«НАУКА В ЦЕНТРАЛЬНОЙ РОССИИ» **«SCIENCE IN THE CENTRAL RUSSIA»** **12+**

Научно-производственный периодический журнал **The research-production periodic magazine**

Включен в международную базу данных Agris

№ 1 (37), 2019 г.

Основанв 2012 г. **It is based in 2012.**

Выходит 6 раз в год **There are 6 times a year**

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

ЗАЗУЛЯ Александр Николаевич — главный редактор, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник, ФГБНУ ВНИИТиН

НАГОРНОВ Станислав Александрович — зам. главного редактора, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник ФГБНУ ВНИИТиН

ГОЛУБЕВ Иван Григорьевич — доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки Московской области, заведующий отделом научно-информационного обеспечения инновационного развития АПК ФГБНУ «Росинформагротех»

ЕРОХИН Михаил Никитьевич — академик РАН, заслуженный деятель науки РФ, доктор технических наук, профессор, лауреат премии Правительства РФ, профессор кафедры сопротивление материалов и детали машин РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

ЖАЛНИН Эдуард Викторович — доктор технических наук, профессор, лауреат Государственной премии РФ в области науки и техники, заведующий отделом механизации уборки зерновых и послеуборочной обработки зерна и семян ФГБНУ ФНАЦ ВИМ

ЗАВРАЖНОВ Анатолий Иванович — академик РАН, доктор технических наук, профессор, главный научный консультант ФГБОУ ВО МичГАУ

КНЯЗЕВА Лариса Геннадьевна— доктор химических наук, доцент, главный научный сотрудник с возложением обязанностей Ученого секретаря ФГБНУ ВНИИТиН

КОВАЛЕВ Михаил Михайлович — доктор технических наук, заслуженный изобретатель РСФСР, академик РАЕН, лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники, научный руководитель ФГБНУ ВНИИМЛ

ЛАРЮШИН Николай Петрович — доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, заслуженный работник сельского хозяйства, профессор кафедры «Механизация технологических процессов в АПК» ФГБОУ ВПО «Пензенский ГАУ»

ЛЯЛЯКИН Валентин Павлович — доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, ведущий научный сотрудник ФГБНУ ФНАЦ ВИМ

МИЩЕНКО Сергей Владимирович — доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники РФ, лауреат премии Правительства РФ, член Национального комитета по теплофизическим свойствам веществ РАН, член Международной академии информатизации и Международной инженерной академии, профессор кафедры "Управление качеством и сертификация" ФГБОУ ВО ТГТУ

ПОПОВ Владимир Дмитриевич — академик РАН, доктор технических наук, профессор, президент Региональной областной организации «Санкт-Петербургская ассоциация инженеров сельского хозяйства – СПА-ИСХ», научный руководительФГБНУ «Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства»

СТРЕБКОВ Дмитрий Семенович — академик РАН, доктор технических 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, главный научный сотрудник ФГБНУ ФНАЦ ВИМ

ФЕДОРЕНКО Вячеслав Филиппович — академик РАН**,** доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники РФ, директор ФГБНУ «Росинформагротех»

КАЗАКЕВИЧ Петр Петрович —член-корреспондент Национальной академии наук Беларуси, доктор технических наук, профессор, иностранный член РАН, заместитель Председателя Президиума, Национальная академия наук Беларуси, Республика Беларусь

BIANCO Vincenzo — Ph.D., Associate Professor, Department of mechanical, energy, management and transportation engineering. Associate Professor, University of Genoa, Italy.

Редакция

Журнал «Наука в Центральной России Science in the central Russia»

Учредитель: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве»

Главный редактор: Зазуля А.Н.

№ 1 (37). Дата выхода в свет 28.02.2019, Тираж - 100 экз. Свободная цена. Подписной индекс 25196.

Адрес редакции и издателя: **392022, Тамбовская область, г. Тамбов, пер. Ново-Рубежный, д. 28,** тел. 8(4752)440-241; e-mail: naukacr@yandex.ru

Отпечатано в типографии ИП Москалева Ирина Юрьевна. Адрес типографии: 398036, Липецкая область, г. Липецк, проспект Победы, д. 116.

Печатное издание журнал «Наука в Центральной России» зарегистрировано в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор). Свидетельство о регистрации СМИ ПИ № ФС 77 - 66036 от 10.06.2016 г.

Технический редактор: Левина Эмма Владимировна**, тел. +7 (920) 246-20-64**

Зав. отделом по развитию: Левин Максим Юрьевич**, тел. +7 (920) 240-71-96**

© «Наука в центральной России», 2018

«НАУКА В ЦЕНТРАЛЬНОЙ РОССИИ» **«SCIENCE IN THE CENTRAL RUSSIA»**
Научно-производственный периодический журнал **The research and production periodic magazine**
№ 1 (37), 2019 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:
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве
(ФГБНУ ВНИИТИН)

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

Агропромышленные инновационные технологии в растениеводстве

ТИШАНИНОВ Николай Петрович — доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории управления качеством технологических процессов в сельском хозяйстве, ФГБНУ ВНИИТиН
КАПУСТИН Василий Петрович — доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет», профессор кафедры Агроинженерия.
БАЛАШОВ Александр Владимирович — кандидат технических наук, зав. лабораторией использования машинно-тракторных агрегатов, ФГБНУ ВНИИТиН
ЕРОХИН Геннадий Николаевич — кандидат технических наук, зав. лабораторией эксплуатационных требований к сельскохозяйственной технике, ФГБНУ ВНИИТиН

Агропромышленные инновационные технологии в животноводстве

ЦОЙ Юрий Алексеевич — член-корреспондент РАН, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники Российской Федерации, генеральный директор научно-производственного предприятия «Фемакс» (Москва).
ЭНГОВАТОВ Вячеслав Федорович — доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник лаборатории технологии производства свинины, ФГБНУ ВНИИТиН
ДОРОВСКИХ Владимир Иванович — кандидат технических наук, зав. лабораторией управления качеством технологических процессов в животноводстве, ФГБНУ ВНИИТиН
ШУЛАЕВ Геннадий Михайлович — кандидат сельскохозяйственных наук, зав. лабораторией технологии производства свинины, ФГБНУ ВНИИТиН
ФИЛИППОВА Ольга Борисовна — кандидат биологических наук, зав. лабораторией технологии производства молока и говядины, ФГБНУ ВНИИТиН

Эффективное использование нефтепродуктов, альтернативных энергоносителей

ОСТРИКОВ Валерий Васильевич — доктор технических наук, зав. лабораторией использования смазочных материалов и отработанных нефтепродуктов, ФГБНУ ВНИИТиН
ШУВАЛОВ Анатолий Михайлович — доктор технических наук, профессор, зав. лабораторией использования альтернативных источников энергии взамен жидкого топлива, ФГБНУ ВНИИТиН
ПЕТРАШЕВ Александр Иванович — доктор технических наук, зав. лабораторией организации хранения и защиты техники от коррозии, ФГБНУ ВНИИТиН
САЗОНОВ Сергей Николаевич — доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории эксплуатационных требований к сельскохозяйственной технике, 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», 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

АГРОПРОМЫШЛЕННЫЕ ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ 5
ЕРОХИН ГЕННАДИЙ НИКОЛАЕВИЧ, КОНОВСКИЙ ВАЛЕРИЙ ВИКТОРОВИЧ
ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ НА ДОГОВОРНЫХ УСЛОВИЯХ 5
EROKHIN GENNADY, KONOVSKIY VALERY
FEATURES OF THE APPLICATION OF COMBINE HARVESTERS ON CONTRACTUAL TERMS 5
АНАШКИН АЛЕКСАНДР ВИТАЛЬЕВИЧ, ТИШАНИНОВ КОНСТАНТИН НИКОЛАЕВИЧ
МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ УСТРОЙСТВ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ МАССОВЫМИ ПОТОКАМИ ЗЕРНА 11
ANASHKIN ALEXANDER V., TISHANINOV KONSTANTIN N.
MORPHOLOGICAL ANALYSIS OF DEVICES FOR MANAGING MASS FLOWS OF GRAIN 12
ПЕТРАШЕВ АЛЕКСАНДР ИВАНОВИЧ, КЛЕПИКОВ ВИКТОР ВАЛЕРЬЕВИЧ
ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НИЗКОВОЛЬТНОГО ГЕНЕРАТОРА ДЛЯ ПОДОГРЕВА ВОЗДУШНОГО ПОТОКА ПРИ СУШКЕ МАШИН 19
PETRASHEV ALEXANDR, KLEPIKOV VIKTOR
LOW VOLTAGE GENERATOR POWER APPLICATION FOR HEATING THE AIR FLOW WHEN DRYING MACHINES 20
ШУВАЛОВ АНАТОЛИЙ МИХАЙЛОВИЧ, МАШКОВ АЛЕКСЕЙ НИКОЛАЕВИЧ, ТИХОМИРОВ ДМИТРИЙ АНАТОЛЬЕВИЧ
ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ УСТАНОВКИ С КОМБИНИРОВАННОЙ СИСТЕМОЙ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОЦЕССА ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ СОИ 28
SHUVALOV ANATOLIY M, MASHKOV ALEXEY N., TIKHOMIROV DMITRY A.
DETERMINATION OF THE POWER OF INSTALLATION WITH COMBINED SYSTEM ENERGY PROCESS WITH THERMAL SOI TREATMENTS 29
СОРОКИН НИКОЛАЙ ТИМОФЕЕВИЧ, РЫЧКОВ ВИКТОР АНАТОЛЬЕВИЧ, ПАНФЕРОВ НИКОЛАЙ СЕРГЕЕВИЧ
МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ И ПОТРЕБНОСТИ МАШИН ДЛЯ ВНЕСЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ 34
SOROKIN NIKOLAY T., RYCHKOV VICTOR A., PANFEROV NIKOLAY S.
METHOD OF CALCULATING THE PRODUCTIVITY AND NEEDS OF MACHINES FOR INTRODUCING MINERAL FERTILIZERS 35
ЗАЗУЛЯ АЛЕКСАНДР НИКОЛАЕВИЧ, МАКАРОВ ВАЛЕНТИН АЛЕКСЕЕВИЧ, МАКАРОВА ОЛЬГА ВЛАДИМИРОВНА
ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНЫХ СПОСОБОВ МЕХАНИЗАЦИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ 41
ALEXANDER NIKOLAEVICH Z., VALENTIN ALEKSEEVICH M., OLGA VLADIMIROVNA M.
SELECTION OF RATIONAL METHODS FOR THE MECHANIZATION OF SUGAR BEET PLAYING 41
ЛЕБЕДЕВ АНАТОЛИЙ ТИМОФЕЕВИЧ, ИСКЕНДЕРОВ РАМИЛЬ РАШИДОВИЧ, ШУМСКИЙ АЛЕКСАНДР СЕРГЕЕВИЧ, ЖЕВОРА ЮРИЙ ИВАНОВИЧ
СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЗАТРАТ ПРИ ИЗМЕЛЬЧЕНИИ ЗЕРНОВЫХ МАТЕРИАЛОВ 50
LEBEDEV ANATOLY, ISKENDEROV RAMIL, SHUMSKY ALEXANDR, ZHEVORA YURI
COMPARATIVE ESTIMATION OF COST FOR CRUSHING GRAIN MATERIALS 50
АГРОПРОМЫШЛЕННЫЕ ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ 56

ШУЛАЕВ ГЕННАДИЙ МИХАЙЛОВИЧ, МИЛУШЕВ РИНАТ КЕЛИМУЛОВИЧ, ЭНГОВАТОВ ВЯЧЕСЛАВ ФЁДОРОВИЧ
ТЕХНОЛОГИЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ В КОМБИКОРМАХ 56
SHULAYEV GENNADY M., MILUSHEV RINAT K., ENGOVATOV VIACHESLAV
TECHNOLOGY PREPARATION AND EFFICIENCY USE FUNCTIONAL FODDER ADDITIVE IN MIXED FODDERS 56
ФИЛИППОВА ОЛЬГА БОРИСОВНА, ФРОЛОВ АЛЕКСАНДР ИВАНОВИЧ, МАСЛОВА НАДЕЖДА ИВАНОВНА
БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНОВА ДЛЯ СТИМУЛЯЦИИ РЕЗИСТЕНТНОСТИ ТЕЛЯТ ПРИ СОВРЕМЕННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ВЫРАЩИВАНИЯ МОЛОЧНОГО СКОТА 61
FILIPPOVA OLGA, FROLOV ALEXANDER, MASLOVA NADEZHDA
BIOLOGICAL BASIS FOR STIMULATING THE RESISTANCE OF CALVES UNDER MODERN TECHNOLOGY OF CULTIVATION OF DAIRY CATTLE 62
ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕФТЕПРОДУКТОВ, АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ 71
АФАНАСЬЕВ ДМИТРИЙ ИГОРЕВИЧ, ВЯЗИНКИН ВИКТОР СЕРГЕЕВИЧ, ЗАБРОДСКАЯ АЛЛА ВЛАДИМИРОВНА, ОСТРИКОВ ВАЛЕРИЙ ВАСИЛЬЕВИЧ
ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПОСЛЕРЕМОНТНОЙ ОБКАТКИ ДВИГАТЕЛЕЙ ТРАКТОРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТРАБОТАННЫХ МАСЕЛ В УСЛОВИЯХ РЕМОНТНО - ТЕХНИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ 71
AFANASYEV DMITRY I., VYAZINKIN VIKTOR S., ZABRODSKAYA ALLA V., OSTRIKOV VALERY V.
EVALUATION OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF POST-REPAIR LATCHING OF TRACTOR ENGINES USING EXHAUST OILS IN CONDITIONS OF REPAIR AND TECHNICAL ENTERPRISE 72
АФАНАСЬЕВ ДМИТРИЙ ИГОРЕВИЧ, ВЯЗИНКИН ВИКТОР СЕРГЕЕВИЧ, ЗАБРОДСКАЯ АЛЛА ВЛАДИМИРОВНА, ОСТРИКОВ ВАЛЕРИЙ ВАСИЛЬЕВИЧ
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИРАБОТОЧНЫХ МАСЕЛ В ДВИГАТЕЛЕ Д-240 В УСЛОВИЯХ СТЕНДОВЫХ ИСПЫТАНИЙ 78
AFANASYEV DMITRY I., VYAZINKIN VIKTOR S., ZABRODSKAYA ALLA V., OSTRIKOV VALERY V.
DETERMINATION OF THE OPERATIONAL CHARACTERISTICS OF GRINDING OILS IN THE D-240 ENGINE IN THE CONDITIONS OF BENCH TESTS 79
КНЯЗЕВА ЛАРИСА ГЕННАДЬЕВНА, ПЕТРАШЕВ АЛЕКСАНДР ИВАНОВИЧ
К ВОПРОСУ ВЫБОРА КОНСЕРВАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ 88
KNYAZEVA LARISA, PETRASHEV ALEXANDR
TO THE QUESTION OF THE CHOICE OF CONSERVATION MATERIALS FOR PROTECTION OF AGRICULTURAL MACHINERY 88
ЛЕВИН МАКСИМ ЮРЬЕВИЧ, НАГОРНОВ СТАНИСЛАВ АЛЕКСАНДРОВИЧ
СОКРАЩЕНИЕ ПОТЕРЬ ТОПЛИВА ПРИ ЗАПОЛНЕНИИ НАЗЕМНЫХ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ РЕЗЕРВУАРОВ 99
LEVIN MAXIM, NAGORNOV STANISLAV
REDUCTION OF LOSSES OF FUEL IN FILLING GROUND-HORIZONTAL CYLINDRICAL TANKS 99
ЛЕВИН МАКСИМ ЮРЬЕВИЧ, НАГОРНОВ СТАНИСЛАВ АЛЕКСАНДРОВИЧ
ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ В НАЗЕМНОМ ГОРИЗОНТАЛЬНОМ ЦИЛИНДРИЧЕСКОМ РЕЗЕРВУАРЕ 103
LEVIN MAXIM, NAGORNOV STANISLAV
RESEARCH OF THE TEMPERATURE FIELD IN THE GROUND HORIZONTAL CYLINDRICAL RESERVOIR 104

АГРОПРОМЫШЛЕННЫЕ ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ

УДК 631.354

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ НА ДОГОВОРНЫХ УСЛОВИЯХ

Ерохин Геннадий Николаевич,
кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, E-mail: witin4@rambler.ru
Коновский Валерий Викторович,
научный сотрудник, E-mail: witin4@rambler.ru

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», г. Тамбов

Реферат. *Прогнозирование эффективности применения дополнительные зерноуборочные комбайны на договорной требует оценки влияния множества факторов. Работа, основанная на теоретических исследованиях и мониторинге работы зерноуборочных комбайнов в условиях реальной эксплуатации проводились с помощью специальной компьютерной программы, разработанной в ФГБНУ ВНИИТиН. На примере типичного сельхозпредприятия получены характеристические зависимости потерь эффективности при варьировании следующих входных факторов: средняя урожайность, соломистость зерновых культур, цена услуг уборки зерновых культур и средняя цена реализации зерна. Выявлено, что увеличение урожайности зерновых культур способствует возрастанию экономической эффективности применения сторонних комбайнов. При урожайности 60 ц/га и площади уборки сторонними комбайнами 750 га сельхопредприятие будет иметь эффект 3900000 рублей. Характер влияния соломистости зерновых культур идентичен влиянию урожайности, но степень влияния существенно ниже. Цена услуг уборки зерновых культур значимо влияет на эффективность применения сторонних зерноуборочных комбайнов. Рост этого показателя уменьшает их эффективность. Существует предельная цена, выше которой использование таких комбайнов невыгодно. Для условий рассматриваемого предприятия эта цена составляет 3000 руб/га. Повышение средней цены реализации зерна способствует целесообразности использования сторонних комбайнов. Получено, что эффективное использования сторонних комбайнов возможно при средней цене реализации зерна выше 6000 руб/т. Проведенные исследования позволяют прогнозировать эффективность совместного использования собственных и сторонних зерноуборочных комбайнов в зависимости от разнообразных условий.*

Ключевые слова: *зерноуборочный комбайн, сторонний, моделирование, эффективность, урожайность, цена зерна.*

FEATURES OF THE APPLICATION OF COMBINE HARVESTERS ON CONTRACTUAL TERMS

Erokhin Gennady,
Candidate of Technical Sciences, leading researcher, e-mail: witin4@rambler.ru
Konovskiy Valery,
Scientific researcher, e-mail: witin4@rambler.ru
FGBNU «All-Russian Research Institute for the Use of Machinery and Petroleum Products in agriculture», Tambov

Abstract. Prediction for application efficiency of additional combine harvesters in the contract requires the assessment of *the influence of many factors. The work, based on theoretical studies and monitoring of the work of combine harvesters in real-life conditions, was carried out using a special computer program developed at FGBNU VNIITiN. The characteristic dependences of the loss of efficiency in the variation of the following input factors: the average yield, the straw content of grain crops, the price of grain harvesting services, and the average selling price of grain are obtained using the example of a typical agricultural enterprise. It is revealed that an increase in the yield of grain crops contributes to an increase in the economic efficiency of the use of outsider combines. The agricultural enterprise will have an effect of 3,900,000 rubles with a yield of 60 c / ha and harvesting area by outsider combines 750 ha. The nature of the influence of the straw content of grain crops is identical to the influence of yield, but the degree of influence is significantly lower. The price of grain harvesting services significantly affects the efficiency of the use of outsider combine harvesters. The growth of this indicator reduces their effectiveness. There is a* limit *price above which the use of such combines is unprofitable. This price is 3000 rub / ha for the conditions of the enterprise in question. The increase in the average selling price of grain contributes to the expediency of using outsider combines. It was obtained that the effective use of outsider combines is possible with an average selling price of grain above 6000 rubles / ton. Conducted research allows us to predict the effectiveness of sharing our own and outsider combine harvesters, depending on various conditions.*

Keywords: *combine harvester, outsider modeling, efficiency, yield, grain price.*

Введение. Использование дополнительных зерноуборочных комбайнов на договорной основе довольно широко распространено в сельхозпредприятиях с недостаточной оснащенностью собственными комбайнами или с их полным отсутствием. Потребность привлечения таких комбайнов может возникнуть и по другим причинам, когда собственными комбайнами невозможно убрать зерновые культуры в агросрок. В работе [1] предложена математическая модель оценки использования в сельхозпредприятии сторонних комбайнов на договорной основе. В качестве основного оценочного показателя модель определяет потери эффективности комбайновой уборки зерновых культур. Данный показатель включает в себя сумму явных и неявных потерь при выполнении комбайновой уборки зерновых культур в сельхозпредприятии [2,3,4]. В составе явных потерь рассматриваются эксплуатационные затраты комбайновой уборки, состоящие из расходов на: топливно-смазочные материалы (ТСМ), оплату труда; амортизацию; техническое обслуживание (ТО) и ремонт. В состав неявных потерь входят: технологические потери зерна непосредственно за жаткой и молотилкой комбайна [5,6]; технологические потери от дробления бункерного зерна; технологические потери зерна от увеличения продолжительности уборочных работ.

Применение сторонних договорных комбайнов для уборки зерновых культур в сельхозпредприятии может иметь как положительный, так и отрицательный результат. Причем величина эффекта или ущерба может измеряться миллионами рублей. Прогнозирование эффективности их применения сложная задача, она зависит от влияния множества разнообразных факторов.

В работе [1] на примере конкретного сельхозпредприятия получена оценка влияния объема работ сторонних комбайнов, загрузки собственных комбайнов и погодных условий на эффективность комбайновой уборки зерновых культур. В настоящей статье представлены

результаты исследований влияния других значимых факторов на потери эффективности уборки зерновых культур с применением сторонних комбайнов.

Материалы и методы. Работа основана на теоретических исследованиях и мониторинге работы зерноуборочных комбайнов в условиях реальной эксплуатации [7,8]. Исследования по оценке влияния изучаемых факторов на потери эффективности проводились с помощью специальной компьютерной программы, разработанной в ФГБНУ ВНИИТиН (свидетельство госрегистрации №2018619849).

Результаты и обсуждение. Предшествующие исследования показали, что зависимость потерь эффективности от площади, убираемой сторонними комбайнами, является наиболее информативной [1]. Эта зависимость наглядно показывает объем услуг сторонних предприятий, при котором достигается максимальная эффективность уборки зерновых культур в сельхозпредприятии. Данная зависимость получила название «характеристической». Поэтому исследования влияния разнообразных факторов оценивались их влиянием именно на характеристическую зависимость. Для этого была разработана специальная компьютерная программа «Моделирование применения зерноуборочных комбайнов сторонних предприятий в зависимости от площади уборки зерновых культур».

Программа предназначена для оценки влияния условий сельхозпредприятия на эффективность применения сторонних зерноуборочных комбайнов. Под сторонними в ней понимаются наемные комбайны, которые работают на уборке зерновых культур на договорной основе. Функциональные возможности: программа моделирует характеристическую графическую зависимость потерь эффективности от площади, убираемой сторонними комбайнами. Позволяет получать характеристические зависимости при различных входных параметрах уборки зерновых культур.

С помощью данной программы проведены исследования влияния следующих факторов на потери эффективности уборки зерновых культур с применением сторонних комбайнов: урожайность зерновых культур, соломистость, цена услуг уборки зерновых культур, стоимость реализации зерна. Исследования выполнены на примере сельхозпредприятия с условиями, типичными для Центрально-Черноземного региона: площадь зерновых культур – 2300га, средняя урожайность – 40 ц/га, отношение зерна к соломе – 1:1,4; средняя длина гона – 1100м; стоимость солярки – 35 руб/л, средняя цена реализации зерна 8500 руб/т.

Структура парка собственных зерноуборочных комбайнов: Дон-1500Б (14 сезон эксплуатации) – 2 шт., Acros 530 (6 сезон эксплуатации) – 4 шт., КЗС-1218 ПАЛЕССЕ GS12 (4 сезон эксплуатации) – 1шт. Предлагаемый парк сторонних зерноуборочных комбайнов: Case 2388 (8 сезон эксплуатации) – 3 шт.; стоимость услуг по уборке зерновых культур – 2600 руб/га.

Результаты проведенных исследований представлены ниже.

Влияние урожайности зерновых культур. На рисунке 1 показаны характеристические зависимости для средней урожайности зерновых культур 20 ц/га, 40 ц/га и 60 ц/га.

При урожайности 20 ц/га характеристическая зависимость близка к линейной и имеет постоянный рост с увеличением объема работ сторонних комбайнов. Поэтому привлечение договорных комбайнов является убыточным.

При урожайности 40 ц/га имеем базовую кривую, которая не имеет явного минимума. Привлечение договорных комбайнов также нецелесообразно.

Характеристическая кривая при урожайности 60 ц/га имеет минимум при площади уборки сторонними комбайнами 750 га. В этом случае сельхопредприятие будет иметь эффект 3,9 млн.руб.

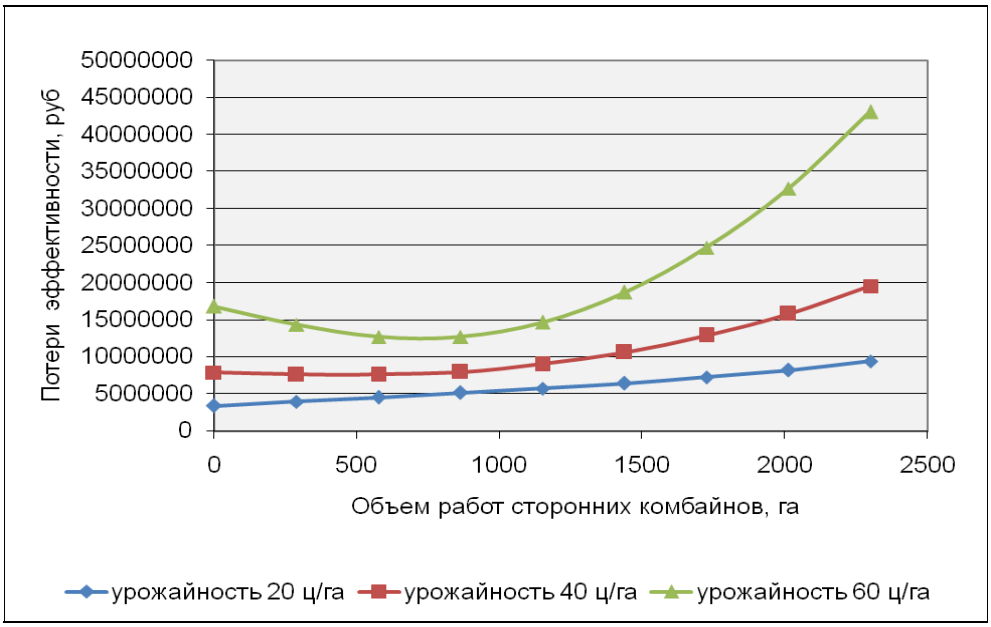


Рисунок 1 – Характеристические зависимости при различной урожайности зерновых культур

В целом увеличение урожайности способствует возрастанию экономической эффективности применения сторонних комбайнов.

Влияние соломистости зерновых культур. Соломистость культур, измеряемая отношением единицы массы зерна к незерновой части, существенно влияет на прозводительность комбайна. Поэтому она была включена в состав изучаемых факторов. Результаты моделирования характеристических зависимостей представлены на рисунке 2.

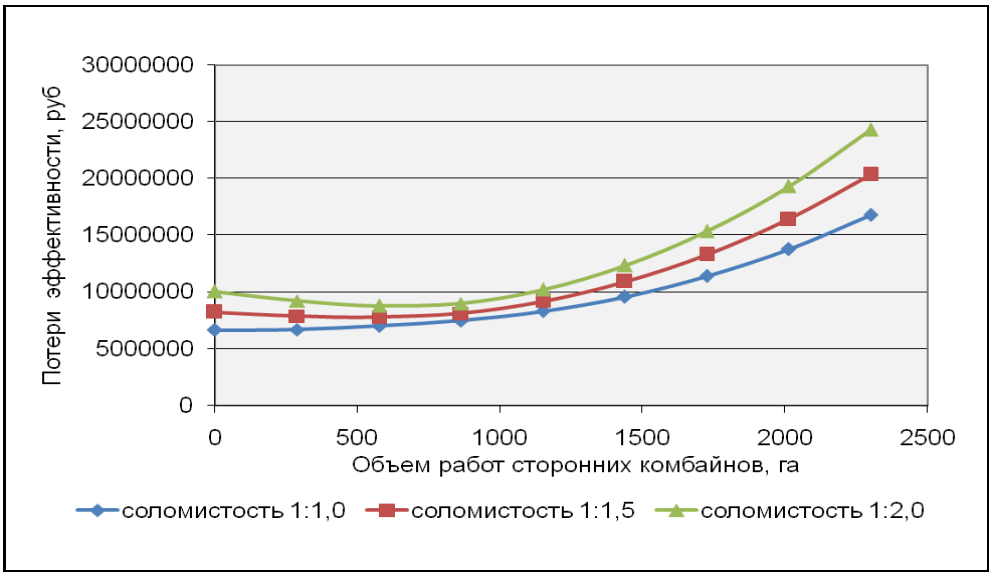


Рисунок 2 – Характеристические зависимости при различной соломистости зерновых культур

Характеристические зависимости при соломистости 1:1,0 и 1:1,5 показывают отрицательную эффективность применения сторонних комбайнов. Однако, при соломистости 1:2,0 характеристическая зависимость имеет минимум при уборке 700 га сторонними комбайнами. Использование в таком объеме сторонних комбайнов дает эффект в размере 1,3 млн. рублей. По характеру влияния соломистость схожа с урожайностью, но степень влияния существенно ниже.

Влияние цены услуг уборки зерновых культур. Моделирование данного этапа исследования проводилось по трем ценам услуг по уборке зерновых культур: 2000 руб/га, 2500 руб/га и 3000 руб/га. Полученные характеристические зависимости показаны на рис.3.

Как видно из рисунка 3, при цене услуг 2000 руб/га в интервале 500-700 га сельхозпредприятие может получить эффект от использования сторонних комбайнов около 800 тыс. рублей. При цене 2500 руб/га возможный эффект уменьшается до 450 тыс. рублей. При цене 3000 руб/га возможный эффект составит 100-120 тыс. рублей, делая привлечение сторонних комбайнов экономически малопривлекательным

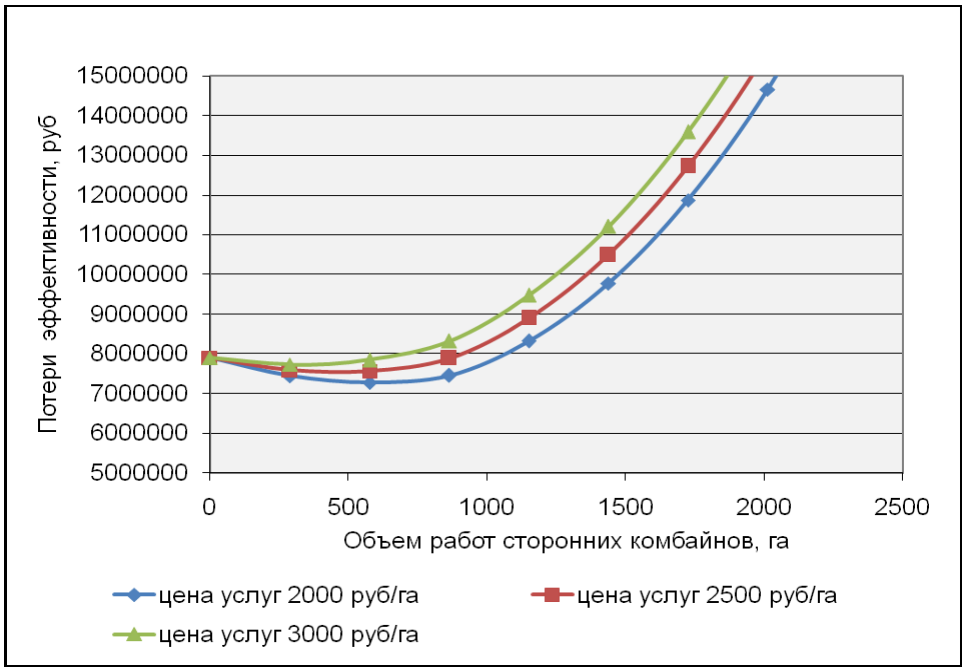


Рисунок 3 – Характеристические зависимости при различных ценах услуг уборки зерновых культур

Таким образом, цена услуг уборки зерновых культур значимо влияет на эффективность применения сторонних зерноуборочных комбайнов. Рост этого показателя уменьшает их эффективность. Существует предельная цена, выше которой использование таких комбайнов невыгодно. Для условий рассматриваемого предприятия эта цена составляет 3000 руб/га.

Влияние стоимости реализации зерна. Исследование влияния данного фактора проводилось при средних ценах на реализацию зерна 6000 руб/т, 8500 руб/т и 11000 руб/т (рисунок 4).

Характеристические кривые с повышением цены зерна практически параллельно сдвигаются вверх, подтверждая закономерный факт увеличения потерь эффективности.

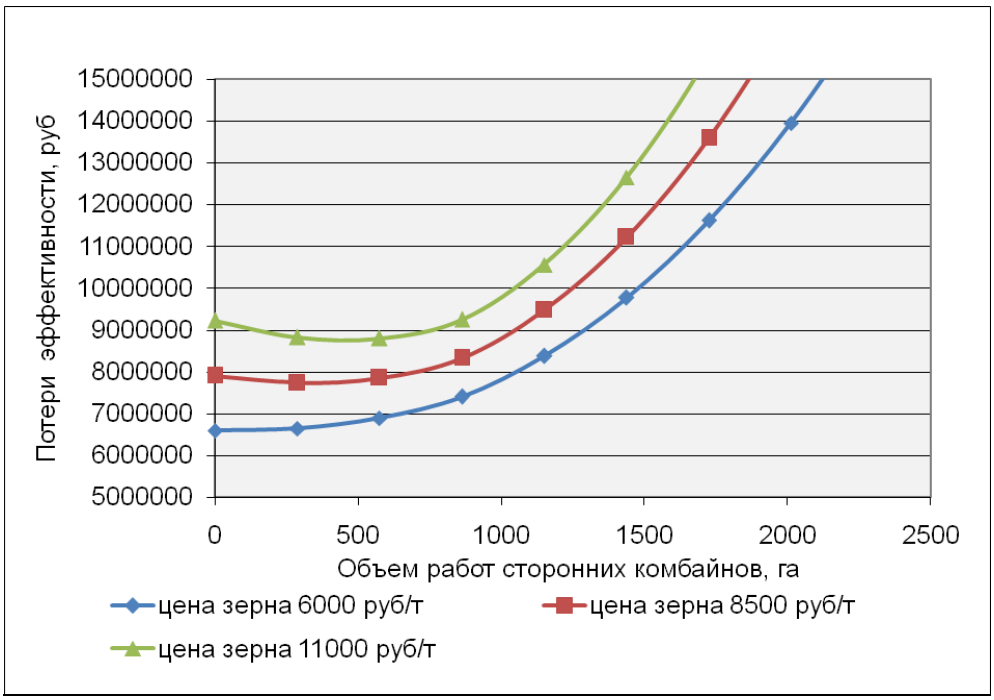


Рисунок 4 – Характеристические зависимости при различных ценах реализации зерновых культур

Следует отметить, что повышение цены способствует целесообразности использования сторонних комбайнов. При цене зерна 6000 руб /га применение сторонних комбайнов при любых объемах работ для рассматриваемого предприятия убыточно. Однако, при цене 11000 руб/т использование этих комбайнов при объеме работ 500 га дает эффект около 400 тыс. рублей.

