отработанных масел, что связано с действием противокоррозионных присадок. Наибольшее снижение скорости коррозии наблюдается для масел John Deere plus 50 и Claasse lectultratec. Чтобы повысить защитные свойства отработанных масел в них вводили различные ингибиторы коррозии. Отработанные синтетические масла с добавками ингибиторов - Эмульгина (4 – 5 масс. %) или ПООМ (40 – 50 масс. %), показали наилучшие результаты. Эти ингибированные композиции практически полностью (защитный эффект составляет 97 – 99 %) защищают стальную поверхность от атмосферной коррозии.

Ключевые слова: *сельскохозяйственная техника, атмосферная коррозия, защитная эффективность, синтетические смазочные материалы, отработанное масло, поляризационные кривые.*

KUZNECOVA E.G., KNJAZEVA L.G., PETRASHEV A.I., ROPAJ B.A.

STUDY OF CONSERVATION MATERIALS FOR THE PROTECTION OF AGRICULTURAL MACHINERY AGAINST ATMOSPHERIC CORROSION

Kuznetsova E.G.
Ph. D.,Senior Researcher Associate, FGBNU“All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture “.Tambov,Russian Federation;
E-mail: vitin-10@mail.ru
Knyazeva L.G.,
Full Doctor of Chemical Sciences, associate professor,Chief Researcher, FGBNU “All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture “.Tambov, Russian Federation; e-mail: vitin-10@mail.ru
Prochorenkov V.D
Full Doctor of Technical Sciences, associate professor, leading researcher, FGBNU “All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture “.Tambov, Russian Federation; e-mail: vitin-10@mail.ru
Ropay B.A.,
The Student of TheTambov State University named after G.R. Derzhavin. Tambov, Russian Federation

Summary. *For corrosion protection of agricultural machinery when stored in a non-working period is proposed to use of conservation oil-based materials. The aim of this study was to investigate the anti-corrosion properties of the compositions on the basis of different waste oils by potentiostatic polarization. Studies on the carbon steel St3 under films of oil compositions in 0,5 M solution of NaCl are conducted. Potentiostat IPC-Pro (Russia) was used as an instrument for measuring the corrosion current. The compositions based on fresh and waste oils used in imported agricultural machinery: John Deere plus 50, Ambra Master Gold, Claasse lectultratec, Mobil devlac are investigated in this paper. Emulgin, Mobiin-3 Telaz A paste Beat in a concentration of 1 - 5 wt. % POOM (products of purification of mineral oils) in a concentration of 10 - 50 wt. % are used as inhibiting additives. When*

using films of fresh (trade) oils growth of stationary potential and reducing of the corrosion rate is stronger than in the case of used oil, which is associated with the action of anti-corrosion additives. The greatest decrease of corrosion rate for oils John Deere plus 50 Claasse lectultratec are observed. Various corrosion inhibitors are introduced into the waste oils to improve their barrier properties. Waste synthetic oils containing additives inhibitors - Emulgin (4 - 5 wt.%) or POOM (40 - 50 wt.%) are showed the best results. These inhibited compositions almost completely protected (protective effect is 97 – 99 %) the steel surface from atmospheric corrosion.

Keywords*: agricultural equipment, atmospheric corrosion, protective efficacy, synthetic lubricants, waste oil, polarization curves.*

Введение. В настоящее время сложилось известное противоречие между дефицитом отечественных неметаллических материалов для защиты техники, в частности сельскохозяйственной, от атмосферной коррозии, в том числе и из-за отсутствия необходимой сырьевой базы, и существованием огромного количества выбрасываемых отработанных масляных продуктов, загрязняющих окружающую среду. В работах [1 - 20] показана возможность использования отработанных минеральных масел в качестве сырья для получения консервационных материалов для защиты техники от коррозии. При эксплуатации импортной сельскохозяйственной техники в большом количестве образуются отработанные синтетические смазочные масла, поэтому получение на их основе консервационных материалов весьма актуально [21 - 23]. Одним из наиболее эффективных ускоренных методов определения защитной эффективности консервационного материала является метод снятия поляризационных кривых в потенциостатическом режиме.

Материалы и методы. В работе были исследованы составы на основе свежих и отработанных масел John Deere plus 50, AMBRA MASTERGOLD, Claasse lectultratec, Mobil devlac. В качестве ингибирующих добавок использовали Эмульгин [24], представляющий собой смесь первичных и вторичных алифатических аминов; Мобиин-3 (ТУ 33992933-003–97), полученный на основе нитрованных масел; Телаз А (продукт конденсации кислот растительных масел с диаминами) [25], паста Удар (композиционный материал изготовленный на основе нефтяных продуктов, соединений молибдена, высокотемпературной добавки и ингибитора коррозииТУ 0254-017-27991970-96**)** в концентрации 1 – 5 масс. %; ПООМ (продукт очистки отработанных масел) в концентрации 10 - 50 масс. % [1 - 5].

Электрохимические испытания проведены на образцах стали Ст3 в трехэлектродной электрохимической ячейке из стекла «Пирекс» с разделенным шлифом анодным и катодным пространствами. В данной работе использовали: потенциостат IPC-Pro(Россия).В качестве рабочих электродов была выбрана углеродистая сталь Ст3состава, масс. %: Fe – 98,36; C – 0,2; Mn – 0,5; Si – 0,15; P – 0,04: S – 0,05; Cr – 0,3; Ni – 0,2; Cu – 0,2, армированная в оправку из эпоксидной смолы ЭД-5 с отвердителем полиэтиленполиамином. Вспомогательный электрод - гладкая платина, сравнения – насыщенный водный хлоридсеребряный. После погружения электроды выдерживали в растворе для установления квазистационарного потенциала (10 - 15 мин). Потенциалы пересчитывали по н.в.ш. Поляризационные измерения проведены в 0,5 М растворе NaCl под пленкой исследуемой композиции фиксированной толщины сразу после погружения рабочего электрода в раствор. Пересчет электрохимических данных в весовые единицы проводят посредством экстраполяции линейных тафелевых катодных и анодных участков на потенциал коррозии с последующей оценкой тока коррозии. Используют уравнение:

$$K = \gamma i_{кор},$$

где $i_{кор}$ – ток коррозии, А/м^2; γ - электрохимический эквивалент железа с учетом его перехода в раствор (окисление) в виде Fe^{2+} (г/А-час); *К* – скорость коррозии, г/м^{2}час.

Защитную эффективность (Z) определяли по формуле:

$$Z = \frac{K_0 - K}{K_0} \cdot 100\ \%,$$

где K_0 и*К* – скорости коррозии металла в отсутствии и при наличии масляной пленки, соответственно.

Результаты и обсуждение. Анализ поляризационных кривых для различных видов свежего и отработанного масел показал, что в случае свежих масел рост потенциала и снижение скорости коррозии сильнее, чем в случае отработанных масел, что очевидно связано с действием антикоррозионных присадок, которые вырабатываются со временем. Наибольшее снижение скорости коррозии наблюдается для масел John Deere plus 50 и Claasse lectultratec (рисунок 1).

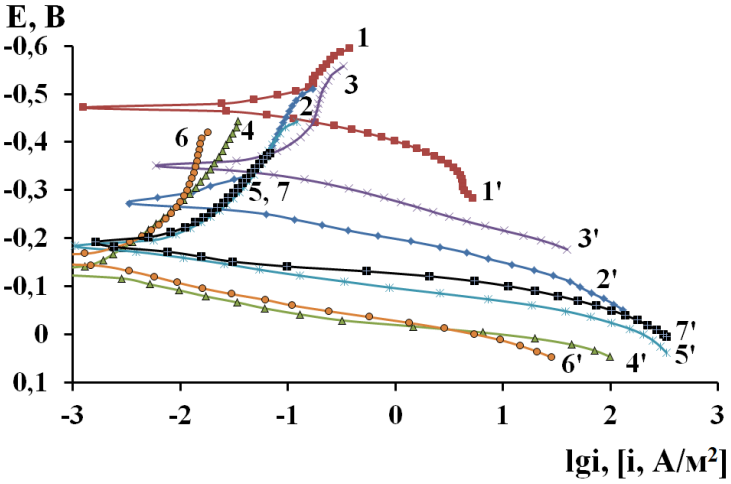


Рисунок 1 - Катодные (1 - 7) и анодные (1’- 7’) поляризационные кривые

Стали Ст3 в 0,5 М растворе NaCl без покрытия (1,1’) и с пленками масел: Mobil devlac свежее (2,2’), Mobil devlac отработанное (3,3’), John Deere plus 50 свежее (4,4’), John Deere plus 50 отработанное (5,5’), Claasse lectultratec свежее (6,6’), Claasse lectultratec отработанное (7,7’)

Добиться снижения скорости коррозии в отработанном масле можно введением в него различных ингибиторов коррозии: Эмульгин, Мобиин-3, Телаз А, пасты Удар (таблица 1).

Таблица 1 Защитная эффективность масел, рассчитанная по данным электрохимических измерений

Масло	Эмульгин, масс. %	-$E_{кор}$, В	$i_{кор}$, А/м^2	$K_{э/х}$, г/м^2·ч	Z,%
Без покрытия		-0,40	0,03980	0,0410	-
Mobildevlac свежее	-	-0,28	0,005125	0,00533	87
Mobildevlac отработанное	-	-0,35	0,02207	0,02296	44
Mobildevlac отработанное	5,0	-0,19	0,00315	0,00328	92
Mobildevlac отработанное	4,0	-0,17	0,00236	0,00246	94
Mobildevlac отработанное	3,0	-0,19	0,00275	0,00287	93
Mobildevlac отработанное	2,0	-0,21	0,00433	0,00451	89
Mobildevlac отработанное	1,0	-0,23	0,00709	0,00738	82
Mobildevlac отработанное	0,5	-0,22	0,00788	0,00820	80
JohnDeereplus 50 свежее	0	-0,06	0,00025	0,00026	99

JohnDeereplus 50 отработанное	0	-0,18	0,00398	0,0041	90
JohnDeereplus 50 отработанное	5	-0,225	0,00016	0,000164	~ 100
AMBRA MASTER GOLD свежее	0	-0,16	0,0010	0,00104	98
AMBRA MASTER GOLDотраб.	0	-0,16	0,00398	0,00414	90
AMBRA MASTER GOLDотраб.	5	-0,08	0,000158	0,000164	~ 100
Claasselectultratec свежее	0	-0,15	0,001	0,00100	98
Claasselectultratec отработанное	0	-0,19	0,0025	0,00260	95
Claasselectultratec отработанное	5	-0,14	0,00016	0,00017	~ 100

Так, добавление Эмульгина к исследуемым отработанным маслам способствует облагораживанию потенциала коррозии и торможению катодного и анодного процессов (таблица 1), максимальный рост защитной эффективности наблюдается при его концентрации 4 – 5 масс. % (рисунок 2).

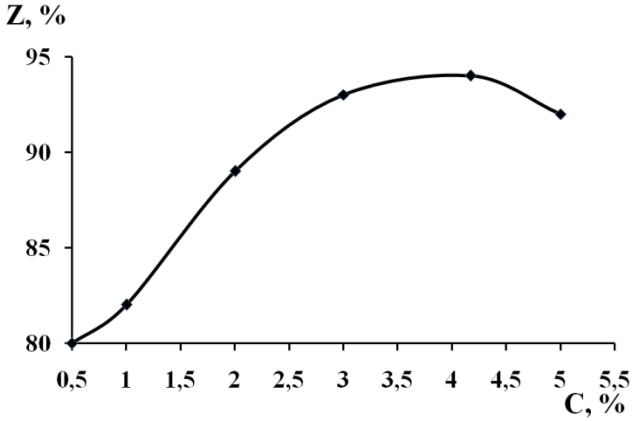


Рисунок 2- Зависимость защитного действия (Z, %) от концентрации Эмульгина в синтетическом отработанном моторном масле Mobil devlac при электрохимических измерениях

Эмульгин, среди исследуемых ингибиторов коррозии, позволяет добиться наилучшей противокоррозионной защиты (рисунок 3). Наихудшие результаты получены при введении добавки пасты Удар, которая, хотя и затормаживает анодной процесс и облагораживает стационарный потенциал, сильно ускоряет катодный процесс, в результате защитная эффективность не превышает 10 % (рисунок 3).

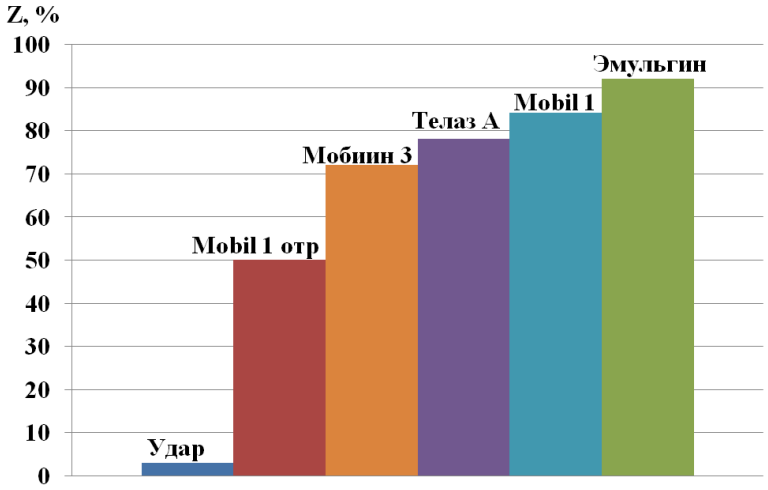


Рисунок 3. - Зависимость защитного действия (Z, %) от природы ингибитора в отработанном моторном синтетическом масле Mobil devlac. $C_{инг}$ = 5 масс. %.

Особый интерес представляли исследования отработанного синтетического моторного масла Mobil devlac с добавками продуктов очистки отработанных минеральных масел

(ПООМ) в концентрации от 10 до 70 масс. %. В присутствии ПООМ происходит резкое торможение катодного и анодного процессов и облагораживании потенциала коррозии (рисунок 4). Соответственно, защитная эффективность возрастает (рисунок 5).

При концентрации 50 масс. % ПООМ наблюдался максимальный защитный эффект в отработанном синтетическом масле (Z = 97 %). При введении 50 масс. % ПООМ в свежие (товарные) синтетические масла потенциал коррозии практически неизменяется, происходит только торможение катодного и анодного процессов, защитный эффект составляет порядка 98 – 99 %.

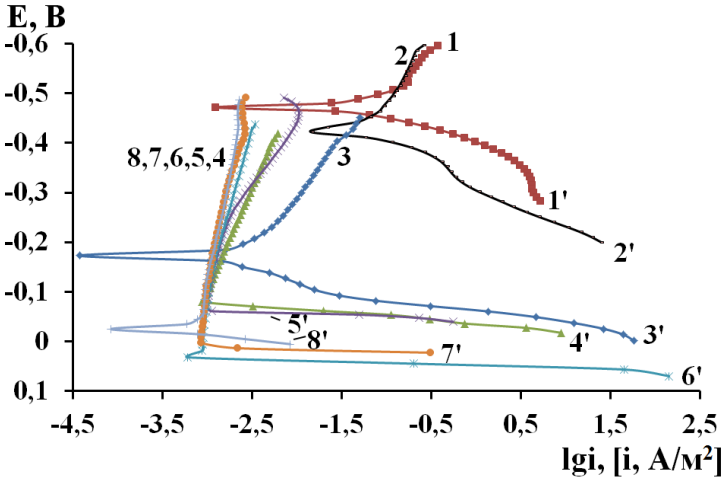


Рисунок 4 - Катодные (1 - 4) и анодные (1’- 4’) поляризационные кривые сталиСт3 в 0,5 М растворе NaCl без покрытия (1,1’) и с пленками отработанного масла Mobil devlac: без добавок (2,2’), ПООМ 10 масс. % (3,3’), ПООМ 20 масс. % (4,4’), ПООМ 30 масс. % (5,5’), ПООМ 40 масс. % (6,6’), ПООМ 50 масс. % (7,7’), ПООМ 70 масс. % (8,8’).

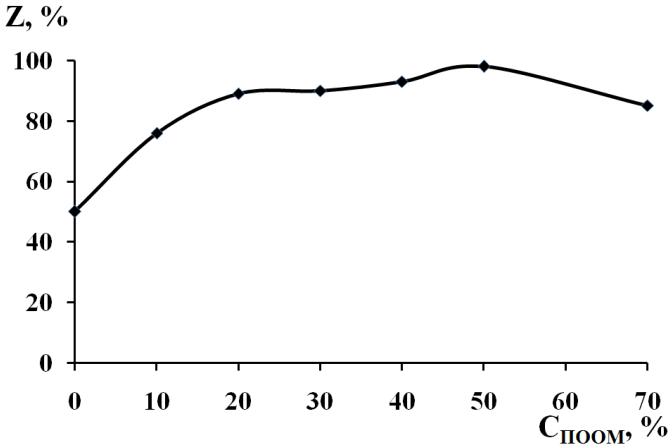


Рисунок 5. Зависимость защитной эффективности от концентрации ПООМ при электрохимических исследованиях

Выводы

1. Ингибированные отработанные синтетические масла могут быть использованы для получения консервационных материалов для защиты сельскохозяйственной техники от коррозии. Ингибированные отработанные синтетические масла с добавками Эмульгина (4 – 5 масс. %) или ПООМ (40 – 50 масс. %), позволяют практически полностью (Z = 97 – 99 %) защитить стальную поверхность от атмосферной коррозии.

2. Отработанные синтетические моторные масла обладают худшей защитной эффективностью, по сравнению со свежими (товарными).

Список литературы

1. Прохоренков, В.Д. Защита от атмосферной коррозии отработанными маслами, ингибированными продуктами их очистки. Сообщение 1. Оценка физико-химических свойств остаточных продуктов очистки и регенерации отработанных моторных масел / В.Д. Прохоренков, Л.Г. Князева, А.И. Петрашев [и др.] // Практика противокоррозионной защиты. - 2005. - № 4 (38). - С. 39 - 49.

2. Вигдорович, В.И. Защита от атмосферной коррозии отработанными маслами, ингибированными продуктами их очистки. Сообщение 2. Электрохимические исследования / В.И. Вигдорович В.И., В.Д. Прохоренков, Л.Г. Князева // Практика противокоррозионной защиты. 2005. № 4 (38). С. 49 - 55.

3. Прохоренков, В.Д. Защита от атмосферной коррозии отработанными моторными маслами, ингибированными продуктами их очистки. Сообщение 3. Защитные свойства консервационных составов на основе отработанного моторного масла и ПООМ / В.Д. Прохоренков, Л.Г. Князева, В.И. Вигдорович // Практика противокоррозионной защиты. - 2006.- № 2 (39) - С. 16 - 22.

4. Прохоренков, В.Д. Защита от атмосферной коррозии отработанными маслами, ингибированными продуктами их очистки. Сообщение 4. Защитная эффективность ингибированных ПООМ отработанных масел в условиях влагонасыщения / В.Д. Прохоренков, Л.Г. Князева, В.И. Вигдорович, С.С. Епифанцев // Практика противокоррозионной защиты. 2006. № 2 (40). С. 41 - 47.

5. Прохоренков, В.Д. Защита от атмосферной коррозии отработанными маслами, ингибированными продуктами их очистки. Сообщение 5. Технологии получения и применения продуктов очистки отработанных масел / В.Д. Прохоренков, Л.Г. Князева, А.И. Петрашев [и др.] // Практика противокоррозионной защиты. - 2006. - № 3 (41). - С. 38 - 43.

6. Вигдорович, В.И. Носители защитной эффективности отработавших моторных масел / В.И. Вигдорович, В.Д. Прохоренков, Л.Г. Князева, В.В. Остриков // Химия и технология топлив и масел. - 2006. - №1. - С.26 – 28.

7. Вигдорович, В.И. Научные основы и практика создания антикоррозионных консервационных материалов на базе отработанных нефтяных масел и растительного сырья: монография /В.И. Вигдорович, Л.Г. Князева, А.Н. Зазуля [и др.]. – Тамбов: Изд - во Першина Р.В., 2012. – 325 с.

8. Князева, Л.Г. Научные основы создания антикоррозионных консервационных материалов на базе отработавших нефтяных масел и растительного сырья. Автореф. дис. доктора хим. наук: 05.17.03 / Л.Г. Князева: — Тамбовский гос. технический ун-т: Тамбов: Изд-во Першина. 2012. — 49 с.