Выводы. На примере типичного для ЦЧР сельхозпредприятия получены характеристические зависимости потерь эффективности при варьировании следующих входных факторов: средняя урожайность, соломистость зерновых культур, цена услуг уборки зерновых культур и средняя цена реализации зерна. Оценена значимость и характер влияния рассмотренных факторов, что позволяет прогнозировать эффективность совместного использования собственных и сторонних комбайнов при разнообразных условиях их применения.

Список литературы

1.Ерохин, Г.Н. Об использовании зерноуборочных комбайнов сторонних предприятий /Г.Н.Ерохин, В.В.Коновский // Наука в центральной России. – 2018. – № 3 (33). – С. 5-11.

2. Ерохин, Г.Н. Потери эффективности уборки зерновых культур в сельхозпредприятии / Г.Н. Ерохин, А.С. Решетов // Наука в Центральной России. – 2013. - №1. - С.40-44.

3. Ерохин, Г.Н. Оценка эффективности технического сервиса зерноуборочных комбайнов /Г.Н.Ерохин, С.Н.Сазонов, В.В.Коновский// Научное обозрение. – 2015. - №8. С.14-18.

4. Модель использования зерноуборочных комбайнов в сельскохозяйственном предприятии /Г.Н.Ерохин, В.В.Коновский // Наука в Центральной России. –2017. –№4(28) . –С. 49-56.

5. Ерохин, Г.Н. Эксплуатационно-технологические показатели зерноуборочных комбайнов / Г.Н.Ерохин, В.В. Коновский // Техника в сельском хозяйстве. – 2012. – №6. –С.18-20.

6. Ерохин, Г.Н. Моделирование потерь зерна за зерноуборочными комбайнами /Г.Н.Ерохин, С.Н.Сазонов, В.В.Коновский // Вестник Мичуринского аграрного университета. - Мичуринск: - 2014. - №2. – С.65-68.

7. Ерохин, Г.Н. Оценка эксплуатационных свойств зерноуборочных комбайнов ACROS 530 и John Deer W650 / Г.Н. Ерохин, С.Н.Сазонов, В.В. Коновский // Вестник Мичуринского аграрного университета. - Мичуринск: 2014. - №1. – С.68-71.

8. Ерохин, Г.Н. Мониторинг показателей надежности зерноуборочного комбайна Acros 530 / Г.Н. Ерохин, В.В. Коновский // Наука в Центральной России. – 2014. – № 1(7). – С.16-20.

References

1.Erohin, G.N. Ob ispol'zovanii zernouborochnyh kombajnov storonnih predpriyatij /G.N.Erohin, V.V.Konovskij // Nauka v central'noj Rossii. – 2018. – № 3 (33). – S. 5-11.

2. Erohin, G.N. Poteri ehffektivnosti uborki zernovyh kul'tur v sel'hozpredpriyatii / G.N. Erohin, A.S. Reshetov // Nauka v Central'noj Rossii. – 2013. - №1. - S.40-44.

3. Erohin, G.N. Ocenka ehffektivnosti tekhnicheskogo servisa zernouborochnyh kombajnov /G.N.Erohin, S.N.Sazonov, V.V.Konovskij// Nauchnoe obozrenie. – 2015. - №8. S.14-18.

4. Model' ispol'zovaniya zernouborochnyh kombajnov v sel'skohozyajstvennom predpriyatii /G.N.Erohin, V.V.Konovskij // Nauka v Central'noj Rossii. –2017. –№4(28) . –S. 49-56.

5. Erohin, G.N. EHkspluatacionno-tekhnologicheskie pokazateli zernouborochnyh kombajnov / G.N.Erohin, V.V.Konovskij // Tekhnika v sel'skom hozyajstve. – 2012. – №6. –S.18-20.

6. Erohin, G.N. Modelirovanie poter' zerna za zernouborochnymi kombajnami /G.N.Erohin, S.N.Sazonov, V.V.Konovskij // Vestnik Michurinskogo agrarnogo universiteta. - Michurinsk: 2014. - №2. – S.65-68.

7. Erohin, G.N. Ocenka ehkspluatacionnyh svojstv zernouborochnyh kombajnov ACROS 530 i John Deer W650 / G.N. Erohin, S.N.Sazonov, V.V. Konovskij // Vestnik Michurinskogo agrarnogo universiteta. - Michurinsk: 2014. - №1. – S.68-71.

8. Erohin, G.N. Monitoring pokazatelej nadezhnosti zernouborochnogo kombajna Acros 530 / G.N. Erohin, V.V. Konovskij // Nauka v Central'noj Rossii. – 2014. – № 1(7). – S.16-20.

УДК 631.303

МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ УСТРОЙСТВ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ МАССОВЫМИ ПОТОКАМИ ЗЕРНА

Анашкин Александр Витальевич
кандидат технических наук, E-mail: av-anashkin@mail.ru
Тишанинов Константин Николаевич
кандидат технических наук, E-mail: TishaninovKN@rambler.ru

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», Тамбов

Реферат. *Известно, что сельхозпредприятия зачастую используют морально и технически устаревшую технику для послеуборочной очистки зерна. Одним из направлений развития зерноочистительной техники является управление массовыми потоками зерна. Разработан класс устройств для управления массовыми потоками зерна на предыдущих этапах исследований. Установлено, что одним из способов регулирования устройств для разде-*

ления потоков зерна является использование грузовоспринимающей системы. Регулировать процессы управления массовыми потоками зерна можно использовав систему щелевых отверстий. Известно, что для нужд производства необходимо изготавливать делители конструктивно ограниченные по высоте. Поэтому, помимо разработки новых способов регулирования делителей потоков зерна, необходимо также разрабатывать делители, которые обеспечивают требуемое качество разделения потоков и соответствуют требованиям по технологической высоте. К таким устройствам относятся наклонные делители. Для поиска новых технических решений был использован морфологический анализ. Известно, что морфологический анализ как метод поиска новых технических решений впервые был предложен астрономом Фрицем Цвики в 1942 году. Морфологический анализ позволяет найти как можно больше технических решений перебором вариантов, которые получаются на стыке различных значений отдельных свойств технических устройств (морфем). В данной работе рассмотрены такие свойства устройств для разделения потоков зерна, как: способ регулирования, направление регулирующего воздействия и наличие стабилизирующей емкости. В результате анализа получены две новые конструктивно-технологические схемы делителей потока зерна. Первая схема устройства для разделения потока зерна позволяет увеличить расходные характеристики отводов при сохранении размеров делителя. Вторая схема позволяет упростить конструкцию делителя с щелевой системой регулирования за счет того, что делитель выполнен без стабилизирующей емкости и является частью зернопровода. Монтаж такого устройства без стабилизирующей емкости в состав зерноочистительной техники также упрощен.

Ключевые слова: *делитель потока зерна, морфологический анализ, средства управления массовыми потоками зерна.*

MORPHOLOGICAL ANALYSIS OF DEVICES FOR MANAGING MASS FLOWS OF GRAIN

Anashkin Alexander V.
candidate of technical Sciences, E-mail: av-anashkin@mail.ru
Tishaninov Konstantin N.
candidate of technical Sciences, E-mail: TishaninovKN@rambler.ru

Federal State Budgetary Scientific Institution «All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture», Tambov

Abstract*. It is known that agricultural enterprises often use morally and technically outdated equipment for post-harvest cleaning of grain. One of the directions of development of grain cleaning equipment is the management of mass flows of grain. The class of devices for controlling the mass flows of grain was developed in the previous stages of research. It is established that one of the ways to control the devices for the separation of grain flows is the use of cargo-receiving system. It was found that the separation process can be adjusted using a system of slotted holes. It is known that for the needs of production it is necessary to produce dividers structurally limited in height. Therefore, in addition to the development of new ways to regulate grain flow dividers, it is also necessary to develop dividers that provide not only the necessary quality of mass flow separation, but can be structurally and technologically limited in height. Such dividers are slanted divid-*

ers. Morphological analysis was used to find new technical solutions. It is known that morphological analysis as a method of finding new technical solutions was first proposed by astronomer Fritz Zwicky in 1942. It is known that the morphological analysis allows finding as much as possible technical decisions by search of options which turn out on a joint of various values of separate properties of technical devices (morphemes). In this paper, we consider such properties of devices for the separation of grain flows as: the method of regulation, the position and the presence of a stabilizing capacity. As a result of the analysis, two design and technological schemes of grain flow dividers are obtained. The first scheme of the device for the separation of grain flow allows increasing the flow characteristics of taps at the same size of the device. The second scheme makes it possible to simplify the design of the grain flow divider with a slit control system so that the divider is made without a stabilizing capacity, is part of the grain pipeline. The installation of such a divider without the stabilizing capacity was also simplified.

Keywords: *grain flow divider, morphological analysis, control means of mass grain flows.*

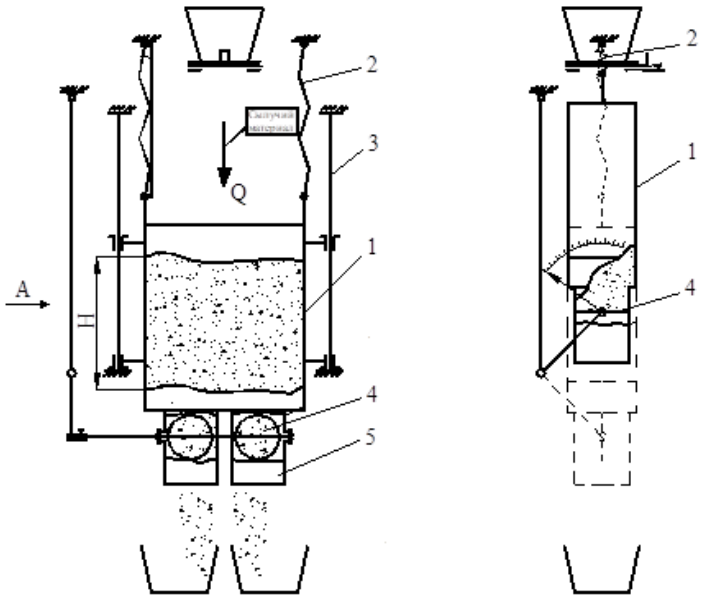
Введение. Послеуборочная очистка зерна является одной из важнейших стадией его производства, от которой зависит конечное качество зерна. Реализация не подработанного зерна снижает рентабельность его производства, а использование собственных средств очистки (зерноочистительных агрегатов типа ЗАВ, КЗС) часто затруднено в силу физического и морального износа оборудования. Поэтому совершенствование технологий послеуборочной очистки зерна является важной задачей. Одним из направлений развития зерноочистительной техники является управление массовыми потоками зерна.

Средства управления массовыми потоками зерна используется для решения различных задач: от равномерной загрузки машин первичной очистки зерна до настройки триерных блоков. Например, при неравной загрузке триерного блока один из цилиндров (недогруженный) будет некачественно очищать зерновой ворох, а во втором (перегруженный) будут иметь место потери чистого зерна в отходы. Поэтому, без средств управления массовыми потоками зерна использование триерных блоков затруднено, и зачастую сельхозпредприятия триерные блоки исключают из технологической цепи очистки зерна.

Материалы и методы. Морфологический анализ свойств (морфем) устройств для разделения потоков зерна.

Результаты и обсуждение. Разработка делителей потока зерна нами была начата с использования грузовоспринимающей системы, которая позволяет поддерживать заданный уровень зерна в стабилизирующей емкости и регулировать его массой расходные характеристики отводов так, что при накоплении зерна в емкости расходные характеристики увеличиваются, а с уменьшением – уменьшаются, рисунок 1. Это позволило делить поток зерна с очень высокой точностью.

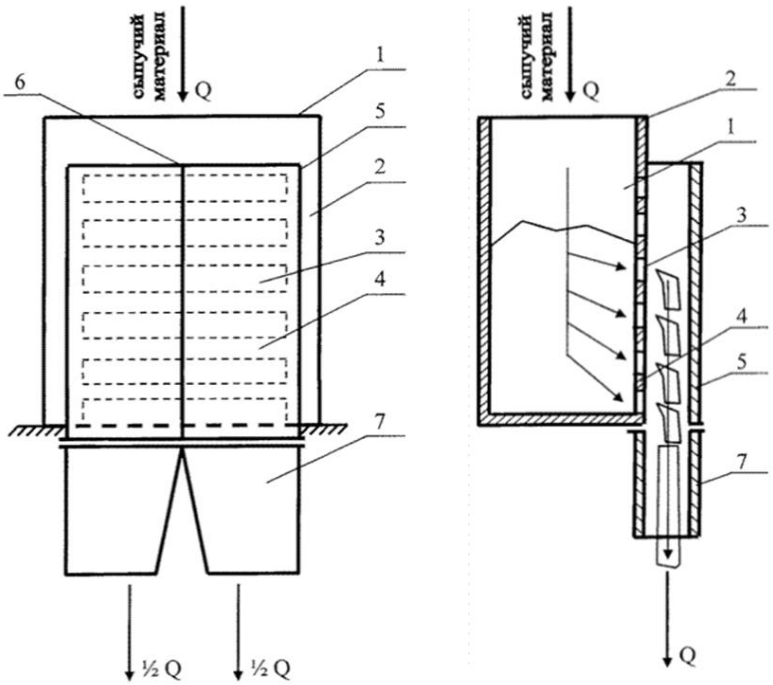
Делитель потока зерна работает следующим образом. Зерно подается в регулирующую емкость 1. По мере накопления зерна в емкости 1 их общая масса начинает превышать силу натяжения пружин 2 и емкость по направляющим 3 перемещается вниз, открывая клапаны 4, которые отвечают за расходные характеристики. Уровень слоя зерна в регулирующей емкости 1 падает. Под действием силы натяжения пружин 2 емкость 1 перемешается вверх, закрывая клапаны 4 в отводах 5. Таким образом осуществляется процесс авторегулирования.



1- регулирующая емкость; 2 - пружины; 3 - направляющие; 4 - клапаны; 5 - отводы

Рисунок 1 – Делитель потока зерна с пружинной грузовоспринимающей системой (Патент RU 2341954)

Следующим шагом технического развития устройств для разделения потоков зерна было использование щелевых отверстий для регулирования уровня зерна в стабилизирующей емкости и расходных характеристик отводов, рисунок 2.



1 - стабилизирующую емкость; 2 – боковая стенка; 3 – отводящие каналы; 4 – щелевые отверстия; 5 – корпус; 6 – вертикальная перегородка; 7 – патрубки

Рисунок 2 – Делитель потока зерна с щелевыми отверстиями (Патент RU 2459405)

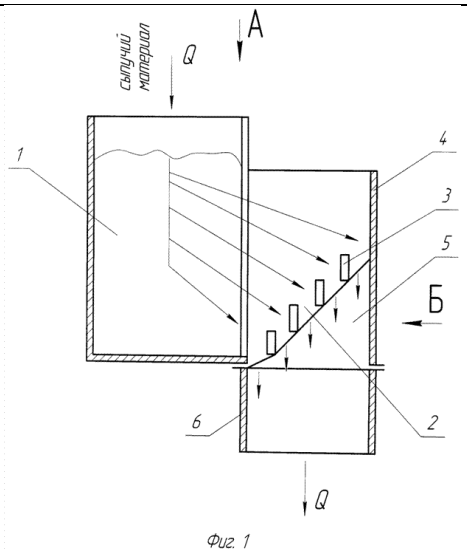
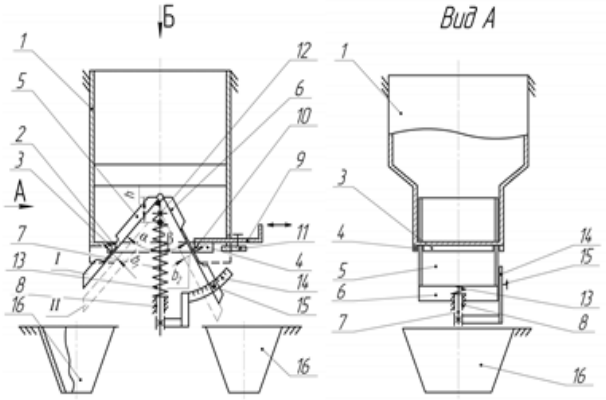
Делитель потока зерна с щелевыми отверстиями работает следующим образом. Зерно подается в стабилизирующую емкость 1. С увеличением уровня зерна в стабилизирующей емкости 2 увеличивается число задействованных щелевых отверстий 4 в стенке 2, через которое происходит истечение зерна в отводящие каналы 3. При этом расходные характеристики увеличиваются. С уменьшением уровня зерна в стабилизирующей емкости 1 количество задействованных щелевых отверстий 4 в стенке 2 уменьшается, следовательно уменьшаются расходные характеристики отводов 3. Таким образом осуществляется процесс авторегулирования уровня зерна в стабилизирующей емкости 1. Точность разделения потока зерна при такой схеме устройства также достаточно высокая, при этом делитель с щелевыми отверстиями отличается от делителя с грузовоспринимающей системой простотой конструкции, надежностью работы (из-за отсутствия подвижных частей) и легкостью монтажа.

Использование щелевых отверстий и грузовоспринимающей системы позволяет создавать делители, которые работают с высокой степенью точности разделения потока зерна.

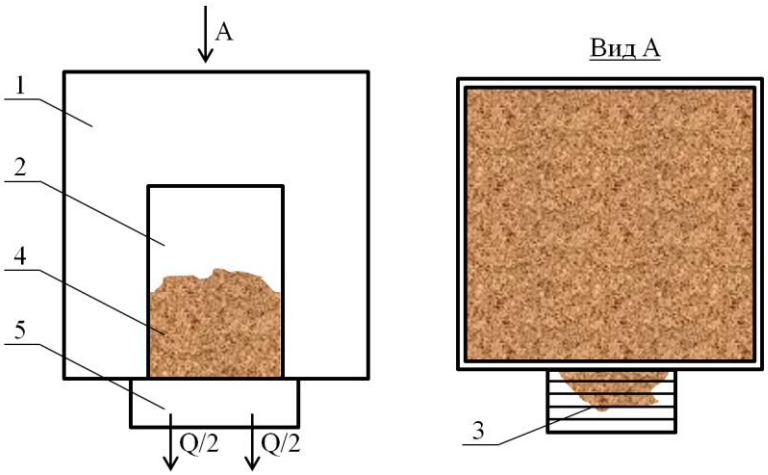
Теперь рассмотрим другое свойство делителей, а именно направление регулирующего воздействия (вертикальное, наклонное и горизонтальное) и составим таблицу, которая отображает все комбинации двух вышеописанных свойств делителей. Вертикаль этой таблицы отображает расположение стабилизирующей емкости (свойство А), горизонталь - способ регулирования расходных характеристик и поддержания уровня слоя зерна в емкости (свойство Б), таблица 1.

Таблица 1 – Морфологическая матрица свойств делителей потока зерна

А/Б	Грузовоспринимающая система	Щелевые отверстия
Вертикальное	(Патент RU 2341954) [1]	(Патент RU 2459405) [2]

Наклонное	 (Патент RU 2437271) [3]	 (Патент RU 2520341) [4]
Горизонтальное	 (вариант с горизонтальным размещением пружины)	(Новая конструкция делителя)

Морфологический анализ показывает, что можно создать делитель, в котором отведение сыпучего материала осуществляется через горизонтальную стенку с отверстиями. Его конструктивно-технологическая схема представлена на рисунке 3.



1 –стабилизирующая емкость; 2 – боковое окно; 3 – горизонтальная стенка с отверстиями; 4 – зерно; 5 – отводы.

Рисунок 3 – Делитель с отводом материала через горизонтальную стенку с отверстиями

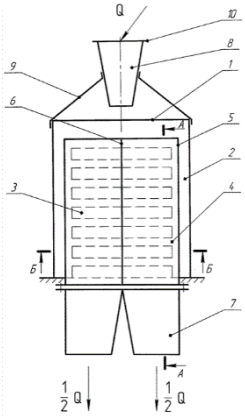
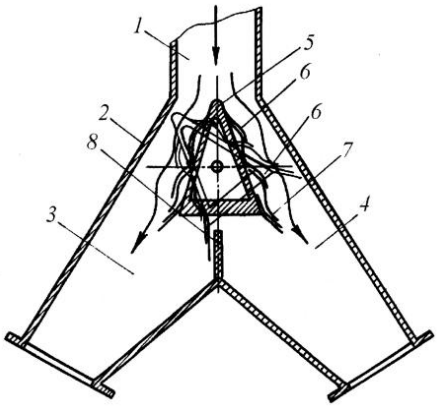
Делитель работает следующим образом. Зерно из стабилизирующей емкости 1 через боковое окно 2 поступает на горизонтальную стенку с отверстиями 3, где происходит разделение потока зерна и дальнейший его вывод через отводы 5.

Преимуществами этого делителя являются существенное увеличение пропускной способности, снижение габаритов, простота конструкции и использования.

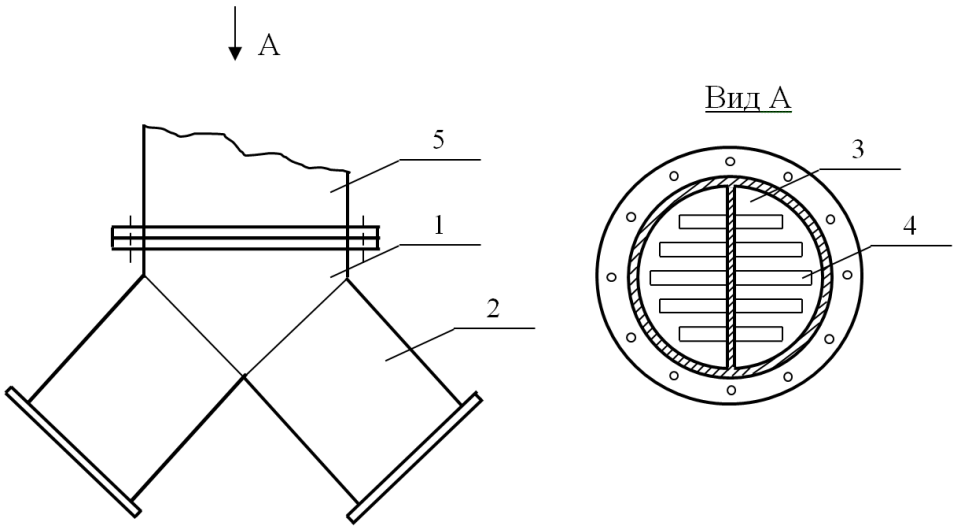
Другим важным свойством делителя потока зерна (свойство А) является наличие стабилизирующей емкости. С одной стороны она позволяет разделять сыпучий материал, движущийся сплошным потоком, что обеспечивает лучшую точность деления. С другой стороны наличие стабилизирующей емкости существо усложняет конструкцию делителя, увеличивает его металлоемкость и цену.

В таблице 2 представлена вариативность сочетания свойств устройств для разделения потока зерна в зависимости от наличия стабилизирующей емкости и способа регулирования работы делителя.

Таблица 2 – Морфологическая матрица свойств делителей потока зерна

А/Б	Грузовоспринимающая система	Щелевые отверстия
Со стабилизирующей емкостью	(Патент RU 2578102) [5]	 (Патент RU 2490863) [6]
Без стабилизирующей емкостью	 (Патент RU 2067381)	(Новая конструкция делителя)

Из таблицы 2 видно, что возможна конструкция делителя потока зерна, который не должен иметь стабилизирующей емкости (а значит быть частью зернопровода) и разделять падающий поток с помощью стенки с щелевыми отверстиями. Нами разработана схема такого устройства, которая показана на рисунке 4.



1 – тройник; 2 – отводы; 3 – перегородка; 4 – щелевые отверстия; 5 - зернопровод.

Рисунок 4 – Делитель в виде тройника зернопровода

Делитель выполнен в виде тройника 1, который крепится к зернопроводу 5 и является его частью. Часть трубы до перегородки 3 с щелевыми отверстиями 4 выполняет роль стабилизирующей емкости. Разделенные потоки выводятся через отводы 2.

Преимуществом делителя являются простота конструкции и удобность монтажа.

Заключение. Морфологический анализ помог создать две новые конструкции устройств для управления массовыми потоками зерна. Первое устройство имеет повышенные расходные характеристики по сравнению с аналогами. Второе устройство по сравнению с аналогами имеет существенно более простую конструкцию.

Список литературы

1. Патент 2341954 Российская Федерация, МПК С1, А 01 F 12/46. Устройство для разделения потока сыпучих материалов/ А.И. Завражнов, К.Н. Тишанинов. – 2006146774; Заявлено 26.12.2006; Опубл. 27.12.2008. Бюл. №36.

2. Патент 2459405 Российская Федерация, МПК С1, А01F12/46. Устройство для разделения потока сыпучих материалов // Тишанинов Н.П., Тишанинов К.Н. - 2011110258/13; Заявлено 17.03.2011; Опубл. 27.08.2012. Бюл. №24.

3. Патент 2437271 Российская Федерация, МПК С1. Устройство для разделения потока сыпучих материалов // Тишанинов Н.П., Тишанинов К.Н. - 2010107918/13, 03.03.2010; Опубл. 27.12.2011. Бюл. №36.

4. Патент 2520341 Российская Федерация, МПК С1, А01F12/44. Устройство для разделения потока сыпучих материалов// Н.П. Тишанинов, А.В. Анашкин, К.Н. Тишанинов. – 2012145368/13; Заявлено 24.10.2012; Опубл. 20.06.14. Бюлл. №17.

5. Патент 2578102 Российская Федерация, МПК С1, А01F12/44. Устройство для разделения потока сыпучих материалов// А.В. Анашкин. – 2015111871/13; Заявлено 01.04.2015; Опубл. 20.03.16. Бюлл. №8.

6. Патент 2490863 Российская Федерация, МПК С1, А01F12/46. Устройство для разделения потока сыпучих материалов // Тишанинов Н.П. Тишанинов К.Н. Растюшевский К.А. - 2012113182/13, Заявлено 04.04.2012; Опубл. 27.08.2013. Бюл. № 24.

References

1. Patent 2341954 Rossiyjskaya Federaciya, MPK S1, A 01 F 12/46. Ustroyjstvo dlya razdeleniya potoka sihpuchikh materialov/ A.I. Zavrazhnov, K.N. Tishaninov. – 2006146774; Zayavleno 26.12.2006; Opubl. 27.12.2008. Byul. №36.

2. Patent 2459405 Rossiyjskaya Federaciya, MPK S1, A01F12/46. Ustroyjstvo dlya razdeleniya potoka sihpuchikh materialov // Tishaninov N.P., Tishaninov K.N. - 2011110258/13; Zayavleno 17.03.2011; Opubl. 27.08.2012. Byul. №24.

3. Patent 2437271 Rossiyjskaya Federaciya, MPK S1. Ustroyjstvo dlya razdeleniya potoka sihpuchikh materialov // Tishaninov N.P., Tishaninov K.N. - 2010107918/13, 03.03.2010; Opubl. 27.12.2011. Byul. №36.

4. Patent 2520341 Rossiyjskaya Federaciya, MPK S1, A01F12/44. Ustroyjstvo dlya razdeleniya potoka sihpuchikh materialov// N.P. Tishaninov, A.V. Anashkin, K.N. Tishaninov. – 2012145368/13; Zayavleno 24.10.2012; Opubl. 20.06.14. Byull. №17.

5. Patent 2578102 Rossiyjskaya Federaciya, MPK S1, A01F12/44. Ustroyjstvo dlya razdeleniya potoka sihpuchikh materialov// A.V. Anashkin. – 2015111871/13; Zayavleno 01.04.2015; Opubl. 20.03.16. Byull. №8.

6. Patent 2490863 Rossiyjskaya Federaciya, MPK S1, A01F12/46. Ustroyjstvo dlya razdeleniya potoka sihpuchikh materialov // Tishaninov N.P. Tishaninov K.N. Rastyushevskiyj K.A. - 2012113182/13, Zayavleno 04.04.2012; Opubl. 27.08.2013. Byul. № 24.

УДК 62-65:631.371

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НИЗКОВОЛЬТНОГО ГЕНЕРАТОРА ДЛЯ ПОДОГРЕВА ВОЗДУШНОГО ПОТОКА ПРИ СУШКЕ МАШИН

Петрашев Александр Иванович,
доктор технических наук, с.н.с., заведующий лабораторией
E-mail: vitin-10.pet@mail.ru
Клепиков Виктор Валерьевич,
кандидат технических наук, старший научный сотрудник
E-mail: viktrikt@mail.ru
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», г. Тамбов

Реферат. *Известно, что адгезия и срок службы консервационных покрытий снижаются при их нанесении на влажные поверхности сельскохозяйственных машин. Повышение качества консервации машин достигается за счет обдувки и сушки поверхностей потоком нагретого воздуха. Предложено использовать трактор с мобильным оборудованием, содержащим компрессор для производства сжатого воздуха и генератор тока низкого напряжения для нагрева воздушного потока. Изучен процесс истечения воздуха из сопел, и на основании уравнения Прандтля установлена зависимость расхода воздуха от давления компрессора и диаметра сопла продувочного пистолета. Показано, что длительность непрерывной обдувки машин зависит от расхода сжатого воздуха через сопло, производительности компрессора, объема ресивера и давления срабатывания телепрессостата. Предложен подогреватель сжатого воздуха в виде электрической спирали, размещенной в конце воздушного шланга. Установлено, что на выходе из сопла продувочного пистолета температура нагретого воздушного потока возрастает при уменьшении давления воздуха и длины электрической спирали. Определены рациональные параметры подогревателя воздуха при работе от электроэнергии автотракторного генератора напряжением 30 В: длина электрической спирали – 3,0 м; потребляемая мощность – 210 Вт; давление воздуха – 0,4*

МПа; диаметр сопла – 0,4 см; повышение температуры воздушного потока – до 41 °С на расстоянии 1,5 см от сопла.

Ключевые слова: *сжатый воздух, сушка, электрическая спираль, нагрев, шланг, генератор тока.*

LOW VOLTAGE GENERATOR POWER APPLICATION FOR HEATING THE AIR FLOW WHEN DRYING MACHINES

Petrashev Alexandr
Full Doctor of Technical Sciences, associate professor, laboratory chief,
Klepikov Viktor
Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher
Federal State Budgetary Scientific Institution «All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture», Tambov

Abstract. *It is known that the adhesion and service life of conservation coatings are reduced when they are applied to the wet surfaces of agricultural machines. Improving the quality of conservation machines is achieved by blowing and drying surfaces with a stream of heated air. It proposed to use a tractor with mobile equipment containing a compressor for the production of compressed air and a low voltage current generator for heating of the airflow. The process of exhausting air from the nozzles was studied, and the dependence of the air flow on the compressor pressure and the diameter of the nozzle of the blowing gun was determined on the basis of the Prandtl equation. It is shown that the duration of continuous blowing machines depends on the flow of compressed air through the nozzle, the compressor capacity, the volume of the receiver and the response pressure of the telepressostat. The heater for compressed air in the form of an electric spiral, placed at the end of the air hose, is charming. It is established that the temperature of the heated air flow increases with decreasing air pressure and the length of the electric coil at the exit of the nozzle of the purge gun. The rational parameters of an air heater are determined when operating with an electric power of an autotractor generator with a voltage of 30 V: the length of the electric spiral is 3.0 m; power consumption - 210 W; air pressure - 0.4 MPa; nozzle diameter - 0.4 cm; an increase in the temperature of the air flow is up to 41 °C at a distance of 1.5 cm from the nozzle.*

Key words: *compressed air, drying, electric coil, heating, hose, current generator.*

Введение. В практике консервационных работ, проводимых на сельхозмашинах осенью, защитные покрытия приходится наносить по влажной поверхности. Это приводит к снижению адгезии, качества и, как следствие, срока службы нанесенных покрытий. В соответствии с ГОСТ 7751-85 [1], сельскохозяйственные машины после эксплуатации необходимо очистить от пыли, грязи, подтеков масла, растительных и других остатков, удобрений и ядохимикатов. Машины после очистки и мойки должны быть обдуты сжатым воздухом для удаления влаги и повышения адгезии антикоррозионного покрытия [2].

В качестве источника сжатого воздуха чаще всего используются передвижные компрессоры с электроприводом. Передвижные компрессоры достаточно производительны, но привязаны к электросети, и поэтому имеют небольшой радиус технологического обслуживания. С их помощью можно проводить обдувку и консервацию машин, размещенных вблизи ремонтной мастерской, ангара, погрузочно-разгрузочной площадки и иного электрифицированного объекта машинного двора [3, 4].

Из-за ограниченных финансовых возможностей сельскохозяйственные предприятия не строят новые коммуникации для электроснабжения компрессорного и консервационного оборудования на площадках хранения техники. Для консервации техники на площадках необходимы мобильные агрегаты, работающие от ВОМ трактора [5, 6]. Агрегаты целесообразно оснащать компрессором и низковольтным генератором (30 В, 1 кВт) для и нанесения заущенных консервационных составов [7, 8]. При этом актуальна задача по обоснованию рациональных параметров обдувочного устройства, позволяющего эффективно использовать энергию низковольтного генератора для подогрева потока воздуха.

Оценка расхода сжатого воздуха при обдувке машин.

Рассмотрим процесс обдувки поверхности сжатым воздухом посредством продувочного пистолета с насадкой, имеющей сопло сечением - S (см^2). Абсолютное давление сжатого воздуха в насадке – $p_а$ (МПа), давление сопротивления истечению сжатого воздуха из насадки в атмосферу – $p_о$. Если абсолютное давление воздуха в насадке в 2 раза превышает атмосферное ($p_а > 2p_о$), то массовый расход воздуха $M_в$ (кг/с) через сопло при истечении в атмосферу определяется по формуле Прандтля [9, с. 360]:

$$M_в = 3{,}8 \cdot S \frac{p_а}{\sqrt{T_а}},$$

где $T_а$ – абсолютная температура воздуха в насадке, К.

Объемный расход - $Q_в$ (м^3/с) воздуха через сопло пистолета, приводится к нормальному атмосферному давлению:

$$Q_в = \frac{M_в}{\rho_в} = 3{,}8 \cdot \frac{\pi d_с^2 p_а}{4\rho_в \sqrt{T_а}}, \qquad (1)$$

где $\rho_в$ – плотность воздуха, кг/м^3; при температуре $T_а$ = 273 К (0 ^{o}С) и нормальном атмосферном давлении ($p_о$ = 0,1 МПа) плотность воздуха $\rho_в$ = 1,293 кг/м^3 [10]; $d_с$ – диаметр сопла, см.

По показаниям манометра измеряется относительное (манометрическое) давление $p_{об}$ воздуха, поступающего в насадку. При расчете абсолютного давления $p_а$ воздуха через манометрическое $p_{об}$ учитывается давление атмосферы:

$$p_а = p_{об} + p_о.$$

В выражение (1) введем значения $\rho_в$ = 1,293 кг/м^3, $T_а$ = 273 К и приведем расход воздуха $Q_в$ к размерности (*л/мин*), в которой оценивается производительность (по объему всасывания) компрессорных установок:

$$Q_в = 2670 \cdot \pi d_с^2 \left(p_{об} + p_о\right). \qquad (2)$$

В формуле (2) давление $p_{об}$ должно быть в *МПа*, диаметр сопла $d_с$ – в *см*, тогда расчет даст объемный расход $Q_в$ воздуха – в *л/мин*. Формула (2) подходит для ориентировочных расчетов объемного расхода воздуха, истекающего под давлением $p_{об}$ > 0,2 МПа. Графическая интерпретация формулы (2) для сопел диаметрами $d_с$ = 0,3; 0,4 и 0,5 см представлена на рисунке 1.

Расход воздуха зависит от диаметра сопла и давления компрессора. Так на обдувку соплом 0,4 см при давлении 0,3 МПа потребляемый расход воздуха составит 530 л/мин.

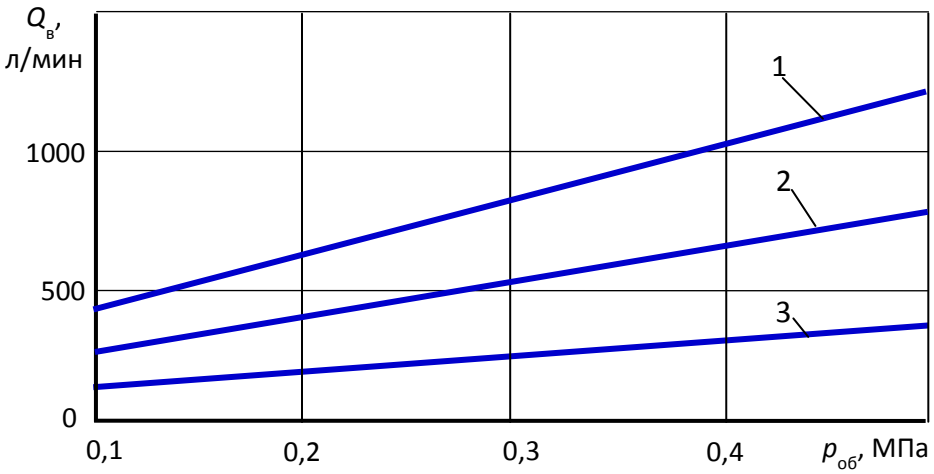


Рисунок 1 – Зависимость расхода $Q_в$ воздуха от давления $p_{об}$ и диаметра сопла $d_с$: 1 – 0,5 см; 2 – 0,4 см; 3 – 0,3 см

Рассмотрим процесс обдувки поверхностей машины при объемном расходе воздуха - $Q_в$, превышающем производительность компрессора - $Q_к$. Определим длительность работы $t_{об}$ продувочного пистолета под давлением $p_{об}$ с использованием запаса сжатого воздуха из ресивера. Давление $p_{об}$ устанавливается оператором и поддерживается пневморегулятором. Продувочный пистолет посредством обдувочного шланга соединяется с ресивером компрессора. Его оператор включает в работу после того как в ресивер закачан сжатый воздух под максимальным манометрическим давлением $p_{max} > p_{об}$, которое ограничивается телепрессостатом компрессора.

Объем сжатого воздуха $\Delta V_р$ (л), поступающего из ресивера под давлением $p_{об}$:

$$\Delta V_р = \frac{V_р\left(p_{max} + p_о\right)}{p_{об} + p_о}, \tag{3}$$

где $V_р$ – объем ресивера, л.

За время $t_{об}$ работы компрессор производительностью $Q_к$ накачает в ресивер дополнительный объем $\Delta V_д$ (л) воздуха, который тоже поступит на обдувку:

$$\Delta V_д = \frac{Q_к t_{об} p_о}{p_{об} + p_о}. \tag{4}$$

Объем $\Delta V_{об}$ воздуха, находящегося под давлением $p_{об}$ и истекшего через сопло пистолета за время $t_{об}$, определим суммированием выражений (3) и (4):

$$\Delta V_{об} = \Delta V_р + \Delta V_д = \frac{V_р\left(p_{max} + p_о\right) + Q_к t_{об} p_о}{p_{об} + p_о}. \tag{5}$$

Если объемный расход воздуха через сопло продувочного пистолета равен $Q_в$ (н.у.), то при непрерывном режиме обдувки за время $t_{об}$ будет израсходован весь объем воздуха $\Delta V_{об}$, находящегося под давлением $p_{об}$:

$$\Delta V_{об} = \frac{Q_в t_{об} p_о}{p_{об} + p_о}. \tag{6}$$

Приравняв правые части выражений (5) и (6) определим длительность $t_{об}$ непрерывной работы продувочного пистолета с расходом $Q_в$, превышающем производительность $Q_к$ компрессора:

$$t_{об} = \frac{V_р(p_{max} + p_о)/p_о}{Q_в - Q_к}. \quad (7)$$

Графически зависимость (7) для компрессора с ресивером 50 л показана на рисунке 2.

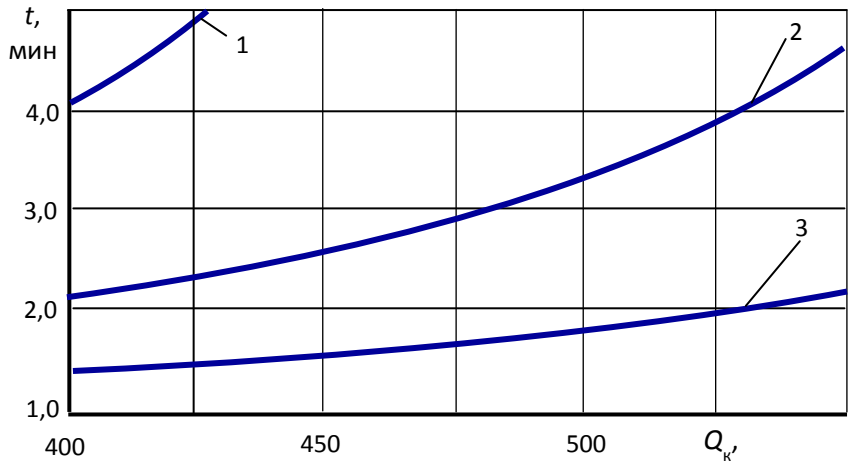


Рисунок 2 – Длительность $t_{об}$ работы продувочного пистолета в зависимости от производительности компрессора $Q_к$ при давлениях обдува $p_{об}$: 1 - 0,3; 2 - 0,4; 3 - 0,5 МПа

Как видим, при использовании компрессора производительностью 530 л/мин возможно достаточно длительно (4 мин.) вести обдувку поверхностей при давлении 0,4 МПа.

Для прерывистого режима обдува время $t_{вс}$ восстановления давления воздуха в ресивере:

$$t_{вс} = \frac{V_р(p_{max} - p_о)}{Q_к p_о}.$$

Обоснование параметров нагревателя сжатого воздуха

В связи с тем, что выходящий из сопла воздушный поток расширяется, не совершая внешнюю работу, и на небольшой длине - без теплообмена с окружающим воздухом, то в нем протекает адиабатический процесс. Адиабатический процесс расширения сопровождается охлаждением воздушного потока и повышением его относительной влажности. При обдувке влажных поверхностей машин охлажденным влажным воздухом снижаются производительность и качество сушки [11, 12]. Для того, чтобы повысить эффективность сушки локальных поверхностей машин перед консервацией, сжатый воздух необходимо подогревать.

Полная мощность $P_о$ (Вт) нагревателя, затрачиваемая на нагрев воздуха от температуры T_1 до T_2 (на ΔT) и на компенсацию теплопотерь, определится по формуле из [13]:

$$P_о = \frac{c_р \rho_в Q_в \Delta T}{k_н}, \quad (8)$$

где $c_р$ – удельная теплоемкость воздуха при постоянном давлении, $c_р$ = 1006 Дж/(кг·°С); $Q_в$ – расход воздуха при н.у., примем $Q_в$ = 530 л/мин = 0,0088 м^3/с; ΔT – температурный интервал нагрева воздуха, примем ΔT = 20 °С; $k_н$ – коэффициент полезного использования мощности нагревателя, примем $k_н$ = 0,7-0,9.

Расчет по формуле (8) дает величину мощности воздушного нагревателя 254-327 Вт. Такую мощность может обеспечить электронагревательная спираль, размещенная в воздушном шланге. Для электропитания спирали достаточно мощности автотракторного генератора 30 В, 1 кВт.

Из формулы (8) полезная мощность $P_н$ (Вт) спирали, затраченная на нагрев воздуха:

$$P_н = c_р \rho_в Q_в \Delta T .$$

В процессе работы часть тепловой энергия от спирали рассеивается через оболочку шланга. Коэффициент полезного использования мощности электронагревательной спирали:

$$k_н = \frac{P_н}{P_о} = \frac{P_н}{P_н + P_ш},$$

где $P_ш$ – теплопотери через оболочку шланга за единицу времени (Дж/с = Вт).

Теплопотери $P_ш$ через оболочку шланга определяются по формуле [14]:

$$P_ш = \frac{\pi L_с \Delta T}{\dfrac{d_в + d_н}{\alpha_1 d_в d_н} + \dfrac{\ln(d_н / d_в)}{2\lambda_ш}}, \qquad (9)$$

где $L_с$ – длина участка шланга, обогреваемого спиралью, м; $\lambda_ш$ – коэффициент теплопроводности резинового шланга, по данным [15] $\lambda_ш$ = 0,184 Вт/(м·°С); $d_в$, $d_н$, – внутренний и наружный диаметры оболочки шланга, мм; α_1 – коэффициент теплоотдачи от нагретого воздуха к шлангу и от шланга в атмосферу, по данным [15] α_1 = 15 Вт/(м^2 · °С).

Спираль может быть вытянута на всю длину шланга ($L_с = L_ш$) или занимать участок шланга ($L_с < L_ш$). Анализ выражения (9) показывает, что теплопотери через оболочку шланга напрямую зависят от длины спирали. Теплопотери должны уменьшаться с уменьшением длины спирали при условии, что она закреплена в конце шланга возле продувочного пистолета.

Полная мощность электронагревательной спирали:

$$P_о = P_н + P_ш = c_р \rho_в Q_в \Delta T + \frac{\pi L_с \Delta T}{\dfrac{d_в + d_н}{\alpha_1 d_в d_н} + \dfrac{\ln(d_н / d_в)}{2\lambda_ш}}.$$

В полученной формуле заменим расход $Q_в$ выражением (2), а затем, преобразовав ее, определим температуру ΔT нагрева воздушного потока:

$$\Delta T = \frac{P_о}{2670 \cdot \pi d_с^2 (p_{об} + p_о) c_р \rho_в + \dfrac{\pi L_с \Delta T}{\dfrac{d_в + d_н}{\alpha_1 d_в d_н} + \dfrac{\ln(d_н / d_в)}{2\lambda_ш}}}.$$

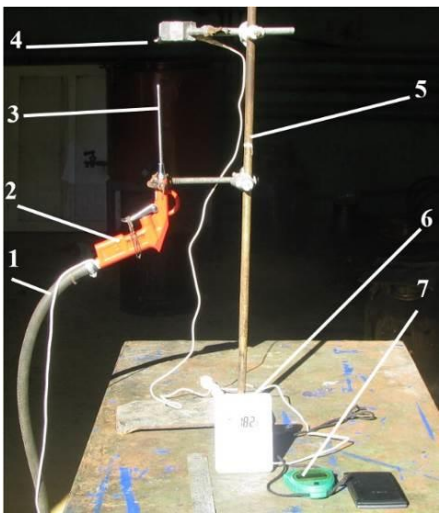
Из последнего уравнения следует, что на выходе из сопла продувочного пистолета температура ΔT воздушного потока должна возрастать при уменьшении давления $p_{об}$ обдува и длины $L_с$ электронагревательной спирали. Для подтверждения этого вывода проведено экспериментальное исследование шлангового подогревателя воздуха.

Результаты экспериментального исследования.

Исследования шлангового подогревателя воздуха проводили на стенде, содержащем штатив, на котором закрепили продувочный пистолет и термопару термометра (рисунок 3).

Диаметр сопла продувочного пистолета – 0,4 см. Расстояние между соплом продувочного пистолета и термопарой устанавливали равным 1,5 см и 6,0 см.

Шланговый подогреватель содержал нагревательную спираль, изготовленную из стальной сварочной проволоки $d_п$ = 1,0 мм, которая при температуре 20 °С имела удельное электрическое сопротивление – 0,33 Ом/м. Отрезок проволоки длиной $L_п$ = 12,0 м свили в спираль диаметром $d_с$ = 8,0 мм, сопротивление спирали – 3,96 Ом, расчетная мощность – 227 Вт. В процессе исследования спираль удлиняли до 1 м, 3 м и 5 м.



1 - воздушный шланг с спиралью; 2 – продувочный пистолет;
3 – наконечник с соплом; 4 – термопара; 5 – штатив; 6 – дисплей термометра; 7 - секундомер
Рисунок 3 – Стенд для исследования шлангового подогревателя воздуха

Нагревательную спираль ввели внутрь воздушного шланга со стороны продувочного пистолета [16]. Один конец спирали присоединили к штуцеру пистолета, на штуцер надели шланг и обжали хомутом. К штуцеру снаружи прикрепили токопроводящую жилу, которую уложили вдоль шланга и соединили с корпусом («массой») генератора Г1000В.05. Другой конец нагревательной спирали соединили с изолированным медным проводом, который пропустили внутри шланга до места подключения к компрессорной установке. Через изолированный разъем провод вывели наружу, присоединили к автоматическому выключателю и клемме «плюс» генератора. Конструктивное исполнение шлангового подогревателя исключило утечку воздуха и замыкание в цепи электропитания спирали.

Результаты исследования температуры воздушного потока на расстоянии 1,5 см от сопла продувочного пистолета показаны на рисунке 4.

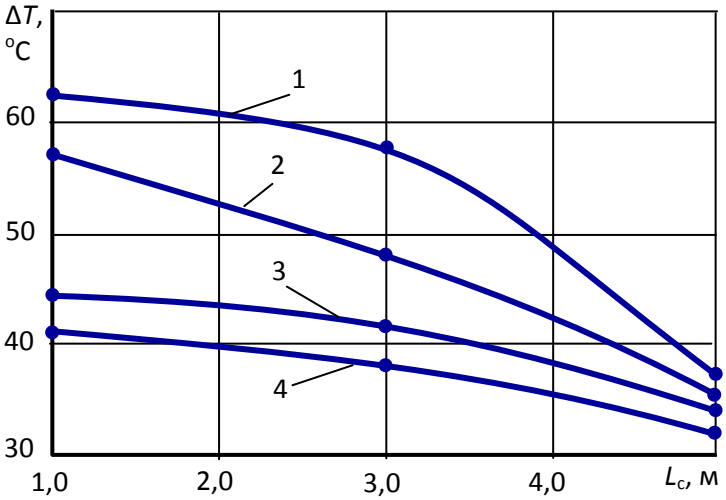


Рисунок 4 – Изменение температуры ΔT нагрева воздушного потока от длины L_c спирали при давлении воздуха: 1 – 0,2 МПа; 2 – 0,3 МПа; 3 – 0,4 МПа; 4 – 0,5 МПа

Измерениями температуры ΔT воздушного потока за соплом продувочного пистолета отмечен ее рост при уменьшении длины L_c нагревательной спирали, давления $p_{об}$ воздуха в шланге и расстояния от сопла. На расстоянии 1,5 см от сопла при длине спирали 1,0 м и

давлении 0,4 МПа воздушный поток нагрелся от 0 до 44 ^{o}С. При длине спирали 3,0 м поток нагрелся до 40 ^{o}С, при длине спирали 5,0 м – на 28 ^{o}С.

На расстоянии 6 см от сопла температура воздушного потока была существенно ниже – 13-17 ^{o}С и в меньшей степени зависела от давления воздуха и длины спирали. В процессе исследования мощность, потребляемая нагревательной спиралью, уменьшилась от 260 Вт (в момент включения в работу) до 210 Вт (в процессе нагрева) из-за высокого температурного коэффициента сопротивления стальной проволоки.

Выводы. В результате анализа факторов, влияющих на процесс обдувки поверхностей машин сжатым воздухом, получено эмпирическое уравнение, устанавливающее связь показателя расхода воздуха с параметрами давления компрессора и диаметра сопла продувочного пистолета.

Показано, что длительность непрерывной обдувки машин с расходом сжатого воздуха, превышающим производительность компрессора, зависит от величины превышения, объема ресивера и давления срабатывания телепрессостата.

Обосновано применение на площадках хранения техники шлангового подогревателя с электроспиралью, размещенной в конце шланга, для подогрева сжатого воздуха при обдувке и сушке поверхностей машин перед нанесением консервационного покрытия. Определены рациональные параметры шлангового подогревателя воздуха при питании спирали от электроэнергии автотракторного генератора 28-30 В: длина спирали – 3,0 м; потребляемая мощность – 210 Вт; давление воздуха – 0,4 МПа; диаметр обдувочного сопла – 0,4 см; температура нагрева воздушного потока – от 0 до 40 ^{o}С на расстоянии 1,5 см от сопла.

Список литературы

1. ГОСТ 7751-2009. Техника, используемая в сельском хозяйстве. Правила хранения. - М.: Изд-во стандартов, 2011. - 19 с.

2. Петрашев А.И., Сазонов С.И., Клепиков В.В. Использование сжатого воздуха для эффективной сушки сельхозмашин при подготовке к хранению // Вестник МичГАУ. - 2014. - № 2. - С. 50-57.

3. Северный А.Э., Пучин Е.А, Мельников А.А. Современный машинный двор хозяйства. - М.: Изд-во ГОСНИТИ, 1991. - 193 с.

4. Петрашев А.И. Оборудование для противокоррозионной защиты техники // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 2010. - № 5. - С. 31-33.

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

6. Петрашев А.И. Условия применения технических средств при консервации сельхозмашин // Техника в сельском хозяйстве. - 2003. - № 1. - С. 27-29.

7. Петрашев А.И. Гидродинамический нагрев вязких смазок при консервации сельхозмашин // Техника в сельском хозяйстве. - 2006. - № 4. - С. 23-27.

8. Петрашев А.И., Прохоренков В.Д., Ивойлов А.А. Мобильный энергопривод оборудования для консервации сельхозмашин загущенными композициями // Техника в сельском хозяйстве. - 2009. - № 1. - С. 27-29.

9. Прандтль Л. Гидроаэромеханика. Перевод со 2-го нем. издания В.А. Вольперта. - Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2000. - 576 с.

10. Кошкин Н.И., Ширкевич М.Г. Справочник по элементарной физике. 10-е изд., испр. доп. - М.: Наука, 1988. - 256 с.

11. Петрашев А.И. Физические основы сушки сельхозмашин сжатым воздухом // Техника в сельском хозяйстве. – 2001. - № 1. - С. 28-31.

12. Петрашев А.И., Сазонов С.И., Клепиков В.В. Использование сжатого воздуха для эффективной сушки сельхозмашин при подготовке к хранению // Вестник МичГАУ. – 2014. - № 2. - С. 50-57.

13. Минин В.Е. Воздухонагреватели для систем вентиляции и кондиционирования воздуха. - М.: Стройиздат, 1976. - 200 с

14. Телегин А.С., Швыдкой В.С., Ярошенко Ю.Г. Тепломассоперенос. – М.: Металлургия, 1995. – 400 с.

15. Чиркин В.С. Теплофизические свойства материалов ядерной физики. Справочник. - М.: Атомиздат, 1968. - 484 с.

16. Пат. № 2420359 РФ МПК B05B 7/16. Устройство для нагрева и нанесения защитного материала / Петрашев А.И., Прохоренков В.Д., Шаталин Ю.Ю., Петрашева М.А., Дивин А.Г., заявитель и патентообладатель ГНУ ВИИТиН. - № 2009107463, заяв. 27.02.2009; опубл. 10.09.2010. Бюл. № 25.

References

1. GOST 7751-2009. Tehnika, ispolzuemaya v selskom hozyajstve. Pravila hraneniya. - M.: Izd-vo standartov, 2011. - 19 s.

2. Petrashev A.I., Sazonov S.N., Klepikov V.V. Ispolzovanie szhatogo vozduha dlya effektivnoj sushki selhozmashin pri podgotovke k hraneniyu // Vestnik MichGAU. - 2014. - № 2. - S. 50-57.

3. Severnyj A.E., Pychin E.A, Melnikov A.A. Sovremennyj mashinnyj dvor hozyajstva. - M.: Izd-vo GOSNITI, 1991. - 193 s.

4. Petrashev A.I. Oborudovanie dlya protivokorrozionnoi zashchity tehniki // Mehanizaciya i elektrifikaciya selskogo hozyajstva. - 2010. - № 5. - S. 31-33.

5. Mobilnyj agregat dlya protivokorrozionnoj zashchity selskohozyajstvennoj tehniki vyazkimi smazkami / Petrashev A.I., Knyazeva L.G., Klepikov V.V. i dr. // Traktory i selhozmashiny. – 2014. - № 2. – S. 11-13.

6. Petrashev A.I. Usloviya primeneniya tehnicheskih sredstv pri konservacii selhozmashin // Tehnika v selskom hozyajstve. - 2003. - № 1. - S. 27-29.

7. Petrashev A.I. Gidrodinamicheskij nagrev vyazkih smazok pri konservacii selhozmashin // Tehnika v selskom hozyajstve. - 2006. - № 4. - S. 23-27.

8. Petrashev A.I., Prohorenkov V.D., Ivojlov A.A. Mobilnyj energoprivod oborudovaniya dlya konservacii selhozmashin zagushchennymi kompoziciyami // Tehnika v selskom hozyajstve. - 2009. - № 1. - S. 27-29.

9. Prandtl L. Gidroaeromehannika. Perevod so 2-go nem. Izdaniya V.A. Volperta. - Izhevsk: NIC «Regulyarnaya I haoticheskaya dinamika», 2000. - 576 s.

10. Koshkin N.I., Shirkevich M.G. Spravochnik po elementarnoj fizike. 10-e izd., ispr. dop. - M.: Nauka, 1988. - 256 s.

11. Petrashev A.I. Fizicheskie osnovy sushki selhozmashin szhatym vozduhom // Tehnika v selskom hozyajstve. – 2001. - № 1. - S. 28-31.

12. Petrashev A.I., Sazonov S.N., Klepikov V.V. Ispolzovanie szhatogo vozduha dlya effektivnoj sushki selhozmashin pri podgotovke k hraneniyu // Vestnik MichGAU. – 2014. - № 2. - S. 50-57.

13. Minin V.E. Vozduhonagrevateli dlya system ventilyacii I kondicionirovaniya vozduha - M.: Strojizdat, 1976. - 200 s

14. Telegin A.S., Shvydkoj V.S., Yaroshenko Yu. G. Teplomassoperenos. – M.: Metallurgiya, 1995. – 400 s.

15. Chirkin V.S. Teplofizicheskie svojstva materialov yadernoj fiziki. Spravochnik. - M.: Atomizdat, 1968. - 484 s.

16. Pat. № 2420359 RF MPK V05V 7/16. Ustrojstvo dlya nagreva I naneseniya zashchitnogo materiala / Petrashev A.I., Prohorenkov V.D., Shatalin Yu. Yu., Petrasheva M.A., Divin A.G., zayavitel I patentoobladatel GNU VIITiN. - № 2009107463, zayav. 27.02.2009; opubl. 10.09.2010. byul. № 25.

УДК 631.017.3: 621.181

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ УСТАНОВКИ С КОМБИНИРОВАННОЙ СИСТЕМОЙ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОЦЕССА ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ СОИ

Шувалов Анатолий Михайлович,
доктор технических наук, профессор, E-mail: vniti@mail.ru
Машков Алексей Николаевич,
кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, E-mail: vniiti@mail.ru
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», г. Тамбов
Тихомиров Дмитрий Анатольевич
доктор технических наук, профессор РАН, заведующий лабораторией
ФГБНУ Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, г. Москва

Реферат. *Ранее был разработан и изготовлен действующий экспериментальный образец установки для термической обработки сои с двухсторонним нагревом: сверху инфракрасными излучателями, снизу - электронагревательной поверхностью транспортирующего устройства. При комбинированном нагреве сокращается время нагрева сои до заданной температуры, повышается производительность обработки в 1,4 раза, снижается расход электроэнергии на 26,3%, по сравнению с односторонним нагревом инфракрасными излучателями. Разработана методика определения мощности системы энергообеспечения. Заданными показателями в ней являются: производительность установки (m, кг/ч), время нахождения зерна сои в рабочей зоне нагрева, верхний предел допустимой температуры нагрева сои. Время нахождения зерна в рабочей зоне нагрева для сорта «Соер»* $\tau_{соер}$*=50 с, для сорта «Припять»* $\tau_{прип}$*=70 с. Составлено уравнение теплового баланса установки термообработки для определения средней мощности или часового расхода теплоты от инфракрасных излучателей и электронагревательных элементов. Уравнение учитывает нагрев зерна до заданной температуры и компенсацию теплопотерь через ограждающие и другие конструкции установки, а также нагрев металлоконструкций. Расчеты, проведенные по методике для установки термической обработки сои производительностью 240 кг/ч показывают, что суммарная мощность системы энергообеспечения с комбинированным электронагревом составляет 33 кВт, при этом мощность инфракрасных излучателей - 21 кВт, электронагревательных элементов – 12 кВт*

Ключевые слова: *соя, мощность, термическая обработка, комбинированный нагрев, тепловой баланс*

DETERMINATION OF THE POWER OF INSTALLATION WITH COMBINED SYSTEM ENERGY PROCESS WITH THERMAL SOI TREATMENTS

Shuvalov Anatoliy M,
Full Doctor of Technical Sciences, Professor, Laboratory Chief, E-mail:vniiti@mail.ru
Mashkov Alexey N.,
Candidate of Technical Sciences, E-mail: vniiti@mail.ru

Federal State Budgetary Scientific Institution «All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture», Tambov
Tikhomirov Dmitry A.,
Full Doctor of Technical Sciences, Professor, Laboratory Chief
Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow

Abstract. *The current experimental model of the installation for heat treatment of soybeans with two-sided heating: on top of infrared emitters, on the bottom - the electric heating surface of the transporting device was designed and manufactured earlier. The time of heating soybeans to a predetermined temperature is reduced with a combined heating, the processing performance increases 1.4 times, the power consumption is reduced by 26.3%, compared to one-sided heating with infrared emitters. The method of determining the power supply system is developed. The given parameters in it are: plant capacity (m, kg / h), soybean grain residence time in the working heating zone, the upper limit of the permissible soybean heating temperature. The residence time of the grain in the working heating zone for the "Soer" variety is τsoir = 50 s, for the "Pripyat" variety it is τprn = 70 s. The heat balance equation of a heat treatment unit for determining the average power or heat consumption per hour from infrared emitters and electric heating elements is composed. The equation takes into account the heating of the grain to a predetermined temperature and the compensation of heat loss through the enclosing and other plant designs, as well as the heating of the metal structures. Calculations carried out according to the method for the installation of heat treatment of soybeans with a capacity of 240 kg / h show that the total power of the power supply system with a combined electrical heating is 33 kW, while the power of the infrared emitters is 21 kW, and the electric heating elements are 12 kW*

Keywords: *soy, power, heat treatment, the combined heating, thermal balance*

Введение. Установка для термообработки сои с комбинированным ее нагревом разработана на базе результатов теоретических и экспериментальных исследований ФГБНУ ВНИИТиН [1, 2, 3]. Новизна технического решения защищена патентами [4, 5, 6].

Установка для обработки сои (рисунок 1) состоит из электронагревательной панели (1), которая представляет собой металлический (теплопроводной) желоб вибрационного транспортера с закрепленными на нем электронагревательными элементами (ТЭН).

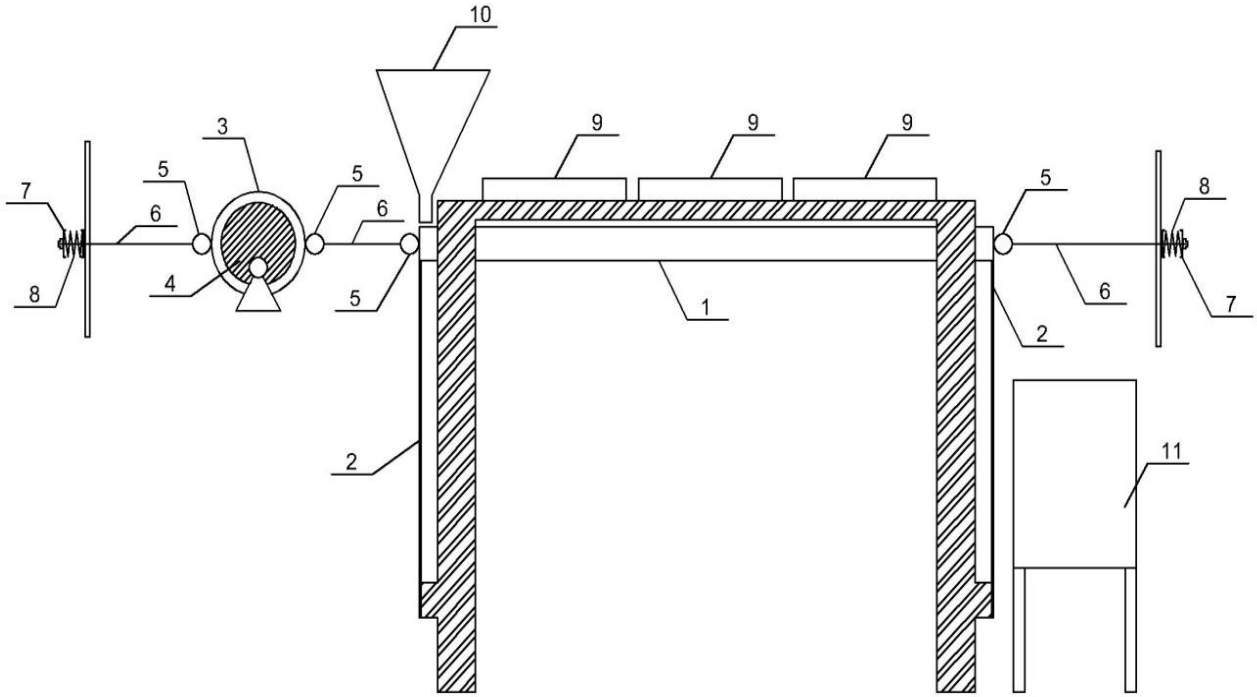


Рисунок 1 – Конструктивная схема установки для обработки сои.

Кроме передачи теплоты вибрационный желоб обеспечивает перемещение по нему зерна сои с заданной скоростью. Для обеспечения его колебаний он смонтирован на фанерных рейках (2). Основным узлом, задающим колебания для рабочей поверхности является вибропобудитель (3) с эксцентриком (4). Вибропобудитель соединен с шарнирными звеньями (5), которые соединены со штоками (6) с регулируемыми тарелками (7), опирающимися на пружины (8). Нагрев зерна сверху обеспечивают инфракрасные лампы, собранные в кассетах (9). Для подачи зерна сои используется засыпной бункер (10). Обработанное зерно сои ссыпается в температор (11), где выдерживается в термостатичных условиях, после чего высыпается и расфасовывается.

Чтобы создать систему энергообеспечения процесса термической обработки сои необходимо определить суммарную мощность инфракрасных облучателей и электронагревательных элементов и их количество.

Результаты и их обсуждение. Для расчета мощности необходимо определиться какие показатели могут приняты в качестве исходных данных и какие параметры накладывают определенные ограничения на расчеты энергетических и конструктивных параметров системы энергообеспечения.

Главным заданным показателем, от которого напрямую зависит мощность системы энергобеспечения, является производительность установки (m, кг/ч), которая может быть задана заводом-изготовителем или заказчиком установки (потребителем). Заданным показателем следует принять также время нахождения зерна сои в рабочей зоне нагрева, для сорта «Соер» $\tau_{соер}$=50 с, для сорта «Припять» $\tau_{прип}$=70 с.

Исследования показали, ограничивающим и заданным показателем при комбинированном нагреве следует принимать верхний предел допустимой температуры нагрева сои ($t_{доп}$).

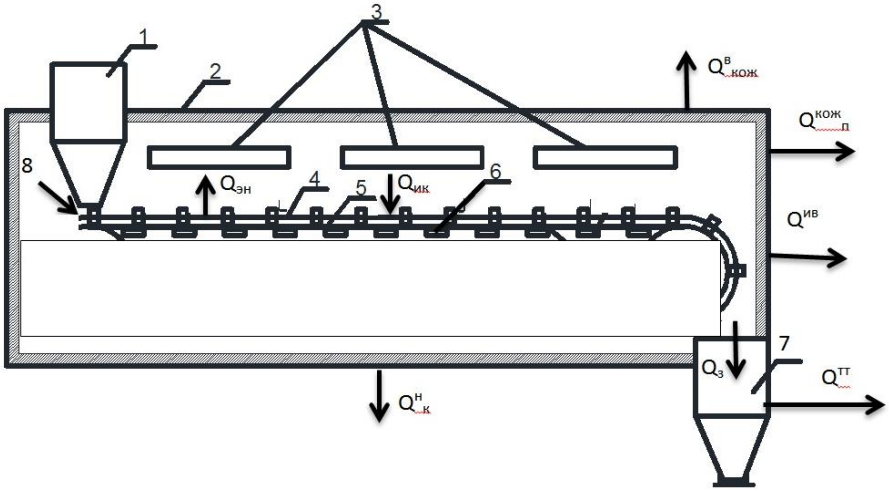
Для определения средней мощности или часового расхода теплоты от инфракрасных излучателей и электронагревательных элементов для нагрева зерна до заданной температуры и компенсации теплопотерь через ограждающие и другие конструкции установки, а также на

нагрев металлоконструкций необходимо составить уравнение теплового баланса установки термообработки (рисунок 2). Следует отметить, что при термической обработке сои с заданной производительностью тепловой режим является стационарным, то есть установившемся. В данном случае в расчетах теплоты всех составляющих уравнения теплового баланса принимается установившейся тепловой режим, то есть dt/dτ=0

В общем виде уравнение теплового баланса установки для нагрева зерна сои до заданной температуры определяется по формуле:

$$\sum Q = Q_{\text{ик}} + Q_{\text{эн}} = Q_{\text{з}} + Q_{\text{в}} + \sum Q_{\text{к}} + Q_{\text{м}} + Q_{\text{ипв}} + Q_{\text{пт}} + Q_{\text{пп}}$$

где ΣQ – суммарная теплота, расходуемая на нагрев сои и компенсацию теплопотерь, кДж; $Q_{\text{ик}}$, $Q_{\text{эн}}$ – выделяемая теплота от ИК-излучателей , электронагревательных элементов, кДж; $Q_{\text{з}}$ – теплота, расходуемая на нагрев зерна, кДж; $Q_{\text{в}}$ – теплота на нагрев воды, расходуемой для увлажнения сои, кДж; $\Sigma Q_{\text{к}}$ – суммарные потери теплоты через кожух рабочей камеры, кДж; $Q_{\text{м}}$ – расход теплоты на нагрев металлоконструкций, кДж; $Q_{\text{ипв}}$ – потери теплоты с уходящей из рабочей камеры и температора паровоздушной смесью в результате инфильтрации ее через щели и неплотности, кДж; $Q_{\text{пт}}$ – потери теплоты через теплоизолированные стенки температора, кДж; $Q_{\text{пп}}$ – потери теплоты при пересыпании зерна сои в температор, кДж.