9. Князева, Л.Г. Ингибирование коррозии отработавшими моторными маслами / Л.Г. Князева, В.И. Вигдорович, В.Д. Прохоренков // Коррозия: материалы, защита. - 2010. - № 10. - С. 25 - 30.

10. Вигдорович, В.И. Защитная эффективность масляных композиций в условиях атмосферной коррозии углеродистой стали. Составы на основе отработавших масел / В.И. Вигдорович, Л.Г. Князева, Л.Е., В.Д. Прохоренков В.Д. [и др.] // Практика противокоррозионной защиты. - 2010. - № 4(58). - С. 15 - 26.

11. Прохоренков, В.Д. Защита от коррозии сельскохозяйственной техники отработанными маслами /В.Д. Прохоренков, Л.Г. Князева, А.И. Петрашев // Техника в сельском хозяйстве. - 2006. - № 5. - С. 18 – 21.

12. Петрашев, А.И. Технология консервации сельскохозяйственной техники отработанными маслами /А.И. Петрашев, Л.Г. Князева, В.Д. Прохоренков, В.В. Клепиков // Наука в Центральной России – 2013. - № 1. - С. 66 – 71.

13. Князева, Л.Г. Технологические аспекты получения и применения антикоррозионных покрытий на базе продуктов очистки отработавших моторных масел / Л.Г. Князева, В.И. Вигдорович, А.И. Петрашев [и др.]. // Коррозия: материалы, защита. - 2010. - № 12. - С. 1 - 3.

14. Князева, Л.Г. Некоторые проблемы ингибирования атмосферной коррозии стали отработавшими моторными маслами / Л.Г. Князева Л.Г., А.П. Акользин А.П., В.И. Вигдорович // Практика противокоррозионной защиты. - 2012. - № 1. - С. 60 – 65.

15. Прохоренков, В.Д. Доступные противокоррозионные материалы для защиты сельскохозяйственной техники от атмосферной коррозии / В.Д. Прохоренков, Л.Г.Князева, В.И. Вигдорович // Практика противокоррозионной защиты. - 2003. - № 3. - С. 51 - 54.

16. Князева, Л.Г., Защита сельскохозяйственной техники от атмосферной коррозии ингибированными масляными покрытиями в условиях влагонасыщения / Князева Л.Г., Прохоренков В.Д., Кузнецова Е.Г. // Наука в Центральной России. - 2013. - № 5. - С. 43 – 47.

17. Прохоренков, В.Д. Состав и противокоррозионные свойства остаточных продуктов очистки и осветления отработанных моторных масел / В.Д. Прохоренков, В.И. Вигдорович, Л.Г. Князева, С.С. Епифанцев // Практика противокоррозионной защиты. - 2003, - № 3.- С. 55 – 58.

18. Князева, Л.Г. Антикоррозионная эффективность поверхностных и защитных пленок товарных и отработанных синтетических масел на примере продукта Мобил-1. /Князева Л.Г., Вигдорович В.И., Цыганкова Л.Е., Шель Н.В., Кузнецова Е.Г., Прохоренков В.Д. // Практика противокоррозионной защиты. - 2014.- № 2 (72). - С. 59 – 66.

19. Князева, Л.Г., Антикоррозионная характеристика пленок нефтяных и синтетических масел и их физико-химические характеристики / Князева Л.Г., Вигдорович В.И., Цыганкова Л.Е., Кузнецова Е.Г. [и др.] // Коррозия: материалы, защита. – 2014. - № 9. - С. 31 – 37.

20. Справочник фермера / В.Н. Кузьмин, В.Ф. Федоренко, С.Н. Сазонов. -М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2013. – 616 с.

22. Авторское свидетельство № 1385607 Союз Советских Социалистических республик, МПК С 10 М 133/06// (С 10М 133/06. Противокоррозионная присадка «Эмульгин» к маслам; заявитель: Всесоюзный научно-исследовательский и проектно-технологический институт по использованию техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве и Государственный институт прикладной химии. № 4040859; 18.02.1986; опубл. 01.12 1987.

23. Кузнецова, Е.Г. Консервационные составы на основе водорастворимых ингибиторов коррозии / Кузнецова Е.Г., Князева Л.Г., Прохоренков В.Д., Гайдар С.М. // Наука в Центральной России. - 2013. - № 5. - С. 43 – 47.

References

1. Prochorenkov, V.D. Zashhita ot atmosfernoj korrozii otrabotannymi maslami, ingibirovannymi produktami ix ochistki. Soobshhenie 1. Ocenka fiziko-ximicheskix svojstv ostatochnyx produktov ochistki i regeneracii otrabotannyx motornyx masel / V.D. Prochorenkov, L.G. Knyazeva, A.I. Petrashev [i dr.] // Praktika protivokorrozionnoj zashhity. - 2005. - № 4 (38). - S. 39 - 49.

2. Vigdorovich, V.I. Zashhita ot atmosfernoj korrozii otrabotannymi maslami, ingibirovannymi produktami ix ochistki. Soobshhenie 2. E'lektroximicheskie issledovaniya / V.I. Vigdorovich V.I., V.D. Prochorenkov, L.G. Knyazeva // Praktika protivokorrozionnoj zashhity. 2005. № 4 (38). S. 49 - 55.

3. Prochorenkov, V.D. Zashhita ot atmosfernoj korrozii otrabotannymi motornymi maslami, ingibirovannymi produktami ix ochistki. Soobshhenie 3. Zashhitnye svojstva konservacionnyx sostavov na osnove otrabotannogo motornogo masla i POOM / V.D. Prochorenkov, L.G. Knyazeva, V.I. Vigdorovich // Praktika protivokorrozionnoj zashhity. - 2006.- № 2 (39) - S. 16 - 22.

4. Prochorenkov, V.D. Zashhita ot atmosfernoj korrozii otrabotannymi maslami, ingibirovannymi produktami ix ochistki. Soobshhenie 4. Zashhitnaya e'ffektivnost' ingibirovannyx POOM otrabotannyx masel v usloviyax vlagonasyshheniya / V.D. Prochorenkov, L.G. Knyazeva, V.I. Vigdorovich, S.S. Epifancev // Praktika protivokorrozionnoj zashhity. 2006. № 2 (40). S. 41 - 47.

5. Prochorenkov, V.D. Zashhita ot atmosfernoj korrozii otrabotannymi maslami, ingibirovannymi produktami ix ochistki. Soobshhenie 5. Texnologii polucheniya i primeneniya produktov ochistki otrabotannyx masel / V.D. Prochorenkov, L.G. Knyazeva, A.I. Petrashev [i dr.] // Praktika protivokorrozionnoj zashhity. - 2006. - № 3 (41). - S. 38 - 43.

6. Vigdorovich, V.I. Nositeli zashhitnoj e'ffektivnosti otrabotavshix motornyx masel / V.I. Vigdorovich, V.D. Prochorenkov, L.G. Knyazeva, V.V. Ostrikov // Ximiya i texnologiya topliv i masel. - 2006. - №1. - S.26 – 28.

7. Vigdorovich, V.I. Nauchnye osnovy i praktika sozdaniya antikorrozionnyx konservacionnyx materialov na baze otrabotannyx neftyanyx masel i rastitel'nogo syr'ya: monografiya /V.I. Vigdorovich, L.G. Knyazeva, A.N. Zazulya [i dr.]. – Tambov: Izd - vo Pershina R.V., 2012. – 325 s.

8. Knyazeva, L.G. Nauchnye osnovy sozdaniya antikorrozionnyx konservacionnyx materialov na baze otrabotavshix neftyanyx masel i rastitel'nogo syr'ya. Avtoref. dis. doktora xim. nauk: 05.17.03 / L.G. Knyazeva:— Tambovskij gos. texnicheskij un-t: Tambov: Izd-vo Pershina. 2012. — 49 s.

9. Knyazeva, L.G. Ingibirovanie korrozii otrabotavshimi motornymi maslami / L.G. Knyazeva, V.I. Vigdorovich, V.D. Prochorenkov // Korroziya: materialy, zashhita. - 2010. - № 10. - S. 25 - 30.

10. Vigdorovich, V.I. Zashhitnaya e'ffektivnost' maslyanyx kompozicij v usloviyax atmosfernoj korrozii uglerodistoj stali. Sostavy na osnove otrabotavshix masel / V.I. Vigdorovich, L.G. Knyazeva, L.E., V.D. Prochorenkov V.D. [i dr.] // Praktika protivokorrozionnoj zashhity.- 2010. - № 4(58). - S. 15 - 26.

11. Prochorenkov, V.D. Zashhita ot korrozii sel'skoxozyajstvennoj texniki otrabotannymi maslami /V.D. Prochorenkov, L.G. Knyazeva, A.I. Petrashev // Texnika v sel'skom xozyajstve. - 2006. - № 5. - S. 18 – 21.

12. Petrashev, A.I. Texnologiya konservacii sel'skoxozyajstvennoj texniki otrabotannymi maslami /A.I. Petrashev, L.G. Knyazeva, V.D. Prochorenkov, V.V. Klepikov // Nauka v Central'noj Rossii – 2013. - № 1. - S. 66 – 71.

13. Knyazeva, L.G. Texnologicheskie aspekty polucheniya i primeneniya antikorrozionnyx pokrytij na baze produktov ochistki otrabotavshix motornyx masel / L.G. Knyazeva, V.I. Vigdorovich, A.I. Petrashev [i dr.]. // Korroziya: materialy, zashhita. - 2010. - № 12. - S. 1 - 3.

14. Knyazeva, L.G. Nekotorye problemy ingibirovaniya atmosfernoj korrozii stali otrabotavshimi motornymi maslami / L.G. Knyazeva L.G., A.P. Akol'zin A.P., V.I. Vigdorovich // Praktika protivokorrozionnoj zashhity. - 2012. - № 1. - S. 60 – 65.

15. Prochorenkov, V.D. Dostupnye protivokorrozionnye materialy dlya zashhity sel'skoxozyajstvennoj texniki ot atmosfernoj korrozii / V.D. Prochorenkov, L.G. Knyazeva, V.I. Vigdorovich // Praktika protivokorrozionnoj za¬shhity. - 2003. - № 3. - S. 51 - 54.

16. Knyazeva, L.G., Zashhita sel'skoxozyajstvennoj texniki ot atmosfernoj korrozii ingibirovannymi maslyanymi pokrytiyami v usloviyax vlagonasyshhe¬niya / Knyazeva L.G., Prochorenkov V.D., Kuznetsova E.G. // Nauka v Central'noj Rossii. - 2013. - № 5. - S. 43 – 47.

17. Prochorenkov, V.D. Sostav i protivokorrozionnye svojstva ostatochnyx produktov ochistki i osvetleniya otrabotannyx motornyx masel / V.D. Prochorenkov, V.I. Vigdorovich, L.G. Knyazeva, S.S. Epifantsev // Praktika protivokorrozionnoj zashhity. - 2003, - № 3.- S. 55 – 58.

18. Knyazeva, L.G. Antikorrozionnaya e'ffektivnost' poverxnostnyx i zashhitnyx plenok tovarnyx i otrabotannyx sinteticheskix masel na primere produkta Mobil-1. /Knyazeva L.G., Vigdorovich V.I., Tsygankova L.E., Shel' N.V., Kuznecova E.G., Prochorenkov V.D. // Praktika protivokorrozionnoj zashhity. - 2014.- № 2 (72). - S. 59 – 66.

19. Knyazeva, L.G., Antikorrozionnaya xarakteristika plenok neftyanyx i sinteticheskix masel i ix fiziko-ximicheskie xarakteristiki / Knyazeva L.G., Vigdorovich V.I., Tsygankova L.E., Kuznetsova E.G. [i dr.] // Korroziya: materialy, zashhita. – 2014. - № 9. - S. 31 – 37.

20. Spravochnik fermera / V.N. Kuz'min, V.F. Fedorenko, S.N. Sazonov.-M.: FGBNU «Rosinformagrotex», 2013. – 616 s.

21. Avtorskoe svidetel'stvo № 1385607 Soyuz Sovetskix Socialisticheskix respublik, MPK S 10 M 133/06//(S 10M 133/06. Protivokorrozionnaya prisadka «E'mul'gin» k maslam; zayavitel': Vsesoyuznyj nauchno-issledovatel'skij i proektno-texnologicheskij institut po ispol'zovaniyu texniki i nefteproduktov v sel'skom xozyajstve i Gosudarstvennyj institut prikladnoj ximii. № 4040859; 18.02.1986; opubl. 01.12 1987.

22. Kuznecova, E.G. Konservacionnye sostavy na osnove vodorastvorimyx ingibitorov korrozii / Kuznetsova E.G., Knyazeva L.G., Prochorenkov V.D., Gajdar S.M. // Nauka v Central'noj Rossii. - 2013. - № 5. - S. 43 – 47.

УДК 636.084.523.112

КИЙКО Е.И.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОБИОТИКОВ В ПЕРИОД РАЗДОЯ

Кийко Елена Ильинична
кандидат биологических наук,
старший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве. E-mail:alenakiiko@mail.ru

Реферат. *Известно, что в корм животных, для восполнения белково-витаминной и энергетической недостаточности, а также повышения продуктивности вносятся биологически активные вещества: витамины, аминокислоты, ферменты и др. Однако эти вещества частично или полностью разрушаются ферментами пищеварительной системы животных, и, тем самым, дают лишь кратковременный положительный эффект. Поэтому в настоящее время стало актуальным использование добавок, осуществляющих свое влияние на здоровье и продуктивность животных через регулирование микробной популяции в желудочно-кишечном тракте. Большую помощь в этой ситуации оказывают новые биологические регуляторы метаболических процессов – препараты пробиотического действия, которые благоприятно влияют на гомеостаз в кишечнике восстанавливая его биоценоз путем введения живых бактерий с водой или кормом. В последние годы большое внимание уделяется изучению целесообразности и эффективности применения комплексных пробиотических препаратов в кормлении коров молочного направления продуктивности. Изучение эффективности применения дрожжевой кормовой добавки Биотал SC в сочетании с пробиотико-ферментативным препаратом Бацелл, а также сравнение степени воздействия комплексной добавки и отдельно*

взятого Бацелла на полновозрастных коровах симментальской породы в период сухостоя и раздоя коров в одном из хозяйств Тамбовской области дало положительные результаты.

Включение в рацион коров препаратов пробиотического действия позволило интенсифицировать обменные процессы организмов опытных животных и увеличить производство молока одновременно снизив затраты кормов по сравнению с коровами контрольной группы на 4,8 и 4,5% ЭКЕ и на 6,5 и 6,2% переваримого протеина.

***Ключевые слова**: молочное скотоводство, рубцовое пищеварение, пробиотические препараты, уровень молочной продуктивности.*

KIJKO E.I.

USE OF PROBIOTICS DURING MILKING

Kiyko Elena Iljinichna,
PhD (Biology), Senior Researcher, All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture. E-mail:alenakiiko@mail.ru

***Summary.** It is known that in animal feed in order to fill the protein, energy and vitamin deficiency are made biologically active substances: vitamins, amino acids, enzymes. However, these substances are partially or completely destroyed enzymes of the digestive system of animals, thereby, provide only short-term positive effect. Therefore, at present has become topical use of additives exercising their impact on health and productivity of animals through the regulation of microbial populations in the gastrointestinal tract. Great help in this situation provide new biological regulators of metabolic processes - preparations of probiotic actions that positively affect the homeostasis in the gut restoring its biocenosis by introducing living bacteria with water or food. In recent years, much attention is paid to the study of the feasibility and effectiveness of complex probiotic preparations in feeding dairy cows productivity. The efficiency of yeast feed additive Biotal SC in combination with probiotics- enzyme preparations Bacell, as well as a comparison of the impact of complex additives and individual Bacell on mature cows Simmental at dry and milking cows in one of the farms of the Tambov region are yielded positive results. Incorporation in a ration of cows preparations probiotic action allows to intensify exchange processes of organisms experimental animals and to increase milk production while reducing the cost of feed compared with cows in the control group by 4.8 and 4.5 % of ECE and by 6.5 and 6.2 % of digestible protein .*

***Keywords:** dairy cattle breeding, cicatricial digestion, probiotic products, the level of milk production.*

Введение. В современных условиях ведения животноводства большое внимание уделяется повышению уровня эффективности производства [1]. Для увеличения продуктивности животных в арсенале современного специалиста имеется широкий набор различных кормовых добавок, но не все они одинаково эффективны. В связи с этим в животноводстве и птицеводстве для повышения продуктивности, предохранения от патогенных бактерий, плесневых грибков и в лечебно-профилактических целях начинают широко применяться пробиотические препараты. В России зарегистрировано более 90 наименований пробиотиков ветеринарного назначения, большинство из которых классифицируются как лечебно-профилактические препараты: часть – как закваски и часть – как микробиологические кормовые добавки [2].

Научно обоснованное питание заключается не только в обеспечении животных полноценными кормами, но и в том, чтобы помочь им извлечь из рациона максимум питательных веществ. Для этого необходимо нейтрализовать факторы, сдерживающие расщепление, перевари-

вание и усвоение углеводов, липидов и белков. В основе решения задачи увеличения поедаемости и перевариваемости кормов лежит анализ системы кормления и условий, влияющих на рубцовое пищеварение коров.

Здоровое рубцовое пищеварение – залог высоких привесов, надоев и долголетия животных. Этот процесс тесно связан с составом и качеством кормов, технологией кормления, условиями содержания, то есть он управляем [3-5]. В последние годы в животноводстве все большую популярность приобретают препараты ферментно-пробиотического действия, которые являются действенным средством для нормализации рубцового пищеварения. Применение пробиотиков играет важную роль для развития полезной микрофлоры, вырабатывания пищеварительных ферментов, останавливает размножение болезнетворных бактерий. Такие препараты сочетают в себе несколько механизмов воздействия на биоценозы пищеварительной системы. Каждый из отдельно взятых пробиотиков имеет свои достоинства и недостатки, они прошли производственное испытание в хозяйствах и на предприятиях [6 - 9]. Поэтому было решено провести исследования по изучению эффективности комплексного применения пробиотических препаратов Биотал SC и Бацелл.

Основным компонентом дрожжевого препарата Биотал SC являются живые высокоспециализированные дрожжи штамма Saccharomyces cerevisae I-1077. Этот штамм превосходит аналоги по продолжительности жизни и активности в рубце, обеспечивая большую эффективную результативность в контрольный период времени. Действие дрожжей штамма I-1077 помогает сглаживать пробелы переходного периода, срывов кормления и смены рациона. Дрожжи дополнительно обогащены селеном и цинком в органической форме и обеспечивают комплексное (синергичное) влияние на обмен веществ организма.

Препарат Бацелл представляет собой ассоциированную культуру молочнокислых бактерий, руминококков и сенной палочки, обладающих комплексным пробиотико-ферментативным действием, с массовой долей влаги не более 12 %, числом колонеобразующих единиц не менее 10^8 на грамм. Он сочетает в себе свойства мощного фермента и пробиотика, способствует усвоению рационов с повышенным содержанием ржи, пшеницы, отрубей, подсолнечного жмыха, шрота и т. п., позволяет уменьшить применение лечебных ветпрепаратов.

Материалы и методы. Целью исследования являлось изучение эффективности использования пробиотического комплекса, состоящего из дрожжевого препарата Биотал SC и пробиотико-ферментативного препарата Бацелл, а также сравнение степени воздействия комплексной добавки и отдельно взятого Бацелла в кормлении дойных коров в период сухостоя и раздоя. Исследования проводились в условиях одной из ферм Тамбовской области на полновозрастных коровах симментальской голштинизированной породы с использованием кормов, характерных для Центрально- черноземной Области. По принципу аналогов было сформировано три группы животных по 10 голов, находящихся в единой физиологической фазе.

В рацион первой опытной группы был включен Бацелл в дозе 50 г на голову в сутки, второй опытной – комплекс Биотал SC + Бацелл в дозе (25г + 50г) на голову в сутки. Продуктивность коров определяли по результатам контрольных доек, которые проводили один раз в месяц, а также качественного анализа взятых проб молока. Третья группа служила контролем.

Результаты и обсуждение. После детального исследования количества поедаемых подопытными животными кормов, уровня переваримости питательных веществ рационов, количества полезной микрофлоры желудочно-кишечного тракта, оценки обмена веществ коров по биохимическим показателям крови, продуктивности коров по результатам контрольных доек,

а также качества молока был произведен учет всех данных и на основе полученных результатов сделаны выводы.