1 – засыпной бункер, 2 – теплоизолирующая рабочая камера, 3 – инфракрасные лампы, 4 – вибрационный транспортер, 5 – зерно сои, 6 – электронагревательные элементы, 7 – температор, 8 – ограничитель толщины слоя зерна сои.

Рисунок 2 – Конструктивная схема установки для составления теплового баланса.

Расход теплоты на нагрев зерна сои до заданной температуры:

$$Q_{\text{з}} = m_{\text{з}} \cdot c_{\text{з}} \cdot (t_{\text{доп}} - t_{\text{н}})$$

где $m_{\text{з}}$ – масса зерна, кг; $c_{\text{з}}$ – теплоемкость зерна сои, кДж/кг·К; $t_{\text{доп}}$ – допустимая температура нагрева, К; $t_{\text{н}}$ – начальная температура зерна, К.

Теплота на нагрев воды для увлажнения зерна сои

$$Q_{\text{в}} = m_{\text{в}} \cdot c_{\text{в}} \cdot (t_{\text{доп}} - t_{\text{н}})$$

где $m_в$ – масса воды, израсходованная на увлажнение сои перед началом термообработки, кг; $c_в$ – удельная теплоемкость воды, кДж/кг·К; $t_{доп}$ – допустимая температура нагрева, К; $t_н$ – начальная температура зерна, К.

Суммарные потери теплоты через кожух рабочей камеры складывается из потерь от горизонтальной поверхности, обращенной вверх ($Q_к^в$), поверхности обращенной вниз ($Q_к^н$), вертикальных поверхностей ($Q_к^{вр}$).

$$Q_к = Q_к^в + Q_к^н + Q_к^{вр}$$

В общем виде

$$Q_к = (\alpha_в \cdot F_в \cdot (t_{св} - t_0) + \alpha_н \cdot F_н \cdot (t_{сн} - t_0) + \alpha_{вр} \cdot F_{вр} \cdot (t_{вр} - t_0)) \cdot \tau$$

где $\alpha_в$, $\alpha_н$, $\alpha_{вр}$ – коэффициенты теплоотдачи от горизонтальной стенки обращенной вверх, вниз и вертикальной стенки, Вт/(м^2·К) или кДж/с·м^2·К; $t_{св}$, $t_{сн}$,$t_{вр}$ –температура горизонтальной стенки кожуха, обращенная вверх, вниз и вертикальные стенки, К; $F_в$, $F_н$, $F_{вр}$ – поверхности теплоотдачи от горизонтальной стенки обращенной вверх, вниз и вертикальные поверхности, м^2; τ – время термической обработки, ч.

При естественной (не принудительной) конвективной теплоотдаче величина α определяется по формуле

$$\alpha = a \cdot \sqrt[4]{\Delta t}$$

где a – опытный коэффициент: для горизонтальной поверхности, обращенной вверх a=3,3, для обращенной вниз a=1,3.

Расход теплоты на нагрев металлоконструкций

$$Q_м = m_м \cdot c_м \cdot (t_к - t_0)$$

где $c_м$ – удельная теплоемкость металла, кДж/кг·К; $m_м$ – масса металлоконструкций рабочей камеры и вибрационного транспортера, кг; $t_к$-средняя конечная температура металлоконструкции, К.

Потери теплоты с уходящей из рабочей камеры и из температора с паровоздушной смесью определить теоретически не представляется возможным, так как учесть количество инфильтрационной паровоздушной смеси, выходящей через неплотности практически невозможно, в этой связи примем: $Q_{ивп}$=0,2·$Q_з$.

Потери теплоты температором определяются

$$Q_{пт} = \alpha_т \cdot F_т \cdot (t_т - t_0) \cdot \tau$$

где $\alpha_т$ – коэффициент теплоотдачи от стенок температора, Вт/(м^2·К); $t_т$ – средняя температура стенок температора, К; F – поверхность теплоотдачи температора, м^2.

Таким образом, используя вышеприведенные формулы, можно задаваясь производительностью установки для термообработки сои определить суммарную мощность инфракрасных излучателей и электронагревательных элементов.

По суммарной теплоте (ΣQ) за время τ определится мощность установки.

$$P_\Sigma = \frac{\Sigma Q}{\tau}$$

И так как расчет проводится для заданной производительности, то есть обработки сои за один час, то τ=1 и мощность установки равна

$$P = \Sigma Q$$

Мощность установки складывается из двух составляющих

$$P_у = P_{ик} + P_{эн},$$

где $P_{ик}$ – суммарная мощность инфракрасных излучателей, кВт; $P_{эн}$ – суммарная мощность электронагревательных элементов, кВт.

Экспериментально выявлены коэффициенты ($k_{ик}$, $k_{эн}$), позволяющие определить мощность инфракрасных излучателей и электронагревательных элементов по суммарной мощности установки.

$$P_{ик} = P_у \cdot k_{ик} \qquad P_{эн} = P_у \cdot k_{эн}$$

По известной единичной мощности ИК-ламп $P'_{ИК}$ и ТЭНов $P'_{ТЭН}$ определяется их количество

$$n_{ИК} = \frac{P_{ИК}}{P'_{ИК}} \qquad n_{ТЭН} = \frac{P_{ТЭН}}{P'_{ТЭН}}$$

При известной единичной мощности ИК-ламп и электронагревательных элементов определим количество ИК-ламп и ТЭНов.

$$n_{эн} = \frac{P_{эн}}{P'_{эн}},$$

где $P'_{ИК}$ и $P'_{эн}$ - единичные мощности инфракрасных излучателей и электронагревательных элементов, кВт.

Заключение. Таким образом, расчеты по выше приведенной методике для установки термической обработки сои производительностью 240 кг/ч показывают, что суммарная мощность системы энергообеспечения с комбинированным электронагревом составляет 33 кВт, при этом мощность инфракрасных излучателей - 21 кВт, электронагревательных элементов – 12 кВт.

Список литературы

1. Шувалов, А.М. Исследование качественных показателей зерна сои в процессе термообработки / А.М. Шувалов, Н.А. Вотановская, Д.С. Чернов, Г.М. Шулаев, А.Н. Машков. // Наука в центральной России. –2015. –№1. – С. 12–18.

2. Шувалов, А.М. Энергоэффективная установка для термической обработки сои / А.М. Шувалов, Н.П. Тишанинов, А.Н. Машков, Д.С. Чернов // Сельский механизатор. 2016 . № 6. С. 30-31.

3. Шувалов А.М. Обоснование исходной влажности зерна сои перед термической обработкой. / А.М. Шувалов, Д.С. Чернов, А.Н. Машков, Г.М. Шулаев, Н.А. Вотановская. // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. – 2015. – Т.20. – №2. – С. 446–448.

4. Патент на изобретение №2556899 Российская Федерация. МПК A23B9/02. Устройство для термообработки зерна. / Шувалов А.М., Чернов Д.С., Шулаев Г.М., Вотановская Н.А., Машков А.Н.; заявитель и патентообладатель ГНУ ВНИИТиН Россельхозакадемии. - №2014120554, заяв. 21.05.2014; опубл. 20.07.2015. Бюл. №20.

5. Патент на изобретение № 2615004 Российская Федерация. МПК A23L 11/00.Способ обработки полножирных соевых бобов. / Шувалов А.М., Чернов Д.С., Шулаев Г.М., Вотановская Н.А., Машков А.Н.; заявитель и патентообладатель ФГБНУ ВНИИТиН. - №2015153579, заяв. 14.12.2015; опубл. 03.04.2017. Бюл. №10.

6. Патент на изобретение № 2645345 Российская Федерация. МПК A23B 9/02. Устройство для термообработки зерна / Шувалов А.М., Машков А.Н.; заявитель и патентообладатель ФГБНУ ВНИИТиН. - №2017116253, заяв. 10.05.2017; опубл. 21.02.2018. Бюл. №6.

References

1. Shuvalov, A.M. Issledovanie kachestvenny`x pokazatelej zerna soi v processe termoobrabotki / A.M. Shuvalov, N.A. Votanovskaya, D.S. Chernov, G.M. Shulaev, A.N. Mashkov. // Nauka v central`noj Rossii. –2015. –№1. – S. 12–18.

2. Shuvalov, A.M. E`nergoe`ffektivnaya ustanovka dlya termicheskoj obrabotki soi / A.M. Shuvalov, N.P. Tishaninov, A.N. Mashkov, D.S. Chernov // Sel`skij mexanizator. 2016 . № 6. S. 30-31.

3. Shuvalov A.M. Obosnovanie isxodnoj vlazhnosti zerna soi pered termicheskoj obrabotkoj. / A.M. Shuvalov, D.S. Chernov, A.N. Mashkov, G.M. Shulaev, N.A. Votanovskaya. // Vestnik Tambovskogo universiteta. Seriya: Estestvenny`e i texnicheskie nauki. – 2015. – T.20. – №2. – S. 446–448.

4. Patent na izobretenie №2556899 Rossijskaya Federaciya. MPK A23V9/02. Ustrojstvo dlya termoobrabotki zerna. / Shuvalov A.M., Chernov D.S., Shulaev G.M., Votanovskaya N.A., Mashkov A.N.; zayavitel` i patentoobladatel` GNU VNIITiN Rossel`xozakademii. - №2014120554, zayav. 21.05.2014; opubl. 20.07.2015. Byul. №20.

5. Patent na izobretenie № 2615004 Rossijskaya Federaciya. MPK A23L 11/00.Sposob obrabotki polnozhirny`x soevy`x bobov. / Shuvalov A.M., Chernov D.S., Shulaev G.M., Votanovskaya N.A., Mashkov A.N.; zayavitel` i patentoobladatel` FGBNU VNIITiN. - №2015153579, zayav. 14.12.2015; opubl. 03.04.2017. Byul. №10.

6. Patent na izobretenie № 2645345 Rossijskaya Federaciya. MPK A23B 9/02. Ustrojstvo dlya termoobrabotki zerna / Shuvalov A.M., Mashkov A.N.; zayavitel` i patentoobladatel` FGBNU VNIITiN. - №2017116253, zayav. 10.05.2017; opubl. 21.02.2018. Byul. №6.

УДК 001.76: [331.101.6:(631.333: 631.82)]

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ И ПОТРЕБНОСТИ МАШИН ДЛЯ ВНЕСЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

Сорокин Николай Тимофеевич,
доктор экономических наук, главный научный сотрудник, e-mail: n.Sorokin.vnims13@yandex.ru
Рычков Виктор Анатольевич,
доктор технических наук, главный специалист, e-mail: gnu@vnims.rzn.ru
Панферов Николай Сергеевич,
кандидат технических наук, старший научный сотрудник, e-mail: nikolaj-panfyorov@yandex.ru
ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»

Реферат. *Рассмотрены прямоточная и перегрузочная схемы внесения минеральных удобрений. Показано, что наиболее распространенной технологией внесения минеральных удобрений является перегрузочная схема, включающая в себя работу транспортировщиков – перегрузчиков удобрений на этапе склад хозяйства – поле и технологических машин – удобрителей. Предложена методика расчета производительности и потребности машин*

для внесения минеральных удобрений. Она позволяет оценить рациональные варианты выбора прямоточной и перегрузочной схем технологии внесения удобрений. В расчете производительности машин – удобрителей учитывается время их простоя в ожидании загрузки транспортировщиком – перегрузчиком при доставке удобрений от склада хозяйства до поля. Рекомендуется использовать циклограммы работ совмещенных операций машин – удобрителей и транспортировщиков – перегрузчиков. Представлены циклограммы работ машин- удобрителей для прямоточной и перегрузочной схем. Показано, что прямоточная схема технологий внесения удобрений рациональна в условиях малого расстояния от склада хозяйства до обрабатываемого поля. Потребность машин – удобрителей в сельскохозяйственном предприятии рассчитывается в зависимости от их производительности, площади обрабатываемых полей и агротехнических сроков внесения удобрений. Методика обеспечивает минимальную потребность транспортно-технологических комплексов при выполнении заданных агротехнических сроков выполняемых агрохимических работ.

Ключевые слова: *минеральные удобрения, механизация внесения, производительность, комплекс машин, потребность.*

METHOD OF CALCULATING THE PRODUCTIVITY AND NEEDS OF MACHINES FOR INTRODUCING MINERAL FERTILIZERS

Sorokin Nikolay T.,
Doctor of Economic Science, chief researcher, e-mail: n.Sorokin.vnims13@yandex.ru
Rychkov Victor A.,
Doctor of Engineering Science, chief specialist, e-mail: gnu@vnims.rzn.ru
Panferov Nikolay S.,
Candidate of Engineering Science, senior researcher, e-mail: nikolaj-panfyorov@yandex.ru
Federal State Budgetary Scientific Institution «Federal Scientific Agroengineering Center VIM»

Abstract. *Direct-flow and reloading schemes of mineral fertilizers are considered. It is shown that the most common technology for the application of mineral fertilizers is a reloading scheme, which includes the work of transporters - reloading fertilizers at the farm storage stage - field and technological machines - fertilizers. A method of calculating the performance and needs of machines for the application of mineral fertilizers is proposed. It allows you to evaluate the rational options for the choice of direct-flow and overload schemes of fertilization technology. The downtime of machines - fertilizers in anticipation of loading by the transporter - by the loader during the delivery of fertilizers from the farm warehouse to the field is taken into account in the calculation of productivity. Cyclograms of the combined operations of machines - fertilizers and transporters - reloaders are recommended to use. Cyclograms of work of fertilizer machines for direct-flow and reloading schemes are presented. It is shown that the direct-flow scheme of fertilization technologies is rational in the conditions of a small distance from the farm's warehouse to the field being processed. The need of machines - fertilizers in an agricultural enterprise is calculated depending on their productivity, the area of the fields being processed and the agrotechnical deadlines for applying fertilizers. The method provides the minimum need for transport and technological complexes when performing specified agrotechnical terms of agrochemical work performed.*

Keywords: *mineral fertilizers, mechanization of introduction, performance, machine system, requirement.*

Введение. *Эффективность применения минеральных удобрений в сельскохозяйственных предприятиях зависит от выбора рациональных транспортно-технологических комплексов их внесения и обеспечения заданного срока выполнения агрохимических работ.* Существующие технологии внесения удобрений осуществляются в трех вариантах технологических схем (рисунок 1) [1].

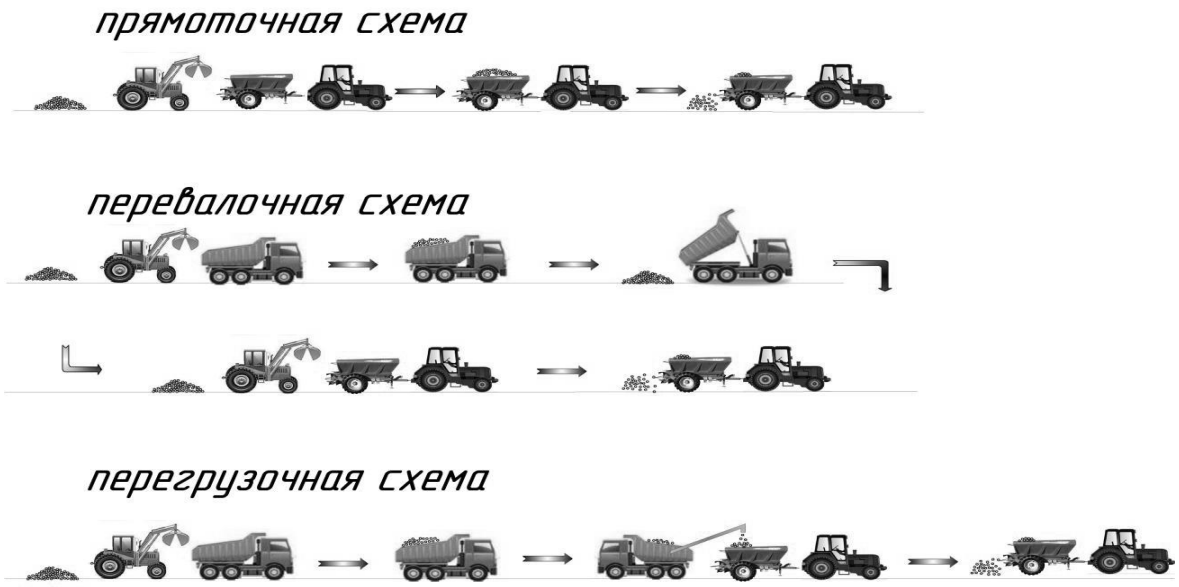


Рисунок 1 - Технологические схемы внесения удобрений

В прямоточной схеме машины-удобрители (М-У) осуществляют загрузку удобрений непосредственно в складе, транспортируют в поле и вносят их в почву. Эта схема осуществляется в условиях размещения складов удобрений вблизи обрабатываемых полей. В перегрузочном варианте используются транспортировщики-перегрузчики (Т-П), которые загружают удобрения в складе, доставляют их в поле и перегружают в технологические М-У.

При перевалочной схеме транспортные средства доставляют и перегружают удобрения на край поля (мелиоранты, органические удобрения) и в хранилища жидких удобрений, после чего осуществляется загрузка М-У. Перевалочная схема иногда устанавливается путем заданной расстановки минеральных удобрений в мягких контейнерах на краю поля.

Превышение оптимальных агротехнических сроков внесения удобрений только на один день приводит к потере 0,3 центнера зерновых и по 1,8 центнера картофеля и кукурузы на каждом гектаре посева [2]. При этом продолжительность рациональных периодов внесения удобрений является весьма ограниченной. Так, например, при внесении азотных удобрений в качестве подкормки в зависимости от динамики формирования компонентов урожайности продолжительность этих периодов при возделывании яровой пшеницы составляет от 3,5 до 4,5 дней, озимой пшеницы от 1,5 до 6,5 дней, ярового ячменя от 2,4 до 4,1 дня, озимого ячменя от 1,2 до 5,8 дней и тритикале от 2,4 до 6,2 дней.

Материалы и методы. В работе использовались перегрузочные и прямоточные схемы технологий внесения минеральных удобрений и теоретические методы расчетов производительности технологических машин для внесения в почву средств химизации и транспортных средств для их доставки и перегрузки.

Результаты и их обсуждение. Выбор рациональных технических средств для Т-П зависит от способов доставки удобрений в поле, дорожных условий их подъезда, грузовместимости бункеров и типа технологических машин. Доставка в поле минеральных удобрений осуществляется как в затаренных мягких контейнерах, так и бестарным способом. В первом случае вместимость туковых бункеров М-У должна быть согласована с кратностью объема вместимости одноразовых контейнеров. Для частичной выгрузки минеральных удобрений из мягкого контейнера используется специальное приспособление, обеспечивающее регулируемое истечение сыпучего удобрения через отверстие в днище контейнера [3].

Процесс загрузки М-У в поле рекомендуется осуществлять с одной стороны поля. С целью повышения производительности данного процесса необходимо обеспечить минимальное расстояние холостых переездов между рабочими ходами агрегата. При этом заданная длина рабочего хода агрегата от внесения загрузки тукового бункера до его опорожнения должна быть равной двукратной длине гона в поле и рассчитана по формуле:

$$L_x = 2n_Г l_Г = \frac{Q_{М-У} \cdot 10^7}{B_з q_{вн}}, \qquad (1)$$

где L_x - суммарная длина рабочего хода агрегата, м; $n_Г$ - число гонов рабочего хода, шт; $l_Г$ - длина одного гона в поле, м; $Q_{М-У}$ - вес удобрения в туковом бункере М-У, т; $B_з$ - рабочая ширина захвата М-У, м; $q_{вн}$ - доза внесения удобрения М-У, кг/га.

В перегрузочной схеме внесения минеральных удобрений рассмотрим примеры циклограмм процессов работы М-У и Т-П в условиях простоя М-У в ожидании доставки загруженного Т-П из склада удобрений в поле (рисунок 2).

Отсутствие простоя М-У в ожидании загрузки Т-П будет удовлетворять при условии:

$$\sum t_{Т-П}^{дост} \le t_{М-У}^{вн}. \qquad (2)$$

В перегрузочном варианте технологии производительность М-У в гектарах за 1 час сменного времени с учетом простоя в ожидании Т-П загрузки удобрениями рассчитывается по формуле [4]:

$$W_{М-У}^{вн} = \frac{1 - t_{М-У}^{ТО} - t_{М-У}^{пр}}{\frac{1}{0{,}1 B_з v_{М-У}} + \frac{t_{пов}}{0{,}006 l_Г B_з} + \frac{q_{вн}}{10^3 W_{Т-П}^{з}} + \frac{\sum t_{пер}}{\sum F_{М-У}^{см}}}, \qquad (3)$$

где $t_{М-У}^{ТО}$ - продолжительность остановок на проведение технического обслуживания и настроек М-У, приходящаяся на 1 час работы, ч ($t_{М-У}^{ТО} \approx 0{,}13$ ч);

$t_{М-У}^{пр}$ -продолжительность времени простоя М-У, приходящегося на 1 час работы М-У, ч;

$B_з$ - рабочая ширина захвата М-У, м; $v_{М-У}$ - рабочая скорость М-У, км/ч;

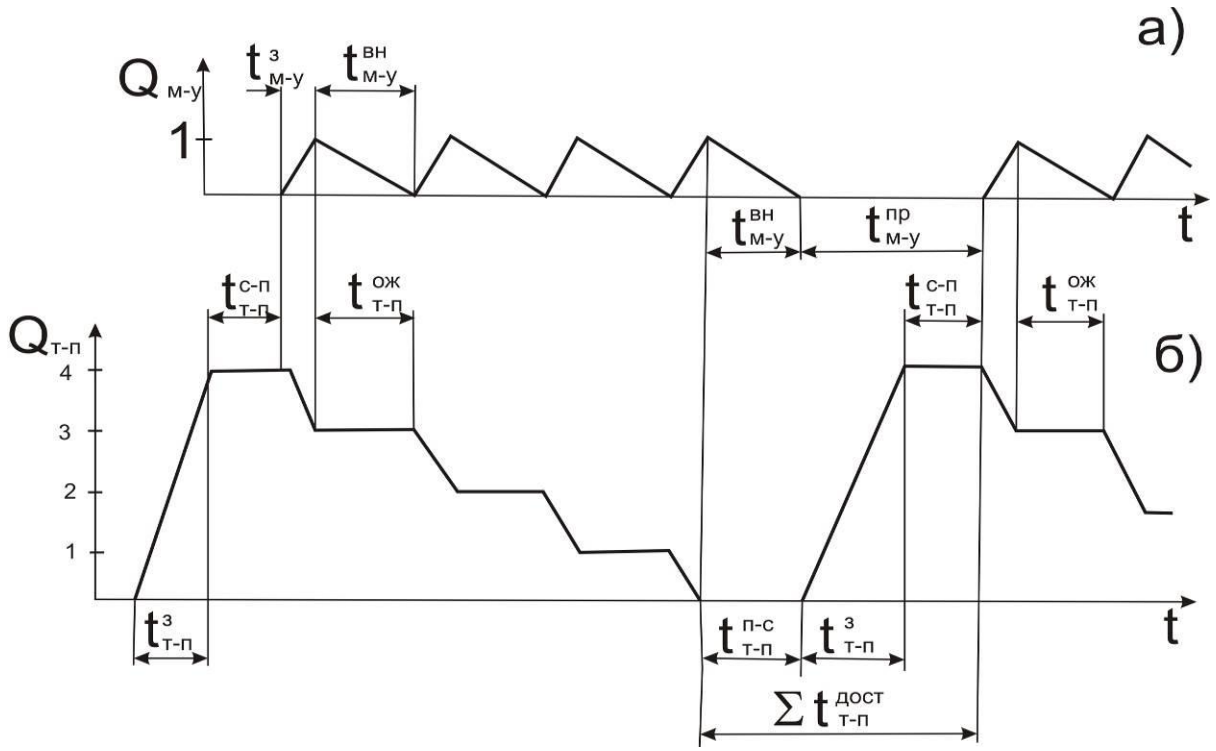
$t_{пов}$ - время одного поворота М-У, мин. ($t_{пов} \approx 0{,}32$ мин.); $l_Г$ - длина гона, м;

$q_{вн}$ - доза внесения удобрения, кг/га;

$W_{Т-П}^{з}$ - производительность Т-П на перегрузке удобрения, т/ч;

$\sum t_{пер}$ - суммарное время переездов М-У с поля на поле в течение рабочей смены, ч ($t_{пер} \approx 0{,}13$ ч одного переезда);

$\sum F^{см}_{М-У}$ - суммарная площадь обрабатываемых полей в течение рабочей смены М-У, га.



а) –Циклограмма машины-удобрителя: $Q_{М-У}$ – вес удобрения в туковом бункере М-У; $t_{М-У}$ – время выполнения технологической операции; з – загрузка тукового бункера М-У в поле; вн – внесение удобрения из тукового бункера; пр – простой в ожидании загруки;

б) – Циклограмма транспортировщика-перегрузчика: $Q_{Т-П}$ – вес удобрения в туковом бункере Т-П; $t_{Т-П}$ – время выполнения технологической операции, з – загрузка тукового бункера в складе; п-с – поле-склад, с-п – склад-поле; ож – ожидание загрузки; дост – доставка удобрений.

Рисунок 2 - Циклограммы работы М-У и Т-П в перегрузочной схеме технологии внесения удобрения

Время простоя в часах М-У в ожидании загрузки, приходящегося на 1 час ее работы:

$$t^{пр}_{М-У} = \frac{\sum t^{дост}_{Т-П} - t^{вн}_{М-У}}{\frac{Q_{Т-П}}{Q_{М-У}} t^{вн}_{М-У}}, \qquad (4)$$

Суммарное время переезда Т-П в часах рассчитывается по формуле:

$$\sum t^{дост}_{Т-П} = \frac{l_{П\text{-}С}}{v^{п}_{Т\text{-}П}} + \frac{l_{С-П}}{v^{з}_{Т\text{-}П}} + \frac{Q_{Т-П}}{W_{з}}, \qquad (5)$$

где $l_{П\text{-}С}\,(l_{С-П})$ – расстояние между полем и складом удобрения, км;

$v^{п}_{Т\text{-}П}$ – скорость движения порожнего Т-П, км/ч;

$v^{з}_{Т\text{-}П}$ – скорость движения, загруженного Т-П, км/ч;

$Q_{T-П}$ – вес удобрения в туковом бункере Т-П, т;

$W_З$ – производительность складского загрузчика удобрением, т/ч.

Продолжительность внесения М-У в процессе расхода одного тукового бункера, в часах рассчитывается по формуле:

$$t_{М\text{-}У}^{вн} = \frac{L_X}{60}\left(\frac{0{,}06}{v_{М-У}} + \frac{t_{пов}}{l_Г}\right), \qquad (6)$$

где L_X – запас рабочего хода М-У, м.

Подставив значение L_X из формулы (1) в формулу (6), получим

$$t_{М-У}^{вн} = \frac{10^7 Q_{М-У}}{60 q_{вн} B_З}\left(\frac{0{,}06}{v_{М-У}} + \frac{t_{пов}}{l_Г}\right). \qquad (7)$$

Рассчитав производительность М-У по формуле (3), становится возможным определить потребность количества однотипных машин ($n_{М\text{-}У}$) для выполнения планируемого объема работ в заданный агротехнический срок:

$$n_{М\text{-}У} = \frac{\sum F_П}{W_{М\text{-}У}^{вн} \cdot T_{ат} \cdot t_{см} \cdot n_{см}}, \qquad (8)$$

где $\sum F_П$ – суммарная площадь полей в заданный агротехнический срок внесения удобрений данной М-У, га;

$W_{М\text{-}У}^{вн}$ – производительность М-У за 1 час сменного времени в перегрузочной схеме технологии, га/ч;

$T_{ат}$ – заданный агротехнический срок внесения удобрений, дней;

$t_{см}$ – продолжительность рабочей смены, ч; $n_{см}$ – количество рабочих смен в день.

В прямоточной схеме технологии внесения удобрения циклограмма работы М-У показана на рисунке 3.

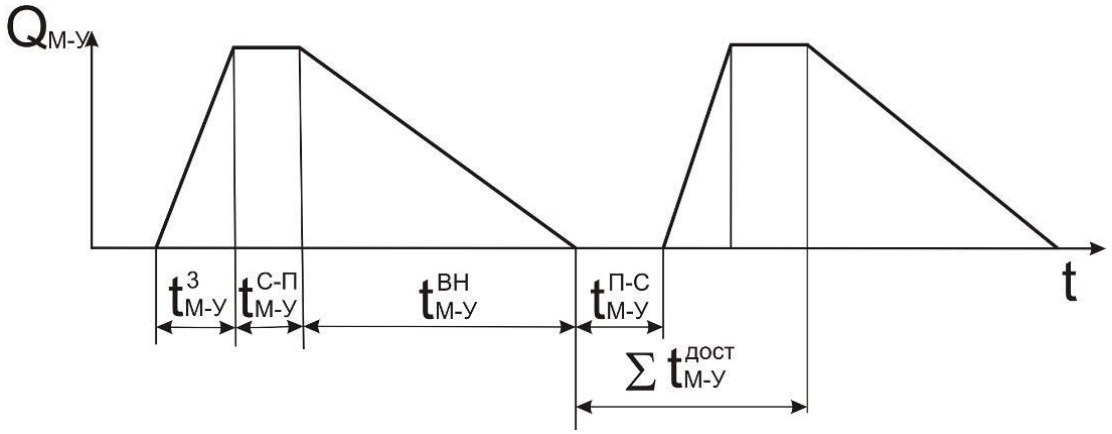


Рисунок 3 - Циклограмма работы М-У в прямоточной схеме технологии внесения удобрения

В этой схеме суммарное время доставки М-У от поля до склада и обратно, в часах:

$$\sum t_{М\text{-}У}^{ДОСТ} = \frac{l_{П-С}}{v_{М-У}^{П}} + \frac{Q_{М-У}^{б}}{W_З} + \frac{l_{С-П}}{v_{М-У}^{З}}, \qquad (9)$$

где $v_{М-У}^{П}$ и $v_{М-У}^{З}$ - соответственно скорости движения порожней и загруженной М-У, км/ч; $W_З$ - производительность загрузки М – У в складе

Производительность внесения М-У в прямоточной схеме технологии рассчитывается с учетом суммарного времени их доставки, приходящегося на 1 час его работы, по формуле:

$$W_{М\text{-}У}^{пр} = \frac{1 - t_{М-У}^{ТО} - \left(\sum t_{М-У}^{ДОСТ} \Big/ t_{М-У}^{вн} \right)}{\dfrac{1}{0{,}1 B_З v_{М-У}} + \dfrac{t_{пов}}{0{,}006 l_Г B_З} + \dfrac{\sum t_{пер}}{\sum F_{М-У}^{см}}}, \qquad (10)$$

Выводы. Представленная методика расчета производительности машин-удобрителей охватывает все основные параметры операционной перегрузочной технологии внесения удобрений в сельскохозяйственных предприятиях с учетом простоя в ожидании их загрузки транспортировщиком - перегрузчиком. Методика обеспечивает минимальную потребность транспортно-технологических комплексов при выполнении заданных агротехнических сроков выполняемых агрохимических работ. Изложенная методика расчетов производительности машин для внесения минеральных удобрений позволяет оценить рациональные варианты выбора прямоточной и перегрузочной схем технологии внесения удобрений.

Список литературы

1. Рычков, В.А. Технологии и механизация внесения минеральных удобрений [Текст]: научно-практическое издание / В.А. Рычков. – Рязань: ФГБНУ ВНИМС, 2017. – 126 с.

2. Степук Л.Я., Барабанов В.В., Крот Д.А. О повышении сменной производительности навесных машин для внесения минеральных удобрений [Текст] // Агропанорама. – 2007. – № 4. – С. 36-39.

3. Рычков В.А., Журавлева О. И., Пшенникова Г.В. Технические решения по механизации загрузки и доставки минеральных удобрений [Текст]// Техника и оборудование для села.– 2018.–№9.– С. 8-11

4. Догановский М.Г. Машины для внесения удобрений [Текст] / М.Г. Догановский, Е.В. Козловский. – М.: Машиностроение, 1972. – 272 с.

References

1. Rychkov, V.A. Texnologii i mexanizaciya vneseniya mineral'nyx udobrenij [Tekst]: nauchno-prakticheskoe izdanie / V.A. Rychkov. – Ryazan': FGBNU VNIMS, 2017. – 126 s.

2. Stepuk L.Ya., Barabanov V.V., Krot D.A. O povyshenii smennoj proizvoditel'nosti navesnyx mashin dlya vneseniya mineral'nyx udobrenij [Tekst] // Agropanorama. – 2007. – № 4. – S. 36-39.

3. Rychkov V.A., Zhuravleva O. I., Pshennikova G.V. Texnicheskie resheniya po mexanizacii zagruzki i dostavki mineral'nyx udobrenij [Tekst]// Texnika i oborudovanie dlya sela.–2018.–№9.– S. 8-11

4. Doganovskij M.G. Mashiny dlya vneseniya udobrenij [Tekst] / M.G. Doganovskij, E.V. Kozlovskij. – M.: Mashinostroenie, 1972. – 272 s.