Использование пробиотических добавок привело к повышению поедаемости кормов коровами обеих опытных групп, улучшению переваримости практически всех питательных веществ рациона и усилению метаболических процессов в их организме за счет стимулирующего действия пробиотических препаратов на повышение количества полезной микрофлоры желудочно-кишечного тракта и ферментативную активность. Более высокий уровень обменных процессов стимулировал молочную продуктивность животных опытных групп, что прослеживается в данных по учету молока за период раздоя (3 месяца), представленных в таблице 1.

Таблица 1. Молочная продуктивность коров за период опыта

Показатели	Группа		
	контрольная	I опытная	II опытная
Получено молока, кг	1449,2±13,1	1585,0±16,4	1677,55±12,2
Содержание жира, %	3,67±0,08	3,70±0,04	3,73±0,07
Количество молочного жира, кг	53,18±0,32	58,65±0,35	65,57±0,21
Содержание белка, %	3,06±0,04	3,10±0,03	3,04±0,05
Количество белка, кг	44,34±0,41	49,14±0,33	51,0±0,43
Затраты на 1 кг молока			
Обменной энергии, МДж	11,43	10,85	10,87
ЭКЕ	1,14	1,085	1,087
Переваримого протеина, г	106,8	99,85	100,13

Коровы опытных групп имели более высокую молочную продуктивность по сравнению с контрольной на 135,8 и 228,35 кг за весь период опыта. Количество полученных от животных опытных групп за период проведения опыта молочного жира и белка также превышало результат контрольной группы на 5,47 и 12,39 кг по жиру и на 4,8 и 6,66 кг по белку соответственно.

Затраты кормов на получение 1 кг молока у животных опытных групп были ниже по сравнению с коровами контрольной группы, в которых на 1 кг молока было израсходовано на 4,65% меньше ЭКЕ и на 6,5 и 6,25% переваримого протеина соответственно.

Суточные удои коров в процессе производственного испытания показаны на диаграмме (рис. 1).

Данные рисунка 1 показывают, что с первого месяца лактации наблюдается преобладание по количеству полученного молока у коров опытных групп. Не смотря на то, что с начала лактации прослеживалось постоянное снижение надоев у всех наблюдаемых животных, до конца опыта данное преимущество сохранялось, хотя и было не настолько выражено. Через месяц после окончания опыта суточный удой животных опытных групп был также соответственно выше, чем у контрольных.

По результатам опыта была рассчитана экономическая эффективность обогащения рациона комплексом пробиотических препаратов Биотал SC и Бацелл и отдельно Бацеллом (таблица 2).

В связи с более высокой продуктивностью животных опытных групп, от реализации их молока получено на 1629,6 и 2740,2 руб. больше. Не смотря на возрастание затрат в опытных группах за счет стоимости дополнительно потребленных кормов и пробиотических препаратов, была получена дополнительная прибыль от больших по сравнению с контрольными животными удоев молока – соответственно 1084,59 и 1654,22 руб.

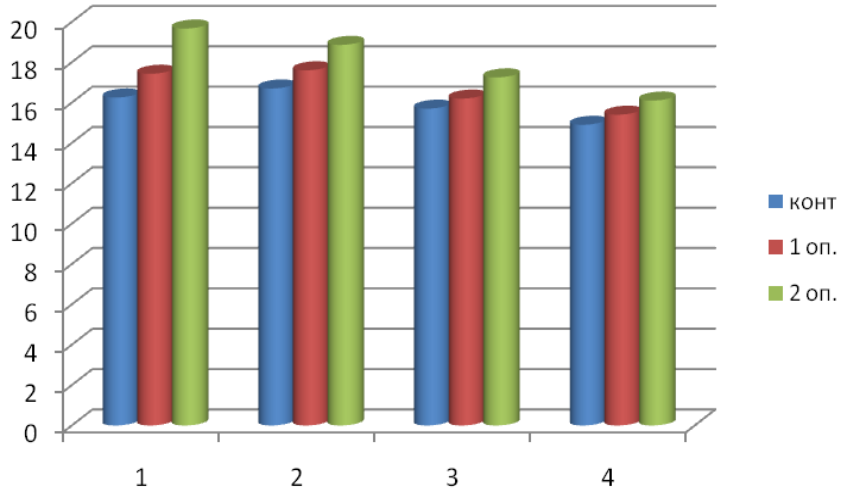


Рисунок 1. - Динамика суточных удоев: 1,2, 3 – месяцы опыта; 4 – месяц после окончания опыта

Таблица 2.Экономическая эффективность на 1 дойную корову за период опыта

Показатели	Г р у п п а		
	контрольная	I-опытная	II-опытная
Надоено молока, кг	1449,2	1585,0	1677,55
Дополнительно надоено молока от опытных коров против контроля, кг	-	135,8	228,35
Среднесуточные надои за период опыта, кг	16,21	17,1	18,59
Превышение среднесуточных надоев в опытных группах, кг	-	+0,89	+2,38
Выручка от реализации дополнительно надоенного молока, руб.	-	1629,6	2740,2
Затраты на дополнительно израсходованные корма на опытных животных, руб.	-	246,11	372,28
Затраты на биопрепараты, руб.	–	298,9	713,7
Прибыль от дополнительного молока, руб.	-	1084,59	1654,22

Вывод. Таким образом, проведенные исследования свидетельствуют о том, что добавление комплекса пробиотических препаратов Биотал SC и Бацелл и отдельно Бацелла в рационы коров положительно влияет на интенсификации обменных процессов в их организмах повышая уровень молочной продуктивности и экономическую эффективность производства молока.

Список литературы

1. Справочник фермера / В.Н. Кузьмин, В.Ф. Федоренко, С.Н. Сазонов. -М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2013. – 616 с.

2. Кислюк С.М., Лаптев Г.Ю., Новикова Н.И. Ферментативные пробиотики – новый класс кормовых добавок // Зооиндустрия. – 2004. - №5. – С. 10 - 11.

3. Логинова З. От теплового стресса спасет Биотал SC // Животноводство России. – 2008. - №5. – С. 44 - 45.

4. Кийко Е.И. Принципы маркерной селекции в молочном животноводстве // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные науки. 2010. Т.15. № 1. С. 134-135.

5. Филиппова О.Б., Доровских В.И., Кийко Е.И. К методике физиологической оценки доильного оборудования // Наука в центральной России.2014. № 6 (12). С.53-60.

6. Кийко Е.И. В период лактации поможет Бацелл // Животноводство России. – 2009. - №10. – С. 63 - 64.

7. Клещ И., Штепа Г., Куликова Н., Кузнецов В. Бацелл для роста телят и удоев // Животноводство России. – 2008. - №9. – С. 51 - 52.

8. Кощаев А.Г. Эффективность использования пробиотиков в молочном скотоводстве // Ценовик. – 2006. - №9. – С. 14 - 15.

9. Логинова З. Маленькие дрожжи для большого молока // Животноводство России. – 2007. - №1. – С. 45.

References

1. Spravochnik fermera / V.N. Kuz'min, V.F. Fedorenko, S.N. Sazonov.-M.: FGBNU «Rosinformagroteh», 2013. – 616 s.

2. Kisljuk S.M., Laptev G.Ju., Novikova N.I. Fermentativnye probiotiki – novyj klass kormovyh dobavok // Zooindustrija. – 2004. - №5. – C. 10 - 11.

3. Loginova Z. Ot teplovogo stressa spaset Biotal SC // Zhivotnovodstvo Rossii. – 2008. - № 5. – C. 44 - 45.

4. Kijko E.I. Principy markernoj selekcii v molochnom zhivotnovodstve // Vestnik Tambovskogo universiteta. Serija: Estestvennye nauki. 2010. T.15. № 1. S. 134-135.

5. Filippova O.B., Dorovskih V.I., Kijko E.I. K metodike fiziologicheskoj ocenki doil'nogo oborudovanija // Nauka v central'noj Rossii.2014. № 6 (12). S.53-60.

6. Kijko E.I. V period laktacii pomozhet Bacell // Zhivotnovodstvo Rossii. – 2009. - №10. – C. 63 - 64.

7. Kleshh I., Shtepa G., Kulikova N., Kuznecov V. Bacell dlja rosta teljat i udoev // Zhivotnovodstvo Rossii. – 2008. - №9. – C. 51 - 52.

8. Koshhaev A.G. Jeffektivnost' ispol'zovanija probiotikov v molochnom skotovodstve // Cenovik. – 2006. - №9. – C. 14 - 15.

9. Loginova Z. Malen'kie drozhzhi dlja bol'shogo moloka // Zhivotnovodstvo Rossii. – 2007. - №1. – C. 45.

УДК 631.303

ТИШАНИНОВ Н.П., АНАШКИН А.В., ТИШАНИНОВ К.Н.

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДЕЛИТЕЛЯ ПОТОКА ЗЕРНА С ШИБЕРНЫМ ОТВОДОМ

Тишанинов Николай Петрович
доктор технических наук, профессор, руководитель отдела, Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве.
E-mail: TishaninovKN@rambler.ru
Анашкин Александр Витальевич
кандидат технических наук,
заведующий лабораторией, Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве
Тишанинов Константин Николаевич,

кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве E-mail: TishaninovKN@rambler.ru

Реферат. *Анализ ранее созданных технических решений авторегулируемых делителей с грузовоспринимающей системой позволил установить конструктивные и качественные недостатки процесса. Конструктивные недостатки заключатся в сложности изготовления из-за размещения в отводах регулирующих клапанов со сложным кинематическим приводом вала, на котором они размещены. С этими же конструктивными особенностями связано и качество процесса деления сыпучих материалов – погрешность вносит неточное угловое и радиальное размещение регулирующих клапанов на валу. Исполнение делителя с шиберным боковым отводом разделяемых потоков позволяет исключить эти недостатки. Для обоснования возможностей авторегулирования с двухпозиционным срабатыванием выполнен анализ динамики движения регулирующей емкости, который позволил установить базовые характеристики делителя для принятой номинальной подачи зерна в регулирующую емкость (10 т/ч), начальной массы регулирующей емкости (10 кг), числа грузовоспринимающих пружин (2 шт), их жесткости (1000 Нм). Из условия равновесия подвижной регулирующей емкости в рабочем режиме определены величина управляющего воздействия, степень заполнения сыпучим материалом регулирующей емкости, параметры выгрузных каналов с учетом соотношения расходов сыпучих материалов через горизонтальные и вертикальные открытые каналы. При наличии минимально необходимого стабилизирующего слоя высота регулирующей емкости составила 0,5 м, параметры отводного канала 0,22х0,23 м. Параметры сечения регулирующей емкости определены из условия достаточности управляющего воздействия и равенства рисков сводообразования между ее стенками. Параметры сечения регулирующей емкости составляют 0,35х0,35 м.*

Ключевые слова: *делитель потока сыпучих материалов, регулирующая емкость, грузовоспринимающая система, конструктивные параметры, управляющее воздействие, отводы потока, точность деления.*

TISHANINOV N.P., ANASHKIN A.V., TISHANINOV K.N.

THEORETICAL SUBSTANTIATION OF PARAMETERS OF FLOW DIVIDER OF GRAIN WITH DARK SLIDE BENDS

Tishaninov Nikolay Petrovich
Full Doctor of Technical Sciences, professor, head of department, All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture
Tambov, E-mail: TishaninovKN@rambler.ru
Anashkin Alexander Vitalyevich
candidate of technical Sciences, head of the laboratory, All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture, Tambov
Tishaninov Konstantin Nikolaevich
candidate of technical Sciences, senior researcher, All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture, Tambov,
E-mail: TishaninovKN@rambler.ru

Summary. *Analysis of previously created technical solutions automatically regulated dividers with load perceive system design and qualitative disadvantages of the process was allowed to establish. Design flaws consist in manufacturing complexity because of the placement in taps control*

valves with complex kinematic drive shaft on which they are placed. With the same design features associated the quality of the fission process and bulk materials - error makes an inaccurate angular and radial placement of the control valves on the shaft. Fulfillment of hinged divider with side draw of separated streams eliminates these disadvantages. Analysis of the dynamics of motion governing capacity is made to justify the possibility of auto regulation with two- triggering, which would provide the basic characteristics of the divider for the assumed nominal supply of grain in a regulatory tank (10 t/h), the initial mass of the regulatory capacity (10 kg), the number of springs (2 pcs) their rigidity (1000 Nm). The amount of control the degree of filling of regulatory capacity with bulk material, parameters of unloading channels with the flow ratio of bulk materials through horizontal and vertical open channels are determined from the equilibrium conditions of the mobile regulatory capacity in operation. Height regulatory capacity was 0.5 m, the parameters of the bypass channel was 0, 22 x 0,23 m in the presence of the minimum required stabilizing layer. Section parameters of regulating tank determined from the condition is sufficient to control the impact of risk and equity bridging between its walls. Section parameters regulating capacity is 0, 35x0, 35 m.

Keywords: *flow divider of bulk materials, regulatory tank, the system, perceived load; design parameters, the control action, flow diversion, precision division.*

Введение. Послеуборочная подработка зерна в хозяйствах осуществляется зерноочистительными комплексами, представляющими собой многоканальные технологии. Одним из существенных их недостатков является невозможность эффективного управления зерновыми потоками из-за отсутствия соответствующих технических средств [1- 3]. В ФГБНУ ВНИИТиН разработано семейство авторегулируемых делителей потока сыпучих материалов [4, 5], позволяющих исключить указанный недостаток существующих зерноочистительных технологий. На 9 конструкций делителей получены патенты РФ на изобретения. Разработанные делители обеспечивают высокий уровень качества разделения потока зерна, однако они имеют сложную конструкцию, либо недостаточное качество разделения при асимметричном поступлении зернового потока в стабилизирующую емкость.

Цель исследования – повышение качества процесса и упрощение конструкции устройств для разделения потока сыпучих материалов.

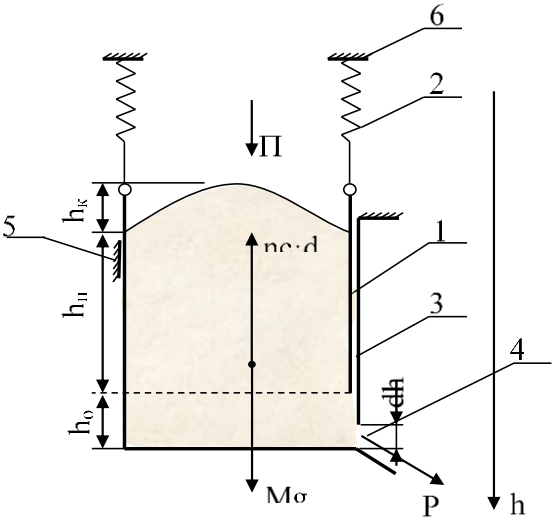
Материалы и методы. Результаты экспериментальных исследований расходных характеристик и качественных показателей работы авторегулируемых делителей потока сыпучих материалов с грузовоспринимающей системой и делителей жалюзийного типа; методы дифференциального исчисления и математического анализа.

Результаты и обсуждение. Для устранения указанных недостатков созданных ранее делителей, нами разработан новый авторегулируемый делитель потока зерна с шиберным отводом, схема которого представлена на рисунке 1.

Упрощение конструкции достигнуто за счет отсутствия в предложенном устройстве клапанов, общего вала внутри отводов, механизма поворота. Исключение конструктивных элементов из сечения потока обеспечивает повышение качества разделение потока сыпучих материалов. Вместе с тем, для повышения качества работы и технологической надежности нового делителя требуется теоретическое обоснование его основных конструктивных параметров.

Рассмотрим движение регулирующей емкости делителя потока зерна с пружинной грузовоспринимающей системой и шиберным отводом. Движение емкости определяется внешними силами, которые на нее действуют: силой тяжести (Mg) и силой дополнительного растяжения пружин (nc•dh). При этом полагаем, что динамическое воздействие падающего потока зерна

компенсируется силами трения в направляющих, а вес регулирующей емкости уравновешивается предварительным растяжением пружин. Сила тяжести меняется в зависимости от количества зерна, накопившегося в регулирующей емкости, и определяется балансом подачи (П) зерна в регулирующую емкость и расхода (Р) из нее. Сила упругости зависит от количества пружин (n), их жесткости (c) и положения емкости (h).



1 – регулирующая емкость; 2 – пружина; 3 – регулирующий шибер; 4 – отвод; 5 – направляющая; 6 - рама

Рисунок 1 – Схема делителя потока зерна с пружинной грузовоспринимающей системой и шиберным отводом

Составим уравнение, описывающее движение регулирующей емкости:

$$\int_{t_0}^{t}(\Pi - P)g\,dt - nch = M\frac{d^2h}{dt^2}, \qquad (1)$$

где П – подача зерна в емкость, кг/с; Р – расход зерна через отвод, кг/с; М – масса регулирующей емкости вместе с массой накопившегося в ней зерна, кг; h - вертикальное отклонение емкости от начального положения равновесия, м;

$\frac{d^2h}{dt^2}$ – ускорение регулирующей емкости в результате действия на нее сил тяжести и растяжения пружин.

Решим уравнение (1):

$$(\Pi - P)g - nc\frac{dh}{dt} = M\frac{d^3h}{dt^3}. \qquad (2)$$

Следовательно:

$$M\frac{d^3h}{dt^3} + P_н g + bhg - \Pi g + nc\frac{dh}{dt} = 0. \qquad (3)$$

$P_н$ – начальный расход зерна через отвод, кг/с.

Введем замену переменных:

$$h = h_1 + (\Pi - P_н)/a, \qquad (4)$$

где a – коэффициент, определяющий изменение расхода Р при перемещении емкости (определяется экспериментально), кг/м · с; h_1 – замена переменной h, которая позволит решить уравнение (3), м.

Из уравнений (3) и (4) получим:

$$\frac{d^3h_1}{dt^3} + nc\frac{dh_1}{dt}/M + ah_1g/M = 0. \qquad (5)$$

Чтобы решить дифференциальное уравнение (5) составим характеристическое уравнение:

$$r^3 + pr + q = 0, \qquad (6)$$

где p = nc/M, q = ag/M.

Определим корни уравнения (6) по формулам Кардано:

$$r_1 = \alpha + \beta;$$

$$r_2 = -\frac{\alpha+\beta}{2} - i\frac{\alpha-\beta}{2}\sqrt{3};$$

$$r_3 = -\frac{\alpha+\beta}{2} + i\frac{\alpha-\beta}{2}\sqrt{3},$$

где $\alpha = \sqrt[3]{-\frac{q}{2} - \sqrt{D}}$; $\beta = \sqrt[3]{-\frac{q}{2} + \sqrt{D}}$; $D = (\frac{p}{3})^3 + (\frac{q}{2})^2$.

Решением уравнения (5) будет зависимость:

$$h = h_к + h_1 = h_к + C_1 e^{(\alpha+\beta)t} + C_2 e^{-\frac{(\alpha+\beta)t}{2}} \sin(\frac{\alpha-\beta}{2}\sqrt{3} + C_3), \qquad (7)$$

где $h_к = (П - P_н)/a$ - начальная высота канала, м.

Для выявления реальной динамики движения регулирующей емкости необходима количественная определенность некоторых ее параметров и режимов работы, входящих в уравнения (6) и (7). Наиболее динамичное воздействие внешних сил на регулирующую емкость будет при величине подачи зерна П = 10 т/ч (2,78 кг/с), которая определяет номинальный режим работы существующих триерных блоков.

Из конструктивных соображений и опыта предшествующих разработок следует принять: M = 10 кг; n = 2 шт; c = 1000 н/м. Величина a = 21,6 кг/с·м определена по результатам экспериментальных исследований [5…7], когда удельный расход через боковой канал составляет 90 кг/с·м^2, а общая ширина канала равна 0,24 м. Для уравновешенной регулирующей емкости в начальный момент времени $P_н$=0 и $h_к$=0.

После подстановки реальных значений П, M, n, c, a, $h_к$ в уравнение (7) получим следующую зависимость:

$$h = 0{,}2 + C_1 e^{-0{,}1t} + C_2 e^{0{,}05t} \sin(-13{,}9 + C_3). \qquad (8)$$

Чтобы определить численные значения постоянных интегрирования C_1, C_2, C_3, необходимо решить задачу Коши.