УДК 631.358.42

ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНЫХ СПОСОБОВ МЕХАНИЗАЦИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ

Зазуля Александр Николаевич,
доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», г. Тамбов
Макаров Валентин Алексеевич,
доктор технических наук, профессор, e-mail: va_makarov@rambler.ru
Рязанский государственный агротехнологический университет
Макарова Ольга Владимировна,
доктор экономических наук, профессор, e-mail: m_ov_2302@bk.ru
Академия права и управления ФСИН

Реферат. *Рассматривается система-человек-растение, обеспечивающая достижение главной цели – получение высокого урожая сахарной свеклы. При выборе эффективного способа механизации возделывания свеклы учитывают влияние трёх факторов, характеризующих условия возделывания: технологического уровня хозяйства, уровень трудовых и природных ресурсов. Анализ способов формирования посевов позволил свести их к 6 классам, каждый из которых, по сравнению с предыдущим, обеспечивает снижение трудозатрат, но в то же время предъявляет более высокие требования к технологическому уровню хозяйства. Критерий оптимальности способов формирования посевов определяли сокращением прямых приведенных затрат на 1 га пашни, затрат и потерь (недобор урожая), связанных с качеством и сроками выполнения операций. Задачу оптимизации решали методами выбора решений в условиях неопределённости. Анализ показал, что все действующие факторы, кроме погодных условий, могут быть детерминированы, а погодные условия приведены в стохастическую неопределённость. Установлено, что в условиях дефицита трудовых ресурсов оптимальными будут следующие способы формирования посевов: пунктирный посев семян с нормами 12 - 16 шт. на 1м и проверкой-прополкой вручную без прореживания (способ реализуется только в хозяйствах среднего и высокого технологического уровня); посев на «конечные» интервалы, точный (6 - 10 шт. на 1 м.), без затрат ручного труда (способ оптимален при любом уровне трудовых ресурсов, реализуется только в хозяйствах высокого технологического уровня).*

Ключевые слова: *технология возделывания, трудоёмкие процессы, технологические параметры, уровень, факторы, урожайность.*

SELECTION OF RATIONAL METHODS FOR THE MECHANIZATION OF SUGAR BEET PLAYING

Alexander Nikolaevich Z.,
doctor of technical sciences, professor, chief researcher
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», г. Тамбов
Valentin Alekseevich M.,
doctor of technical sciences, professor, va_makarov@rambler.ru,

Ryazan state agrotechnological university, Ryazan

Olga Vladimirovna M.,

doctor of economics, professor

Academy of law and management of the Federal Penitentiary Service, Ryazan

Abstract. *The human-plant system, ensuring the achievement of the main goal - obtaining a high yield of sugar beet, is considered. The influence of three factors characterizing the conditions of cultivation: the technological level of the economy, the level of labor and natural resources taken into account when choosing an effective method of mechanization of the cultivation of beets. Analysis of the methods of forming crops allowed to reduce them to 6 classes, each of which, compared with the previous, provides a reduction in labor costs, but at the same time makes higher demands on the technological level of the economy. The criterion of optimality of the methods of forming crops was determined by the reduction of the direct reduced costs per 1 hectare of arable land, costs and losses (shortage of harvest) associated with the quality and timing of operations. The optimization problem was solved by methods of decision making under uncertainty. The analysis showed that all the operating factors, except weather conditions, can be deterministic, and weather conditions are reduced to stochastic uncertainty. It has been established that in the conditions of a shortage of labor resources the following methods of forming crops will be optimal: dashed sowing of seeds with norms of 12 - 16 pcs. on 1 m and by checking-weeding by hand without thinning (the method is implemented only in farms of medium and high technological level); sowing at "finite" intervals, accurate (6 - 10 pcs. per 1 m.), without the cost of manual labor (the method is optimal at any level of labor resources, is realized only in farms of high technological level).*

Keywords*: strategy, tasks, technological parameters, level, factors, yield.*

Введение. К условиям выращивания сахарной свеклы всегда предъявлялись повышенные требования. Ретроспективный анализ развития технологий возделывания этой культуры в последние 50 лет показывает, что эффективность способов формирования посевов сахарной свеклы зависит от технологических свойств предметов труда (засорённость посевов, влажность, ростковость и выравненность семян и т.д.); технологических параметров средств труда (равномерность высева и глубина заделки семян, комковатость и равномерность и глубины обработки поверхности поля и т.п.), а также во многом от качественных свойств производительных сил: опыта и квалификации персонала.

В связи с происходящим оттоком сельского населения в город и сокращением площадей посадки под сахарную свеклу, особую остроту приобретает проблема механизации процессов её возделывания [1]. Главная задача механизации – обеспечение высокой продуктивности посевов сахарной свеклы при сокращении потерь урожая. Использование различных эффективных технологических приёмов, таких как пунктирный посев, механизированное прореживание, «селективное» прореживание, ленточное внесение гербицидов и т.д. не позволяет решить проблему в целом. Для решения задачи механизации возделывания сахарной свеклы нужен набор стратегий, определяющих агротехнологические, организационные и технические средства для различных условий а не локальные технологические приёмы, пусть и очень эффективные. Иными совами нужен набор стратегий механизации возделывания этой культуры. В зависимости от выбранной стратегии решаются и тактические задачи, направленные на её проведение: подготовка семян, выбор способов основной и предпосевной обработки почвы, посева, прореживания и борьбы с сорняками, и защита от вредителей и т. п.

Рассмотрим система-человек-растение, обеспечивающие достижение главной цели – получение высокого урожая свеклы. Естественные ресурсы плодородия этой системы – питательные вещества, микроэлементы, влага и солнечная энергия – представляется подсистемой «природа». Подсистема «человек» выполняет две функции: снабжения – интенсификация природных и дополнения недостатков ресурсов питания (обработка почвы и внесения удобрений и т.п.) и регулирования, то есть распределения этих ресурсов. Большинство процессов, относящихся к функции снабжения, так же, как и процессы посева и механизированного прореживания, относятся к функции распределения, выполняются машинами. В то же время такие трудоёмкие процессы распределения, как прорывка, проверка и прополка, выполняются вручную.

Цель исследования - выбор оптимального способа формирования посевов сахарной свеклы, и, в последующем, выбор оптимальных способов механизации ее возделывания.

Материал и методы. Вопрос выбора эффективного способа механизации возделывания свеклы, требует уровневого подхода для своего решения. Необходим учёт влияния трёх внешних по отношению к подсистеме факторов, характеризующих условия возделывания: технологического уровня хозяйства, уровень трудовых и природных ресурсов [4-6].

По первому фактору могут быть выделены хозяйства высокого (ВТУ), среднего (СТУ) и низкого (НТУ) технологического уровней. Доля таких хозяйств в общей структуре региона составляет: 0,20; 0,30; и 0,50, соответственно. Степень τ достижения ими потенциально возможной урожайности, как показал статистический анализ, соответственно равна: 0,85; 0,70; 0,50 при σ_τ для этих степеней, равной 0,90; 0,07; 0,06, соответственно.

Второй фактор – уровень трудовых ресурсов (число свекловодов на 1 га). На основании анализа к 2019 г значение этого фактора снизится до 0,114 при доверительном интервале 0,166 - 0,7 против 0,20 в 2000 г. и 0,134 в 2010 г., а к 2020 г достигнет 0,1- 0,05 то есть до пяти человек на 100 га. Для оценки средств механизации примем следующие значения этого фактора: 0,08; 0,10; 0,125; 0,165; 0,25; 0,5; 1,0; 2; 4,0 человека на 1 га.

Третий фактор – природные ресурсы. Этот фактор для близких почвенно-климатических условий характеризуется главным образом погодными условиями, основной показатель которых – количество осадков. Следовательно, при равных остальных показателях оценку этого фактора можно проводить по годовому количеству осадков. Выделим из возможных состояний погоды $\vartheta_j \in 0\ (j = 1, 2, 3)$ три: ϑ_1 – сухо ($W \leq 500$ мм); ϑ_2 - нормально (650 мм $\geq W > 500$ мм); ϑ_3 - влажно ($W > 650$ мм)

Апостериорные вероятности $\delta(\vartheta_j)$ появления каждого из состояний оценивали по источникам [3,4]. После округления получили средние значения: $\theta(\vartheta_1) = 0{,}25$; $\theta(\vartheta_2) = 0{,}50$; $\theta(\vartheta_3 = 0{,}25$ (ошибка средней 6...7,2). При этом с достоверностью 0,7 может быть принят четырёхлетний цикл повторностей ϑ_i (сухих лет).

Результаты и обсуждение. Анализ способов формирования посевов показывает, что для приведенных выше условий их выбора применительно к технологическим особенностям хозяйства они могут быть сведены к I-VI, как показано, в таблице 1. Каждый из этих способов, по сравнению с предыдущим, обеспечивает снижение трудозатрат, но в то же время предъявляет более высокие требования к технологическому уровню хозяйства [7-11].

Так хозяйства НТУ могут реализовать только первые два способа, СТУ – с первого по четвёртый, хозяйства ВТУ все шесть способов. Следовательно, для хозяйств СТУ и ВТУ необходимо провести оптимизацию способов. Выбор тех или иных способов связан с учётом трудовых ресурсов.

В то же время применение способов IV, V, VI (таблица 1) позволяющих резко снизить затраты, связано с риском недобора урожая в результате потерь всхожести при недостаточном количестве влаги (то есть в условиях ϑ_1)/

Таким образом, критерий оптимальности способов формирования определяется сокращением прямых приведенных затрат на 1 га пашни, затрат и потерь (недобор урожая), связанных с качеством и сроками выполнения операций.

Следовательно, условием оптимальности можно записать:

$$S = З + Q_g \rightarrow min, \quad (1)$$

где З - приведенные затраты на 1 га пашни, руб.; Q_g - стоимость потерь на 1 га в закупочных ценах, руб

Таблица 1 - Способы формирования посевов

Процесс	Показатель	НТУ	СТУ	ВТУ
			Степень засорённости посевов	
			Средняя	Незначительная
Удаление сорняков	Способ и средства	Механический (культивация, боронование), прополка вручную	Агротехнический и механический: культивация, боронование, прополка вручную, обработка ротационными боронами	Агротехнический, механический и химический
Посев	Повреждения всходов, %	До 50	10...30; 10...20	Временное угнетение всходов гербицидами
	Уровень полевой всхожести, %	35...40	45...50	55 и более
	Способ	Загущенный	Разреженный пунктирный.	Точный. На «конечные интервалы»
	Норма высева семян шт. на 1 м	50 и более	Пунктирный 25...40, 12...16	12...16, 6...10
	Густота всходов до удаления, шт. на 1 м.	20...30 не менее18...20	16...18, 6...8	6...10, 4...5

	Способ	Прополка и проверка вручную. Поперечное прореживание (букетировка) разборка букетов и проверка вручную	Вдоль рядное (слепое) механическое прореживание, проверка вручную. Проверка вручную		Вдольрядное «селективное» прореживание, автоматическое прореживание	
Показатели эффективности: Снижение урожайности, %		0, 5...20		5..20, 0	0...5,	0...5
Затраты ручного труда на 1 га, ч.		150...220, 50...70		30...60, 15...30	0,	0
Способы формирования		I, II		III, IV	V,	VI

Обозначим: $У_в$- потенциально возможная урожайность корней в данных почвенно-климатических условиях при оптимальном сочетании элементов питания и влаги, ц/га; $У_д$ - урожайность, обусловленная погодными условиями и технологическим уровнем хозяйств ц/га; $У_б$ - планируемая биологическая урожайность, ц/га; $П_п$, $П_{ту}$, $П_ф$, $П_{ар}$ - потери (абсолютные), связанные соответственно с погодными условиями, технологическим уровнем, процессами формирования и защиты растений;

$v_п = П_п/У_в$, $v_{ту} = \frac{П_{ту}}{У_в}$, $v_ф = П_ф/У_д$, $v_{зр} = П_{зр}/У_д$ – *относительные значения этих потерь.*

Примем: (1-$v_п) = \delta$ и $(1 - v_{ту}) = \tau$. *Тогда при условии* $v_{зр} \to 0$ *получим:*

$$У_д = У_{в\delta\tau}; \quad (2)$$

$$У_б = У_д(1 - v_ф) = У_{в\delta\tau}(1 - v_ф); \quad (3)$$

$$П_ф = У_д v_ф = У_в \delta\tau v_ф. \quad (4)$$

Из анализа формулы (3), из показателей, влияющих на потери продуктивности, следует:

$$v_ф = v_{ср} + v_н, \quad (5)$$

($v_{ср}, v_н$ – потери, связанные со сроками формирования и качеством посевов);

$$П_ф = У_в \delta\tau(v_{ср} + v_н), \quad (6)$$

где $v_{ср} = v(x_т; y_{тр}; y_п)$, $v_н = v(x_{по}; x_{ко} x_{кз}; y_с; y_п)$,

$x_т$, $x_{по}$, $x_{кз}$ - соответственно, трудоёмкость, параметры операций, качество операций и заделки) – внутренне поддающиеся управлению факторы

$У_{ту}$, $У_{тр}$, $У_с$, $У_п$ соответственно, технологический уровень, трудовые ресурсы, состояние природы) – факторы внешние, относящиеся к окружающей среде и имеющие неопределённый характер.

Следовательно, задача оптимизации должна решаться методами выбора решений в условиях неопределённости: путём замены неизвестных факторов их статистическими значениями с априорным или апостериорным распределением вероятностей и замены случайных факторов детерминированными значениями. Анализ показал, что все действующие факторы, кроме погодных условий, могут быть детерминированы, а погодные условия приведены в стохастическую неопределённость.

Потеря для каждого состояния $v_п/\vartheta_i$, как и вероятности появления состояний $\delta(\vartheta_j)$, определяются по стохастическим данным.

Величины $v_п$, $v_{ср}$, $v_н$ для способа формирования $а_i \in A$ D в зависимости от $v_j \in 0$ позволяет по (6) оценить потери $П_ф$ для всех возможных комбинаций $а_i \in A$; $\vartheta_j \in 0$.

Подставляя $п_ф\,(\vartheta, а)$ в (1) получим значения $S_{ij} = L(\vartheta_i, a_i$? где $L(\vartheta_j, a_i) -$ функция потерь.

По данным S_{ij} построим матрицу потерь

$$S = ||S_{ij}|| = || \begin{matrix} S_{11} \;\ldots\ldots\ldots\ldots\; S_i l \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ S_{m1} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots S_m L \end{matrix} || \qquad (7)$$

Тогда задача – типичная для теории стохастических решений. Применим ряд критериев оптимальности: крайнего пессимизма – максимальный Вольда, минимаксный Севиджа, пессимизма-оптимизма Гурвича и, наконец, когда в нашем случае, известны априорные значения вероятности описывается так: выбрать такой способ $а^x$ из множества $А = (а_1 \ldots а_L)$ на множестве состояний природы $\theta = (\vartheta_1 \ldots, \vartheta_m)$ при котором хозяйства высокого или среднего технологического уровня $L(\vartheta_{j,}, й\, a_1) = min.$

Так как состояние природы - случайная величина с распределением вероятностей $\delta(\vartheta)$ на пространстве θ, то значение $S(\vartheta, a)$ будет случайным с тем же распределением вероятностей на том же пространстве. В связи этим, в качестве целевой функции принимаем среднее значение функции $S(\vartheta, a)$ на пространстве θ:

$$L(\delta, a) = M|L(\vartheta, a) = \sum\; |L(\vartheta, a)\delta\vartheta|\,, \qquad (8)$$

или

$$\begin{matrix} L(\delta, a_i) = \delta_i S_{11} + \delta_2 S_{21} + \delta_3 S_{31} \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ L(\delta, a_L) = \delta_1 S_{1L} + \delta_2 S_{2L} + \delta_3 S_{3L} \end{matrix} \quad || \qquad (9)$$

Тогда оптимальным значением $а^1$ при которой среднее значение потерь будет минимально:

$$R^1(\delta) = L(\delta, a^1) = (L(\delta, a)|a \in A^1 \qquad (10)$$

Значение функции L (δ, a) потерь затрат приведены в таблице 2.

Значение потерь соответственно для НТУ, СТУ, ВТУ приведены в таблице 3.

Прогноз значения современного и перспективного уровней $Р_п$ полевой всхожести семян отражен в данных, приведенных в таблице 4.

Таблица 2 - Значение функции L (δ, a) потерь затрат (**The value of the function L (δ, a) cost losses)**

Способ	$у_т$, чел. на 1 га ($H_т$ га на 1 чел.) 4,0 (0,25)	2,0 (0,5)	1,0 (1,0)	0,5 (2,0)	0,25 (4,0)	0,160 (6,0)	0,125 (8,0)	0,100 (10,0)	0,03 (12,0)
					СТУ				
I	505	548	734	1070					
II	621	621	706	859	1193				
III	517	517	565	691	937	1193			
IV	440	440	470	456	546	648	839	902	1118
					ВТУ				
I	419	483	719	1132					
II	691	691	791	992	1390				
III	569	569	620	771	1070	1395			
IV	463	463	463	483	592	732	862	986	1141
V	457	457	457	457	457	457	457	457	457
VI	408	408	408	408	408	408	408	408	4,08

Таблица 3 - Значение потерь соответственно для НТУ, СТУ, ВТУ
(**The value of losses, respectively, for NTU, STU, VTU)**

Состояние	1-$(v_П + V_X)$ при τ ή равном 0,55	0,70	0,85	ў $_x$ при $у_в$ $= 650$ ц/га		
ϑ_1 при $\sigma_\tau = 0{,}09$	0,83	0,41	0,50	0,68	285	365	440
ϑ_2 $\sigma_\tau = 0{,}08$	0,90	0,50	0,63	0,76	325	410	500
ϑ_3 $\sigma_\tau = 0{,}07$	1,00	0,65	0,70	0,85	360	455	550

Таблица 4 - Прогноз значения современного и перспективного уровней $P_п$ полевой всхожести семян (**The forecast values of the current and future levels of $P_п$ field seed germination)**

Уровень и значения лабораторной всхожести семян, %	**Уровни % проведения предпосевной подготовки и сева**					
	Существующий			Перспективный		
	ϑ_1	ϑ_2	ϑ_3	ϑ_1	ϑ_2	ϑ_3
	50	60	70	60	70	80
Современный недражированные						
I класс 80	40	50	55	50	55	65
II класс 70	35	40	50	40	50	55
дражированные 85	40	50	60	50	60	70
Перспективный недражированные	45	55	65	55	65	70
I класс 90	40	50	55	50	50	70
II класс 80						
дражированные 90	45	55	65	55	65	70

Выводы

Способы механизации возделывания сахарной свеклы определяется решением ключевого вопроса проблемы – способом формирования посевов.

Основные предпосылки выбора способов формирования посевов – состояние природы; способы механизации посевов с учётом потерь урожайности посевов; экономическая эффективность способов механизации с учётом потерь урожайности, связанных с несвоевременностью формирования и неоптимальности густоты и распределения всходов.

При выборе V и VI способа формирования: можно повысить технический уровень хозяйств до ВТУ; обеспечить хозяйства семенами со всхожестью не ниже 90%; а также гербицидами для борьбы с сорняками на стадиях развития.

В условиях дефицита трудовых ресурсов оптимальными будут следующие способы формирования: VI – пунктирный посев семян с нормами 12 - 16 шт. на 1м и проверкой-прополкой вручную без прореживания (способ реализуется только в хозяйствах СТУ и ВТУ); посев на «конечные» интервалы, точный (6 - 10 шт. на 1 м.), без затрат ручного труда (способ оптимален при любом уровне трудовых ресурсов, реализуется только в хозяйствах ВТУ).

Список литературы

1. Лошаков В.Г. Севооборот и плодородие почвы. – М.: ВНИИА им. Прянишникова, 2013. - 511 с.

2. Гордеев А.В., А.Д. Клещено, Черняков Б.А., Сиротенко О.Д. Биоклиматеческий потенциал России: теория и практика. – М.: Т-во научных изданий КМК, 2006. – 508 с.

3. Точное сельское хозяйство (Precision Agriculture) под общей редакцией Д. Шпаара А.В. Захаренко, В.П. Якушева. – Санкт-Петербург-Пушкин, 2009. – 397 с.

4. Измайлов А.Ю., Макаров В.А. К вопросу обоснования технико-экономического уровня сельскохозяйственных машин и оборудования // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2016. -№ 3. - С.17-19.

5. Измайлов, А.Ю., Лобачевский, Я.П. Система машин и технологий для комплексной механизации и автоматизации сельскохозяйственного производства на период до 2020 года [Текст]// Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2013. – № 6. – С. 6-10.

6. Лачуга, Ю.Ф. Научно-методическое обеспечение развития фундаментальных и поисковых научных исследований в области сельского хозяйства [Текст]// АПК: Экономика, управление. – 2015. – № 2. – С. 3-11.

7. Andringa J., Gommeren J. Bietenlader met nieuw reinigingssystem//Landbouwmechanisatie. 1985. V. 36. N 8. P. 851.853.

8. Arracheuse a betterraves/ Проспект фирмы Thyregod (Дания). (ЦОСИФ ВНИИТЭИ агропрома, И 437).

9. Borthakur M.Y., Baruah Y.C.S. Spraying Technique/ Tuo and a bud. 1993, V.I .S. 18-21.

10. Oksson M. Bandsprutning med gma vatskemangder. Sveriges lan-tebruksuniversitet, Vaxtskyddsrapporter. 1985.- № 31. P.82-91 (Швеция).

11. Gumesson G., Svensson K.E. Sprututrusting for sma. Sv hant-bruksuniversitet, Vaxtskyddsrapporter. 1995. № 31. 44.54. (Швеция).

References

1. Loshakov V.G. Sevooborot i plodorodiye pochvy. - M.: VNIIA im. Pryanishnikova, 2013. - 511 s.

2. Gordeyev A.V., A.D. Kleshcheno, Chernyakov B.A., Sirotenko O.D. Bioklimaticheskiy potentsial Rossii: teoriya i praktika. - M .: T-vo nauchnykh izdaniy KMK, 2006. - 508 s.

3. Tochnoye sel'skoye khozyaystvo (Tochnoye sel'skoye khozyaystvo) pod obshchey redaktsiyey D. Shpaara A.V. Zakharenko, V.P. Yakusheva. - Sankt-Peterburg-Pushkin, 2009. - 397 s.

4. Izmaylov A.YU., Makarov V.A. K voprosu obosnovaniya tekhniko-ekonomicheskogo urovnya sel'skokhozyaystvennykh mashin i oborudovaniya // Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii. - 2016. -№3. - S.17-19.

5. Izmaylov, A.YU., Lobachevskiy, YA.P. Sistema sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva i tekhniki na period do 2020 goda [Tekst] // Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii. - 2013. - № 6. - S. 6-10.

6. Lachuga, YU.F. Nauchno-metodicheskoye obespecheniye razvitiya fundamental'nykh i nauchnykh issledovaniy v oblasti sel'skogo khozyaystva [Tekst] // APK: Ekonomika, upravleniye. - 2015. - № 2. - S. 3-11.

7. Andringa J., Gommeren J. Bietenlader met nieuw reinigingssystem//Landbouwmechanisatie. 1985. V. 36. N 8. P. 851.853.

8. Arracheuse a betterraves/ Проспект фирмы Thyregod (Дания). (ЦОСИФ ВНИИТЭИ агропрома, И 437).

9. Borthakur M.Y., Baruah Y.C.S. Spraying Technique/ Tuo and a bud. 1993, Vi .S. 18-21.

10. Oksson M. Bandsprutning med gma vatskemangder. Sveriges lan-tebruksuniversitet, Vaxtskyddsrapporter. 1985.- № 31. P.82-91 (Швеция).

11. Gumesson G., Svensson K.E. Sprututrusting for sma. Sv hant-bruksuniversitet, Vaxtskyddsrapporter. 1995. № 31. 44.54. (Швеция).

УДК 631.363.2

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЗАТРАТ ПРИ ИЗМЕЛЬЧЕНИИ ЗЕРНОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Лебедев Анатолий Тимофеевич,
доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Технический сервис, стандартизация и метрология»,
Искендеров Рамиль Рашидович,
кандидат технических наук, ст. преподаватель кафедры «Технический сервис, стандартизация и метрология»,
Шумский Александр Сергеевич,
аспирант кафедры «Технический сервис, стандартизация и метрология»,
Жевора Юрий Иванович,
кандидат экономических наук, доцент, профессор кафедры «Технический сервис, стандартизация и метрология»,

ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет», Ставрополь, e-mail: iskenderov_ramil@inbox.ru

Реферат. *Эффективность работы измельчителя оценивали по производительности, качеству измельчения, удельной энергоемкости и материалоемкости. Экспериментальные исследования проводили в лабораторных условиях и в фермерских хозяйствах. Использовали молотковую дробилку модели «Зубренок» с новыми молотками и решетами диаметром 3,5 мм для приготовления комбикорма (35% ячменя, 17% овса, 24% пшеницы и 24% кукурузы). Ее работу сравнивали с экспериментальной роторной дробилкой. Обработка экспериментальных данных проводилась с использованием методов математической статистики, программ Microsoft Excel 2007, ZetLab и JMicrovision. Разработана методика оценки экономических затрат в процессе измельчения зерновых материалов на основе показателя фактической результативности* $Ф_{ри}$ *и деления массы готового измельченного продукта на три фракции: фракция требуемой крупности, недомолот и перемолот. Сравнительный эксперимент показал, что при степени измельчения 1,8 и 2,2, модуле помола 2,4 мм и 2,1 мм, в роторной и молотковой дробилке, соответственно, готовый продукт удовлетворяет зоотехническим требованиям и заданному помолу 1,8...2,6 мм. Но показатель фактической результативности в молотковой дробилке составил только* $Ф_{ри} = 2,6$*, что указывает на наличие в измельченной смеси зерновых 27,9% некондиционных фракций. В роторной дробилке в 3,5 раза меньше общие затраты на измельчение продукта, соответствующего зоотехническим требованиям меньше, на 28 % меньше эксплуатационные затраты, удельные энергозатраты на 58%. Предложенная методика дает возможность производить комплексную оценку энергетических, трудовых и финансовых затрат в разрезе фактического получаемого качественного зернового материала.*

Ключевые слова: *эффективность процесса измельчения, зерновые материалы, фактическая результативность, недомолот, перемолот, требуемая крупность, роторная дробилка.*

COMPARATIVE ESTIMATION OF COST FOR CRUSHING GRAIN MATERIALS

Lebedev Anatoly,
Doctor of Engineering Sciences, Full Professor, Head of the department "Technical service, standardization and metrology"
Iskenderov Ramil,
Candidate of engineering sciences, Assistant of the department "Technical service, standardization and metrology"

Shumsky Alexandr,
Postgraduate at the Department of "Technical service, standardization and metrology",
Zhevora Yuri,
Candidate of economic sciences, associate professor, professor of the department "Technical service, standardization and metrology",
Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Stavropol State Agrarian University", Stavropol, e-mail: iskenderov_ramil@inbox.ru

Abstract. *The efficiency of the shredder was evaluated by performance, grinding quality, specific energy intensity and material consumption. Experimental studies were carried out in laboratory conditions and in farms. Hammer crusher of the "Zubrenok" model with new hammers and sieves 3.5 mm in diameter for the preparation of compound feed (35% barley, 17% oats, 24% wheat and 24% corn) were used. Her work was compared with an experimental rotary crusher. The processing of experimental data was carried out using the methods of mathematical statistics, Microsoft Excel 2007, ZetLab and JMicrovision. The method of estimating the economic costs in the process of grinding grain materials based on the actual performance indicator* $Ф_{pu}$ *and the division of the mass of the finished crushed product into three fractions: the fraction of the required size, not ground and milled was developed. A comparative experiment showed that with a grinding ratio of 1.8 and 2.2, a grinding module of 2.4 mm and 2.1 mm in a rotary and hammer crusher, respectively, the finished product meets the zootechnical requirements and the specified grinding 1.8 ... 2.6 mm. But the indicator of the actual performance in the hammer crusher was only* $Ф_{pu}$ *= 2.6, which indicates the presence of 27.9% substandard fractions in the ground grain mixture. The total cost of grinding a product that complies with zootechnical requirements is 3.5 times less in a rotary crusher, 28% less operating costs, specific energy consumption is 58% less. The proposed method makes it possible to carry out a comprehensive assessment of energy, labor and financial costs in the context of the actual quality grain material obtained.*

Keywords: *grinding efficiency of the grinding process, grain materials, actual productivity, non-grinding, grinding, required size, rotary crusher.*

Введение. Динамика производства комбикормов в России демонстрирует постоянное увеличение. Это, в первую очередь, связано с растущим объемом производства мяса птицы и свинины. В 2014 году объем производства мяса птицы и свинины составил 9,4 млн. тонн. Причем, более 90% российских кормов идет на нужды птицеводства и свиноводства. Отрасль российского животноводства находится в тесной связи с рынком кормов. Больше половины себестоимости килограмма мяса складывается из затрат на сырье. При этом средняя стоимость комбикормов и кормовых добавок ежегодно растет на 15…30%, что в свою очередь сказывается на стоимости мяса и мясных изделий [1].

Эта тенденция роста затрат сохраняется и сейчас. Поэтому для укрепления и развития отрасли животноводства необходимо создание прочной кормовой базы, что невозможно без переработки (измельчения) зерновых материалов. Кормление занимает 60 - 70% себестоимости продукции, а измельчение является одним из наиболее энергоемких процессов при производстве кормов и потребляет до 70% электроэнергии, затрачиваемой на весь технологический процесс [2-4].

Экспериментальная часть. Экспериментальные исследования проводились в лабораторных условиях и в фермерских хозяйствах. Применялись общепринятые и частные методики, и оборудование в соответствии с действующими ГОСТами, с использованием методов планирования многофакторных экспериментов. Обработка экспериментальных данных проводилась с использованием методов математической статистики, программ Microsoft Excel 2007, ZetLab и JMicrovision.

Экспериментальные исследования по измельчению и определению физико-механических свойств зерновых материалов, наиболее используемых при приготовлении комбикормов позволили обосновать методику оценки эффективности процесса измельчения

показателем фактической результативности [5-8], который по сравнению с общепринятыми степенью измельчения и модулем помола более чувствителен к отклонению гранулометрического состава готового продукта от зоотехнических требований.

При этом эффективность измельчения нами представлена комплексным показателем $Э_и$, который учитывает не только степень измельчения λ, модуль помола M, энергетические удельные затраты $N_{уд}$, включающие производительность Q и потребную мощность P, но и показатель фактической результативности процесса измельчения $Ф_{ри}$:

$$Э_и = f(N_{уд}, Q, P, \lambda, M, Ф_{ри}). \quad (1)$$

Оценка качества процесса измельчения показателем фактической результативности $Ф_{ри}$ при разделении объема измельчения $V_{об}$ на три фракции: недомолот $V_н$, перемолот $V_п$ и фракция, соответствующая зоотехническим требованиям $V_{тр}$ проводится по формуле:

$$Ф_{ри} = \frac{V_{тр}}{V_н + V_п}, \quad (2)$$

Для определения дополнительного объема работ с целью обеспечения заданной зоотехническими требованиями крупности корма, согласно исходным данным в этом случае получим:

$$\Delta V = \frac{V_{тр}}{Ф_{ри}}. \quad (3)$$

Это означает, что к той массе зерновых материалов, соответствующей заданному размеру частиц Vтр, необходимо добавить еще и дополнительную часть ΔV, чтобы обеспечить поголовье необходимыми питательными веществами. Величина дополнительной массы корма зависит от показателя фактической результативности процесса. Чем он выше, тем меньше дополнительной массы корма требуется, тем самым количество работ по измельчению также будет меньше.

Информативность и наглядность эффективности предлагаемой методики оценки еще более подчеркивает ее преимущества при анализе энергетических или технико-экономических затрат, особенно нескольких сравниваемых вариантов реализации процесса измельчения.

Как уже отмечалось выше, при реализации технологического процесса измельчения нами выделено три фракции измельченного материала, совокупность которых обеспечивает итог работы дробилки. Сравнительная оценка эффективности измельчения в различных линиях приготовления концентрированных кормов проведена с использованием показателя фактической результативности процесса измельчения. При этом все отклонения от заданной крупности, предполагаем учитывать затратами на дополнительные операции (повторное измельчение, сортировка, гранулирование и др.). Тогда уравнение общих затрат для получения корма Vф.тр заданного качества, можно представить в следующем виде:

$$З_{общ}^{V_{ф.тр}} = З_{от}^{V_{об}} + З_э^{V_{об}} + З^{V_п} + З_{от}^{V_н} + З_э^{V_н} + З_{от}^{V_д} + З_э^{V_д}, \quad (4)$$

где $З_{от}^{V_{об}}, З_{от}^{V_н}, З_{от}^{V_д}$ - затраты на оплату труда при его работе на измельчение исходной массы $V_{об}$ зерна, на измельчение недомолота $V_н$ и измельчение дополнительной массы $V_д$ зерна, равной исключенной массе перемолота.

$$З_{от} = C \cdot \frac{V_i}{Q}, \quad (5)$$

где C - часовая тарифная ставка рабочего, руб./ч;

V_i - масса ($V_{об}$, $V_н$, $V_д$) измельчаемого зерна, соответственно исходная, недомолот и дополнительная, равная массе перемолота, кг;

$З_э^{V_{об}}, З_э^{V_н}, З_э^{V_д}$ - затраты на расходуемую электроэнергию при измельчении исходной массы $V_{об}$, недомолота $V_н$ и измельчение дополнительной массы $V_д$.

$$З_э = \frac{C_э \cdot N \cdot V_i}{Q}, \quad (6)$$

где $C_э$ - стоимость электроэнергии, руб./кВтч; N - потребляемая электроэнергия, кВтч; $З^{V_п}$ - затраты на переработку перемолота, руб.

$$З^{V_п} = V_п \cdot C_з \cdot k_п, \quad (7)$$

где $C_з$ - стоимость реализации зернового материала, руб./кг;
$k_п$ - коэффициент учитывающий питательную ценность перемолота.

В данной модели затрат на переработку перемолота, которая может включать операции по увеличению его размеров за счет гранулирования, прессования в крупку, увлажнения и др., для упрощения расчетов приняты равными стоимости реализации зернового материала, но с учетом питательной ценности переизмельченной и пылевидной фракций. Значение коэффициента $k_п$ может быть установлено при проведении сравнительных испытаний питательной ценности перемолота и измельчённого зерна (результаты представлены в разделе экспериментальных исследований).

Подставляя в выражение (4) получим:

$$З_{общ} = \left(C \cdot \frac{V_{об}}{Q} + C_э \cdot N \cdot \frac{V_{об}}{Q}\right) + \\ + \left(C \cdot \frac{V_н}{Q} + C_э \cdot N \cdot \frac{V_н}{Q}\right) + \left(C \cdot \frac{V_д}{Q} + C_э \cdot N \cdot \frac{V_д}{Q}\right) + V_п \cdot C_з \cdot k_п. \quad (8)$$

Упростив уравнение (15) получим:

$$З_{общ} = \left(C + C_э \cdot \frac{N}{Q}\right) \cdot \left(V_{об} + V_н + V_д\right) + V_п \cdot C_з \cdot k_п. \quad (9)$$

Далее, проведя некоторые преобразования и приняв $V_д = V_п$ получим:

$$З_{общ} = (C + C_э \cdot \frac{N}{Q}) \cdot [V_{тр} \cdot (\frac{2}{Ф_{ри}} + 1)] + V_п \cdot C_з \cdot k_п\,, \quad (10)$$

где $(V_п \cdot C_з \cdot k_п)$ - повторная переработка измельченного материала, может проводиться неоднократно (из условия $V_д = V_п$).

Результаты и обсуждение. На молотковую дробилку модели «Зубренок» были установлены новые молотки и решета диаметром 3,5 мм для приготовления комбикорма птице, в состав которого входили: 35% ячменя, 17% овса, 24% пшеницы и 24% кукурузы. Далее в производственных условиях сравнивали ее работу с экспериментальной роторной дробилкой [9]. В течение 35 дней через каждую рабочую неделю производился отбор навесок измельченной массы зерновой смеси весом 5 кг. Еженедельный намолот комбикорма составлял 625 кг. Производительность молотковой дробилки соответствует заявленной в техническом паспорте и составила 110…145 кг/ч, а роторной составила 150…240 кг/ч.

При степени измельчения 1,8 и 2,2, модуле помола 2,4 и 2,1, в роторной и молотковой дробилке, соответственно, измельченное зерно соответствует зоотехническим требованиям и заданному помолу 1,8...2,6 мм. Однако при сравнении по показателю фактической результативности видно, что в молотковой дробилке этот показатель $Ф_{ри}$ = 2,6, что указывает на наличие в измельченной смеси зерновых 27,9% некондиционных фракций. Сравним полученные данные на диаграмме распределения готового продукта по 3 фракциям (рисунок 1).

Дробилка	$Ф_{ри}$	М, мм	λ	Требуемая крупность, кг	Недомолот, кг	Перемолот, кг	Всего, кг
Роторная	24,6	2,4	1,8	961	0	39	1000
Молотковая	2,6	2,1	2,2	721	104	175	1000

Рисунок 1 - Сравнение графиков распределения измельченной массы

За период проведения эксперимента в молотковой дробилке количество измельченной массы, отвечающей требуемым значениям крупности помола, не превышало 72%. Частицы размером менее 0,25 мм, составили в среднем 24% за весь эксперимент. То есть, на одну тонну измельченного продукта фракция требуемой крупности в среднем составила 961 кг в роторной и 721 кг в молотковой. Анализ средних показателей дробилок показал, что частицы размером менее 0,25 мм, в роторном измельчителе составляют всего 3,9 %, что в 4,5 раза меньше, чем в молотковой дробилке.

В соответствии с предложенной ранее методикой, затраты на получение тонны продукта требуемой крупности в этих двух дробилках рассчитаем по формуле (10). Разница изображена графически на рисунке 2.

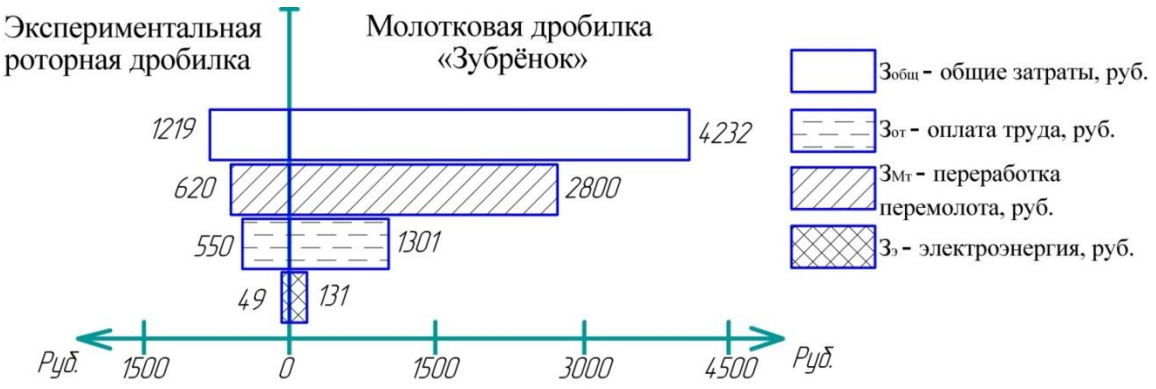


Рисунок 2 - Измельчение 1 т зерна требуемого гранулометрического состава

Общие затраты на измельчение фуражного зерна, соответствующего зоотехническим требованиям, в ценах первого квартала 2018 года в роторной дробилке предлагаемого образца (1 219 руб.) меньше в 3,5 раза, чем в молотковой дробилке «Зубрёнок» (4 232 руб.).

Тогда, в соответствии с [10], для выше приведенных условий при измельчении зерновых материалов в роторной дробилке эксплуатационные затраты снижаются на 28%, удельные энергозатраты на 58%, общая годовая экономия составляет 165 780 руб.

Выводы.

Предложенная методика дает возможность производить комплексную оценку энергетических, трудовых и финансовых затрат в разрезе фактического получаемого качественного зернового материала. Методика позволяет оценить эффективность любой другой известной измельчающей машины.

Производственные испытания роторной и молотковой зернодробилок показали, что на одну тонну измельченного продукта фракция с частицами требуемого размера в среднем составляет 96,1 % против 72,1 % в пользу роторной дробилки предлагаемой конструкции, а недомолот присутствовал только в молотковом измельчителе «Зубрёнок». Это позволяет снизить общие затраты на измельчение продукта в 3,5 раза, эксплуатационные затраты на 28%, удельные энергозатраты на 58%.

Список литературы

1. Тенденции развития комбикормовой отрасли России и мира / экспресс-исследование ОАО «Корпорация Развитие» - Белгородская область 2015 г. // URL: http://pticainfo.ru/news/?ELEMENT_ID=34196 (дата обращения 14.03.2018)

2. Искендеров Р.Р., Очинский В.В., Лебедев А.Т. Измельчение зерновых материалов: проблемы и способы их решения // Актуальные проблемы научно-технического прогресса в АПК: сборник научных статей «Агроуниверсал-2015» / Ставрополь, 2015. С 19-22.

3. Мельников, С.В. Механизация и автоматизация животноводческих ферм. / Л.: Колос, Ленинградское отделение. – 1978. – 560с.

4. Кулаковский И. В., Кирпичников Ф. С., Резник Е. И. Машины и оборудование для приготовления кормов : справочник часть 1. М. : Росссельхозиздат, 1987. С. 285.

5. Элементы проектирования роторной дробилки / Р.Р. Искендеров, В.В. Очинский, А.Т. Лебедев, Р.В. Павлюк // Научная жизнь. 2014. №6. С. 42-49.

6. Лебедев А.Т., Очинский В.В., Искендеров Р.Р. Научно-практические аспекты измельчения зерновых материалов // Инновации в АПК: проблемы и перспективы / Белгород, 2014. №3(3). С.9 -17.

7. Методологический подход к обоснованию принципа работы роторной дробилки / Р.Р. Искендеров, В.В. Очинский, А.Т. Лебедев, Р.В. Павлюк // Вестник ФГБОУ ВПО МГАУ им. В.П. Горячкина. 2015. №3(67). С. 24-28.

8. Искендеров Р.Р., Лебедев А.Т. Молотковые дробилки: достоинства и недостатки // Вестник АПК Ставрополья. 2015. №1(17). С. 27-30.

9. Пат. 2552958 Российская Федерация, МПК B 02 C 4/10, B 02 C 4/28. Роторная дробилка / А.Т. Лебедев, В.В. Очинский, Р.Р. Искендеров и др. ; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Ставропольский ГАУ. № 2014108154/13 ; заявл. 03.03.2014 ; опубл. 10.06.2015, Бюл. № 16.

10. Методика экономической оценки технологий и машин в сельском хозяйстве. Под ред. Драгайцева В.И. Всероссийский научно-исследовательский институт экономики сельского хозяйства. - Москва, 2010. – 146с.

References

1. Tendencii razvitija kombikormovoj otrasli Rossii i mira / jekspress-issledovanie OAO «Korporacija Razvitie» - Belgorodskaja oblast' 2015 g. // URL: http://pticainfo.ru/news/?ELEMENT_ID=34196 (data obrashhenija 14.03.2018)

2. Iskenderov R.R., Ochinskij V.V., Lebedev A.T. Izmel'chenie zernovyh materialov: problemy i sposoby ih reshenija // Aktual'nye problemy nauchno-tehnicheskogo progressa v APK: sbornik nauchnyh statej «Agrouniversal-2015» / Stavropol', 2015. S 19-22.

3. Mel'nikov, S.V. Mehanizacija i avtomatizacija zhivotnovodcheskih ferm. / L.: Kolos, Leningradskoe otdelenie. – 1978. – 560s.

4. Kulakovskij I. V., Kirpichnikov F. S., Reznik E. I. Mashiny i oborudovanie dlja prigotovlenija kormov : spravochnik chast' 1. M. : Rosssel'hozizdat, 1987. S. 285.

5. Jelementy proektirovanija rotornoj drobilki / R.R. Iskenderov, V.V. Ochinskij, A.T. Lebedev, R.V. Pavljuk // Nauchnaja zhizn'. 2014. №6. S. 42-49.

6. Lebedev A.T., Ochinskij V.V., Iskenderov R.R. Nauchno-prakticheskie aspekty izmel'chenija zernovyh materialov // Innovacii v APK: problemy i perspektivy / Belgorod, 2014. №3(3). S.9 - 17.

7. Metodologicheskij podhod k obosnovaniju principa raboty rotornoj drobilki / R.R. Iskenderov, V.V. Ochinskij, A.T. Lebedev, R.V. Pavljuk // Vestnik FGBOU VPO MGAU im. V.P. Gorjachkina. 2015. №3(67). S. 24-28.

8. Iskenderov R.R., Lebedev A.T. Molotkovye drobilki: dostoinstva i nedostatki // Vestnik APK Stavropol'ja. 2015. №1(17). S. 27-30.

9. Pat. 2552958 Rossijskaja Federacija, MPK B 02 C 4/10, B 02 C 4/28. Rotornaja drobilka / A.T. Lebedev, V.V. Ochinskij, R.R. Iskenderov i dr. ; zajavitel' i patentoobladatel' FGBOU VPO Stavropol'skij GAU. № 2014108154/13 ; zajavl. 03.03.2014 ; opubl. 10.06.2015, Bjul. № 16.

10. Metodika jekonomicheskoj ocenki tehnologij i mashin v sel'skom hozjajstve. Pod red. Dragajceva V.I. Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij institut jekonomiki sel'skogo hozjajstva. - Moskva, 2010. – 146s.

АГРОПРОМЫШЛЕННЫЕ ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ

УДК 636.087.7: 636.085.55

ТЕХНОЛОГИЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ В КОМБИКОРМАХ

Шулаев Геннадий Михайлович
кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией,
E-mail: tniij@yandex.ru
Милушев Ринат Келимулович
кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, E-mail: july1931@yandex.ru
Энговатов Вячеслав Фёдорович
доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник,

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», г. Тамбов

Реферат. *Разработан состав и технология приготовления функциональной кормовой добавки на основе микронизированной сои и комплекса биологически активных веществ (бетаин, L-карнитин и лисофорт) для улучшения качества свиноводческой продукции. Микронизацию сои проводили на экспериментальной установке с двойным теплоподводом (инфракрасный излучатель сверху, тэн – снизу) является исходная влажность бобов – 18,0 %, их прогрев при температуре 130 ºС в течение 60 сек. с последующим темперированием (выдержка) при 90-92 ºС 15 минут и кондиционированием до 15-18 ºС. Отработаны технологические параметры приготовления добавки, изготовлен опытный образец добавки и проведены испытания её эффективности в производственных условиях на откормочном поголовье свиней. Установлено, что использование в комбикорме 2,0 % по массе функциональной кормовой добавки за 30 дней до убоя свиней повышает на 9,3 % их продуктивность, снижает затраты кормов на продукцию на 8,4 %, благотворно влияет на обмен веществ и качество продукции. В мышечной ткани возрастает на 0,85 % содержание жира, характеризующего улучшение «мраморности» мяса. При этом повышается влагосвязывающая способность на 8,0 %, интенсивность окраски на 5,0 ед. экстинкции, а также белково-качественный показатель мяса за счёт увеличения на 4,68 % содержания незаменимых аминокислот. Приведены расчёты экономической эффективности использования функциональной кормовой добавки при заключительном откорме свиней.*

Ключевые слова*: соя, функциональная добавка, технология приготовления, продуктивность, качество мяса.*

TECHNOLOGY PREPARATION AND EFFICIENCY USE FUNCTIONAL FODDER ADDITIVE IN MIXED FODDERS

Shulayev Gennady M.,
Candidate of agricultural sciences, laboratory chief, E-mail: tniij@yandex.ru
Milushev Rinat K,
Candidate of biological sciences, leading researcher, E-mail: july1931@yandex.ru

Engovatov Viacheslav,
Full Doctor of agricultural sciences, general scientific worker

Federal State Budgetary Scientific Institution «All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture», Tambov

Abstract*. The composition and technology of preparing a functional feed additive based on micronized soybean and a complex of biologically active substances (betaine, L-carnitine and lisofort) was developed to improve the quality of pig production. Micronization of soybeans was carried out on an experimental setup with double heat supply (infrared emitter from above, PETN - from below) is the initial moisture content of the beans - 18.0%, their heating at a temperature of 130 ºC for 60 seconds. with subsequent tempering (exposure) at 90-92 ºC for 15 minutes and conditioning to 15-18 ºC. The technological parameters of the preparation of the additive have been developed, a prototype of the additive has been manufactured and tests of its effectiveness under production conditions for the fattening pig population have been carried out. It has been established that the use of 2.0% by weight of a functional feed additive in the feed 30 days before slaughter of pigs increases their productivity by 9.3%, reduces the cost of feed for products by 8.4%, and has a beneficial effect on metabolism and product quality. The fat content in the muscle tissue, which characterizes the improvement in the "marbling" of meat, increases by 0.85%. The moisture-binding capacity increases by 8.0%, the color intensity increases by 5.0 units. extinction, and also increases the protein-quality indicator of meat due to an increase of 4.68% in the content of essential amino acids. Calculations of the economic efficiency of the use of a functional feed additive in the final fattening of pigs are given.*

Keywords*: soya, functional additive, technology preparation, efficiency, meat quality.*

Введение. С переходом на рыночную экономику Российское свиноводство претерпело серьезные изменения. Повсеместно внедряется интенсивная технология, характеризующаяся использованием животных мясного направления продуктивности, содержанием поголовья в закрытых помещениях без моциона, кормление комбикормами. Такая технология позволила значительно увеличить производство свиного мяса, улучшить экономические показатели этой отрасли, но создала проблемы с качеством получаемой продукции. В результате на свиноводческих предприятиях все чаще при убое стали регистрироваться животные с признаками PSE мяса (бледное, рыхлое, водянистое) с низким содержанием внутримышечного жира, что ухудшает его нежность, сочность и вкус [1,2].

Поэтому в России сейчас создаются специальные программы, направленные на получение органической продукции, а также технологии, которые обеспечили бы благополучие животных, здоровье людей, высокое качество продуктов питания [3].

В связи с этим прижизненное формирование качественных характеристик мясного сырья и получение на его основе продуктов с прогнозируемыми потребительскими и функциональными свойствами, предназначенных для здорового питания, является важным направлением научных исследований [4]. Для решения этой проблемы, по нашему мнению, необходимо создать систему функционального питания свиней, которая будет основываться на полнорационных комбикормах, содержащих специфические функциональные кормовые добавки, обеспечивающие не только повышение продуктивности, но и оптимальный качественный состав мяса и его нормативные характеристики.

Материалы и методы. Впервые научно обоснован состав и разработана технология приготовления функциональной кормовой добавки на основе микронизированной полножирной сои [5,6], L-карнитина, лисофорта и бетаина для использования при заключительном откорме свиней в целях улучшения качества продукции. Проведена оценка ее эффективности в колхозе-племзаводе им. Ленина Тамбовской области на откормочном поголовье свиней. Для опыта по принципу аналогов было отобрано две группы животных крупной белой породы по 24 гол. в каждой, кормление сухими комбикормами два раза в сутки, поение из автопоилок. Животные из опытной группы за 30 дней до убоя получали дополнительно к комбикорму функциональную кормовую добавку в количестве 2,0 % по массе. Проведен контрольный убой 3 животных из каждой группы при достижении ими живой массы 114-116 кг. Для изучения химического состава и физических свойств свинины отбирали по 3 образца длиннейшей мышцы спины и шпика из каждой группы. Дегустационную оценку полученной продукции проводили по 5 балльной шкале.

Результаты и обсуждение. Для получения функциональной кормовой добавки с высокими технологическими свойствами экспериментальным путём были определены оптимальные режимы влаготепловой обработки бобов полножирной сои, размола и последующего смешивания ингредиентов. Наиболее эффективным режимом микронизации сои на экспериментальной установке с двойным теплоподводом (инфракрасный излучатель сверху, тэн – снизу) является исходная влажность бобов – 18,0 %, их прогрев при температуре 130 ºС в течение 60 сек. с последующим темперированием (выдержка) при 90-92 ºС 15 минут и кондиционирование до 15-18 ºС [7,8]. При таких параметрах обработки происходит удаление антипитательных веществ до безопасного уровня, тестированного по активности уреазы 0,2 ΔpH (ГОСТ 13979. -9-69-уреаза). Размол микронизированных бобов сои проводили на молотковой дробилке, что обеспечило получение сыпучей фракции помола с размером частиц не более 0,2-0,5 мм.

Определён порядок смешивания ингредиентов в соответствующей пропорции. Состав добавки следующий, %: микронизированная соя – 95,5; бетаин гидрохлорид – 3,5; лисофорт – 0,7; L-карнитин – 0,3 [содержит 50% витамина B_{11}].

Основные параметры технологического процесса изготовления функциональной добавки представлены в таблице 1.

Таблица 1. Технология приготовления функциональной добавки из полножирной сои и биологически активных веществ

Параметры	Показатель
Микронизация полножирной сои: исходная влажность, %	18
температура °С	130
Темперирование (выдержка при 90-92^0 С), мин.	15
Кондиционирование, °С	15 - 18
Активность уреазы после обработки	0,2Δ pH
Размол сои на молотковой дробилке: фракционный состав помола, мм	0,2 – 0,5
Последовательность смешивания компонентов	Размолотые семена сои + бетаин + эмульгатор лисофорт + L-карнитин
Характеристика готового продукта: влажность, %	7,0

цвет	бежевый
запах	специфический – поджаренного зерна
сыпучесть	сыпучая смесь
слеживаемость	не слеживается
Тара: крафт – мешок, кг	25

В ходе опыта не установлено существенных различий в потреблении комбикормов, не отмечено случаев расстройств пищеварения. В микробиоценозе кишечной флоры у всех подопытных животных господствующее положение занимали полезные микроорганизмы – бифидо- и лактобактерии в пределах 10^8-10^9 микробных клеток в 1 г фекалий.

При пользовании функциональной добавки наблюдается улучшение физиологического состояния животных, интенсивнее протекает обмен веществ. В крови свиней опытной группы повысилось на 8,4 % содержание γ-глобулина, характеризующего высокий иммунный статус организма. Увеличилось на 1,2 ммоль/л содержание глюкозы и на 0,5 ммоль/л мочевины, что свидетельствует о большей мобилизации энергетического материала и белка на построение мышечной и жировой ткани. Эти данные согласуются с результатами продуктивности животных, как показано в таблице 2. Данные таблицы показывают, что среднесуточные приросты живой массы у свиней, получавших добавку, составляли 670 г и были выше контрольных на 9,3%, а затраты кормов на продукцию снизились на 8,43%.

Таблица 2. - Продуктивность свиней при использовании в комбикормах функциональной кормовой добавки

Показатель	Группа	
	контрольная	опытная
Количество животных, гол.	24	24
Живая масса свиней, кг:		
при постановке	95,7±0,55	96,1±0,12
при снятии	114,1±1,0	116,2±0,42
Прирост живой массы, кг	18,4 ±0,64	20,1 ±0,46
Среднесуточный прирост, г	613 ± 21	670 ± 16
В % к контрольной группе, %	100,0	109,3
Затраты комбикорма на 1 кг прироста, кг	5,70	5,22
В % к контрольной группе	100,0	91,57

По комплексу показателей проведена оценка качества продукции. Установлено, что в мышечной ткани возрастает содержание жира на 0,85 %. Это является свидетельством улучшения «мраморности» мяса.Повышается биологическая полноценность мяса за счёт большего содержания в нём незаменимых аминокислот. По таким аминокислотам как лизин, лейцин, изолейцин, аргинин, метионин и триптофан разница между опытной и контрольной группами была высоко достоверной ($p < 0,01$–$p < 0,001$). В общем количестве аминокислот незаменимые составляли 52,51 % и превосходили таковой показатель контрольной на 4,68 %. Общепризнанно что, чем больше в белке незаменимых аминокислот, тем выше пищевая ценность мяса, а, следовательно, выше его качество.

В мясе контрольной группы было больше оксипролина и меньше триптофана. В результате белково-качественный показатель мяса этих животных был ниже – 5,56 против 8,91 единицы в опытной группе. По существующей шкале такое мясо можно относить к сорту

высокого качества. При изучении физико-химических свойств мышечной ткани отмечено достоверное повышение в мясе опытной группы влагосвязывающей способности на 8,0 %, интенсивности окраски на 5,0 ед. экстинкции, что является хорошим показателем товарных и потребительских качеств продукции.

Важным фактором, дополняющим характеристику биологической полноценности мясной продукции, является наличие в ней жизненно необходимых для человека витаминов. Нами изучен витаминный состав мяса. Установлено, что в мясе животных опытной группы больше содержится холина на 0,29 мг/100г ($p<0,05$), приближается к достоверному значению разница по количеству биотина и фолиевой кислоты. Видимо биологически активный комплекс кормовой добавки, улучшая обмен веществ в организме свиней, способствовал усвоению и депонированию витаминов в тканях. Что касается минеральных веществ, то существенных различий в их концентрации в мясе подопытных животных не выявлено. При этом следует отметить, что в образцах мяса опытной группы установлено снижение свинца на 3,5 мкг или на 30,2 %. Это можно расценивать как положительный фактор.

Проведённая дегустационная оценка выявила преимущества качества продукции от животных опытной группы, особенно по таким показателям, как нежность, сочность мяса и наваристость бульона.

Расчёты показали, что применение функциональной кормовой добавки на заключительной стадии откорма свиней экономически оправдано, даёт дополнительный доход на животное 138,8 руб.

Выводы. Использование в комбикормах в течение 30 дней до убоя свиней функциональной кормовой добавки, в основе которой микронизированная соя и комплекс биологически активных веществ направленного действия, повышает на 9,3 % продуктивность животных, улучшает качественные показатели мяса: «мраморность», влагосвязывающую способность, интенсивность окраски, витаминный и аминокислотный состав, пищевую ценность продукции.

Список литературы

1. Михайлов М. Селекция на мясные качества свиней // Свиноводство. - 2002. - №1. - С. 8-9.

2. Лисицын А.Б., Чернуха И. М. Прижизненная оптимизация качества мяса животных // Зоотехния. - 2003. - №10. - С. 29-30.

3. Красновская Е. Десант ЗдороVAC: делиться самым ценным // Свиноводство. - 2017. - № 6. - С. 14-18.

4. Коробов А. П., Скоробогатова Н. К., Гиро А. В. Формирование мясной продуктивности свиней и прогнозирование качественных характеристик мяса в зависимости от организации их рационального питания // Все о мясе. - 2011. - № 1. - С. 14-17.

5. Шувалов А.М., Чернов Д.С., Машков А.Н., Калинин В.Ф. Перспективы применения комбинированного электронагрева зерна сои для удаления антипитательных веществ //Вестник ВИЭСХ. -2014.-№ 3 (16). - С. 75-77.

6. Шувалов А.М., Машков А.Н., Чернов Д.С., Калинин В.Ф., Набатов К.А. Расчет показателей процесса нагрева зерна сои //Техника в сельском хозяйстве. - 2014. -№ 6. -С. 7.

7. Вотановская Н.А., Чернов Д.С., Шувалов А.М., Шулаев Г.М., Машков А.Н. Исследование качественных показателей зерна сои в процессе термообработки// Наука в центральной России. - 2015. - №1(13). - С. 12-18.

8. Вотановская Н.А., Чернов Д.С., Шувалов А.М., Шулаев Г.М., Машков А.Н. Обоснование исходной влажности зерна сои перед термической обработкой// Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. - 2015. - Т. 20.- №2. -С. 446-448.

References

1. Mihajlov M. Selekciya na myasnye kachestva svinej // Svinovodstvo. - 2002. - №1. - S. 8-9.

2. Lisicyn A.B., CHernuha I. M. Prizhiznennaya optimizaciya kachestva myasa zhivotnyh // Zootekhniya. - 2003. - №10. - S. 29-30.

3. Krasnovckaya E. Desant ZdoroVAC: delit'sya samym cennym // Svinovodstvo. - 2017. - № 6. - S. 14-18.

4. Korobov A. P., Skorobogatova N. K., Giro A. V. Formirovanie myasnoj produktivnosti svinej i prognozirovanie kachestvennyh harakteristik myasa v zavisimosti ot organizacii ih racional'nogo pitaniya // Vse o myase. - 2011. - № 1. - S. 14-17.

5. Shuvalov A.M., Chernov D.S., Mashkov A.N., Kalinin V.F. Perspektivy primeneniya kombinirovannogo ehlektronagreva zerna soi dlya udaleniya antipitatel'nyh veshchestv //Vestnik VIEHSKH. -2014.-№ 3 (16). - S. 75-77.

6. Shuvalov A.M., Mashkov A.N., Chernov D.S., Kalinin V.F., Nabatov K.A. Raschet pokazatelej processa nagreva zerna soi //Tekhnika v sel'skom hozyajstve. - 2014. -№ 6. -S. 7.

7. Votanovskaya N.A., Chernov D.S., SHuvalov A.M., SHulaev G.M., Mashkov A.N. Issledovanie kachestvennyh pokazatelej zerna soi v processe termoobrabotki// Nauka v central'noj Rossii. - 2015. - №1(13). - S. 12-18.

8. Votanovskaya N.A., Chernov D.S., Shuvalov A.M., Shulaev G.M., Mashkov A.N. Obosnovanie iskhodnoj vlazhnosti zerna soi pered termicheskoj obrabotkoj// Vestnik Tambovskogo universiteta. Seriya: Estestvennye i tekhnicheskie nauki. 2015. T. 20. № 2. S. 446-448.

УДК 577.19: 636.03

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНОВА ДЛЯ СТИМУЛЯЦИИ РЕЗИСТЕНТНОСТИ ТЕЛЯТ ПРИ СОВРЕМЕННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ВЫРАЩИВАНИЯ МОЛОЧНОГО СКОТА

Филиппова Ольга Борисовна,
кандидат биологических наук, заведующая лабораторией, e-mail: filippova1968@mail.ru
Фролов Александр Иванович,
кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник,
E-mail: mr-frolov-alexandr2011@yandex.ru
Маслова Надежда Ивановна,
младший научный сотрудник, e-mail: e-mail: oxy-m1980@mail.ru
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», г. Тамбов

Реферат. *Разработан рецепт кормовой добавки для телят молочного периода выращивания. В состав добавки включены несколько видов дикорастущих и кормовых растений, произрастающих в центральной черноземной зоне России: полынь обыкновенная (Artemisia vulgaris L.), пижма обыкновенная (Tanacetum vulgare L.), зверобой продырявленный (Hypericum perforatum L.), ромашка аптечная (Matricaria recutita L.), тысячелистник обыкновенный (Tanacetum vulgare L.), подорожник большой (Plantago major L.), береза повислая (Betula pendula L.), горец птичий (Polygonum aviculare L.), крапива двудомная (Urtica dioica*

L.), люцерна синяя (Medicago sativa L.), эспарцет посевной (Onobrychis viciifolia L.). Установлено, что сухая смесь данных растений в условиях лабораторного эксперимента в 5,4 раза сокращает способность микроорганизмов к размножению и образованию колоний. Применение фитодобавки в рационе телят способствовало повышению резистентности их организма. Уровень желудочно-кишечных болезней у животных снизился на 33%, продолжительность выздоровления сократилась в 2 раза. Результаты микробиологических исследований экскрементов свидетельствовали о нормальном течении пищеварительных процессов у телят опытной группы. Содержание анаэробных бифидобактерий (представителей полезных микроорганизмов) в кале опытных животных было в нормальных пределах и составило 10^{10} КОЕ/г. Было обнаружено в 10 раз меньше представителей полезных микроорганизмов в экскрементах телят контрольной группы. Содержание плесневых грибов в опытных образцах было минимально (10^{2} КОЕ/г), а в контрольных – на 3 порядка выше (10^{5} КОЕ/г).

Ключевые слова: *телята, стимулирующая кормовая добавка, лекарственные растения, микрофлора кишечника, резистентность.*

BIOLOGICAL BASIS FOR STIMULATING THE RESISTANCE OF CALVES UNDER MODERN TECHNOLOGY OF CULTIVATION OF DAIRY CATTLE

FilippovaOlga,
Candidate of Biological Sciences, Head of the Laboratory, e -mail: filippova1968@mail.ru
Frolov Alexander,
Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher,
e-mail: mr-frolov-alexandr2011@yandex.ru
Maslova Nadezhda,
Junior Scientific Worker, e-mail: oxy-m1980@mail.ru

Federal State Budgetary Scientific Institution «All-Russian Scientific Research Institute of Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture», Tambov

Abstract.*A recipe for feed additives for calves of the dairy rearing period has been developed. Several species of wild and forage plants growing in the central chernozem zone of Russia: ordinary wormwood (Artemisia vulgaris L.), ordinary tansy (Tanacetum vulgare L.), St. John's wort (Hypericum perforatum L.), chamomile (Matricaria recutita L.), Yarrow (Tanacetum vulgare L.), Great Plantain (Plantago majorL.), Hanging Birch (Betula pendula L.), Highlander (Polygonum aviculare L.), Nettle (Urtica dioica L.), Alfalfa Blue (Medicago sativa L .), Esparcet of a sowing campaign (Onobrychis viciifolia L.) is included in the supplement. It was established that a dry mixture of these plants in a laboratory experiment reduces by 5.4 times the ability of microorganisms to multiply and form colonies. The use of phytoadditives in the diet of calves contributed to increasing the resistance of their body. The level of gastrointestinal diseases in animals decreased by 33%, the duration of recovery decreased by 2 times. The results of microbiological studies of excrement testified to the normal course of digestive processes in the calves of the experimental group. The content of anaerobic bifidobacteria (representatives of beneficial microorganisms) in the feces of experimental animals was within normal limits and amounted 10^{10} CFU/g.It was found 10 times less than the representatives of beneficial microorganisms in the excrement of calves of the control group.*

The content of mold fungi in the experimental samples was minimal (10^2 CFU/g), and in the controls – by 3 orders of magnitude higher (10^5 CFU/g).

Key words: *calves, stimulating feed additive, medicinal plants, intestinal microflora, resistance*

Актуальность проблемы. В начальном периоде своей жизни молодняк крупного рогатого скота наиболее чувствителен к стрессовым воздействиям и неблагоприятным факторам внешней среды.Формирование естественной защиты организма телят проходит уже после рождения в течение первых недель жизни. После того как расходуются колостральные факторы защиты от инфекций – иммуноглобулины, поступившие в организм с молозивом, возникает их дефицит в связи с недоразвитостью собственной иммунной системы [1, 2]. Кроме того, современная технология выращивания ремонтного молодняка для промышленных молочных ферм предусматривает раннее приучение телят к растительным кормам. В связи с резким переводом с молочного на растительно-концентратный корм пищеварительная система молодняка получает стресс, из-за которого в организме также может возникнуть иммунный дефицит. В результате нарушения пищеварения и антигенной кормовой нагрузки в пристеночной слизи кишечника уменьшается содержание иммуноглобулина А и гибнет полезная микрофлора [3]. Отсутствие у телят в первые недели жизни полноценного кишечного микробиоценоза, способного обеспечить колонизационную резистентность кишечника, создаёт условия для возникновения массовых желудочно-кишечных болезней различной этиологии[4, 5].

Для решения данных проблем в ветеринарной практике используются естественные иммуномодуляторы, а также препараты пребиотического действия [6]. Профилактика нарушений функции желудочно-кишечного тракта и поддержание на оптимальном уровне кишечного бактериоценоза может быть возможна путем использования препаратов на основе биологически активных веществ растительного происхождения. Флавоноиды растений оказываютпротивовоспалительноедействие на организм животных. Полисахариды стимулируют неспецифический иммунитет и фагоцитоз, а также бактерицидную функцию клеток. Иридоиды содержатся в растениях в виде гликозидов и синтезируются для защиты от травоядных животных, насекомых или микроорганизмов. Гликозиды также усиливают желчеобразование, уменьшают процессы брожения в пищеварительном тракте. Азулены (ароматические соединения) обладают противовоспалительным и бактериостатическим свойствами. Горечи усиливают желчеотделение, секрецию желудочно-кишечного тракта, улучшают аппетит. Дубильные вещества улучшают работу антиоксидантной системы печени, оказывают бактерицидное, противовоспалительное и вяжущее воздействие. Каротин является антиоксидантом и иммуностимулятором. Терпеноиды – циклические углеводороды со специфическим ароматическим запахом – обладают противомикробным действием. Сесквитерпеновые лактоны обладают антифидантной (отпугивают насекомых), фунгицидной и противоопухолевой активностью [7]. Благодаря наличию таких биологически активных веществ растения оказывают благоприятное физиологическое действие на организм животных – повышают аппетит, способствуют усвоению корма и увеличению прироста, стимулируют развитие иммунной системы[8, 9].Проведенные ранее эксперименты с фитодобавкой на коровах транзитного периода показали улучшение воспроизводительной способности и повышение молочной продуктивности животных [10].

В последнее время еще недостаточно изучено использование комплексных фитодобавок в кормлении телят молочного периода. Поэтому использование в их рационах кормовой до-

бавки, состоящей из культурных и лекарственных дикорастущих растений, представляет интерес для науки и производства.

Материал и методы исследования, обоснование состава. В состав добавки были включены следующие виды растений (%): тысячелистник обыкновенный (5), пижма обыкновенная (2), зверобой продырявленный (2), полынь обыкновенная (1), соцветия ромашки аптечной (2), листья березы повислой (6), подорожник большой (5), горец птичий (7), крапива двудомная (10), люцерна синяя (30), эспарцет посевной (30). Сырье для кормовойдобавки было собрано в период наибольшего накопления биологически активных веществ в растениях. После сушки при естественной температуре и влажности компоненты были измельчены на дробилке и смешаны между собой.

Химический состав растений представлен комплексом биологически активных веществ, обеспечивающих высокий фармакотерапевтический эффект добавки. В таблице 1 представлен состав биологически активных веществ использованных растений и их фармакологическое действие на организм животных. Доминирующими веществами являются флавоноиды, гликозиды, терпеноиды, полисахариды, алкалоиды, азулены, дубильные вещества, горечи, витамины, органические кислоты.