Для этого необходимо рассмотреть три начальных условия:

1) фаза колебаний равна 0 (колебания начинаются в начальный момент времени $t = t_0 = 0$):

$$-13{,}9 \cdot t_0 + C_3 = 0;$$

$$0 + C_3 = 0;$$

$$C_3 = 0.$$

2) положение емкости h = 0 в начальный момент времени ($t_0 = 0$):

$$C_1 e^{-0{,}1 \cdot 0} + C_2 e^0 \sin(0) + 0{,}2 = 0;$$

$$C_1 = -0{,}2;$$

3) скорость $V = \frac{dh}{dt}(t_0) = 0$ в начальный момент времени ($t_0 = 0$):

$$\frac{dh}{dt} = -0{,}1 \cdot C_1 e^{-0{,}1t} + 0{,}05 \cdot C_2 e^{0{,}05t} \sin(-13{,}9 \cdot t + C_3) - - 13{,}9 \cdot C_2 e^{0{,}05t} \cos(-13{,}9 \cdot t + C_3);$$

$$-0{,}1C_1 - 13{,}9 \cdot C_2 = 0;$$

$$C_2 \approx -0{,}036 \text{ м}.$$

Окончательный вид уравнения, описывающего движение регулирующей емкости, будет следующим:

$$h = 0{,}2 - 0{,}2 \cdot e^{-0{,}1t} - 0{,}036 \cdot e^{0{,}05t} \sin(-13{,}9t). \qquad (9)$$

Из уравнения (9) следует, что движение регулирующей емкости в таком исполнении механизма авторегулирования требуется ограничить. Из конструктивных и технологических соображений движение регулирующей емкости из начального положение вверх (когда $h<0$) невозможно – оно ограничивается рамной конструкцией. Ограничение движения вниз обусловлено вертикальными параметрами отводного канала при П=10 т/ч, которое может быть выявлено при рассмотрении процесса деления потока зерна в статике. Величина П=10 т/ч – номинальная загрузка существующих триерных блоков.

В равновесном исходном положении, когда подъем шибера относительно днища регулирующей емкости равен 0, баланс сил может быть представлен уравнением:

$$nc\Delta l = m_E g + m_З g = m_E g + abh_0\rho g, \qquad (10)$$

где Δl – предварительное растяжение пружин, м; m_E, $m_З$ – масса емкости и стабилизирующего слоя зерна, кг; a, b – габариты сечения стабилизирующей емкости, м; h_0 – стабилизирующая высота слоя зерна, м; n – число пружин, шт; ρ – плотность зерна, кг/м^3.

Для числа пружин n =2:

$$2c\Delta l = (m_E + m_З)g. \qquad (11)$$

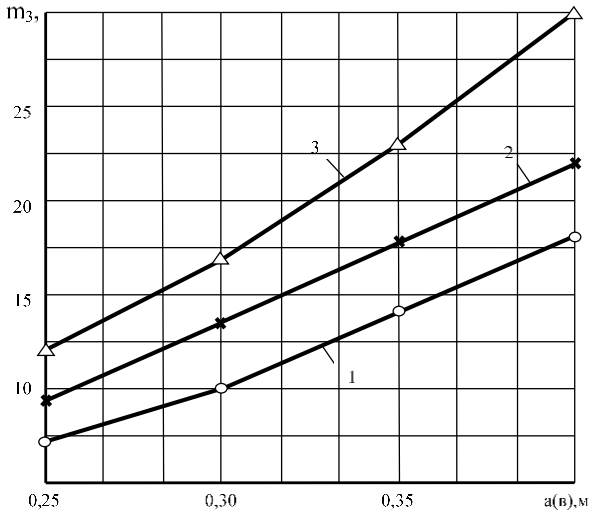
Величина Δl зависит от габаритов сечения регулирующей емкости (a, b), величины стабилизирующего слоя (h_0), жесткости (c) и количества (n) пружин, плотности зерна (ρ), массы (m_E) регулирующей емкости. Взаимосвязь Δl с указанными параметрами для принятых значений – c = 1000 Н/м, n=2, ρ=750 кг/м^3, m_E = 10 кг представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Взаимосвязь Δl с (a, b) и $h_0 \rightarrow \Delta l = f(a,b,h_0)$, м

Величина стабилизирующего слоя, м	Параметры сечения регулирующей емкости - a×b, м			
	0,25×0,25	0,3×0,3	0,35×0,35	0,4×0,4
h_0 = 0,15	0,085	0,1	0,119	0,14
h_0 = 0,20	0,097	0,118	0,142	0,163
h_0 = 0,25	0,109	0,134	0,165	0,2

Квадратная форма сечения регулирующей емкости выбрана из-за того, что любое уменьшение одного габарита ее сечения относительно другого увеличивает риск сводообразования при равной степени ее заполнения зерном.

Для принятых диапазонов изменения стабилизирующего слоя (h_0) и габаритов (a, b) регулирующей емкости изменение объема зерна в ней составляет 0,0094 - 0,04 м^3. При этом масса (m_E) стабилизирующего слоя зерна изменяется в диапазоне 7,03 - 30,0 кг. Характер изменения $m_З$ от h_0 и (a, b) представлен на рисунке 2.



1 - h_0 – 0,15 м; 2 - h_0 – 0,20 м; 3 - h_0 – 0,25 м;

Рисунок 2 – Зависимость массы стабилизирующего слоя зерна (m_3) от габаритов (a и b) сечения регулирующей емкости и его высоты (h_0)

Из рисунка 2 видно, что зависимость m_3 от габаритов регулирующей емкости квадратичная. При росте габаритов сечения регулирующей емкости в диапазоне 0,25…0,40 м масса стабилизирующего слоя изменяется в 4,27 раза. С учетом массы регулирующей емкости (m_E) эта зависимость несколько сглаживается – 17,03 - 40 кг, то есть изменяется в 2,35 раза.

Однако, начальная нагрузка на грузовоспринимающую систему для принятых h_0 и (a, b) велика и достигает 40 кг. При этом (см. таблица 1) величина предварительного растяжения пружин (Δl) изменяется в диапазоне 0,085 - .0,2 м. Это существенные величины предварительного перемещения регулирующей емкости, которые увеличивают вертикальные габариты авторегулируемого делителя потока зерна шиберного типа, что ограничивает его компановку с технологическим оборудованием существующих зерноочистительных агрегатов.

Возможности сокращения Δl за счет повышения жесткости пружин (c) или их числа (n) ограничены тем, что для верхнего позиционного срабатывания при П=10 т/ч заполнение регулирующей емкости будет увеличиваться, что требует увеличения вертикальных габаритов авторегулируемого делителя. При этом вертикальный размер отвода сокращается, что будет снижать стабильность истечения зерна, особенно на частичных подачах (П), и увеличивать риски сводообразования.

Бесспорным резервом сокращения величины Δl является исполнение днища регулирующей емкости наклонным под углом $\alpha_д$ к горизонту:

$$\alpha_д = \mathrm{arctg}(h_0/a). \quad (12)$$

За счет этого масса стабилизирующего слоя зерна в регулирующей емкости уменьшится в 2 раза при сохранении h_0 в зоне выгрузки. Кроме того, частично уменьшится масса (m_E) регулирующей емкости, улучшатся условия подвода зерна к зоне выгрузки, что позволит сократить h_0.

Взаимосвязь величины заполнения регулирующий емкости до верхнего позиционного срабатывания авторегулируемого делителя шиберного типа с высотой отводного канала ($h_к$) требует дополнительного анализа с целью минимизации его вертикальных габаритов и последующих экспериментальных исследований по критериям качества деления потока зерна.

По результатам исследований [6] удельный расход пшеницы через вертикальный отвод составляет:

$$P_y = 3{,}6 \cdot 10^2 \text{ кг}/(\text{с} \cdot \text{м}^2).$$

Нами экспериментально подтверждено [5, 7], что удельный расход через окно в боковой стенке (боковой отвод) в 4 раза ниже, чем через окно в днище. Поэтому для анализируемого процесса деления с использованием шиберного отвода удельный расход будет:

$$P^I{}_y = \frac{\mathrm{P_y}}{4} = 3{,}6 \cdot \frac{10^2}{4} = 90 \text{ кг}/(\text{с} \cdot \text{м}^2). \quad (13)$$

Применительно к стандартным триерным блокам с потенциалом производительности W=10 т/ч (2,78 кг/с) суммарная площадь двух каналов будет:

$$S_\Sigma = \frac{W}{P^I{}_y} = 2{,}78/90 = 0{,}031 \cdot \text{м}^2. \quad (14)$$

С учетом обеспечения равенства рисков образования вертикальных и горизонтальных сводов в зоне отвода зерна при номинальной загрузке существующих триерных блоков параметры каждого канала должны быть:

$$\begin{cases} h_к \times 2b_k = S_\Sigma; \\ h_к = b_k = \sqrt{S_\Sigma/2} = 0{,}124 \text{ м } (124 \text{ мм}), \end{cases} \quad (15)$$

где $h_к$ – высота канала, м (мм);

$b_к$ – ширина канала, м (мм).

Сохраняя условие равенства площадей двух отводных каналов величине S_Σ примем:

высота - $h_к$ = 0,13м (130мм);

ширина - $b_к$ = 0,12м (120мм).

Некоторое превышение высоты над шириной канала обусловлено тем, что при частичных загрузках триерных блоков (с уменьшением подъема шибера) риск образования вертикальных сводов будет возрастать.

Для подъема шибера на высоту $h_к$ = 0,13м при номинальной загрузке триерных блоков в делитель необходимо подать массу зерна сверх стабилизирующего слоя, равную:

$$m_З=2ch_к/g=2\times1000\times0,13/10 \approx 26 \text{ кг}. \quad (16)$$

Это количество зерна займет в регулирующей емкости объем, который можно предоставить двумя составными частями – объемом параллелепипеда $V_п = abh_п$ (высота $h_п$) и объемом усеченного конуса – $V_к$ высотой $h_{ук}$. Диаметр основания конуса – $\sqrt{a^2+b^2}$. Если учесть, что объем конуса отсекается стенками регулирующей емкости, то:

$$V_к=0,8\pi(a^2 + b^2)h_{ук}/12, \quad (17)$$

где 0,8 – коэффициент уменьшения объема.

Принимая во внимание, что угол естественного откоса пшеницы Υ=25,6° /3/, определим величину $h_{ук}$:

$$h_{ук} = \sqrt{a^2+b^2} \times tg(\gamma)/2. \quad (18)$$

Подставляя значение $h_{ук}$ из уравнения (18) в уравнение (17), получим:

$$V_к=0,8\pi\, tg\gamma\, (a^2 + b^2)^{3/2}/24. \quad (19)$$

С учетом того, что $tg(25,6^o) = 0,48$, после преобразований получим:

$$V_к=0,05(a^2 + b^2)^{3/2}.$$

Суммарный объем насыпного тела (V_Σ) будет:

$$V_\Sigma = abh_п + 0,05(a^2 + b^2)^{3/2}. \quad (20)$$

Из уравнений (16) и (20) следует, что:

$$V_\Sigma = m_З/\rho = 26/750 = 0,0347 \text{ м}^3. \quad (21)$$

Подставляя значение V_Σ из уравнения (21) в уравнение (20), получим:

$$h_п =[0,0347-0,05(a^2 + b^2)^{3/2}]/ab. \quad (22)$$

По уравнениям (18) и (22) определим высоту насыпного тела при различных размерах поперечного сечения регулирующей емкости, таблица 2.

Таблица 2 – Взаимосвязь габаритов сечения (a,b) регулирующей емкости с параметрами насыпного тела зерна при верхнем позиционном срабатывании

Параметры насыпного тела, м	Параметры сечения регулирующей емкости - a×b, м			
	0,25×0,25	0,3×0,3	0,35×0,35	0,4×0,4
$h_п$	0,52	0,343	0,234	0,16
$h_{ук}$	0,085	0,102	0,119	0,136
h_Σ	0,605	0,445	0,353	0,296

Из таблицы 2 видно, что с ростом (a,b) суммарная высота ($h_п$) снижается, а доля в ней величины $h_{ук}$ возрастает от 14 до 46%. При этом снижение h_Σ составляет 2,04 раза, снижение $h_п$ – 3,25 раза, а $h_{ук}$ увеличивается в 1,6 раза.

Размеры насыпного тела зерна, характерные для верхнего позиционного срабатывания при номинальной пропускной способности делителя (П=10т/ч), играют определяющую роль в

лимитировании его вертикальных габаритов, что очень важно для компоновки делителя в существующие технологические линии. Однако вариант с $h_\Sigma = 0{,}296$ м даже совместно с габаритом $h_0 = 0{,}15$ м по конструктивными соображениям не может быть выбран в качестве приемлемого – невозможно разместить пружину длиной 0,28…0,31 м с предварительным ее растяжением Δl=0,14м (см. таблицу 1).

Поэтому наиболее приемлемым является вариант: a = b = 0,35 м; $h_\Sigma = 0{,}353$ м; $h_0 = 0{,}15$м. Наличие объема регулирующей емкости под стабилизирующий слой высотой $h_0 = 0{,}15$м целесообразно не только с конструктивной точки зрения – он является компенсатором вариации подачи (П) независимо от необходимости в стабилизирующем слое.

Необходимость стабилизирующего слоя (h_0) обусловлена осуществлением процесса авторегулирования во всем диапазоне П = 0… $П_н$. Однако, результаты исследований [5…7] подтверждают, что при малых подачах (П) возрастает погрешность процесса деления до 10%. Кроме того слишком малые подачи (П<1,4 т/ч) не могут обеспечить эффективность технологии и качество выделения примесей в овсюжном цилиндре.

Для П=1,4 т/ч возможна проверка авторегулируемого формирования достаточного стабилизирующего слоя из условия заполненного истечения зерна через отводные каналы.

При расходе зерна через два канала Р = 2П = 2,8 т/ч (0,78 кг/с) величина подъема шибера составит:

$$h_ш = \frac{P}{2b_к P^I{}_у} = \frac{0{,}78}{2 \cdot 0{,}12 \cdot 90} = 0{,}036 \text{ м.}$$

Этой величине подъема шибера при c=1000 н/м, n=2, ρ = 750 кг/м^3 соответствует поступление в регулирующую емкость массы зерна:

$$m_З = 2ch_т/g = 2\times1000\times0{,}036/10 \approx 7{,}2 \text{ кг.}$$

Эта масса зерна вполне достаточна для формирования стабилизирурующего слоя и обеспечения заполненного истечения через отводы. То есть предварительно растянутые пружины при $h_ш = 0$ должны уравновешивать только вес регулирующей емкости.

Следовательно, габарит делителя ($Г_в$) по вертикали будет определяться с учетом перемещения до верхнего позиционного срабатывания при П=$П_н$:

$$Г_в = h_о + h_п + h_к = 0{,}15 + 0{,}353 + 0{,}13 = 0{,}633 \text{ м.}$$

Величина $Г_в = 0{,}633$м приемлема для существующих технологий. Величину отводов не следует включать в вертикальный габарит делителя, так как они могут полностью входить в приемную горловину следующего технологического звена.

Для выбранного поперечного сечения регулирующей емкости a = b = 0,35 м при высоте контактирующего с ее стенками слоя зерна $h_п = 0{,}353$ м исключаются риски сводообразования, которые возникают согласно теории сыпучих материалов [8] при $h_п > 2a(b)$.

Выводы. Исполнение авторегулируемого делителя потока сыпучих материалов с боковым шиберным отводом позволяет упростить конструкцию существующих делителей и обеспечить повышение качества процесса деления. Сокращение общей массы регулирующей емкости и обеспечение стабильности отвода сыпучих материалов из нее достигается наклоном днища регулирующей емкости под углом к горизонту в направлении выгрузного окна. Снижение рисков сводообразования в регулирующей емкости и перед выгрузным окном достигается симметрией их параметров и ограничением насыпного монолита.

Список литературы

1. Тишанинов Н.П. Модернизация технологий подработки зерна на базе средств управления массовыми потоками / Н.П. Тишанинов, А.В. Анашкин // Наука в центральной России. –

2014. – №2(8). – С. 35 - 41.

2. Тишанинов Н.П. Вариантный метод оценки эффективности использования технологий подработки зерна / Н.П. Тишанинов, В.А. Ветров, А.В. Анашкин // Наука в центральной России. – 2013. – № 1. – С. 24 - 30.

3. Тишанинов Н.П. Классификация и анализ перспектив создания делителей потока сыпучих материалов / Н.П. Тишанинов, А.В. Анашкин // Наука в центральной России. – 2013. – № 5. – С. 75 - 83.

4. Тишанинов Н.П. Обоснование конструктивно-технологической схемы делителя потока сыпучих материалов с изменяемым соотношением расходов отводимых потоков / Н.П. Тишанинов, А.В. Анашкин, К.А. Растюшевский // Наука в центральной России. – 2013. – № 6. – С. 15- 21.

5. Тишанинов Н.П. Новые делители потока сыпучих материалов / Н.П. Тишанинов, А.В. Анашкин, К.Н. Тишанинов // Наука в центральной России. – 2013. – № 1. – С. 30 - 36.

6. Завражнов А.И., Тишанинов К.Н. Модернизация технологии подработки зерна путем применения авторегулируемых делителей потока сыпучих материалов / Научно-теоретический журнал - «Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук».2008. № 3. С.56 - 59.

7. Тишанинов Н.П., Амельянц А.Г., Анашкин А.В., Растюшевский К.А. Качество работы вертикального делителя потока зерна / Повышение эффективности использования ресурсов при производств сельскохозяйственной продукции – новые технологии и техника нового поколения для растениеводства и животноводства. Сб. научных докладов XVI Международный научно-практической конференции. Изд. Першина Р.В. Тамбов 2011. С.111 - 113.

8. Зенков Р.Л. Механика насыпных грузов. – М.: Машиностроение, 1964,- 250 с.

References

1. Tishaninov N.P. Modernizaciya tekhnologiyj podrabotki zerna na baze sredstv upravleniya massovihmi potokami / N.P. Tishaninov, A.V. Anashkin // Nauka v centraljnoyj Rossii. – 2014. – №2(8). – S. 35 - 41.

2. Tishaninov N.P. Variantnihyj metod ocenki ehffektivnosti ispoljzova-niya tekhnologiyj podrabotki zerna / N.P. Tishaninov, V.A. Vetrov, A.V. Anash-kin // Nauka v centraljnoyj Rossii. – 2013. – № 1. – S. 24 - 30.

3. Tishaninov N.P. Klassifikaciya i analiz perspektiv sozdaniya delite-leyj potoka sihpuchikh materialov / N.P. Tishaninov, A.V. Anashkin // Nauka v centraljnoyj Rossii. – 2013. – № 5. – S. 75 - 83.

4. Tishaninov N.P. Obosnovanie konstruktivno-tekhnologicheskoyj skhemih delitelya potoka sihpuchikh materialov s izmenyaemihm sootnosheniem raskhodov otvodimihkh potokov / N.P. Tishaninov, A.V. Anashkin, K.A. Rastyushevskiyj // Nauka v centraljnoyj Rossii. – 2013. – № 6. – S. 15 - 21.

5. Tishaninov N.P. Novihe deliteli potoka sihpuchikh materialov / N.P. Tishaninov, A.V. Anashkin, K.N. Tishaninov // Nauka v centraljnoyj Rossii. – 2013. – № 1. – S. 30 - 36.

6. Zavrazhnov A.I., Tishaninov K.N. Modernizaciya tekhnologii podrabotki zerna putem primeneniya avtoreguliruemihkh deliteleyj potoka sihpuchikh mate-rialov / Nauchno-teoreticheskiyj zhurnal - «Dokladih Rossiyjskoyj akademii selj-skokhozyayjstvennihkh nauk», №3, 2008 ., S.56 - 59.

7. Tishaninov N.P., Ameljyanc A.G., Anashkin A.V., Rastyushevskiyj K.A. Kachestvo rabotih vertikaljnogo delitelya potoka zerna / Povihshenie ehffektiv-nosti ispoljzovaniya resursov pri

proizvodstv seljskokhozyayjstvennoyj produk-cii – novihe tekhnologii i tekhnika novogo pokoleniya dlya rastenievodstva i zhivotnovodstva. Sb. nauchnihkh dokladov XVI Mezhdunarodnihyj nauchno-prakticheskoyj konferencii. Izd. Pershina R.V. Tambov 2011, S.111 -113.

8. Zenkov R.L. Mekhanika nasihpnihkh gruzov. – M.: Mashinostroenie, 1964,- 250 s.

УДК 544

ЛЕВИНА Е.Ю., ЛЕВИН М.Ю., НАГОРНОВ С.А.