Таблица 1 – Состав и физиологическое действие растительных компонентов

Название растения, используемая часть	Биохимический состав (преобладающие компоненты)	Физиологическое действие преобладающих веществ
Полынь обыкновенная (*Artemisia vulgaris L.*), соцветия	терпеноиды (цинеол, борнеол, туйон), алкалоиды, флавоноиды, полисахариды, сесквитерпеновые лактоны, горькие гликозиды (абсинтин, анабсинтин, артабсин)	противогрибковое, антимикробное, повышающее аппетит, стимулирующее пищеварение
Пижма обыкновенная (*Tanacetum vulgare L.*), цветочные корзинки	горечи (танацетин), терпеноиды (борнеол, камфора, туйон, пинен), витамины (аскорбиновая кислота), флавоноиды (кверцетин, лютеолин, изорамнетин, космосиин, тилиантин), дубильные вещества, каротиноиды	антимикробное, антигельминтное, желчегонное, противопоносное, повышающее аппетит, стимулирующее пищеварение
Зверобой продырявленный (*Hypericum perforatum L.*), вся наземная часть	терпеноидцинеол, дубильные вещества до 13%, флавоноиды (кверцитрин, изокверцитрин, кверцетин), пигменты (гиперицин, гиперфорин), азулен, каротиноиды, витамины (B_4, РРиС)	антимикробное, вяжущее, противовоспалительное
Ромашка аптечная *(Matricaria recutita L.), соцветия*	сесквитерпены (кадинен, фарнезен, α-бисаболол*до 50%*), хамазулен до14%, органические кислоты (изовалериановая, каприловая, никотиновая, салициловая, ониловая), флавоноиды (апигенин, лютео-	ветрогонное, спазмолитическое, противовоспалительное, антимикробное, желчегонное

	лин, кверцетин, апиин), гликозид диоксикумарин, каротиноиды, слизи, камеди, витамины (С, B_1, B_2, B_4)	
Тысячелистник обыкновенный (*Tanacetum vulgare L.*) вся наземная часть	каротин, дубильные вещества (танниды), горечи (ахилеин),сесквитерпеноиды (проазулен, ахиллин, ацетилбалхинолид, кариофиллен), терпеноиды (камфора, туйол, цинеол, пинен, борнеол), флавоноиды (апигенин и лютеолин)	противовоспалительное, желчегонное, антимикробное
Подорожник большой (*Plantago major L.*), листья	сорбит, пектиновые вещества до 20%, полисахариды (пектовая кислота, галактоарабан, галактан), гликозиды (аукубиндо 0,4%), горечи, дубильные вещества, флавоноиды (лютеополин, апигенин, кверцетин, скутелляреин, гиспидулин, байкалеин, лютеолин), органические кислоты (салициловая, лимонная, бензойная)	противовоспалительное, спазмолитическое, ранозаживляющее, антимикробное, адсорбирующее (сорбит)
Береза повислая (*Betula pendula L.*), листья	сесквитерпены (бетулол до 47%, бетулен), тритерпеноидбетулин, флавоноиды до 5,6% (гиперозид, рутин, авикулярин), дубильные вещества до 9%, витамин С до 2,8%, каротиноиды	желчегонное, противовоспалительное, антивирусное, антимикробное противогельминтное
Горец птичий (*Polygonum aviculare L.*), вся наземная часть	дубильные вещества до 4,8%, флавоноиды до 9,4% (авикулярин, гиперин, изорамнетин, мирицетин, кверцетин, кемпферол), каротин	антимикробное, вяжущее, иммуномодулирующее
Крапива двудомная (*Urtica dioica L.*), листья	каротиноиды, витамины (С, К, B_1, B_2), дубильные вещества до 3,2%, гликозид уртицин, флавоноиды до 2% (кверцетин, изорамнетин, кемпферол), органические кислоты (щавелевая, муравьиная, фумаровая, молочная, янтарная, лимонная, хинная), алкалоиды до 0,3% (никотин, гистамин, ацетилхолин)	противовоспалительное, антимикробнное, желчегонное, повышающее аппетит
Люцерна синяя (*Medicago sativa L.*), вся наземная часть	витамины (А, С, РР, B_7, B_9,B_5), ненасыщенные жирные кислоты, танины, аминокислоты, большое количество макроэлементов (желе-	противовоспалительное,способствующее очистке желудочно-кишечного тракта

	зо, фосфор и кальций)	
Эспарцет посевной (*Onobrychis viciifolia L.*), наземная часть	флавоноиды, жирные масла до 8%, каротиноиды, витамины (С и Р)	иммуномодулирующее, способствующее очистке желудочно-кишечного тракта

Совокупность указанных соединений выполняет адаптационно-трофическую функцию, противодействует по отношению к медиаторам воспаления, усиливает желчеобразование, уменьшает процессы брожения в пищеварительном тракте, обладает бактериостатическими и фунгицидными свойствами, оказывает иммунокорригирующее действие. Органические кислоты растений поддерживают кислотно-щелочное равновесие кишечника. Фармакологический эффект дают валериановая и изовалериановая кислоты, а также ароматические – салициловая, коричная. Они находятся в виде сложных эфиров в маслах тысячелистника, ромашки, полыни и других растениях. Ароматическое соединение хамазулен, который является основным компонентом эфирного масла ромашки и тысячелистника, оказывает противовоспалительное действие, подавляет рост патогенной микрофлоры в кишечнике, повышает секрецию пищеварительных желез. Слизи и камеди, содержащиеся в ромашке и листьях подорожника большого, являются обволакивающими, смягчающими средствами при заболевании органов пищеварения [11-14].

Наибольшей антимикробной активностью обладают зверобой, тысячелистник, подорожник большой, горец птичий, пижма обыкновенная. Сорбит, содержащийся в подорожнике, придает растению сладкий вкус, оказывает адсорбирующее действие в кишечнике, эффективно и мягко связывает воду вместе с вредными веществами, не повреждая слизистую оболочку. Культурные растения – люцерна синяя и эспарцет посевной – послужили не только основой кормовой добавки, но и источником аминокислот, витаминов (ниацин, биотин, фолиевая, аскорбиновая и пантотеновая кислоты) и макроэлементов (железо, фосфор, кальций). Кроме того, люцерна и эспарцет способствуют очистке желудочно-кишечного тракта и печени, обладают противомикробными свойствами, усиливают фагоцитоз. Таким образом, физиологическое влияние перечисленных веществ в составе использованных растений на животных связано с улучшением пищеварительных процессов, статическим (цидным) действием на патогенную и условно патогенную микрофлору.

Для выполнения задач исследований в племенном заводе им. Ленина Тамбовского района проведен научно-производственный опыт на двух группах телят черно-пестрой породы в соответствии с требованиями по подбору аналогов, соблюдений условий кормления и содержания. Телята контрольной группы получали только основной рацион (цельное молоко или его заменитель), по потребности – грубые (сено, сенаж) и концентрированные (КР-1) корма, а животным опытной группы кроме основного рациона ежедневно скармливали подготовленную добавку в количестве 0,15 г/кг живой массы. При этом с 3-х до 30-суточного возраста ее вводили в молоко, а затем до 60-суточного возраста – в концентрированные корма.

Учетный период длился 120 суток, в течение которого за животными вели клинические наблюдения, регистрировали заболеваемость, потребление кормов, динамику изменений живой массы. В данной работе представлены результаты изучения эффективности действия добавки на заболеваемость желудочно-кишечными болезнями и видовой состав микробиоты пищеварительного тракта телят.

Результаты исследования. Перед проведением основного опыта на животных была проверена антимикробная активность кормовой добавки в лабораторном эксперименте с мя-

сом птицы по методике Токина Б.П. [15]. Метод основан на высеве продукта или разведения навески продукта в питательную среду, последующем инкубировании посевов при 37°С в течение 24-48 часов, подсчете всех выросших видимых колоний и считается наиболее распространенным тестом на микробную безопасность. На 10-е сутки в колбе без добавки (контрольной) на поверхности мяса появилась обильная слизь, на дне скопились капли влаги. На мясе, находившемся в среде летучих фитонцидов смеси растений (опытная колба), через 10 суток не наблюдалось признаков слизи. Оно имело естественный цвет, присущий подвяленному мясу. Через 40 суток был проведен анализ образцов на определение количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ). Результаты показали, что после инкубации посевов КМАФАнМ в опытном и контрольном образцах существенно различалось – $2,6 \cdot 10^7$ КОЕ/г против $1,4 \cdot 10^8$ КОЕ/г, соответственно, разница составила81,4%.

Основное назначение фитодобавки – профилактика возникновения заболеваний у телят, вызванных, в том числе, микробиотическим дисбалансом в кишечнике. На 9-е сутки выращивания в контрольной группе у трех телят (50% голов) были зафиксированы признаки диареи. Продолжительность болезни животных в среднем составила 6 дней. В группе опытных животных отмечен один случай (16,7% голов) диареи с 3-х дневной продолжительностью болезни. Следовательно, скармливание растительной добавки стимулировало повышение резистентности опытных животных, обеспечило нормальное функционирование микробиоты кишечника, снизило появление предпосылок для расстройства пищеварения.

Микробиота желудочно-кишечного тракта крупного рогатого скота в норме представляет собой сложную ассоциацию, состоящую преимущественно из анаэробных микроорганизмов, а также аэробных и факультативно анаэробных бактерий. Известно, что нормальная (полезная) микрофлора, главным образом, преобладающие в ней бифидобактерии, лактобактерии и энтерококки, продуцируя уксусную и молочную кислоты, оказывает сдерживающее влияние на размножение условно-патогенных микроорганизмов, стимулирует иммунную систему, принимает участие в реакциях метаболизма. Основной механизм подавления патогенной микрофлоры – избирательное связывание нормальной микрофлорой поверхностных эпителиальных рецепторов клеток. Нормальная микрофлора – неспецифический стимулятор («раздражитель») иммунной системы, отсутствие нормального микробного биоценоза вызывает многочисленные нарушения в иммунной системе [16].

В таблице 2 представлены результаты исследований образцов кала животных. Содержание анаэробных бифидобактерий (представителей полезной микрофлоры) в образцах кала, взятых от опытных животных, было в пределах нормы – 10^{10} КОЕ/г, а в образцах от контрольных телят – менее 10^9 КОЕ/г.

Содержание лактобактерий во всех образцах было в нормальных пределах. Энтерококков в опытных образцах содержалось ниже нормы на порядок. В контрольных образцах энтерококки вообще не обнаружены. Количество другого представителя нормальной микрофлоры – кишечной палочки (Escherichiacoli) – в опытных образцах находилось в пределах нормы (10^8 КОЕ/г), а в контрольных – на 3 порядка меньше нижней границы нормы (10^4 КОЕ/г). Содержание плесневых грибов в опытных образцах было минимально и соответствовало порогу чувствительности метода (10^2 КОЕ/г), а в контрольных – на 3 порядка выше (10^5 КОЕ/г), что могло послужить причиной расстройства пищеварения у телят. Прочие условно-патогенные бактерии: клостридии, энтеробактерии, стафилококки, не ферментиру-

ющие глюкозу бактерии, а также патогенные бактерии в опытных и контрольных образцах фекалий не обнаружены.

Таблица 2 – Результаты микробиологического исследования фекалий телят

Виды микроорганизмов	НОРМА	ГРУППА	
		КОНТРОЛЬНАЯ	ОПЫТНАЯ
Бифидобактерии	10^9-10^{10}	< 10^9	10^{10}
Лактобактерии	10^5-10^7	10^6	10^6
Энтерококки	10^5	-	10^4
Клостридии	10^4-10^5	-	-
Escherichiacoli типичные	10^7-10^8	10^4	10^8
Escherichiacoliлактозонегативные	< 10^5	-	-
Escherichiacoli гемолитические	0	-	-
Другие условно-патогенные энтеробактерии, представители родов Klebsiella, Enterobacter, Hafnia, Serratia, Proteus, Morganella, Providencia, Citrobacter и др.	< 10^4	-	-
Стафилококк золотистый	0	-	-
Стафилококки (сапрофитный, эпидермальный)	≤ 10^4	-	-
Дрожжеподобные грибы рода Candida	≤ 10^3	-	-
Плесневые грибы	10^2	10^5	10^2
Не ферментирующие бактерии: Pseudomonas, Acinetobacter и др.	≤ 10^3	-	-
Прочие микроорганизмы, в том числе сальмонеллы и другие патогенные бактерии	0	-	-

Выводы. Таким образом, экспериментально установлено, что кормовая фитодобавка значительно (в 5,4 раза) сокращает способность микроорганизмов к размножению и образованию колоний. Следовательно, при введении ее в молоко перед выпойкой телятам, она при контаминации с продуктом в определенной степени способна нейтрализовать возможное присутствие в нем болезнетворных микроорганизмов за счет биологически активных антибактериальных веществ лекарственных растений и тем самым предотвратить возникновение заболеваний желудочно-кишечного тракта животных. Высокая профилактическая эффективность растительной добавки способствовала снижению уровня желудочно-кишечных болезней на 33% и сокращению периода выздоровления в 2 раза. Микробиологические исследования образцов фекалий показали, что её использование в рационе телят опытной группы в 10 раз повысило количество представителей полезной микрофлоры в пищеварительном тракте и на 3 порядка уменьшило содержание плесневых грибов в сравнении с образцами фекалий от животных контрольной группы.

Список литературы

1. Емельяненко П.А. Иммунная система жвачных // Проблемы ветеринарной иммунологии. – М.: ВАСХНИЛ, 1985. – С. 40-46.

2. Субботин В.В, Сидоров М.А. Основные элементы профилактики желудочно-кишечной патологии новорожденных животных // Ветеринария. – 2004. – № 4. – С.3-6

3. Молчанов М.В., Букаров Н.Г., Сороковой П.Ф. К вопросу о сроках иммунологической реактивности у телят // Сельскохозяйственная биология. – 1981. – № 2. – С. 292-294

4. Zimmer G.M., Wentink G.H., Bruschke C., Westenbrink F.J., Brinkhof J., De Goey I. Failure of foetal protection after vaccination against an experimental infection with bovine virus diarrhea virus // Veterinary microbiology. – 2002. – Vol. 89. – № 4. – P. 255-265.

5. SchyntsF., LemaireM., RosC., BelakS., Thiry E. Establishment of latency associated with glycoproteine (GE) seroconversion after bovine herpesvirus-1 infection in calves with high levels of passive antibodies lacking GE antibodies // Veterinary microbiology. – 2001. – Vol. 82. – № 3. – P. 211-222.

6. Авакаянц Б.М., Коробов А.В.,Шретер А.И. Сравнительная оценка различных методов лечения диспепсии телят // Новое в диагностике, лечении и профилактике болезней животных. – М., 1996. – С. 31-33.

7. Машковский, М.Д. Лекарственные средства. 14-е изд., перераб., испр. и доп. – М.: ООО «Издательство Новая волна», 2002. – 540 с.

8. Вяйзенен Г.Н. Влияние скармливания кормовых добавок лактирующим коровам при раздое на продуктивность // Главный зоотехник. – 2015. – № 4. – С. 27-33.

9. Способ повышения неспецифической резистентности телят в период молочного питания: патент РФ № 2350098, 27.03.2009; Опубл.: 27.03.2009, Бюл. № 9; Заявка: 2007116887/13, 04.05.2007 / Галочкин В.А., Максименко С.В., Галочкина В.П.

10. Фитокомплекс с биоплексами микроэлементов в рационах коров транзитного периода / А.И. Фролов, О.Б. Филиппова, Р.К. Милушев, В.Ю. Лобков, Н.Г. Ярлыков // Вестник АПК Верхневолжья. – 2016. – № 4 (36). Декабрь. – С. 33-42.

11. Лекарственные растения Государственной фармакопеи / под ред. И.А. Самылиной, В.А. Северцева. –М. : АМНИ, 1999. – 488 с.

12. Афонькин С.Ю. Лекарственные растения: Большая иллюстрированная энциклопедия. Санкт-Петербург: СЗКЭО, 2017. –223 с.

13. Авакаянц Б. Лекарственные растения в ветеринарной медицине. – М.: АКВАРИУМ ЛТД, 2001. – 336 с.

14. Рабинович М.И. Лекарственные растения в ветеринарной практике : Справочник. – М.: Агропромиздат,1987. – 288 с.

15. Токин Б.П. Целебные яды растений. Повесть о фитонцидах. Изд. 3-е, испр. и доп. – Л.: Издательство Ленинградского университета, 1980. – 280 с.

16. Петровская В.Г.,Марко О.П. Микрофлора человека в норме и патологии. – М.: Медицина, 1976. –230 с.

References

1. Emel'yanenko P.A. Immunnayasistemazhvachnyh // Problemyveterinarnojimmunologii. – M.: VASKHNIL, 1985. – S. 40-46.

2. Subbotin V.V, Sidorov M.A. Osnovnyeehlementyprofilaktikizheludochno-kishechnojpatologiinovorozhdennyhzhivotnyh // Veterinariya. – 2004. – № 4. – S.3-6

3. Molchanov M.V., Bukarov N.G., Sorokovoj P.F. K voprosu o srokahimmunologicheskojreaktivnosti u telyat // Sel'skohozyajstvennayabiologiya. – 1981. – № 2. – S. 292-294

4. Zimmer G.M., Wentink G.H., Bruschke C., Westenbrink F.J., Brinkhof J., De Goey I. Failure of foetal protection after vaccination against an experimental infection with bovine virus diarrhea virus // Veterinary microbiology. – 2002. – Vol. 89. – № 4. – P. 255-265.

5. Schynts F., Lemaire M., Ros C., Belak S., Thiry E. Establishment of latency associated with glycoproteine (GE) seroconversion after bovine herpesvirus-1 infection in calves with high levels of passive antibodies lacking GE antibodies // Veterinary microbiology. – 2001. – Vol. 82. – № 3. – P. 211-222.

6. Avakayanc B.M., Korobov A.V., SHreter A.I. Sravnitel'nayaocenkarazlichnyhmetodovlecheniyadispepsiitelyat // Novoe v diagnostike, lecheniiiprofilaktikeboleznejzhivotnyh. – M., 1996. – S. 31-33.

7. Mashkovskij, M.D. Lekarstvennyesredstva. 14-e izd., pererab., ispr. idop. – M.: OOO «Izdatel'stvo Novaya volna», 2002. – 540 s.

8. Vyajzenen G.N. Vliyanieskarmlivaniyakormovyhdobavoklaktiruyushchimkorovamprirazdoenaproduktivnost' // Glavnyjzootekhnik. – 2015. – № 4. – S. 27-33.

9. Sposobpovysheniyanespecificheskojrezistentnostitelyat v period molochnogopitaniya: patent RF № 2350098, 27.03.2009; Opubl.: 27.03.2009, Byul. № 9; Zayavka: 2007116887/13, 04.05.2007 / Galochkin V.A., Maksimenko S.V., Galochkina V.P.

10. Fitokompleks s biopleksamimikroehlementov v racionahkorovtranzitnogoperioda / A.I. Frolov, O.B. Filippova, R.K. Milushev, V.YU. Lobkov, N.G. YArlykov // Vestnik APK Verhnevolzh'ya. – 2016. – № 4 (36). Dekabr'. – S. 33-42.

11. LekarstvennyerasteniyaGosudarstvennojfarmakopei / pod red. I.A. Samylinoj, V.A. Severceva. – M. : AMNI, 1999. – 488 s.

12. Afon'kin S.YU. Lekarstvennyerasteniya: Bol'shayaillyustrirovannayaehnciklopediya. Sankt-Peterburg: SZKEHO, 2017. – 223 s.

13. Avakayanc B. Lekarstvennyerasteniya v veterinarnoj medicine. – M.: AKVARIUM LTD, 2001. – 336 s.

14. Rabinovich M.I. Lekarstvennyerasteniya v veterinarnojpraktike :Spravochnik. – M.: Agropromizdat,1987. – 288 s.

15. Tokin B.P. Celebnyeyadyrastenij. Povest' o fitoncidah. Izd. 3-e, ispr. idop. – L.: IzdatelstvoLeningradskogouniversiteta, 1980. – 280 s.

16. Petrovskaya V.G., Marko O.P. Mikrofloracheloveka v normeipatologii. – M.: Medicina, 1976. – 230 s.

ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕФТЕПРОДУКТОВ, АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ

УДК 621.899

ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПОСЛЕРЕМОНТНОЙ ОБКАТКИ ДВИГАТЕЛЕЙ ТРАКТОРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТРАБОТАННЫХ МАСЕЛ В УСЛОВИЯХ РЕМОНТНО - ТЕХНИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Афанасьев Дмитрий Игоревич,
кандидат технических наук, E–mail: viitinlab8@bk.ru
Вязинкин Виктор Сергеевич
научный сотрудник, E–mail: viitinlab8@bk.ru
Забродская Алла Владимировна
научный сотрудник, E–mail: viitinlab8@bk.ru
Остриков Валерий Васильевич,
доктор технических наук, доцент, заведующий лабораторией,
E–mail: viitinlab8@bk.ru
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», г. Тамбов

Реферат. *Рассмотрены результаты исследований по оценке технологического процесса обкатки двигателей тракторов в условиях ремонтно - технического предприятия. Установлена возможность применения отработанных после обкатки в двигателях моторных масел в качестве приработочных масел. Предложен технологический процесс очистки масел от загрязнений и получения состава приработочного масла, состоящего из основы, добавок олеиновой кислоты, карбамида и графеновой суспензии. Определено, что очистка загрязненного масла в баке – реакторе с использованием моноэтаноламина и изопропанола позволяет удалить из несколько раз применявшегося масла смолы, асфальтены, механические примеси и воду. Следующий этап технологического процесса приготовления приработочного масла рекомендовано проводить в установке УОМ – 3М. Представлены результаты исследований по использованию полученных в условиях РТП приработочных масел в технологическом процессе обкатки отремонтированных двигателей ЯМЗ-240 и СМД-60. Установлено, что среднее значение компрессии и расхода топлива у отремонтированных двигателей максимально приближен к значениям эксплуатационных показателей 3,3 – 3,8 МПа и 35-38 л/час. Определено, что после использования предложенного состава приработочного масла оно может быть снова очищено от загрязнений и воды и применено при обкатке последующих двигателей. После проведения очистки значение кислотного числа составило 2,8 мг КОН/г, а значение нерастворимого осадка 0,01 %. Дополнительное внесение олеиновой кислоты и графеновой суспензии восстанавливает утраченные эксплуатационные свойства. В ходе проведения исследований установлено, что внедрение технологии обкатки с использованием отработанных масел позволяет повысить эффективность обкатки по сравнению с использованием товарных моторных масел на 5-10 %, снизить затраты на ремонт двигателей и решить вопросы снижения загрязненности окружающей среды.*

Ключевые слова: *технология, обкатка, двигатель, отработанное масло, очистка, бак – реактор, установка, состав, приработочное масло, компрессия, расход топлива, повторное использование, эффективность.*

EVALUATION OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF POST-REPAIR LATCHING OF TRACTOR ENGINES USING EXHAUST OILS IN CONDITIONS OF REPAIR AND TECHNICAL ENTERPRISE

Afanasyev Dmitry I.,
Candidate of Technical Sciences, E-mail: viitinlab8@bk.ru
Vyazinkin Viktor S.,
Researcher, E-mail: viitinlab8@bk.ru
Zabrodskaya Alla V.,
Researcher, E-mail: viitinlab8@bk.ru
Ostrikov Valery V.,
Full Doctor of technical Sciences, laboratory chief
E-mail: viitinlab8@bk.ru
Federal State Budgetary Scientific Institution «All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture», Tambov

Abstract*: The results of studies on the evaluation of the technological running-in of tractor engines under the conditions of a repair and technical enterprise are considered. The possibility of using waste after running in engines of engine oils as running-in oils has been established. The technological process for purifying oils from impurities and obtaining a composition of grinding oil consisting of a base, additives of oleic acid, urea and graphene suspension was proposed. It has been determined that cleaning contaminated oil in a tank reactor using monoethanolamine and isopropanol allows removing tar oil, asphaltenes, mechanical impurities and water from several times used oil. The next stage of the process of preparing the grinding oil is recommended to be carried out in the UOM-3M installation. The results of studies on the use of grinding oils obtained under the conditions of a CTP in the process of wrapping repaired engines YaMZ-240 and SMD-60 are presented. It was established that the average value of compression and fuel consumption of repaired engines is as close as possible to the values of performance indicators of 3.3 - 3.8 MPa and 35-38 l / h. It was determined that after using the proposed composition of the running-in oil, it can be again cleaned of contamination and water and applied when running in subsequent engines. After purification, the acid number was 2.8 mg KOH / g, and the insoluble precipitate was 0.01%. Additional addition of oleic acid and graphene suspension restores lost performance properties. In the course of the research, it was found that the introduction of running-in technology with the use of used oils allows increasing the efficiency of rolling as compared to using commercial motor oils by 5 - 10%, reducing the cost of repairing engines and solving the issues of reducing environmental pollution.*

Keywords: *technology, run-in, engine, waste oil, cleaning, tank - reactor, installation, composition, grinding oil, compression, fuel consumption, reuse, efficiency.*

Введение. В результате проведенных экспериментальных лабораторных и стендовых испытаний ФГБНУ ВНИИТиН разработан новый состав приработочного масла для послеремонтной обкатки двигателей тракторов [1, 2, 3, 4].

Как показал мониторинг технологического процесса ремонта и обкатки двигателей в условиях специализированных ремонтных предприятий операции стендовой обкатки проводятся на маслах М-10$Г_{2к}$. После проведения обкатки масло сливается, отстаивается и используется повторно.

Данный подход не обеспечивает высокого качества приработки отремонтированных деталей, а повторное использование отработавшего в двигателе масла сопряжено с резким ухудшением его свойств.

На основании поставленной цели и задач повышения эффективности обкатки и повторного использования отработанных масел разработан технологический процесс послеремонтной обкатки двигателей тракторов в ремонтно-технических предприятиях.

Испытания проводились в условиях АОр РТП «Некрасовское» Рассказовского района Тамбовской области.

Результаты и обсуждение. В таблице 1 представлены физико-химические показатели масла, взятого из резервуара для сбора подлежащих утилизации моторных масел, которые неоднократно использовались при проведении обкаток ДВС. Анализируя данные таблицы 1, следует отметить, что масло М-10$Г_{2к}$ имеет неудовлетворительные характеристики по показателям содержания нерастворимого осадка – 0,4 % и содержания механических примесей – 0,9 %, что объясняется присутствием в масле частиц приработочного износа двигателя (металлической стружки), а также продуктами старения – смолами, асфальтанами и т.д. Щелочное число отобранного масла - 5,7мг КОН/г, говорит о том, что в масле присутствует практически 100 % (6,0 мг КОН/г – показатель товарного масла М-10$Г_{2к}$) запас антиокислительных, моюще-диспергирующих, антикоррозионных и прочих присадок. Также по результатам физико-химического анализа отмечено, что в масле присутствует вода и запредельно большое количество железа 1,076 г/кг.

Таблица 1 – Физико-химические показатели отработанного масла

Показатели	Полученные значения	Требования НТД на масло М-10$Г_{2к}$
Содержание нерастворимого осадка, %	0,4	отс.
Содержание механических примесей. %	0,9	0,015
Кинематическая вязкость при 100 ˚С, $мм^2/с$	11,2	$11 \pm 0,5$
Щелочное число, мг КОН/г	5,5	6,0
Кислотное число, мг КОН/г	1,85	не норм.
Температура вспышки, ˚С	200	220
Цвет, в баллах ед. ЦНТ	7	3,0
Содержание воды, %	0,05	отс.
Содержание железа, г/кг	1,076	не норм.

На основании лабораторных исследований можно сделать предположение, что если из масла удалить воду, частицы износа двигателя, а также продукты старения моторных масел, то оно станет пригодным к использованию в качестве базовой основы приработочного масла.

Использованное при обкатке масло М-10$Г_{2к}$ сливалось из резервуара в бак-реактор, нагревалось до температуры 75 ˚С, после чего в него вносились 1 масс. % моноэтаноламина и 1 масс. % изопропилового спирта. Затем смесь нагревали до температуры 120 ˚С с посто-

янным механическим перемешиванием. Далее масло отстаивалось в течение 4 часов в баке-реакторе. За это время в масле осаждались скоагулировавшие частицы загрязнений, наиболее крупные частицы металлической стружки (механические примеси).

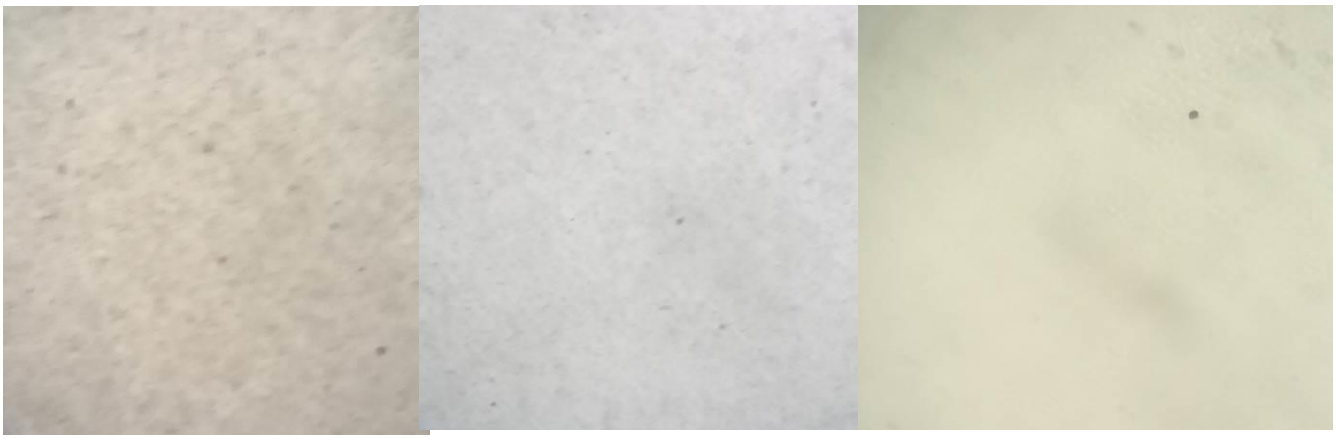
Отстоявшаяся часть масла перекачивалась в бак установки УОМ-3М, нагревалась до температуры 100 ± 5 ˚С, после чего в бак установки вносился 1 масс. % водного раствора карбамида. Масло центрифугировалось в течение 30 минут. За это время из масла выпаривалась вода, остатки моноэтаноламина и изопропилового спирта, происходило осаждение частиц загрязнений в роторах центрифуги. Далее в масло вносилась олеиновая кислота в концентрации 1 масс. %, а также графеновая суспензия – 0,5 масс. %. Все компоненты приработочного масла перемешивались насосом установки в течение 20 минут. В таблице 2 представлены результаты физико-химического анализа полученного масла.

Таблица 2 – Результаты физико-химического анализа приработочного масла, полученного в производственных условиях АОр РТП «Некрасовское»

Показатели	Полученные значения
Содержание нерастворимого осадка, %	0,02
Содержание механических примесей. %	0,01
Кинематическая вязкость при 100 ˚С, мм^2/с	9,78
Щелочное число, мг КОН/г	6,5
Кислотное число, мг КОН/г	3,89
Температура вспышки, ˚С	202
Цвет, в баллах ед. ЦНТ	5
Содержание воды, %	отс.
Содержание железа, г/кг	0,05

Анализируя физико-химические показатели масла, установлено, что предварительная очистка позволяет практически полностью удалить частицы металлической стружки, показатель содержания железа в масле снизился с 1,076 г/кг до 0,05 г/кг.

На рисунке 1 представлены микрофотографии проб масла до и после очистки в условиях АОр РТП «Некрасовское».



а) масло после обкатки б) масло после очистки б) М-10Г$_{2к}$ (товарное)

Рисунок 1 – Микрофотографии проб масел

Рассматривая микрофотографию пробы масла после очистки установлено, что в результате обработки масла моноэтаноламином и изопропиловым спиртом с последующим центрифугированием, из масла удалены практически все смолы, асфальтены, продукты старения, а также частицы приработочного износа. Цвет полученной базовой основы приближен к цвету товарного минерального моторного масла М-10$Г_{2к}$.

Полученный состав приработочного масла (38,8 л) заправлялся в картер двигателя ЯМЗ-240 (№ 1), затем проводилась его стендовая обкатка в течение 88 минут на стенде КИ-5274. Результаты физико-химического анализа приработочного масла на этапах обкатки двигателя ЯМЗ-240 (№ 1) представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты физико-химического анализа приработочного масла на этапах обкатки двигателя ЯМЗ-240 (№ 1)

Показатели	Полученные значения					
	0 мин	20 мин	40 мин	60 мин	80 мин	88 мин
Содержание нерастворимого осадка, %	0,02	0,06	0,21	0,25	0,26	0,26
Содержание механических примесей. %	0,01	0,5	0,6	0,7	0,75	0,76
Кинематическая вязкость при 100 ˚С, $мм^2/с$	9,78	9,80	9,84	9,91	9,95	9,96
Щелочное число, мг КОН/г	6,5	6,20	6,10	5,75	5,65	5,61
Кислотное число, мг КОН/г	3,89	3,83	3,65	3,57	3,42	3,34
Температура вспышки, ˚С	200	200	200	201	201	201
Цвет, в баллах ед. ЦНТ	5	5	5	5	6	6
Содержание воды, %	отс.	0,06	0,07	0,07	0,08	0,09
Содержание железа, г/кг	0,05	0,448	0,457	0,671	0,753	0,894

В результате физико-химического анализа, установлено, что обкатка прошла успешно, о чём свидетельствует увеличение показателей содержания железа с 0,05 г/кг до 0,894 г/кг, а также увеличение содержания нерастворимого осадка с 0,02 % до 0,26 %.

После проведения технологической операции обкатки, слитое из картера двигателя ЯМЗ-240 (№ 1) масло, заливается в бак установки УОМ-3М, где оно нагревается до 100 ± 5 ˚С, в масло вносится 1 масс. % водного раствора карбамида. После чего происходит процесс центрифугирования в течение 30 минут при частоте вращения роторов 7500…8000 об./мин.

В таблице 4 представлены данные физико-химического анализа масла после проведения операции центрифугирования. Как видим из показателей таблицы 4, приработочное масло после центрифугирования близко по своим характеристикам к показателям исходного масла до обкатки (таблица 2).

Далее очищенное приработочное масло заправлялось в картер следующего двигателя ЯМЗ-240 (№ 2), прошедшего капитальный ремонт в производственных условиях АОр РТП «Некрасовское». Обкатку выполняли в течение 88 минут. Значения физико-химических показателей проб приработочного масла, отобранных с интервалом в 20 минут, представлены в таблице 5.