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МЕХАНОАКТИВАЦИИ ВЯЗКОЙ ЖИДКОСТИ

Левина Екатерина Юрьевна,
аспирант Федерального государственного бюджетного научного учреждения Всероссийского научно-исследовательского института использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве.
Левин Максим Юрьевич,
кандидат технических наук.
Нагорнов Станислав Александрович,
доктор техничеких наук, профессор,
зам. директора Федерального государственного бюджетного научного учреждения Всероссийского научно-исследовательского института использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве.

Реферат. *В процессе механоактивации на жидкость оказывается комплекскное воздействие, состоящее в частности из тепловой, магнитночастотной, электромагнитной компонент, инициируются химические реакции в жидкости. Данный процесс молекулярной перестройки жидкой среды реализуется посредством механического и других описанных воздействий в условиях диссипации энергии и выделения энергии внутренней средой, что приводит к разрыву молекулярных цепей и образованию межмолекулярных цепей, и образованию новых межмолекулярных связей. При этом жидкая среда переходит в неупорядоченное состояние, которое связано с ослеблением и разрывом старых межмолекулярных связей. Это приводит к самоорганизации вещества на молекулярном уровне. Образование новых молекулярный цепей восстанавливает энергетический баланс системы и, таким образом, в процессе механоактивации поддерживается термодинамическое равновесие системы. Описана математическая модель указанного процесса механоактивации, учитывающая особенности комплексного механического воздействия на поток вязкой жидкости.*

Ключевые слова: *активатор; давление; механоактивация; скорость; энергия.*

LEVINA E.JU., LEVIN M.JU., NAGORNOV S.A.

PHYSICAL AND MATHEMATICAL MODEL OF MECHANICAL ACTIVATION VISCOUS FLUID

Levina E.YU.,
Postgraduate of Federal State Scientific Institution All-Russian Research Institute for use of machinery and petroleum products in agriculture.
Levin M. YU.
Ph.D. in Engineering (Russian Scientific Degree "Candidate of Technical Sciences")
Nagornov S.A.

D. Sc. (Eng.), professor, deputy director of Federal State Scientific Institution All-Russian Research Institute for use of machinery and petroleum products in agriculture.

Summary. *In the process of mechanical activation on the fluid is a complex effect, consisting in particular of heat, magnetic, electromagnetic component, initiated chemical reactions in the liquid. This process of molecular restructuring of liquid medium is realized by means of mechanical and other effects described in terms of energy and dissipation of energy inside the medium, which leads to the rupture of the molecular chains and the formation of intermolecular chains and the formation of new intermolecular bonds. Wherein fluid passes into the disordered state that is associated with old oslebleniem and rupture of intermolecular bonds. This leads to self-substance at a molecular level. The formation of new molecular chains restores the energy balance of the system and thus in the process of mechanical activation is supported by the thermodynamic equilibrium of the system. The mathematical model of this process of mechanical activation, taking into account the features of the complex mechanical impact on the flow of a viscous fluid.*

Keywords: *activator; pressure; mechanical activation; speed; energy.*

Введение. Основы процесса механоактивации органических жидкостей связывают с разрывом межмолекулярных связей при наложении на жидкую среду механического воздействия и образованием новых химических связей, приводящих к необратимому изменению свойств и состава жидкости, соответствующих энергетическим характеристикам равновесного состояния: минимуму внутренней энергии системы, энтальпии и свободной энергии системы.

Комплексное силовое воздействие механоактивации на молекулярные образования приводит к запуску процесса самоактивации с выделением внутренней энергии. Изменение свойств жидкости в процессе механоактивации называют «квантовым хаосом» - неупорядоченным состоянием среды, связанным с ослаблением и разрывом межмолекулярного взаимодействия, что приводит к самоорганизации вещества, происходящей на молекулярном уровне, и достижению системой состояния энергетического равновесия.

В процессе активации жидкой среды часть затрачиваемой энергии, концентрируется в узловых точках молекулярных цепей, которые называются также особыми точками. Их образование возможно в результате раздвоения молекулярных цепей, слипания двух цепей, внедрения атомов кислорода, наличия дефектов, таких как двойная связь и нелинейность строения молекулы. Разрыв молекулярной цепи возможен при накоплении локальных больших плотностей энергии, которые при достижении пороговой плотности делят молекулярную цепь, при этом чем она длиннее, тем меньшая плотность энергии необходима. Энергия, выделившаяся за счет образования новых молекулярных структур частично тратится на разрыв молекулярных связей, в результате которого образуются еще более короткие молекулярные цепи, а частично идет на синтез новых, в том числе и отсутствующих в исходной структуре жидкого вещества молекулярных цепей. Таким образом, при механоактивации можно восстанавливать энергетический баланс системы при сравнительно небольших значениях затрачиваемой внешней энергии и выделении дополнительной энергии за счет разрыва молекулярных цепей, а также образования новых молекулярных цепей посредством самоорганизации.

Цель исследования - получение математической модели выделения внутренней энергии вязкой жидкости, находящейся в диссипативном движении.

Результаты и обсуждения. В работе [1] выведена зависимость энергии E_i (выделяющаяся внутренняя энергия жидкой среды) от факторов механического воздействия на жидкую среду давления P и скорости v, возникающих на входе в активатор и меняющих свою величину внутри активатора. На рисунке 1 приведена схема активатора механического действия, где 1 -

цилиндрический корпус, 2 и 3 – винтовые элементы смесителя, 4 – цилиндрический стержень внутри винтового элемента 3, выполненный заодно с цилиндрической вставкой 5, имеющей со стороны, противоположной стержню 4, плиту со скругленными по радиусу краями для удара потока о стенку 6. В цилиндрической вставке 5 выполнены каналы 7, центры входных отверстий которых располагаются в зазоре между витками винтовых элементов 2 и 3. 8 – промежуточная камера, 9 – смесительный элемент, состоящий из перекрещивающихся решеток, образующих пространственную систему каналов, осуществляющую разделение и воссоединение потоков. 10 – магниты, 11 – вход в механоактиватор.

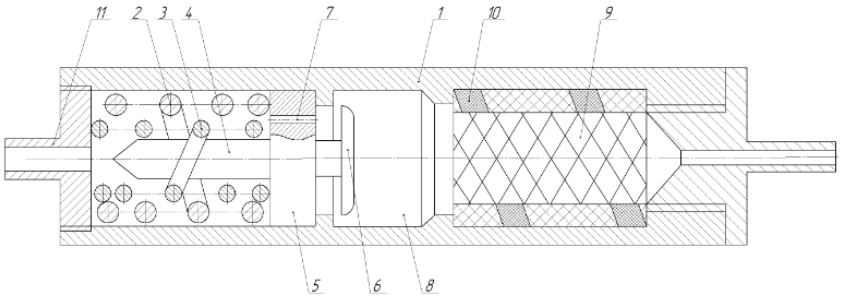


Рисунок 1. Схема активатора механического действия

Полученная автором в работе [1] зависимость внутренней энергии системы от переменных давления *P* и скорости *v*:

$$E_i = (Ce^{-k_1 P} + E_0)(1 - e^{-k_2 v}) \qquad (1)$$

Для вязкой жидкости необходимо, во-первых, учитывать распределение скорости по сечению, которая максимальна у стенки и минимальна в середине, во-вторых, учитывать относительное скольжение слоёв жидкости, возникающее вследствие градиента скорости.

Определим мощность элементарной струйки для реального потока в соответствии с уравнением Бернулли. Она определяется полным давлением в конкретной точке и элементарным расходом:

$$dN = p_\Sigma dQ, \quad p_\Sigma = (z + \frac{p}{\gamma} + \frac{V^2}{2g})\gamma$$

Тогда имеем:

$$dN = (z + \frac{p}{\gamma} + \frac{V^2}{2g}) \cdot \gamma \cdot VdS,$$

$$VdS = dQ,$$

$$N = \gamma \int_S (z + \frac{p}{\gamma}) VdS + \gamma \int_S \frac{V^2}{2g} VdS,$$

Здесь $z + \frac{p}{\gamma}$ определяет величину полного статического давления, которую можно считать постоянной.

Расход жидкости:

$$\int_S VdS = Q$$

Отсюда мощность получим равную:

$$N = \gamma(z + \frac{p}{\gamma})Q + \gamma \int_S \frac{V^3}{2g} dS$$

Произведя деление правой и левой частей уравнения на величину $Q \cdot \gamma$, с учетом того, что $\frac{N}{Q \cdot \gamma} = H_0$ - полный напор реального потока, и того, что $Q = V_{cp} H$, имеем:

$$H_0 = z + \frac{p}{\gamma} + \frac{1}{V_{cp} S} \int_S \frac{V^3}{2g} dS$$

Умножим и разделим последний член на среднюю скорость потока V_{cp}^2:

$$H_0 = z + \frac{p}{\gamma} + \frac{V_{cp}^2}{2g} \cdot \frac{\int_S V^3 dS}{V_{cp}^3 \cdot S}$$

Обозначим α:

$$\alpha = \frac{\int_S V^3 dS}{V_{cp}^3 \cdot S}, \text{тогда}$$

$$H_0 = z + \frac{p}{\gamma} + \frac{V_{cp}^2}{2g} \cdot \alpha$$

Коэффициент α представляет собой отношение кинетической энергии реального потока с неравномерным распределением скорости по сечению к кинетической энергии того же потока с равномерным распределением скоростей, это коэффициент Кориолиса, $\alpha > 1$, $\alpha_{\min} = 1$ - это справочная величина. С учетом сил трения имеем $H_{0I} \neq H_{0II}$, при указанном на рисунке 2 направлении движения $H_{0I} > H_{0II}$.

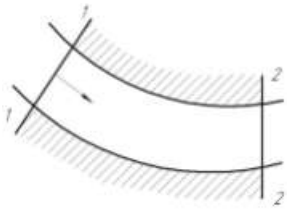


Рис. 2. Рассматриваемые сечения жидкости I и II

Обозначим как $\sum h$ потери полного давления вдоль потока от сечения I до II:

$$H_{0I} = H_{0II} + \sum h$$

Таким образом, имеем уравнение Бернулли для вязкой жидкости в активаторе:

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \alpha_1 \frac{V_{cp1}^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \alpha_2 \frac{V_{cp2}^2}{2g} + \sum h \qquad (2)$$

Выводы. Зависимость (1) с учетом выражения (2) способна математически описать внутреннюю энергию потока вязкой жидкости, выделившейся в процессе механоактивации, так как в потоке вязкой жидкой среды давление и скорость не являются постоянными величинами.

Список литературы

1. Воробьёв Ю. В. Основы теории механоактивации жидких сред/ Ю. В. Воробьёв // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2013. – Т. 19, № 3. – С. 608–614.

References

1. Vorob'jov Ju. V. Osnovy teorii mehanoaktivacii zhidkih sred/ Ju. V. Vorob'jov // Vestn. Tamb. gos. tehn. un-ta. – 2013. – T. 19, № 3. – S. 608–614.

УДК 665.11

НАГОРНОВ С.А., РОМАНЦОВА С.В., КОРНЕВ А.Ю.

ВЫБОР РЕАКТОРА ДЛЯ СИНТЕЗА БИОДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА

Нагорнов Станислав Александрович
доктор технических наук, профессор, заместитель директора по научной работе, Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве. Тамбов. E-mail: snagornov@yandex.ru
Романцова Светлана Валерьевна
кандидат химических наук, доцент, старший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве. Тамбов
Корнев Алексей Юрьевич
кандидат технических наук, доцент, заведующий лабораторией, Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве. Тамбов.

Реферат. *Проанализированы способы синтеза биодизельного топлива. Установлено, что наиболее эффективными катализаторами являются метилаты калия и натрия. Продолжительность реакции переэтерификации (1…2 ч.) является следствием того, что кинетику реакции определяет массопередача реагентов и скорость диффузии молекул спиртовой фазы в объём липидной фазы. Следовательно, для увеличения скорости реакции необходимо выбрать аппарат, обеспечивающий интенсивное перемешивание реакционной массы. Рассмотрены типы аппаратов для проведения реакции переэтерификации. Для синтеза биодизельного топлива предлагается реактор вихревого типа. В этом аппарате достигается интенсификация перемешивания спиртового и липидного слоя. Определяющая роль в переносе энергии от осевых слоев к периферийным отводится турбулентным пульсациям. Турбулентное пульсационное воздействие активирует молекулы метанола и триацилглицеринов. Это способствует увеличению скорости реакции переэтерификации. Преимущества вихревого реактора: компактность, низкая энергоёмкость, простота конструкции и обслуживания, отсутствие системы охлаждения, отсутствие большого числа движущихся частиц и связанных с этим процессов истирания, это срок службы аппарата увеличивает. Применение вихревого реактора позволяет использовать исходные вещества разной степени очистки и снизить расход катализатора. Это позволяет расширить сырьевую базу производства биодизельного топлива за счёт фритюрных и прогорклых масел. Приведены характеристики биодизельного топлива, синтезированного с использованием реактора вихревого типа. Все параметры соответствуют требованиям нормативных документов.*

Ключевые слова: *биодизельное топливо, вихревые аппараты, переэтерификация.*

NAGORNOV S.A., ROMANCOVA S.V., KORNEV A.JU.

THE CHOICE OF THE REACTOR FOR THE BIODIESEL SYNTHESIS

Nagornov Stanislav Alexandrovich
Full Doctor of Technical Sciences, professor, Deputy Director for Science, All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture. Tambov. E-mail: snagornov@yandex.ru
Romantsova Svetlana Valeryevna
Ph.D. (Chemical), associate professor, Senior Researcher, All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture. Tambov
Kornev Alexey Yurevich
Ph.D. (Technical), head of the laboratory, All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture. Tambov.

Summary. *The methods for the synthesis of biodiesel were analyzed. It was established that the*

most effective catalysts are potassium and sodium methylate. The transesterification reaction duration (1...2 h) is a consequence of the fact that reaction kinetics is determined by the mass transfer of reactants and the diffusion rate of alcohol phase molecules in the volume of lipid phase. Consequently, for faster reaction the apparatus providing intense stirring of the reaction mass must be selected. The types of the apparatus for carrying out the transesterification reaction were considered. The vortex reactor for the biodiesel synthesis is proposed. This apparatus ensures the intensification of alcohol and lipid layers mixing. Turbulent fluctuations play a leading role in the transfer of energy from the axial to the peripheral layers. Turbulent pulsating effect activates methanol and triacylglycerols molecules. This increases the rate of transesterification reaction. Advantages of vortex reactor: compactness, low power consumption, simplicity of the design and maintenance, lack of cooling system, absence of a large number of moving parts and associated with it abrasion processes increases service life of the apparatus. The application of vortex reactor allows to use starting materials of different purity and to reduce the consumption of a catalyst. This allows you to expand the resource base for biodiesel production due to frying and rancid oils. The characteristics of biodiesel synthesized using a vortex type reactor are given. All parameters comply with regulations.

Keywords: *biodiesel fuel, vortex apparatus, transesterification.*

Введение. В последние годы для дизельного топлива ужесточаются экологические требования, прежде всего, по содержанию ароматических углеводородов и соединений, содержащих в своём составе серу [1-4]. Снижение их концентрации в топливах уменьшает концентрацию сажи, несгоревших и полициклических углеводородов, оксидов углерода и серы в отработавших газах. В результате глубокой очистки топлив из нефтяных фракций удаляются природные поверхностно-активных веществ, защищающие от износа трущиеся поверхности, что ухудшает смазывающую способность дизельного топлива. Улучшить противоизносные, экологические свойства и при этом повысить значение цетанового числа можно за счет использования биодизельного топлива [5-12].

Актуальность проблемы развития производства и потребления биодизельного топлива для России обусловлена следующими факторами:

– увеличением в структуре сырьевых ресурсов доли трудно извлекаемых запасов нефти и неуклонным ростом затрат на их добычу;

– осуществлением политики развитых стран по снижению объемов импорта нефтяного топлива, что, в конечном итоге, неизбежно приведет к снижению прибыли от экспорта нефти из России;

– усилением загрязнения окружающей среды выбросами токсичных веществ с отработавшими газами дизелей, из-за которого резко ухудшается здоровье населения;

– Россия имеет крупнейшие в мире объемы доступной биомассы, в том числе непродовольственной, а также располагает значительным объемом органических отходов;

– энергетической стратегией до 2030 года заявлено в качестве одной из основных целей снижение вредных выбросов от двигателей внутреннего сгорания. Этого можно добиться путем добавления биотоплива в моторное топливо.

Отсутствие отечественных инновационных энергоэффективных технологий получения биодизельного топлива и их аппаратурного оформления привело к тому, что в нашей стране до сих пор не организовано ни одного крупнотоннажного производства биотоплива для дизельных двигателей и отсутствует практика добавления биотоплива в нефтяное моторное топливо.

В результате целенаправленных мер по развитию крупнотоннажного производства биодизельного топлива можно будет, во-первых, существенно снизить уровень загрязненности атмосферного воздуха, что приведет к уменьшению заболеваемости жителей, и, во-вторых, к

созданию новой, неистощимой статьи экспорта, компенсирующей ожидаемое в долгосрочном периоде снижение прибыли от экспорта невозобновляемых источников энергии.

Поэтому производство биодизельного топлива является одним из приоритетных разделов государственной координационной программы развития биотехнологий в РФ на период до 2020 года. Комплексная программа развития биотехнологий в России, утвержденная в 2012 году, предполагает, что к 2020 году уровень использования моторного биотоплива достигнет 10 %.

Биодизельное топливо синтезируется по реакции переэтерификации из триацилглицеринов, являющихся основным компонентов масел, получаемых из самого разнообразного сырья: животные жиры, масличные растения, водоросли. В результате реакции молекулы триацилглицеринов превращаются в метиловые эфиры высших алифатических кислот, имеющие меньшую молекулярную массу, а, следовательно, и меньшую плотность и вязкость, чем исходное масло.

Исходные реагенты – растительное масло и спирт не смешиваются между собой. На начальной стадии реакция протекает только в объёме липидной фазы, молекулы спиртовой фазы проникают в неё в результате диффузии. Длительность реакции переэтерификации (1…2 ч.) является следствием того, что кинетику реакции вначале определяет массопередача реагентов [13-15]. Следовательно, можно увеличить скорость реакции, если интенсифицировать массоперенос за счет увеличения мелкомасштабных турбулентных пульсаций потока.

Цель исследования – выбор наиболее эффективного реактора для синтеза биодизельного топлива.

Материалы и методы: масло растительное (содержание свободных жирных кислот – не более 2 %), содержание воды – не более 0,1 %), спирт метиловый (содержание воды, не более 0,5 %, температура кипения 64,5 °С), гидроксид калия (содержание КОН, не менее 95 %, температура плавления 380 °С); методы тонкого органического синтеза, физико-химические методы определения параметров топлив.

Результаты и обсуждение. Существующие в настоящее время технологии получения биодизельного топлива по способу активации делят на каталитические и безкаталитические.

Последние, безусловно, более предпочтительны, т.к. позволяют исключить стадии выделения и регенерации катализатора. Однако молекулы триацилглицеринов имеют низкую реакционную способность и вступают в реакцию с метиловым спиртом только в сверхкритических условиях, требующих чрезвычайно жёстких условий (температура 260…280 °С, давление 15…20 МПа), а следовательно и применения дорогостоящих реакторов сложной конструкции. Использование таких реакторов не позволяет осуществить непрерывную технологию синтеза биодизельного топлива [16].

Использование катализаторов позволяет осуществлять реакцию в гораздо более мягких условиях: при атмосферном давлении и более низких температурах. Технологии с применением гетерогенных катализаторов пока разработаны только на лабораторном уровне, требуется поиск более эффективных катализаторов, которые позволят снизить пока ещё очень высокие температуры синтеза (200…220 °С), обеспечивающие эффективное протекание реакции в проточно-циркуляционных реакторах.

Снизить температуру реакции до 60…80 °С позволяет использование гомогенного катализатора. Наиболее эффективными катализаторами являются метилаты калия и натрия, синтезируемые непосредственно в реакционной массе при взаимодействии метилового спирта с гидроксидом калия или натрия. Концентрация катализатора находится в интервале от 1 до 2

% от массы растительного масла, используемого для синтеза. Увеличение содержания катализатора в реакционной смеси затрудняет его последующее отделение и не увеличивает выход метиловых эфиров высших алифатических кислот. При использовании щелочных катализаторов достаточно жёсткие требования предъявляются к содержанию воды в масле и, особенно, в используемом спирте. В присутствии воды увеличивается скорость конкурирующей реакции омыления. Образующееся мыло (соли высших алифатических кислот) снижают выход биодизельного топлива и затрудняют его отделение от побочного продукта реакции – глицерина. Интенсификация перемешивания исходных реагентов позволит снизить время протекания реакции, а также скорость конкурирующих и побочных реакций, что позволит снизить требования по обводнённости реагентов.

Таким образом, для эффективного протекания реакции переэтерификации необходимо выбрать реактор, обеспечивающий наиболее эффективное перемешивание реагентов. Интенсивности протекания химических процессов способствуют различные конструктивные элементы, инициирующие эффективное перемешивание, диффузию, тепло- и массоперенос и т.п. В состав химических реакторов входят различные известные конструктивные элементы. Критериями, по которым классифицируют реакторы, являются как гидродинамический, так и тепловой режимы, периодичность или непрерывность процесса, его, физические свойства катализатора. Разработана классификация реакторов по принципу действия (рис. 1).

Анализ основных закономерностей протекания реакции метанолиза позволил сделать вывод о том, что наименее эффективными являются реакторы с механическим перемешиванием (низкая скорость и эффективность перемешивания, образование застойных зон). Разработан ряд более эффективных реакторов, для интенсификации реакции использующих воздействия силовых полей различной природы: роторные импульсно-кавитационные, с вихревым слоем ферромагнитных частиц, совершающих сложные движения под действие вращающегося электромагнитного поля [17-22].

Из анализа работы реакторов различного принципа действия следует, что наиболее интенсивно реакция переэтерификации растительных масел происходит, в частности, при условии их эффективного перемешивания. Этот процесс сопровождается вращением побудителей движения исходных веществ (ротором относительно вертикальной оси, ферромагнитными частицами относительно горизонтальной оси), а также использованием кавитационных процессов. Источниками энергии для интенсификации массопереноса являются: пульсации давления и скорости потока, развитая турбулентность, интенсивная кавитация и связанные с ней пульсации давления в локальных его объемах при пульсациях и схлопывании кавитационных пузырьков, жестком кумулятивном воздействии, высоких сдвиговых и срезающих усилиях. Можно выделить следующие недостатки перечисленных реакторов. Это сложность изготовления и сборки, необходимость создания специального контура охлаждения электрических обмоток, ферромагнитные частицы истираются при взаимодействии друг с другом и со стенками реактора, что обуславливает износ реактора и снижение срока его эксплуатации, необходимость установки тонких фильтров.

Задача создания наилучшего варианта энергоэффективного реактора до сих пор не решена и ее поиск активно продолжается. Благодаря разработанной классификации реакторов и анализу их аппаратурного оформления следует, что наиболее перспективным является применение реакторов на основе вихревого эффекта. В вихревом реакторе интенсификация перемешивания достигается за счёт взаимодействия двух вихрей, которые вдоль оси аппарата движутся навстречу друг другу. Периферийный поток вращается по законам, описывающим движение

потенциального вихря. Приосевой поток вращается по законам, описывающим двидение квазитвердого тела [23]. Перенос энергии от осевого слоя к периферийному осуществляется, в основном, за счет турбулентных пульсаций. Возможно, что при этом энергообмене возникает турбулентное пульсационное воздействие, которое активирует молекулы исходных реагентов. Это закономерно приводит к увеличению скорости процесса переэтерификации.

Преимуществами данного способа являются: компактность, меньшая энергоёмкость, простота конструкции и обслуживания вихревого аппарата, отсутствие системы охлаждения [24]. На рисунке 2 представлена схема конструкции вихревого реактора.

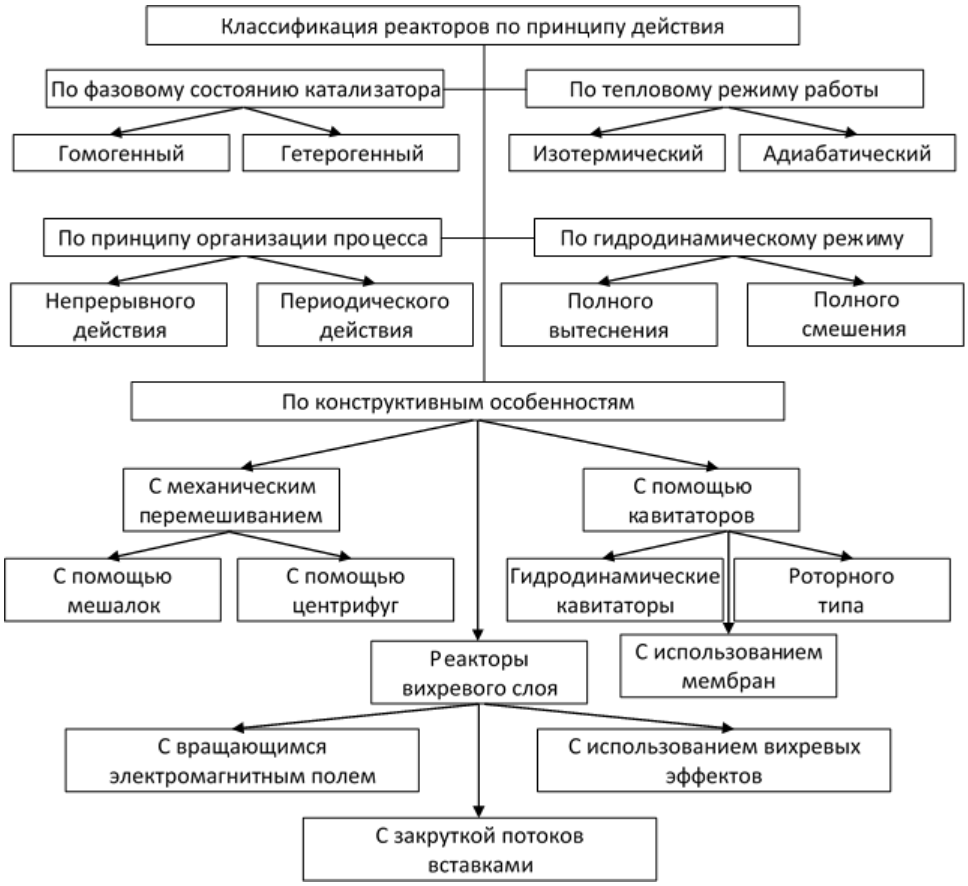
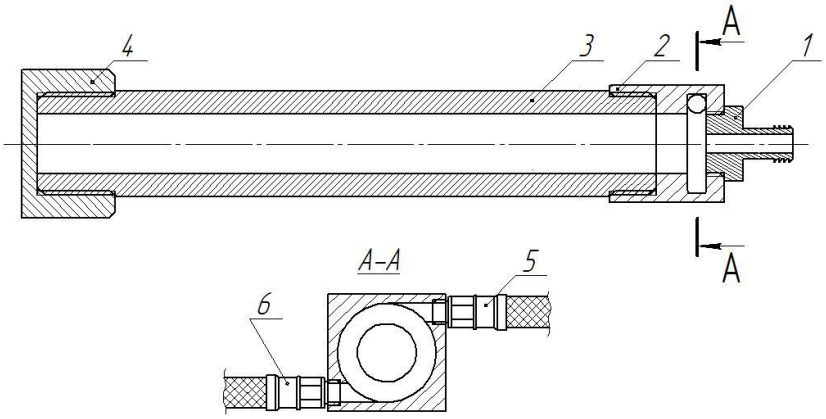


Рисунок 1 – Классификация реакторов синтеза биодизельного топлива по принципу действия



1– диафрагма, 2 – камера, 3 – корпус, 4 – крышка для технологического обслуживания, 5 – патрубок, 6 – патрубок.

Рисунок 2 – Конструкция вихревого аппарата

Вихревой реактор состоит из корпуса 3, с которым соединена камера 2. К камере тангенциально подведены патрубки 5 и 6. Кроме того, камера соединена с диафрагмой 1. На корпусе

также установлена крышка 4, предназначенная для осмотра и обслуживания реактора.

Подводящий патрубок 5 служит для подачи растительного масла (давление 0,2 МПа, температурой 60 °С). Раствор катализатора готовится в специальном смесителе и подаётся в вихревой реактор одновременно с маслом через патрубок 6. В камере 2 осуществляется предварительное смешивание спиртового и липидного слоя. Далее закрученный поток проходит по всему объему корпуса 3, где и происходит реакция переэтерификации. Целевой продукт – биодизельное топливо выходит через диафрагму 1. Время реакции составляет 10 с, следовательно, в случае использования вихревых реакторов возможно создание непрерывной технологии синтеза биодизельного топлива.

Эксперимент проводился на двухзаходной, однопоточный вихревой трубе. Длина трубки 180 мм, внутренний диаметр 19,3 мм. Два тангенциальных ввода имеет круглое сечение диаметром 6 мм, диаметр отверстия диафрагмы равен 6,2 мм.

Исследуемый нами способ метанолиза предполагает воздействие закрутки потока на систему «триацилглицерины – метанол», что может привести к интенсификации перемешивания исходных соединений и, следовательно, ускорению начальной стадии реакции, протекающей в диффузионной области. При этом возможно достижение более высоких (по сравнению с существующими технологиями) выходов продукта реакции при меньшем мольном соотношении «триацилглицерины – метанол». При изучении реакции переэтерификации, протекающей в вихревых реакторах, мы варьировали такие параметры, как концентрация катализатора, температура реакции, содержание воды в спирте и свободных жирных кислот в растительном масле.

Полученные результаты сравнивали с наиболее распространённым способом синтеза биодизельного топлива: температура реакционной массы 60 °С, продолжительность синтеза – 1 час, мольное соотношение масло: спирт 6:1, концентрация катализатора (щёлочи) – 1,5 %, вода и свободные жирные кислоты в масле и спирте отсутствуют. Результаты для подсолнечного масла представлены в таблицах 1-5.

Таблица 1 – Влияние мольного соотношения «растительное масло – спирт» на параметры биодизельного топлива

Характеристика биодизельного топлива из подсолнечного масла	Мольное соотношение «подсолнечное масло – спирт»			
	1 : 3	1 : 4	1 : 5	1 : 8
Выход, %	90,6	98,7	98,5	98,0
Плотность (20 °С), кг/м^3	880	880	880	880
Вязкость при (20 °С), мм^2/с	6,86	6,53	6,59	6,62
Объём неочищенного биотоплива, мл	222	254	258	270
Объём неочищенного биотоплива, мл	220	245	246	248

Как видно из полученных данных, наилучшие результаты наблюдаются при соотношении 1 моль триацилглицерины к 4 моль метанола. В этом случае достигается минимальная кинематическая вязкость биодизельного топлива. При увеличении доли спирта увеличивается вязкость биодизельного топлива (следовательно, в нём присутствует нежелательный компонент – глицерин), при этом увеличивается содержание спирта в биодизельном топливе (разница в объёмах между очищенным и неочищенным эфиром). Это приведёт к увеличению энергетических затрат на отделение и регенерацию метанола, не вступившего в реакцию.

Чем меньше выход целевого продукта (биодизельного топлива), тем выше содержание в нём непрореагировавших моно- и диацилглицеринов. Вследствие этого увеличивается плот-

ность и вязкость биотоплива. Это ухудшает его эксплуатационные характеристики, т.к. приводит к засорению фильтров, топливных форсунок, увеличивает количество нагара на деталях двигателя. Большая плотность и вязкость биодизельного топлива ухудшает условия работы топливного насоса высокого давления, повышается износ его деталей, ухудшаются показатели впрыска топлива.

Даже в отсутствие катализатора метанолиз частично проходит, однако выход метиловых эфиров высших карбоновых кислот не превышает 20 %.

С ростом концентрации катализатора выход биодизельного топлива закономерно увеличивается (вплоть до концентрации 0,75 %), а затем незначительно снижается. Лучшие значения плотность и вязкость биотоплива также наблюдаются для концентрации катализатора 0,75 %.

Таблица 2 – Зависимость концентрации катализатора на параметры биодизельного топлива

Характеристика биодизельного топлива из подсолнечного масла	Концентрация КОН, % (масс.)				
	0	0,375	0,75	1,1	1,5
Выход, %	20,0	80,2	98,7	98,5	98,2
Плотность (20 °С), кг/м^3	906	884	880	880	880
Вязкость при (20 °С), мм^2/с	29,63	8,08	6,54	6,57	6,59

Таблица 3 – Зависимость параметров биодизельного топлива от содержания воды в спирте

Характеристика биодизельного топлива из подсолнечного масла	Содержание воды, % (масс.)					
	0	0,3	0,8	1,0	1,5	2,0
Выход, %	98,7	98,7	98,6	94,2	92,1	89,6
Плотность (20 °С), кг/м^3	880	880	880	880	880	880
Вязкость при (20 °С), мм^2/с	6,54	6,54	6,57	6,59	6,64	6,71

Видно, что увеличение содержания воды в спирте до 0,8 % существенно не влияет на выход и качество биодизельного топлива.

Таблица 4 – Зависимость параметров биодизельного топлива от содержания свободных жирных кислот в растительном

Характеристика биодизельного топлива из подсолнечного масла	Содержание свободных кислот, % (масс.)				
	0	1,0	1,5	2,5	3,5
Выход, %	98,7	98,7	98,7	98,6	92,3
Плотность (20 °С), кг/м^3	880	880	880	880	880
Вязкость при (20 °С), мм^2/с	6,57	6,59	6,59	6,59	6,54

Из полученных экспериментальных данных видно, что в исследуемых условиях можно применять исходные реагенты с более широким диапазоном содержания примесей: содержание воды в спирте может достигать 0,8 % (масс.), а содержание свободных жирных кислот в маслах может быть увеличено до 2,5 % (масс.), что позволит использовать, например, прогорклые или фритюрные масла. Использование масел с большим содержанием свободных жирных кислот или спирта с большим содержанием воды нецелесообразно из-за резкого снижения выхода по реакции метанолиза.

Таблица 5 – Влияние температуры синтеза на характеристики биодизельного топлива

Характеристика метиловых эфиров подсолнечного масла	Температура, °С					
	25	45	50	55	60	65
Выход, %	90,0	98,5	98,5	98,6	98,7	98,1
Плотность (20 °С), кг/м^3	881	880	880	880	880	881
Вязкость при (20 °С), мм^2/с	6,62	6,59	6,57	6,57	6,54	6,56

Видно, что максимальный выход целевого продукта с наилучшим качеством (минимальная вязкость) наблюдается при температуре синтеза 60 °С. Однако уменьшение температуры на 15 °С меняет параметры биодизельного топлива незначительно. Следовательно, температуру реакции переэтерификации в вихревых реакторах можно снизить до 50 °С. Дальнейшее снижение температуры нецелесообразно из-за значительного снижения выхода целевого продукта и ухудшения его качества.

В таблице 6 приведены характеристики биодизельного топлива, синтезированного с использованием реактора вихревого типа. Для сравнения приведены требования ГОСТ Р 53605-2009 «Топливо для двигателей внутреннего сгорания. Метиловые эфиры жирных кислот (FAME) для дизельных двигателей. Общие технические требования».

Таблица 6 – Характеристики биодизельного топлива, синтезированного из рапсового масла

Параметры	Биодизельное топливо	ГОСТ Р 53605
Плотность, при 15 °С, г/см^3	0,880	0,860-0,900
Температура вспышки, °С	165	min. 120
Температура помутнения, °С	– 4	–
Температура замерзания, °С	– 12	–
Сульфатная зольность, %	0,01	max. 0,02
Содержание воды, мг/кг	56	max. 500
Содержание механических примесей, мг/кг	отс.	max. 24
Кислотное число, мг КОН/г	0,2	max. 0,5
Содержание метанола, %	0,09	max. 0,2
Моноглицерины, %	0,3	max. 0,8
Диглицерины, %	0,08	max. 0,2
Триглицерины, %	0,08	max. 0,2
Содержание глицерина, %	0,11	max. 0,25
Вязкость, при 20 °С, мм^2/с	6,57	5,0 – 8,0
Содержание серы, мг/кг	отс.	max.10

Как видно из приведённых данных, синтезированное биодизельное топливо полностью отвечает требованиям ГОСТ.

Выводы.

Использование вихревого реактора позволяет использовать спирт с содержанием воды до 0,8 %, растительное масло с содержанием свободных жирных кислот до 2,5 %, снизить концентрацию катализатора в 2 раза (до 0,75 %), температуру реакционной массы – до 45 °С, мольное соотношение масло : спирт до 1:4, продолжительность синтеза до 5-10 с; что позволяет создавать на базе данной технологии непрерывные схемы синтеза биодизельного топлива.

В исследуемых условиях интенсификация реакции метанолиза происходит при закручивании потока в улитке завихрителя. Образующийся вихревой слой турбулентных частиц жидкостей способствует эффективному перемешиванию реакционной массы. Резкое сокращение времени реакции позволяет использовать исходные соединения разной степени очистки. Так, содержание воды в спирте строго лимитируется как «отсутствие» во избежание протекания побочной реакции омыления. В исследуемых условиях не наблюдалось снижения выхода целевого продукта вплоть до концентрации воды 0,8 %. Вероятно, это связано с тем, что за столь короткое время реакция омыления просто не успевает происходить. Предполагаем, что техно-

логическая эффективность аппаратов с закруткой потока складывается из целого ряда факторов, одновременно оказывающих воздействие на обрабатываемые жидкости — в рабочей области реактора возникают резкие удары, акустические волны, кавитация, мелкомасштабные турбулентные пульсации потока, которые приводят к интенсификации массообменых процессов.

Список литературы

1. Повышение эффективности работы нефтехозяйств в АПК. Научное издание. / С.А. Нагорнов, А.Н. Зазуля, С.В. Романцова, И.Г. Голубев. - М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2008. - 168 с.

2. Эффективное использование нефтепродуктов в сельском хозяйстве /С.А. Нагорнов, С.В. Романцова, А.Н. Зазуля, И.Г. Голубев. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2006. – 192 с.

3. Романцова С.В., Нагорнов С.А. Организация хранения современных топлив на сельскохозяйственных нефтескладах // Наука в центральной России. – 2013. – № 2. – С. 43-49.

4. Получение биодизельного топлива из растительных масел / А.Н. Зазуля, С.А. Нагорнов, С.В. Романцова, К.С. Малахов // Достижения науки и техники АПК. – 2009. – № 12. – С. 58-60.

5. Нагорнов С.А., Романцова С.В. Эфирная композиция для улучшения свойств дизельного топлива // Наука в центральной России. – 2013. – № 2. – С. 35-43.

6. Нагорнов С.А. Получение биодизельного топлива: современные тенденции, проблемы и пути их решения /С.А. Нагорнов, С.И. Дворецкий, С.В. Романцова, К.С. Малахов, И.А. Рязанцева // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – 2009. – № 10(24). – С. 55-60.

7. Марков В.А. Биодизельные топлива из различных сырьевых ресурсов / В.А. Марков В.А., С.Н. Девянин, С.А. Нагорнов, В.С. Акимов // Транспорт на альтернативном топливе. – 2011. - № 3. – С. 25-31.

8. Марков, В.А. Оптимизация состава многокомпонентных биотоплив для дизелей сельскохозяйственных машин / В.А. Марков, С.Н. Девянин, С.А. Нагорнов, Л.И. Быковская // Наука в центральной России. – 2013. – № 3. – С. 36-53.

9. Дворецкий, С.И. Исследование фракционного состава биотоплив, полученных биоконверсией возобновляемого растительного сырья / С.И. Дворецкий, СА Нагорнов, С.В. Романцова, И.А. Рязанцева, В.П. Таров // Вопросы современной науки и практики. Университет имени В.И. Вернадского. – 2009. – № 6(20). – С. 83-94.

10. Нагорнов, С.А. Применение смесевых биотоплив на основе метиловых эфиров растительных масел в транспортных дизелях / С.А. Нагорнов, В.А. Марков В.А., С.Н. Девянин // Безопасность в техносфере. – 2011. – № 6 (ноябрь–декабрь).– С. 26-33.

11. Марков, В.А. Состав и теплота сгорания биотоплив, получаемых из растительных масел / В.А. Марков, С.А. Нагорнов, С.Н. Девянин // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Естественные науки. – 2012. – № 2. – С. 65-80.

12. Романцова С.В., Нагорнов С.А. Предотвращение качественно-количественных потерь топлив при хранении // Наука в центральной России. – 2013. – № 2. – С. 49-56.

13. Зазуля А.Н. Сравнительный анализ технологий получения биотоплива для дизельных двигателей: научное издание. / А.Н. Зазуля, С.А. Нагорнов, С.В. Романцова, В.Ф. Федоренко, Д.С. Буклагин, И.Г. Голубев. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2013. – 96 с.

14. Нагорнов С.А. Исследование кинетики процесса метанолиза при переработке растительного сырья в биотопливо / С.А. Нагорнов, С.В. Романцова, С.И. Дворецкий, В.П. Таров,

И.А. Рязанцева, К.С. Малахов // Вестник ТГТУ. – 2009. – Т. 15. – № 3. – С. 572-580.

15. Нагорнов С.А. Пути интенсификации химико-диффузионных процессов в роторных аппаратах / С.А. Нагорнов, Р.В. Фокин // Биоэнергетика и проблемные вопросы ее развития. Сб. научн. тр. ГНУ ВИИТиН. Выпуск 17. – Тамбов, 2009. – С. 26-31.

16. Иванникова, Е.М. /Альтернативные топлива для дизельных двигателей: учебное пособие / Е.М. Иванникова, В.Г. Систер, С.А. Нагорнов. – М.: Изд-во МАМИ, 2014. – 187 с.

17. Нагорнов С.А. Комплексный технологический процесс получения смесевого топлива / С.А. Нагорнов, О.В. Матвеев, Р.В. Фокин // Биоэнергетика и проблемные вопросы ее развития. Сб. научн. тр. ГНУ ВИИТиН. Выпуск 17. – Тамбов, 2009. – С. 33-38.

18. Нагорнов С.А. Интенсификация синтеза биодизельного топлива / С.А. Нагорнов, С.В. Романцова, С.В. Бодягина, А.Г. Чижиков // Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве. Труды 7 Межд. научно-техн. конф. (18-19 мая 2010 г., г. Москва, ГНУ ВИЭСХ). В 5-ти частях. Часть 2. Энергосберегающие технологии в растениеводстве и мобильной энергетике. – М.: ГНУ ВИЭСХ, 2010. – С. 308-312.

19. Нагорнов С.А. Интенсификация синтеза биодизельного топлива вращающимся электромагнитным полем / С.А. Нагорнов, С.В. Романцова, И.А. Рязанцева, С.В. Бодягина // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2010. – № 5. – С. 8-10.

20. Нагорнов С.А. Моделирование процесса метанолиза растительных масел в аппарате вихревого слоя ферромагнитных частиц / С.А. Нагорнов, Д.С. Дворецкий, С.И. Дворецкий, А.А. Ермаков // Вестник Тамбовского ГТУ. – 2010.– Т. 16. – № 4. – С. 944-953.

21. Нагорнов С.А. Моделирование гидродинамики в реакторе с вихревым слоем ферромагнитных частиц при синтезе биотоплива / С.А. Нагорнов, Д.С. Дворецкий, С.И. Дворецкий, А.А. Ермаков // Вопросы современной науки и практики. Университет имени В.И. Вернадского. – 2010. – № 10(12). – С. 359-368.

22. Дворецкий С.И. Производство биодизельного топлива из органического сырья / С.И. Дворецкий, А.Н. Зазуля, С.А. Нагорнов, С.В. Романцова, И.А. Рязанцева // Вопросы современной науки и практики. Университет имени В.И. Вернадского. – 2012. – Специальный выпуск (39). – С. 126-135.

23. Меркулов А.П. Вихревой эффект и его применение в технике / А.П. Меркулов. – М.: Машиностроение, 1969.– 176 с.

24. Способ переэтерификации растительных масел путем алкоголиза: пат. № 2425863 Рос. Федерация: МПК С11 В3/00 (2006.01) Нагорнов С.А., Романцова С.В., Матвеев О.В., Рязанцева И.А., Малахов К.С. – № 2009134566/13, заявл. 15.09.2009 г., опубл. 10.08.2011.

References

1. Povysheniye effektivnosti raboty neftekhozyaystv v APK. Nauchnoye izdaniye. / S.A. Nagornov, A.N. Zazulya, S.V. Romantsova, I.G. Golubev. - M.: FGNU «Rosinformagrotekh», 2008. - 168 s.

2. Effektivnoye ispolzovaniye nefteproduktov v selskom khozyaystve /S.A. Nagornov, S.V. Romantsova, A.N. Zazulya, I.G. Golubev. – M.: FGNU «Rosinformagrotekh», 2006. – 192 s.

3. Romantsova S.V., Nagornov S.A. Organizatsiya khraneniya sovremennykh topliv na selskokhozyaystvennykh nefteskladakh // Nauka v tsentralnoy Rossii. – 2013. – № 2. – S. 43-49.

4. Romantsova S.V., Nagornov S.A. Predotvrashcheniye kachestvenno-kolichestvennykh poter topliv pri khranenii // Nauka v tsentralnoy Rossii. – 2013. – № 2. – S. 49-56.

5. Polucheniye biodizelnogo topliva iz rastitelnykh masel / A.N. Zazulya, S.A. Nagornov, S.V. Romantsova, K.S. Malakhov // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. – 2009. – № 12. – S. 58-60.

6. Nagornov S.A., Romantsova S.V. Efirnaya kompozitsiya dlya uluchsheniya svoystv dizelnogo topliva // Nauka v tsentralnoy Rossii. – 2013. – № 2. – S. 35-43.

7. Nagornov S.A. Polucheniye biodizelnogo topliva: sovremennye tendentsii, problemy i puti ikh resheniya /S.A. Nagornov, S.I. Dvoretsky, S.V. Romantsova, K.S. Malakhov, I.A. Ryazantseva // Voprosy sovremennoy nauki i praktiki. Universitet im. V.I. Vernadskogo. – 2009. – № 10(24). – S. 55-60.

8. Markov V.A. Biodizelnye topliva iz razlichnykh syryevykh resursov / V.A. Markov V.A., S.N. Devyanin, S.A. Nagornov, V.S. Akimov // Transport na alternativnom toplive. – 2011. - № 3. – S. 25-31.

9. Markov, V.A. Optimizatsiya sostava mnogokomponentnykh biotopliv dlya dizeley selskokhozyaystvennykh mashin / V.A. Markov, S.N. Devyanin, S.A. Nagornov, L.I. Bykovskaya // Nauka v tsentralnoy Rossii. – 2013. – № 3. – S. 36-53.

10. Dvoretsky, S.I. Issledovaniye fraktsionnogo sostava biotopliv, poluchennykh biokonversiyey vozobnovlyaemogo rastitelnogo syrya / S.I. Dvoretsky, SA Nagornov, S.V. Romantsova, I.A. Ryazantseva, V.P. Tarov // Voprosy sovremennoy nauki i praktiki. Universitet imeni V.I. Vernadskogo. – 2009. – № 6(20). – S. 83-94.

11. Nagornov, S.A. Primeneniye smesevykh biotopliv na osnove metilovykh efirov rastitelnykh masel v transportnykh dizelyakh / S.A. Nagornov, V.A. Markov V.A., S.N. Devyanin // Bezopasnost v tekhnosfere. – 2011. – № 6 (noyabr–dekabr).– S. 26-33.

12. Markov, V.A. Sostav i teplota sgoraniya biotopliv, poluchayemykh iz rastitelnykh masel / V.A. Markov, S.A. Nagornov, S.N. Devyanin // Vestnik MGTU im. N.E. Baumana. Yestestvennye nauki. – 2012. – № 2. – S. 65-80.

13. Zozulya A.N. Sravnitel'nyy analiz tekhnologiy polucheniya biotopliva dlya dizel'nykh dvigateley: nauchnoye izdaniye. / A.N. Zazulya, S.A. Nagornov, S.V. Romantsova, V.F. Fedorenko, D.S. Buklagin, I.G. Golubev. – M.: FGBNU «Rosinformagrotekh», 2013. – 96 s.

14. Nagornov S.A. Issledovaniye kinetiki protsessa metanoliza pri pererabotke rastitel'nogo syr'ya v biotoplivo / S.A. Nagornov, S.V. Romantsova, S.I. Dvoretskiy, V.P. Tarov, I.A. Ryazantseva, K.S. Malakhov // Vestnik TGTU. – 2009. – T. 15. – № 3. – S. 572-580.

15. Nagornov S.A. Puti intensifikatsii khimiko-diffuzionnykh protses-sov v rotornykh apparatakh / S.A. Nagornov, R.V. Fokin // Bioenergetika i problemnyye voprosy yeye razvitiya. Sb. nauchn. tr. GNU VIITiN. Vypusk 17. – Tambov, 2009. – S. 26-31.

16. Ivannikova, Ye.M. /Alternativnye topliva dlya dizelnykh dvigateley: uchebnoye posobiye / Ye.M. Ivannikova, V.G. Sister, S.A. Nagornov. – M.: Izd-vo MAMI, 2014. – 187 s.

17. Nagornov S.A. Kompleksnyy tekhnologicheskiy protsess polucheniya smesevogo topliva / S.A. Nagornov, O.V. Matveyev, R.V. Fokin // Bioenerge-tika i problemnyye voprosy yeye razvitiya. Sb. nauchn. tr. GNU VIITiN. Vy-pusk 17. – Tambov, 2009. – S. 33-38.

18. Nagornov S.A. Intensifikatsiya sinteza biodizel'nogo topliva / S.A. Nagornov, S.V. Romantsova, S.V. Bodyagina, A.G. Chizhikov // Energoobespecheniye i energosberezheniye v sel'skom khozyaystve. Trudy 7 Mezhd. nauchno-tekhn. konf. (18-19 maya 2010 g., g. Moskva, GNU VIESKH). V 5-ti chastyakh. Chast' 2. Energosberegayushchiye tekhnologii v rasteniyevodstve i mobil'noy energetike. – M.: GNU VIESKH, 2010. – S. 308-312.

19. Nagornov S.A. Intensifikatsiya sinteza biodizel'nogo topliva vra-shchayushchimsya elektromagnitnym polem / S.A. Nagornov, S.V. Romantsova, I.A. Ryazantseva, S.V. Bodyagina // Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozyaystva. – 2010. – № 5. – S. 8-10.

20. Nagornov S.A. Modelirovaniye protsessa metanoliza rastitel'nykh masel v apparate

vikhrevogo sloya ferromagnitnykh chastits / S.A. Nagornov, D.S. Dvoretskiy, S.I. Dvoretskiy, A.A. Yermakov // Vestnik Tambovskogo GTU. – 2010.– T. 16. – № 4. – S. 944-953.

21. Nagornov S.A. Modelirovaniye gidrodinamiki v reaktore s vikhrevym sloyem ferromagnitnykh chastits pri sinteze biotopliva / S.A. Nagornov, D.S. Dvoretskiy, S.I. Dvoretskiy, A.A. Yermakov // Voprosy sovremennoy nauki i praktiki. Universitet imeni V.I. Vernadskogo. – 2010. – № 10(12). – S. 359-368.

22. Dvoretskiy S.I. Proizvodstvo biodizel'nogo topliva iz organicheskogo syr'ya / S.I. Dvoretskiy, A.N. Zazulya, S.A. Nagornov, S.V. Romantsova, I.A. Ryazantseva // Voprosy sovremennoy nauki i praktiki. Universitet imeni V.I. Vernadskogo. – 2012. – Spetsial'nyy vypusk (39). – S. 126-135.

23. Merkulov A.P. Vikhrevoy effekt i yego primeneniye v tekhnike / A.P. Merkulov. – M.: Mashinostroyeniye, 1969.– 176 s.

24. Sposob pereeterifikatsii rastitel'nykh masel putem alkogolizma: pat. № 2425863 Ros. Federatsiya: MPK C11 B3/00 (2006.01) Nagornov S.A., Romantsova S.V., Matveyev O.V., Ryazantseva I.A., Malakhov K.S. – № 2009134566/13, zayavl. 15.09.2009 g., opubl. 10.08.2011.

УДК 577.115.083:582.26

МЕЩЕРЯКОВА Ю.В., НАГОРНОВ С.А., ЕРОХИН И.В.

НАКОПИТЕЛЬНОЕ КУЛЬТИВИРОВАНИЕ МИКРОВОДОРОСЛИ ХЛОРЕЛЛА В ЗАКРЫТОМ ФОТОБИОРЕАКТОРЕ

Мещерякова Ю.В., аспирант,
Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве
Нагорнов С.А., доктор технических наук, профессор,
заместитель директора по научной работе, Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве
Ерохин И.В., аспирант,
Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве

Реферат. *При культивировании автотрофных микроорганизмов клетки необходимо снабжать достаточным количеством света, углекислого газа, минеральными веществами, а также создавать необходимый температурный режим и поддерживать pH среду. Существует два основных способа культивирования - периодический и непрерывный, осуществляемые в закрытой и открытой системах соответственно. В статье рассмотрены основные типы фотобиореакторов для культивирования микроводорослей, предложена конструкция и схема закрытого циркулирующего фотобиореактора. В фотобиореакторе созданы оптимальные условия культивирования микроводоросли Chlorella vulgaris ИФР № С-111. Произведена оценка прироста биомассы по показаниям оптической плотности и методом прямого подсчета клеток в камере Горяева. Методом наименьших квадратов определен коэффициент светопоглощения.*

Ключевые слова: *оптическая плотность суспензии, сухая биомасса микроводоросли; фотобиореактор.*

MESHCHERYAKOVA Y.V., NAGORNOV S.A., EROKHIN I.V.

THE CUMULATIVE CHLORELLA MICROALGAE CULTIVATION IN A CLOSED PHOTOBIOREACTOR

Meshcheryakova Y.V., postgraduate student,
All-Russian research Institute for use of technics and oil products in agriculture
Nagornov S.A., doctor of technical sciences, professor, Deputy Director for Science
All-Russian research Institute for use of technics and oil products in agriculture
Erokhin I.V. postgraduate student,
All-Russian research Institute for use of technics and oil products in agriculture

Summary. *For the cultivation of autotrophic microorganisms cells should provide a sufficient amount of light, carbon dioxide, minerals, and create the required temperature and maintain the pH of the environment. There are two main cultivation method - periodic and continuous, carried out in closed and open systems, respectively [1]. The article deals with the main types of photobioreactors for microalgae cultivation, the design and the scheme of closed photobioreactor is proposed. The optimal conditions for Chlorella vulgaris IFR № C-111 microalgae cultivation are created. Biomass growth by optical density value and by direct counting of cells in the cell Goryaeva is made. The light absorption coefficient by using the least squares method is defined*

Keywords: *optical density of the suspension, the dry biomass microalgae; photobioreactor*

Введение. В настоящее время проблема глобального загрязнения окружающей среды, существенная негативная роль в котором принадлежит дизельным двигателям, по значимости для выживания *Homo sapiens* вышла на первое место. Этим фактором обусловлены жесткие требования к непрерывному снижению показателей токсичности в отработавших газах дизелей. Вводятся в действие новые, более жесткие нормы на выбросы с отработавшими газами нормируемых токсичных компонентов: оксидов азота NO_x, монооксида углерода CO, легких несгоревших углеводородов CH_x, твердых частиц (ТЧ) [1-12].

Эффективность получения биодизельного топлива непосредственно зависит от применения микроводорослей, которые по своим основным показателям как энергетическое сырье намного превосходит известные сырьевые биоресурсы. Выращивание микроводорослей является менее затратным и более высокопродуктивным, чем растительных масел [13-17].

Все фотобиореакторы для культивирования фототрофов делятся на два типа: открытые (непрерывный процесс культивирования) и закрытые (периодический процесс культивирования) [18]. Закрытые установки представлены циркулирующими и глубинными реакторами, открытые – глубинными и неглубинными.

Открытые фотобиореакторы - это открытые емкости, естественные водоемы, пруды, искусственные бассейны. Открытый способ культивирования позволяет подготавливать питательную среду с расчетом на несколько недель культивирования, просты в изготовлении и в масштабировании. Однако, при культивировании таким способом культивируемые виды подвержены риску заражения другими видами водорослей и бактерий; культивирование сопряжено со значительными потерями воды на испарение с попаданием посторонних примесей из атмосферы; температура должна поддерживаться на определенном уровне (резкие суточные колебания недопустимы), необходим контроль за содержанием двуокиси углерода и условий освещенности; необходимо, чтобы толщина слоя суспензии в бассейне не превышала 150 мм [19]. Кроме того, некоторые установки открытого типа (типовые лотковые, «Каскад», «Подвесные» и «Зигзаг» [19]) имеют свои недостатки энергозатратность, сложность автоматизации и небольшие относительно занимаемых площадей реакционные объемы. В основном эта

группа представлена бассейнами, которые используются в странах с жарким климатом. Существующие многочисленные недостатки делают этот способ культивирования не пригодным для использования на территории Российской Федерации.

В закрытых фотобиореакторах необходимые условия культивирования строго соблюдаются, требуемые температура и освещенность, необходимый газообмен и подвод питательных веществ. Они постоянно производят водорослевую биомассу. Закрытая циркулирующая группа представлена трубчатыми, пластинчатыми фотобиореакторами. Для циркулирующих реакторов характерными недостатками являются: налипание отмерших клеток на их внутреннюю поверхность; конструктивное решение этих аппаратов не позволяет осуществлять процесс со значительными расходами газовой фазы, что позволило бы интенсифицировать процесс массопереноса; вся световая энергия, поглощенная освещенной поверхностью аппарата и неиспользованная при фотосинтезе, преобразуется в тепловую [20]. Закрытая глубинная группа представлена фотобиореакторомии с погруженными источниками света, с встроенными источниками света, аппарат В.А. Жаворонкова, фотобиореактор с мешалкой типа «беличье колесо» и др. [21-22]. Для всех фотобиореакторов глубинного культивирования характерен существенный общий недостаток - длительное пребывание микроводорослей в неосвещенной зоне их реакционного объема.

Прирост биомассы в фотобиореакторах отличается. Кроме того, продуктивность в одних и тех же реакторах может отличаться. Это объясняется особенностью взятого штамма для культивирования, типом фотобиореактора, условиями культивирования и другими физиологическими и технологическими особенностями. Один и тот же фотобиореактор в разных климатических условиях имеет разную продуктивность.

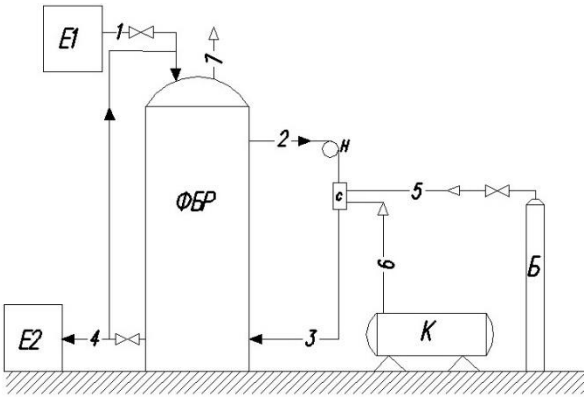
Ниже приведена продуктивность основных фотобиореакторов, применяемых при выращивании спирулины [27]:

1. Открытые - 0,16 кг/м^3 сут. [23].
2. Закрытый циркулирующий (трубчатый) - 3,0 кг/м^3 сут. [25].
3. Закрытый погружной - 1,6 кг/м^3 сут. [26].
4. Закрытый полостной - 3,0 кг/м^3 сут. [27].

Культивирование в открытых фотобиореакторах не целесообразно в нашей полосе, не смотря на высокие показатели продуктивности. Продуктивность закрытых фотобиореакторов в зависимости от оптимальных конструкций, освещения и других условий также высока.

Результаты и обсуждение. Культивирование микроводоросли хлорелла проводили в экспериментальном закрытом вертикальном циркулирующем фотобиореакторе, общий вид которого представлен на рис. 1, а схема экспериментальной установки – на рис. 2.

Рисунок 1– Общий вид фотобиореактора для культивирования микроводорослей



ФБР – фотобиореактор; Н – насос; Е1 – емкость с питательной средой Тамия, Е2 – емкость с итоговой суспезией; С – смеситель газов; К – компрессор; Б – баллон с углекислым газом;

1 – среда Тамия; 2 – суспензия микроводорослей; 3 – насыщенная газовоздушной смесью суспензия микроводорослей; 4 – итоговая суспензия микроводорослей; 5 – углекислый газ; 6 – воздух; 7 – отработанная газовоздушная смесь.

Рисунок 2 – Схема экспериментальной установки для выращивания микроводорослей

На рис. 2 изображена схема закрытого циркулирующего фотобиореактора (*ФБР*). ФБР изготовлен из прозрачного оргстекла в виде цилиндрической трубы. Из емкости (*Е1*) питательная среда Тамийя *1* самотеком подается в ФБР для культивирования. Через входной патрубок суспензию микроводоросли *3* с помощью центробежного насоса (*Н*) вводят в фотобиореактор (*ФБР*). Через выходной патрубок суспензия микроводоросли *2* отправляется в смеситель газов (*С),* где происходит ее насыщение газовоздушной смесью. Газовоздушная смесь, (воздух *6* и углекислый газ *5)* подается компрессором (*К*) и углекислотным баллоном (*Б*). Насыщенная газовоздушной смесью суспензия *3* микроводорослей отправляется в фотобиореактор. Для освещения используются люминесцентные лампы белого цвета. Часть итоговой суспензии микроводорослей *4* отправляется в емкость (*Е2*), а другая часть используется как посевной материал для последующего культивирования. Отработанные газы *7* через штуцер удаляются в верхней части реактора. Для циркуляции и перемешивания служит насос. Перемешивание суспензии также осуществляется барботированием воздуха.

Исходный штамм хлореллы *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111 использовали для посева в чашки Петри со средой Тамийя. Засеянные чашки освещали люминесцентными лампами в течение 5 суток, затем постепенно пересевали в ФБР. Посевной материал составлял 25 % от общего объема, фотопериод 12 часов свет, 12 часов темнота, pH поддерживался на уровне 7 - 8.ё

Предварительная оценка прироста клеток в суспензии осуществляли методом прямого подсчета клеток в камере Горяева [28]. Подсчитывали клетки в исходном штамме и в полученной суспензии. Так количество клеток в исходном штамме составило 2 млн. кл/мл, по данным [21] в пересчете на сухую массу это примерно 20 мг/л. При достижении концентрации клеток 4-5 млн. кл/мл в чашках Петри, водоросль пересеивали в фотобиореактор. В ФБР созданы оптимальные условия культивирования [29]: питательная среда Тамийя, температура поддерживается на уровне 34-36 °С, освещенность 25-30 тыс.люкс., подача углекислого газа и перемешивание суспензии за счет барботирования воздуха. Микроводоросль культивировали в накопительном режиме, с периодическим отбором суспензии и добавлением свежей порцией питательной среды Тамийя.

Изменение концентрации биомассы при культивировании в ФБР оценивали по оптической плотности на фотоэлектроколориметре КФК-2 по методике описанной в [24]. Предварительный выбор кювет проводился визуально, соответственно интенсивности окраски раствора. Так выбраны кюветы 0,3075, 0,504, 1,085 и 3,105 см. При использовании различных кювет во всех измерениях кювету устанавливали таким образом, чтобы ее геометрическая середина всегда находилась на расстоянии 6,3 см от флажка, закрывающего фотоанод. Для сопоставления результатов измерений все расчеты вели в пересчете на кювету 0,504 см, используя соответствующий коэффициент пропорциональности. Если оптическая плотность культуры превышала 0,6 ед., то измеряли долю пропускания T_{750} с последующим пересчетом $D_{750} = -\lg T_{750}$. Для слабо поглощающих проб использовали кюветы с большим номинальным значением. Пробы с оптической плотностью выше единицы предварительно разбавляли свежей питательной средой, подбирая коэффициент разбавления таким образом, чтобы показания КФК-2 попадали в диапазон наименьшей погрешности (0,2-0,6 единиц) [24]. Выбор светофильтра также производили по методике, описанной в [24]. Таким образом, оптическая плотность интенсивно окрашенного раствора имеет максимальную величину при λ=490 нм.

Предварительно был построен калибровочный график (рис. 3).

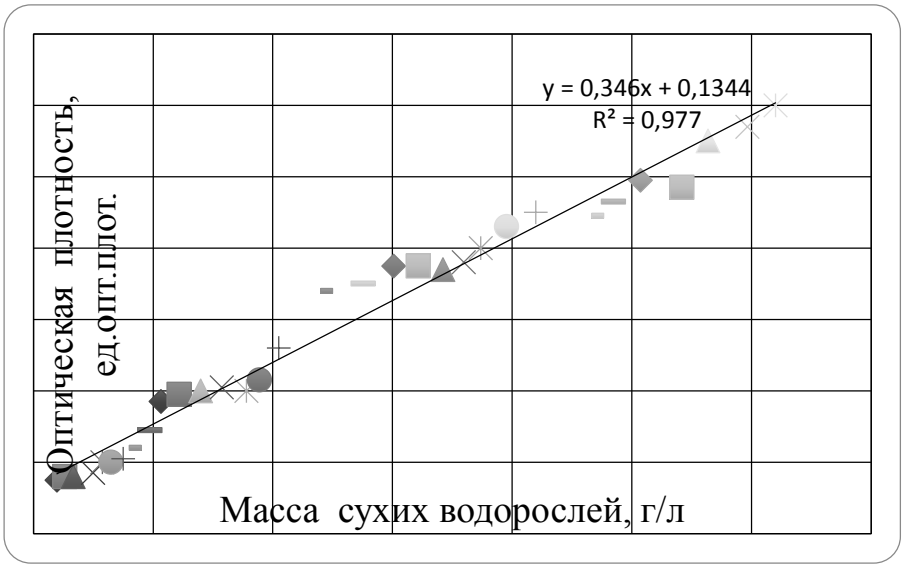


Рисунок 3 - Калибровочный график для определения массы сухих микроводорослей

На графике по горизонтальной оси отложены известные концентрации водоросли в литре суспензии, а по вертикальной − соответствующие им значения оптической плотности.

Определение массы ($m_{сух.в.}$) сухой водоросли производили фильтрованием под вакуумом на бумажных фильтрах в колбе Бунзена и воронке Бюхнера. Фильтр высушивали в сушильном шкафу и взвешивали. По разнице масс сухих фильтров до и после фильтрования определяли сухую массу водорослей ($m_{сух.в.}$). В табл. 1 представлены некоторые промежуточные данные оптической плотности.

Таблица 1 - Оптическая плотность суспензии микроводорослей

№	Масса сухих водорослей ($m_{сух.в.}$), г/л	Оптическая плотность (D_{750}), ед.опт.плот.
1	0,098	0,15
2	0,375	0,21
3	0,787	0,41
4	1,025	0,52

5	1,978	0,86
6	1,201	0,68
7	2,1	0,9
8	2,537	0,99
9	2,819	0,9
10	3,101	1,020

Методом наименьших квадратов определен коэффициент светопоглощения ε:

$$\varepsilon = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^{n} D_i m_i - \sum_{i=1}^{n} D_i \cdot \sum_{i=1}^{n} m_i}{n \cdot \sum_{i=1}^{n} m_i^2 - \left(\sum_{i=1}^{n} m_i^2 \right)} = 0{,}36$$

где m – масса сухих водорослей, г/л; n - количество опытов (n=34); D – оптическая плотность.

Выводы. В предложенной конструкции (рис. 1 и 2) закрытого циркулирующего фотобиореактора созданы оптимальные условия культивирования микроводоросли *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111, что подтверждается увеличением значения оптической плотности суспензии и соответственно увеличением сухой массы микроводорослей. Исходя из рассчитанного коэффициента светопоглощения, дальнейшее определение сухого веса микроводорослей заключается в измерении оптической плотности.

Список литературы

1. Повышение эффективности работы нефтехозяйств в АПК. Научное издание. / С.А. Нагорнов, А.Н. Зазуля, С.В. Романцова, И.Г. Голубев. - М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2008. - 168 с.

2. Эффективное использование нефтепродуктов в сельском хозяйстве /С.А. Нагорнов, С.В. Романцова, А.Н. Зазуля, И.Г. Голубев. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2006. – 192 с.

3. Романцова С.В., Нагорнов С.А. Организация хранения современных топлив на сельскохозяйственных нефтескладах // Наука в центральной России. – 2013. – № 2. – С. 43-49.

4. Романцова С.В., Нагорнов С.А. Предотвращение качественно-количественных потерь топлив при хранении // Наука в центральной России. – 2013. – № 2. – С. 49-56.

5. Получение биодизельного топлива из растительных масел / А.Н. Зазуля, С.А. Нагорнов, С.В. Романцова, К.С. Малахов // Достижения науки и техники АПК. – 2009. – № 12. – С. 58-60.

6. Нагорнов С.А., Романцова С.В. Эфирная композиция для улучшения свойств дизельного топлива // Наука в центральной России. – 2013. – № 2. – С. 35-43.

7. Нагорнов С.А. Получение биодизельного топлива: современные тенденции, проблемы и пути их решения /С.А. Нагорнов, С.И. Дворецкий, С.В. Романцова, К.С. Малахов, И.А. Рязанцева // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – 2009. – № 10(24). – С. 55-60.

8. Марков В.А. Биодизельные топлива из различных сырьевых ресурсов / В.А. Марков В.А., С.Н. Девянин, С.А. Нагорнов, В.С. Акимов // Транспорт на альтернативном топливе. – 2011. - № 3. – С. 25-31.

9. Марков, В.А. Оптимизация состава многокомпонентных биотоплив для дизелей сельскохозяйственных машин / В.А. Марков, С.Н. Девянин, С.А. Нагорнов, Л.И. Быковская // Наука в центральной России. – 2013. – № 3. – С. 36-53.

10. Дворецкий, С.И. Исследование фракционного состава биотоплив, полученных био-

конверсией возобновляемого растительного сырья / С.И. Дворецкий, СА Нагорнов, С.В. Романцова, И.А. Рязанцева, В.П. Таров // Вопросы современной науки и практики. Университет имени В.И. Вернадского. – 2009. – № 6(20). – С. 83-94.

11. Нагорнов, С.А. Применение смесевых биотоплив на основе метиловых эфиров растительных масел в транспортных дизелях / С.А. Нагорнов, В.А. Марков В.А., С.Н. Девянин // Безопасность в техносфере. – 2011. – № 6 (ноябрь–декабрь).– С. 26-33.

12. Марков, В.А. Состав и теплота сгорания биотоплив, получаемых из растительных масел / В.А. Марков, С.А. Нагорнов, С.Н. Девянин // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Естественные науки. – 2012. – № 2. – С. 65-80.

13. Мещерякова Ю.В., Нагорнов С.А. Культивирование микроводоросли хлорелла с целью получения биотоплива // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – 2012. – № 43. – С. 33-36.

14. Нагорнов С.А., Мещерякова Ю.В. Синтез бифункциональных кислородсодержащих соединений // Наука в центральной России. – 2014. – № 1 (7). – С. 69-78.

15. Нагорнов С.А., Мещерякова Ю.В. Получение сырья для биодизельного топлива на основе масла микроводоросли хлорелла // Инновации в сельском хозяйстве. – 2013. – № 3(5). – С. 39-41.

16. Мещерякова Ю.В., Нагорнов С.А. Получение сырья для биодизельного топлива на основе масла микроводоросли хлорелла // Вестник ВИЭСХ. – 2013. – № 4(13). – С. 33-35.

17. Мещерякова Ю.В., Нагорнов С.А. Методология математического моделирования движения реакционной смеси в аппарате вихревого слоя // Наука в центральной России. – 2014. – № 1 (7). – С. 63-69.

18. Перт, С.Дж. Основы культивирования микроорганизмов и клеток / С.Дж. Перт. - М.: Мир, 1978. — 332 с.

19. Сальникова, М.Я. Хлорелла – новый вид корма / М.Я. Сальникова. - М.:"КОЛОС", 1977 г. - 96 с.

20. Аманов, Ч.А. Температурный и радиационный режим промышленных фотореакторов по производству хлореллы / Ч.А. Аманов - Д.: Ылым, 1989.- 308 с.

21. Гладышев, П.А. Разработка фотобиореакторов для замкнутых экологических систем жизнеобеспечения автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук 03.00.23: / П.А. Гладышев – Москва: Московский государственный университет инженерной экологии.- 2007 г.- 18 с.

22. Жаворонков, В.А. Особенности светоподвода при культивировании микроорганизмов в аппаратах с "демпферными мешалками" / В.А. Жаворонков, Д.А. Казенин, И.А. Петров // Материалы III-ей международной конференции "Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов". - Донецк: 2004. - С. 152-153.

23. Ward, C.H. Miller R.L. Agal systems for biological food synthesis / C.H. Ward, R.L. Miller // The Closed Life Support Sistem, NASA Scientific Publication. - 1967. – P. 213-224

24. Колориметр фотоэлектрический концентрационный КФК-2. Техническая описание и инструкция по эксплуатации. – 55 с.

25. Технология и аппаратура для культивирования фотоавтотрофов и культуры тканей. Сборник научных трудов. - М.: 1984. - 145 с.

26. Oguchi, M. Utilization of algae for celss / M. Oguchi. Biosphere-CELSS Symposium in Krasnoyarsk. 1991г. - 9 pp.

27. Петров, И.А. Культивирование фототрофов в аппаратах с гибкими перемешивающими

устройствами: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук 05.17.08: / И.А. Петров – Москва: Московский государственный университет инженерной экологии.- 2006 г.- 18 с.

28. Методы физиолого-биологического исследования водорослей в гидробиологической практике / Л.А. Сиренко и др. – М.: Киев, 1975. – 247 с.

29. Богданов, Н.И. Суспензия хлореллы в рационе сельскохозяйственных животных / Н.И. Богданов. – Пенза, 2007. – 48 с.

References

1. Povyšenie èffektivnosti raboty neftehozâjstv v APK. Naučnoe izdanie. / S.A. Nagornov, A.N. Zazulâ, S.V. Romancova, I.G. Golubev. - M.: FGNU «Rosinformagroteh», 2008. - 168 s.

2. Èffektivnoe ispol'zovanie nefteproduktov v sel'skom hozâjstve /S.A. Nagornov, S.V. Romancova, A.N. Zazulâ, I.G. Golubev. – M.: FGNU «Rosinformagroteh», 2006. – 192 s.

3. Romancova S.V., Nagornov S.A. Organizaciâ hraneniâ sovremennyh topliv na sel'skohozâjstvennyh nefteskladah // Nauka v central'noj Rossii. – 2013. – № 2. – S. 43-49.

4. Romancova S.V., Nagornov S.A. Predotvraŝenie kačestvenno-količestvennyh poter' topliv pri hranenii // Nauka v central'noj Rossii. – 2013. – № 2. – S. 49-56.

5. Polučenie biodizel'nogo topliva iz rastitel'nyh masel / A.N. Za-zulâ, S.A. Nagornov, S.V. Romancova, K.S. Malahov // Dostiženiâ nauki i tehniki APK. – 2009. – № 12. – S. 58-60.

6. Nagornov S.A., Romancova S.V. Èfirnaâ kompoziciâ dlâ ulučšeniâ svojstv dizel'nogo topliva // Nauka v central'noj Rossii. – 2013. – № 2. – S. 35-43.

7. Nagornov S.A. Polučenie biodizel'nogo topliva: sovremennye ten-dencii, problemy i puti ih rešeniâ /S.A. Nagornov, S.I. Dvoreckij, S.V. Romancova, K.S. Malahov, I.A. Râzanceva // Voprosy sovremennoj nauki i praktiki. Universitet im. V.I. Vernadskogo. – 2009. – № 10(24). – S. 55-60.

8. Markov V.A. Biodizel'nye topliva iz različnyh syr'evyh resursov / V.A. Markov V.A., S.N. Devânin, S.A. Nagornov, V.S. Akimov // Transport na al'ternativnom toplive. – 2011. - № 3. – S. 25-31.

9. Markov, V.A. Optimizaciâ sostava mnogokomponentnyh biotopliv dlâ dizelej sel'skohozâjstvennyh mašin / V.A. Markov, S.N. Devânin, S.A. Nagornov, L.I. Bykovskaâ // Nauka v central'noj Rossii. – 2013. – № 3. – S. 36-53.

10. Dvoreckij, S.I. Issledovanie frakcionnogo sostava biotopliv, polučennyh biokonversiej vozobnovlâemogo rastitel'nogo syr'â / S.I. Dvoreckij, SA Nagornov, S.V. Romancova, I.A. Râzanceva, V.P. Tarov // Voprosy sovremennoj nauki i praktiki. Universitet imeni V.I. Vernadskogo. – 2009. – № 6(20). – S. 83-94.

11. Nagornov, S.A. Primenenie smesevyh biotopliv na osnove metilo-vyh èfirov rastitel'nyh masel v transportnyh dizelâh / S.A. Nagornov, V.A. Markov V.A., S.N. Devânin // Bezopasnost' v tehnosfere. – 2011. – № 6 (noâbr'–dekabr').– S. 26-33.

12. Markov, V.A. Sostav i teplota sgoraniâ biotopliv, polučaemyh iz rastitel'nyh masel / V.A. Markov, S.A. Nagornov, S.N. Devânin // Vestnik MGTU im. N.È. Baumana. Estestvennye nauki. – 2012. – № 2. – S. 65-80.

13. Meŝerâkova Û.V., Nagornov S.A. Kul'tivirovanie mikrovodorosli hlorella s cel'û polučeniâ biotopliva // Voprosy sovremennoj nauki i praktiki. Universitet im. V.I. Vernadskogo. – 2012. – № 43. – S. 33-36.

14. Nagornov S.A., Meŝerâkova Û.V. Sintez bifunkcional'nyh kislorodsoderžaŝih soedinenij // Nauka v central'noj Rossii. – 2014. – № 1 (7). – S. 69-78.

15. Nagornov S.A., Meŝerâkova Û.V. Polučenie syr'â dlâ biodizel'nogo topliva na osnove masla

mikrovodorosli hlorella // Innovacii v sel'skom hozâjstve. – 2013. – № 3(5). – S. 39-41.

16. Meŝerâkova Û.V., Nagornov S.A. Polučenie syr'â dlâ biodizel'nogo topliva na osnove masla mikrovodorosli hlorella // Vestnik VIÈSH. – 2013. – № 4(13). – S. 33-35.

17. Meŝerâkova Û.V., Nagornov S.A. Metodologiâ matematičeskogo modelirovaniâ dviženiâ reakcionnoj smesi v apparate vihrevogo sloâ // Nauka v central'noj Rossii. – 2014. – № 1 (7). – S. 63-69.

18. Pert, S.J. The basics of microorganisms and cells cultivation / S.J. Pert. - Moscow.: World, 1978. — 332 p.

19. Salnikova, M.Ya. Chlorella is a new kind of feed / M.YA. Salnikova - Moscow.:"KOLOS ", 1977 г. - 96 p.

20. Amanov, CH.A. Temperature and radiation regime of industrial photoreactors for the Chlorella production / CH.A. Amanov - D.: 1989.- 308 p.

21. Gladyshev, P.A. Development of photobioreactors for closed ecological life support systems-the dissertation on competition of a scientific degree of candidate of technical Sciences 03.00.23: / P.A. Gladyshev –Moscow: Moscow state University of environmental engineering.- 2007 г.- 18 p.

22. Zhavoronkov, V.A. Features svetovoda for the cultivation of microorganisms in the "damper agitators"/ V.A. Zhavoronkov, D.A.Kazenin, I.A. Petrov// Materials of III international conference "Environmental Protection and rational use of natural resources". - Donetsk: 2004. - p. 152-153.

23. Ward, C.H. Miller R.L. Agal systems for biological food synthesis / C.H. Ward, R.L. Miller // The Closed Life Support Sistem, NASA Scientific Publication. - 1967. – P. 213-224

24. CPK-2. The photoelectric colorimeter concentration. Technical description and operating instructions – 55 p.

25. Technology and equipment for the cultivation of photoautotrophs and tissue culture. Collection of scientific articles. - Moscow.: 1984. - 145 p.

26. Oguchi, M. Utilization of algae for celss / M. Oguchi. Biosphere-CELSS Symposium in Krasnoyarsk. 1991г. - 9 pp.

27. Petrov, I.A The cultivation of phototrophs in devices with flexible mixing devices: the dissertation on competition of a scientific degree of candidate of technical Sciences 05.17.08: / I.A Petrov –Moscow: Moscow state University of environmental engineering.- 2006 г.- 18 p.

28. Methods physiological and biological study of algae in hydrobiological practice / LA. Sirenko и др. – Moscow.: Kiev, 1975. – 247 p.

29. Bogdanov, N.I. Suspension of Chlorella in the diet of farm animals / N.I. Bogdanov. – Penza, 2007. – 48 p.

Отпечатано ООО «Максимал информационные технологии»
398017, г. Липецк, ул. Крупской, 4
Email: naukacr@yandex.ru. Тел. +7 (920) 246-20-64:
Подписано в печать 24.04.2015 Заказ № 60513-01
Формат 60x84/8. Бумага офсетная. Печать электрографическая.
Гарнитура Times. Объем – 7,8 усл. печ. л. Тираж 100 экз.