Таблица 4 – Физико-химические характеристики прошедшего обкатку приработочного масла с последующим центрифугированием

Показатели	Полученные значения
Содержание нерастворимого осадка, %	0,06
Содержание механических примесей. %	0,01
Кинематическая вязкость при 100 ˚С, мм^2/с	9,65
Щелочное число, мг КОН/г	5,5
Кислотное число, мг КОН/г	3,0
Температура вспышки, ˚С	200
Цвет, в баллах ед. ЦНТ	5,5
Содержание воды, %	отс.
Содержание железа, г/кг	0,167

Таблица 5 – Результаты физико-химического анализа приработочного масла на этапах обкатки двигателя ЯМЗ-240 (№ 2)

Показатели	Полученные значения					
	0 мин	20 мин	40 мин	60 мин	80 мин	88 мин
Содержание нерастворимого осадка, %	0,06	0,05	0,07	0,08	0,08	0,08
Содержание механических примесей. %	0,01	0,11	0,15	0,16	0,18	0,18
Кинематическая вязкость при 100 ˚С, мм^2/с	9,78	9,78	9,80	9,80	9,80	9,80
Щелочное число, мг КОН/г	5,5	5,3	5,3	5,2	5,2	5,2
Кислотное число, мг КОН/г	3,0	3,0	2,95	2,89	2,86	2,85
Температура вспышки, ˚С	201	201	201	201	201	202
Цвет, в баллах ед. ЦНТ	5,6	5	6	6	6	6
Содержание воды, %	отс.	0,05	0,07	0,06	0,06	0,04
Содержание железа, г/кг	0,167	0,358	0,411	0,579	0,673	0,691

Рассматривая полученные значения физико-химических показателей на этапах обкатки двигателя ЯМЗ-240, № 2, следует констатировать факт того, что характеристики масла имеют схожие значения с показателями таблицы 3 (обкатка двигателя ЯМЗ-240, № 1). На первом этапе процесс приработки стабилизировался, достигнув значения содержания железа в масле 0,894 г/кг, а при обкатке второго двигателя содержание железа в масле составило 0,691 г/кг.

Стоит отметить, что полученные в ходе испытаний значения могут иметь существенные различия в виду того, что качество проведённой обкатки двигателя во многом зависит от качества ремонта, промывки масляной системы, материалов комплектующих деталей, а также чистоты обработки поверхностей трения на станках.

Эффективность приработки двигателей ЯМЗ оценивалось также по следующим критериям: величина средней компрессии по цилиндрам (МПа); расход топлива на этапах обкатки (л/час); температура охлаждающей жидкости (˚С); давление в масляной системе (МПа).

Анализируя зависимости, установлено, что показатели, полученные при обкатке двух двигателей, имеют схожие значения. Следует также отметить, что значения величин средней компрессии, расхода топлива и давления в масляной системе на конец технологической обкатки двигателей максимально приближено к значениям эксплуатационных показателей двигателя ЯМЗ-240, установленного на трактор К-700 (эксплуатационные показатели: средняя компрессия 3,3 – 3,8 МПа; расход топлива 35 – 38 л/час при номинальной нагрузке; давление в масляной системе на прогретом двигателе – 0,6 - 0,65 МПа при средних оборотах двигателя). Во время проведения обкаток не было выявлено перегрева двигателей, что говорит о высокой способности графеновой добавки в составе приработочного масла к отводу тепла в период приработки трущихся поверхностей.

На следующем этапе проводились работы по очистке использованного при последовательной обкатке двух двигателей приработочного масла. Для этого оно проходило вновь полный цикл очистки в баке-реакторе с добавлением моноэтаноламина и изопропилового спирта и последующим центрифугированием (с добавлением 1 масс. % водного раствора карбамида) в установке УОМ-3М.

После проведения очистки приработочного масла, значение кислотного числа составило 2,80 мг КОН/г. А значение содержания нерастворимого осадка составило 0,01 %.

Расчёт показал, что олеиновая кислота утратила свой ресурс после проведения двух обкаток на 30 % (показатель кислотного числа 4 мг КОН/г - соответствует 100 % запасу добавки в приработочном масле), а графеновая суспензия – на 25 % (содержание нерастворимого осадка 0,04 % соответствует 100 % запасу данного компонента в приработочном масле).

Анализируя полученные в ходе обкатки двигателя СМД-60 (№ 1) характеристиким, установлено, что показатели приработочного масла изменялись в соответствии с известными закономерностями. Показатель содержания железа в масле составил 0,01 г/кг на начало обкатки, в конце обкатки повысился до 0,670 г/кг, что говорит, о том, что в ходе приработки были удалены наиболее крупные микровыступы на поверхностях трения за счёт абразивного действия кристаллов карбамида. Уменьшение показателя кислотного числа с 4,0 мг КОН/г до 3,70 мг КОН/г свидетельствует о протекании химической реакции между металлом поверхности трения и олеиновой кислотой, то есть проявлении эффекта Ребиндера на поверхностях деталей.

Анализируя характер изменения зависимостей средней величины компрессии по цилиндрам, расхода топлива, температуры охлаждающей жидкости, выявлено, что в обоих случаях при обкатке двигателей СМД-60, показатели имеют аналогичный характер. Величина средней компрессии составила 3,4 - 3,5 МПа; расход топлива составил в среднем 18-19 л/час под нагрузкой; максимальная температура охлаждающей жидкости достигла значения 90 ˚С; давление в масляной системе составило в среднем 0,49 – 0,55 МПа.

В результате обкатки двигателей СМД-60 было установлено, что основные параметры двигателя соответствуют требованиям нормативно-технической документации на эксплуатацию тракторов Т-150.

Выводы. В ходе проведения обкатки отремонтированных двигателей тракторов в условиях реального производства, установлено, что внедрение технологии позволяет:

1. Получить более высокие показатели эффективности обкатки (показатели компрессии, расхода топлива, мощности двигателя) на 5..10 %;

2. Повысить качество приработки отремонтированных двигателей за счёт использования предлагаемого приработочного масла, что позволяет, увеличить показатели ресурса и безотказности двигателя на 10.- 15 %.

3. Снизить загрязнённость окружающей среды отработанными маслами, в целом повысить экологические показатели ремонтного производства.

На основании всего комплекса исследований разработана технология послеремонтной обкатки двигателей тракторов с использованием отработанных масел.

Список литературы

1. Остриков В.В., Вигдорович В.И., Сафонов В.В., Картошкин А.П. Разработка технологического процесса и состава промывочного масла для дизельных двигателей //Химия и технология топлив и масел, 2018, № 1 (605). С. 17-19.

2. Теоретическая оценка механохимических процессов на поверхности трения прирабатываемых деталей / В.В. Остриков, С.Н. Сазонов, Д.И. Афанасьев, В.С. Вязинкин, Д.Н. Афоничев // Вестник Воронежскго ГАУ, 2018. – № 1(56). – С. 149–154.

3. Остриков В.В., Афанасьев Д.И. Энтропия изменения свойств приработочного масла для обкатки отремонтированных двигателей тракторов// Наука в центральной России. 2018. № 2 (32). С. 88-92

4. Остриков В.В., Афанасьев Д.И. Теоретический анализ физико – химических процессов, происходящих на поверхностях трения прирабатываемых деталей двигателей // Наука в центральной России. 2018. № 2 (32). С. 82-87.

References

1. Ostrikov V.V., Vigdorovich V.I., Safonov V.V., Kartoshkin A.P. Razrabotka tekhnologicheskogo processa i sostava promyvochnogo masla dlya dizel'nyh dvigatelej //Himiya i tekhnologiya topliv i masel, 2018, № 1 (605). S. 17-19.

2. Teoreticheskaya ocenka mekhanohimicheskih processov na poverhnosti treniya prirabatyvaemyh detalej / V.V. Ostrikov, S.N. Sazonov, D.I. Afanas'ev, V.S. Vyazinkin, D.N. Afonichev // Vestnik Voronezhskgo GAU, 2018. – № 1(56). – S. 149–154.

3. Ostrikov V.V., Afanas'ev D.I. EHntropiya izmeneniya svojstv prirabotochnogo masla dlya obkatki otremontirovannyh dvigatelej traktorov// Nauka v central'noj Rossii. 2018. № 2 (32). S. 88-92.

4. Ostrikov V.V., Afanas'ev D.I. Teoreticheskij analiz fiziko – himicheskih proces-sov, proiskhodyashchih na poverhnostyah treniya prirabatyvaemyh detalej dvigatelej // Nauka v central'noj Rossii. 2018. № 2 (32). S. 82-87.

УДК 621.899

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИРАБОТОЧНЫХ МАСЕЛ В ДВИГАТЕЛЕ Д-240 В УСЛОВИЯХ СТЕНДОВЫХ ИСПЫТАНИЙ

Афанасьев Дмитрий Игоревич,
кандидат технических наук, E–mail: viitinlab8@bk.ru
Вязинкин Виктор Сергеевич
научный сотрудник, E–mail: viitinlab8@bk.ru
Забродская Алла Владимировна
научный сотрудник, E–mail: viitinlab8@bk.ru

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

Реферат. *Оценивали эксплуатационные свойства разработанного приработочного масла (ПМ) в сравнительном режиме в стендовых условиях в двигателе Д-240. После проведения холодной и горячей (на холостом ходу и под нагрузкой) обкатки двигатель разбирался вкладыши и поршневые кольца взвешивались. Исследования показали, что износ шатунных вкладышей составил 0,0026 г, износ поршневых вкладышей -1,2912 г. Суммарный износ коренных и шатунных вкладышей составил 1,2938 г. В процессе приработки деталей за счет острогранной формы кристаллов карбамида, входящих в ПМ, произошла микрошлифовка поверхностей шеек коленчатого вала, соответственно, увеличилась площадь контакта прирабатываемых деталей шейка вала – вкладыш. Получены зависимости изменения давления масла и величины компрессии в цилиндрах от времени обкатки. Определено, что в начальный период холодной обкатки величина компрессии по цилиндрам составляла 1,3 МПа, а по окончании - 1,6 МПа. После завершения горячей обкатки компрессия в цилиндрах достигала величины 2,5 МПа при испытаниях на ПМ, на масле М-10Г$_2$ она была на 10…15 % ниже. Установлено, что на момент начала холодной обкатки давление в системе смазки двигателя составляло 0,6 МПа, в начале горячей обкатки - 0,49 МПа. Анализ изменения физико - химических показателей масел показал увеличение содержания железа в масле. Содержание нерастворимого осадка в ПМ изменилось с 0,01 % до 0,08 %, в М-10Г$_2$ данный показатель составлял 0,05 %. Кислотное число ПМ составляло 3,78 мг КОН/г к периоду окончания обкатки, что может характеризовать воспроизведение эффекта Ребиндера на поверхности трения, обеспечиваемое действием олеиновой кислоты, входящей в состав ПМ. На основании всего комплекса исследований установлены более высокие эксплуатационные характеристики ПМ, по сравнению с моторным маслом М-10Г$_к$, используемом при проведении послеремонтной обкатки в условиях ремонтных мастерских сельхозпредприятий.*

Ключевые слова: *приработочное масло, моторное масло, испытания, двигатель, стенд, компрессия, зависимость, износ, физико – химические характеристики, содержание железа, содержание нерастворимого осадка, проба.*

DETERMINATION OF THE OPERATIONAL CHARACTERISTICS OF GRINDING OILS IN THE D-240 ENGINE IN THE CONDITIONS OF BENCH TESTS

Afanasyev Dmitry I.,
Candidate of Technical Sciences, E-mail: viitinlab8@bk.ru
Vyazinkin Viktor S.,
Researcher, E-mail: viitinlab8@bk.ru
Zabrodskaya Alla V.,
Researcher, E-mail: viitinlab8@bk.ru
Ostrikov Valery V.,
Full Doctor of technical Sciences, laboratory chief
E-mail: viitinlab8@bk.ru

Federal State Budgetary Scientific Institution «All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture», Tambov

***Abstract**. The performance properties of the developed grinding oil (PM) in the comparative mode in bench conditions in the D-240 engine were evaluated. After running cold and hot (at idle and under load), the engine was disassembled, the liners and piston rings were weighed. The engine after running cold and hot (at idle and under load) running dismantled, liners and piston rings were weighed. Studies have shown that the wear of the connecting rod bushings amounted to 0.0026 g, the wear of the piston liners -1.2912 g. The total wear of the main and connecting rod liners was 1.2938 g. The micro polishing of the surfaces of the crankshaft necks occurred in the process of polishing parts due to the sharp-edged form of carbamide crystals included in the PM, respectively, the contact area of the running-in parts of the shaft neck - liner increased. Dependences of the change in oil pressure and compression in the cylinders on the running time are obtained. It was determined that in the initial period of cold rolling, the compression value for cylinders was 1.3 MPa, and at the end - 1.6 MPa. Compression in the cylinders after the completion of hot rolling reached a value of 2.5 MPa when tested on the PM, on oil M-10G2 it was 10 ... 15% lower. It was established that the pressure in the engine lubrication system at the time of the start of cold running was 0.6 MPa, at the time of hot running - 0.49 MPa. Analysis of changes in the physicochemical parameters of oils showed an increase in the iron content in the oil. The content of insoluble precipitate in PM changed from 0.01% to 0.08%, in M-10G2 this indicator was 0.05%. The acid number of PM was 3.78 mg KOH / g for the end of the running-in period, which can characterize the reproduction of the Rebinder effect on the friction surface, provided by the action of oleic acid, which is part of the PM. On the basis of the entire research complex, higher operating characteristics of the PM were established, compared to the M-10Gk engine oil used in the engine run-in after repair in the conditions of repair shops of agricultural enterprises.*

***Keywords:** grinding oil, engine oil, tests, engine, stand, compression, dependence, wear, physical and chemical characteristics, iron content, insoluble sediment content, sample.*

Введение. Приработочное масло является одной из важнейших составляющих эффективности технологического процесса послеремонтной обкатки двигателей тракторов. Использование моторных масел при проведении обкатки ограничивается их высокими противоизносными свойствами, что снижает качество приработки деталей.

ФГБНУ ВНИИТиН на основании проведенных теоретических и экспериментальных исследований разработал состав приработочного масла на основе отработанных моторных масел [1, 2, 3]. В состав масла входит глубокоочищенное отработанное моторное масло М-10$Г_{2к}$, олеиновая кислота, полифункциональная добавка – карбамид и графеновая суспензия [4]. В результате лабораторных исследований определены высокие противоизносные свойства масла, удовлетворительные характеристики теплоемкости, теплопроводности и напряжения на сдвиг.

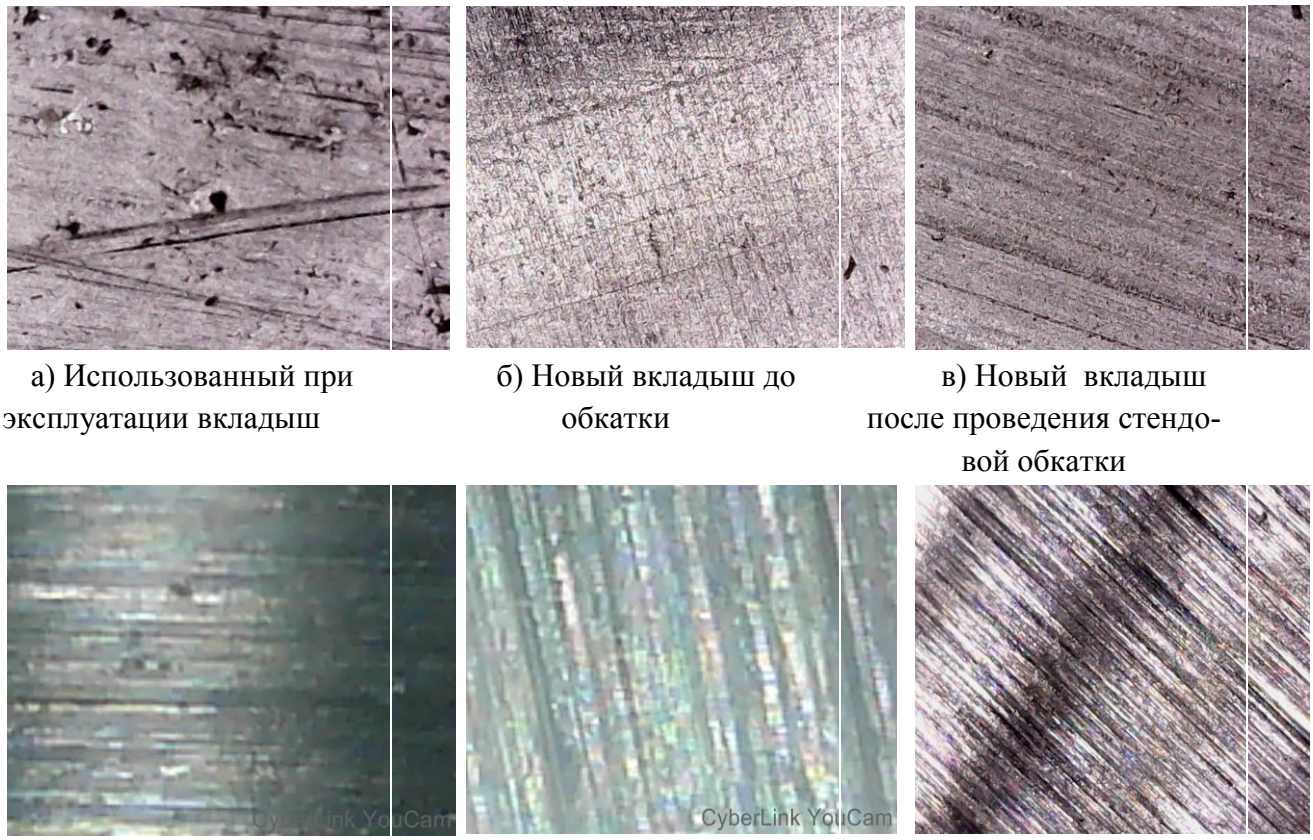
Оценка эксплуатационных свойств разработанного приработочного масла осуществлялась в сравнительном режиме в стендовых условиях в двигателе Д-240.

Методика проведения исследований. Холодную обкатку двигателя выполняли в течение 30 минут с поэтапным увеличением частоты вращения коленчатого вала двигателя от 500 до 950 об. /мин. Далее выполнялась горячая обкатка на холостом ходу с постепенным увеличением частоты вращения с 1000 об/мин до 2200 об. /мин в течение 20 минут. На по-

следнем этапе испытаний реализовывалась горячая обкатка под нагрузкой в течение 80 минут. Нагрузка изменялась поэтапно с 4,4 кгс*м до 22,0 кВт, при этом двигатель работал в режиме максимальной подачи топлива, в соответствии с нормативно-технической документацией [5, 6, 7]. После завершения испытаний двигатель разбирался, коренные, шатунные вкладыши, а также поршневые кольца взвешивались. На протяжении всего периода испытаний оценивалось изменение физико-химических характеристик масел, в соответствии со стандартными методиками.

Результаты и обсуждение. По результатам испытаний экспериментального состава приработочного масла износ шатунных вкладышей составил 0,0026 г, износ коренных вкладышей - 1,2912 г. Суммарный износ коренных и шатунных вкладышей составил 1,2938 г. Данные показатели объясняются возможной геометрической погрешностью поверхностей вкладышей, допущенной при изготовлении деталей. В ходе обкатки за счёт острогранной формы кристаллов карбамида произошла микрошлифовка шеек коленчатого вала и поверхностей вкладышей, тем самым увеличилась фактическая площадь контакта прирабатываемых узлов трения.

На рисунке 1 представлены микрофотографии микрорельефа шеек коленчатого вала и поверхностей вкладышей.



а) Использованный при эксплуатации вкладыш

б) Новый вкладыш до обкатки

в) Новый вкладыш после проведения стендовой обкатки

г) Шейка коленчатого вала до проведения ремонта

д) Шейка коленчатого вала после проведения операции шлифовки (2 – й ремонтный размер)

е) Шейка коленчатого вала после проведения стендовой обкатки

Рисунок 1 – Микрофотографии поверхностей трения (шейка коленчатого вала – вкладыш)

По результатам микрофотосъёмки, определено, что поверхности трения до проведения ремонта отличаются сильным износом. На поверхностях присутствуют раковины, большое количество микровпадин (рисунок 1 – а, г). Новый вкладыш и шейка коленчатого вала после проведения операции шлифования имеют различную шероховатость (рисунок 1 – б, д).

Оценивая характер поверхностей трения после проведения технологической операции стендовой обкатки, следует констатировать факт того, что поверхности имеют меньший класс шероховатости. Отсутствуют значительные микровыступы и микровпадины, что подтверждает эффективность действия разработанного состава приработочного масла.

На следующем этапе по окончанию испытаний выполнялось взвешивание поршневых колец. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Износ поршневых колец за период стендовой обкатки Д-240

№ п.п.	1 поршень	2 поршень	3 поршень	4 поршень
Масса новых колец до испытаний, $m_{кн}$				
Компрессионные кольца				
m_1	32,4590	32,4143	32,1753	32,1058
m_2	33,4170	33,2098	33,3220	33,3222
m_3	33,2968	33,2771	33,3127	33,4007
Маслосъёмные кольца				
m_4	36,7092	37,0621	37,0787	37,5028
m_5	52,4593	52,3829	52,6045	52,5225
Масса колец после испытаний, $m_{кпи}$				
№ п.п.	1 поршень	2 поршень	3 поршень	4 поршень
Компрессионные кольца				
m_1	32,0312	31,7543	31,4854	31,7654
m_2	32,8459	32,5987	32,5698	32,8746
m_3	32,6832	32,7844	32,1122	32,6547
Маслосъёмные кольца				
m_4	35,8998	36,7695	36,2234	36,9658
m_5	51,9856	51,9489	52,0067	52,3846
Износ колец, $И_{кi}$				
№ п.п.	1 поршень	2 поршень	3 поршень	4 поршень
Компрессионные кольца				
m_1	0,4278	0,6600	0,6899	0,3404
m_2	0,5711	0,6111	0,7522	0,4476
m_3	0,6136	0,4927	1,2005	0,7460
Маслосъёмные кольца				
m_4	0,8094	0,2926	0,8553	0,5370
m_5	0,4737	0,4340	0,5978	0,1379
$\sum И_{кi.}$	2,8956	1,3904	4,1047	2,2089
$\sum И_{к\ суммарн.}$	10,5996			

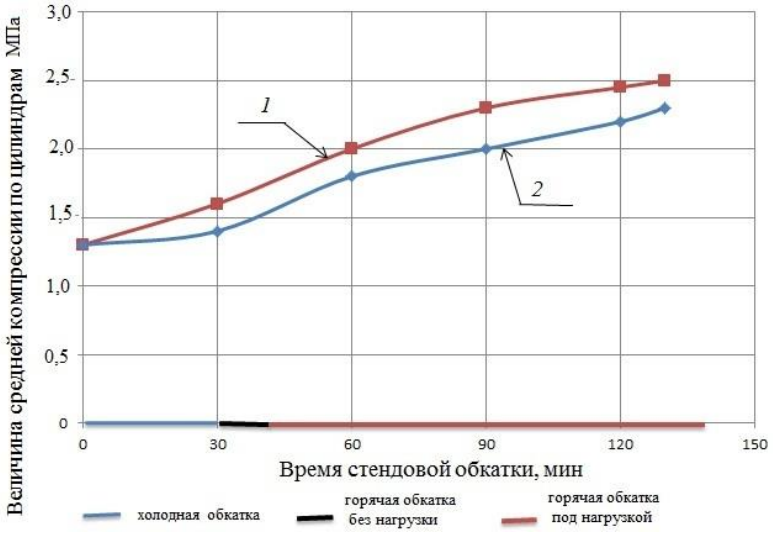
Как видно из таблицы 1, за период стендовой приработки суммарный износ поршневых колец составил 10,5996 г, что говорит о качественной притирке деталей в сопряжении «кольцо-гильза».

После проведения первой обкатки с использованием приработочного масла, двигатель вновь подвергся капитальному ремонту. Шейки коленчатого вала вновь растачивались под третий ремонтный размер (Р3), устанавливались новые вкладыши, поршневые кольца, гильзы цилиндров. Обкатку проводили вновь на товарном масле М-10$Г_{2к}$ в течение 130 минут (холодная и горячая обкатка) по режимам, регламентированным нормативно-технической документацией.

После проведения обкатки на масле М-10$Г_{2к}$ суммарный износ вкладышей составил 1,0376 г, а износ поршневых колец – 8,6487 г, что свидетельствует о худшем качестве приработки деталей двигателя по сравнению с первым случаем.

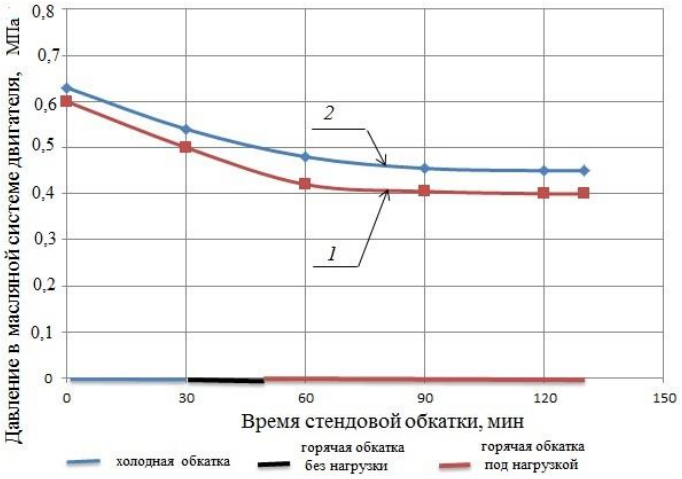
Качество приработки сопряжений «шейка-вкладыш» и «кольцо-гильза» возможно оценить по показателям компрессии и давления в масляной системе. На графиках рисунков 2, 3 показаны зависимости изменения давления масла (МПа), а также величины средней компрессии по цилиндрам (МПа) в период стендовой обкатки двигателя на приработочном масле (линия 1) и товарном масле М-10$Г_{2к}$ (линия 2), традиционно используемом при обкатке отремонтированных двигателей.

Рассматривая график рисунка 2 (линия 1), следует отметить, что в начале холодной обкатки двигателя величина средней компрессии по цилиндрам составила 1,3 МПа. Затем по окончанию этапа холодной обкатки компрессия равнялась 1,6 МПа. По завершению технологической операции обкатки величина компрессии достигла 2,5 МПа, что соответствует требованиям на эксплуатацию двигателей Д-240 (2,2 – 3,2 МПа). При обкатке двигателя на масле М-10$Г_{2к}$ (рисунок 2, линия 2) показатели ниже, чем при обкатке на приработочном масле, что объясняется худшим качеством приработки поршневых колец и гильз цилиндров.



1 – обкатка на приработочном масле; 2 – обкатка на масле М-10$Г_{2к}$

Рисунок 2 – Зависимость изменения средней величины компрессии по цилиндрам за период обкатки двигателя Д-240



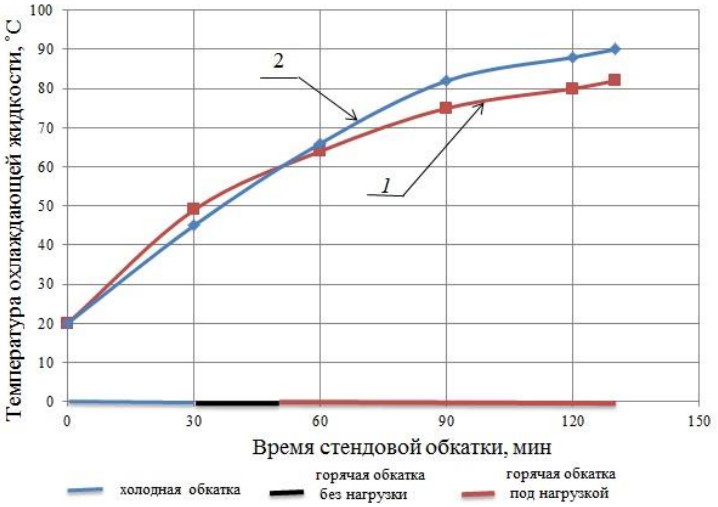
1 – обкатка на приработочном масле; 2 – обкатка на масле М-10Г$_{2к}$

Рисунок 3 – Зависимость изменения давления в масляной системе двигателя Д-240 за период стендовой обкатки

Анализируя характер изменения давления в масляной системе двигателя Д-240 при обкатке на приработочном масле (рисунок 3, линия 1), установлено, что на момент начала холодной обкатки давление составило 0,6 МПа, затем в начале горячей обкатки величина опустилась до 0,49 МПа, а далее по мере нагрева двигателя, в зависимости от частоты вращения и нагрузки, давление варьировалось в интервале от 0,48 МПа до 0,4 МПа, что соответствует эксплуатационным требованиям для двигателей данной марки (0,3 – 0,6 МПа). В случае, когда обкатку двигателя проводили на масле М-10Г$_{2к}$, давление в масляной системе имело более высокие показатели, что объясняется более высокой кинематической вязкостью товарного масла (11,0 мм^2/с).

Полученные характеристики подтверждают факт относительно успешной приработки испытываемого двигателя со стороны сопряжений «кольцо - гильза» и «шейка вала – вкладыш» в обоих случаях обкатки.

Как известно, период обкатки двигателя сопровождается повышенным нагревом прирабатываемых деталей. Поэтому одним из свойств приработочного масла, является то, что оно должно охлаждать и отводить тепло из зоны трения, тем самым защитить двигатель от перегрева и заклинивания.



1 – обкатка на приработочном масле; 2 – обкатка на масле М-10Г$_{2к}$

Рисунок 4 – Зависимость изменения температуры, ℃, охлаждающей жидкости

за период стендовой обкатки

Оценивая зависимость изменения температуры охлаждающей жидкости в двигателе от времени обкатки на приработочном масле (рисунок 4, линия 1), стоит отметить, что в период холодной обкатки температура изменялась в интервале от 20 до 48℃, что соответствует требованиям нормативно-технической документации (температура во время холодной обкатки не должна превышать 75℃). За период горячей приработки температура не выходила за пределы требований на проведение стендовой обкатки (температура горячей обкатки - 90±5℃). В целом можно сделать вывод о том, что разработанный состав приработочного масла подтвердил в условиях стендовых испытаний эффективность действия со стороны показателей теплоёмкости за счёт используемого в качестве добавки графеновой суспензии.

При обкатке двигателя на масле М-10$Г_{2к}$ (рисунок 4, линия 2) видно, что в период холодной обкатки температура была несколько ниже, чем в случае обкатки на приработочном масле, что возможно объяснить наличием абразивного наполнителя (карбамида) в экспериментальном масле, который способствует выделению большего количества тепла при трении, чем при использовании товарного масла.

На протяжении всего периода стендовых испытаний проводился отбор проб приработочного масла и товарного масла М-10$Г_{2к}$, с целью проведения физико-химического анализа. В таблице 2 представлены результаты анализа образцов приработочного масла, взятых из картера двигателя через каждые 30 минут обкатки во время первой обкатки двигателя.

Таблица 2 – Результаты физико-химического анализа проб приработочного масла

Показатели	Полученные значения					
	0 мин	30 мин	60 мин	90 мин	120 мин	130 мин
Содержание нерастворимого осадка, %	0,01	0,015	0,04	0,06	0,07	0,08
Содержание механических примесей. %	отс.	0,25	0,31	0,33	0,33	0,34
Кинематическая вязкость при 100 ˚С, мм^2/с	9,65	9,67	9,71	9,72	9,72	9,73
Щелочное число, мг КОН/г	5,4	5,3	5,2	5,2	5,1	5,0
Кислотное число, мг КОН/г	3,81	3,76	3,78	3,79	3,79	3,78
Температура вспышки, ˚С	200	200	201	201	202	202
Цвет, в баллах ед. ЦНТ	5	5	5,5	5,5	6,0	6,0
Содержание воды, %	отс.	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02
Содержание железа, г/кг	0,05	0,311	0,350	0,360	0,365	0,372

Анализируя данные таблицы 2, следует отметить, что содержание железа за время холодной обкатки двигателя увеличилось с 0,05 до 0,311 г/кг. Данный факт свидетельствует о том, что за этот промежуток времени произошёл наибольший «съём» металла с поверхностей трения, то есть произошло срезание микровыступов с поверхностей трения за счёт абразивного действия кристаллов карбамида в составе приработочного масла. Далее, за период горячей обкатки двигателя «съём» металла происходил менее интенсивно, так как произошёл процесс расплавления кристаллов карбамида (температура масляной плёнки между шейкой коленчатого вала и вкладышем составляет 140 – 150℃, температура на стенках гильз цилиндров более 150℃), который привёл к увеличению толщины и прочности масляной плёнки. Помимо этого, проявилось действие олеиновой кислоты, за счёт которой произошло поверх-

ностное разупрочнение материала деталей (эффект Ребиндера), что способствовало «размягчению» и выравниванию микронеровностей.

По окончанию обкатки величина содержания железа в масле составила 0,372 г/кг. За счёт того, что в масле происходило накопление механических примесей и продуктов износа, кинематическая вязкость увеличилась с 9,65 мг КОН/г до 9,73 мг КОН/г. Так же в приработочном масле после холодной обкатки появилось незначительное количество воды. Данный факт объясняется конденсацией паров воды на гильзах цилиндров при низкотемпературном режиме работы двигателя.

Результаты физико-химического анализа проб масел, отобранных во время обкатки двигателя на товарном масле М-10$Г_{2к}$, представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты физико-химического анализа проб товарного масла М-10$Г_{2к}$

Показатели	Полученные значения					
	0 мин	30 мин	60 мин	90 мин	120 мин	130 мин
Содержание нерастворимого осадка, %	отс.	0,013	0,025	0,037	0,043	0,05
Содержание механических примесей. %	0,015	0,15	0,21	0,23	0,25	0,26
Кинематическая вязкость при 100 ˚С, $мм^2/с$	11,0	11,01	11,03	11,05	11,07	11,09
Щелочное число, мг КОН/г	6,0	5,99	5,98	5,97	5,96	5,95
Кислотное число, мг КОН/г	1,2	1,21	1,23	1,25	1,26	1,27
Температура вспышки, ˚С	220	220	219	219	219	218
Цвет, в баллах ед. ЦНТ	3	3	3,5	3,5	4	4
Содержание воды, %	отс.	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02
Содержание железа, г/кг	отс.	0,247	0,289	0,362	0,398	0,411

Рассматривая данные таблицы 3, стоит отметить, что содержание железа в масле по окончанию технологической операции обкатки с использованием товарного масла М-10$Г_{2к}$ увеличилось до 0,411 г/кг, в то время как при обкатке двигателя на приработочном масле содержание железа на момент окончания испытаний составило 0,372 г/кг. Данный факт свидетельствует о том, что при использовании товарного масла, качество приработки снижается, по сравнению с тем случаем, когда использовалось приработочное масло. Кинематическая вязкость увеличилась с 11,0 мг КОН/г до 11,09 мг КОН/г, что свидетельствует о накоплении в масле механических примесей и нерастворимого осадка.

Уменьшение температуры вспышки масла, возможно, объяснить наличием незначительного количества дизельного топлива в масле, прорвавшегося через не приработанные поршневые кольца двигателя. Появление в масле воды при обкатке двигателя в обоих случаях соответствует известным закономерностям изменения свойств приработочных масел.

В результате контрольной проверки работы прошедшего обкатку двигателя Д-240, в обоих случаях не было обнаружено посторонних стуков и шумов при работе на холостом ходу. Также не было выявлено следов подтекания масла и охлаждающей жидкости.

Вывод. На основании проведенных исследований можно сделать вывод о достаточно высоких эксплуатационных свойствах разработанного состава приработочного масла по сравнению с моторным маслом М-10$Г_2$, используемом на предприятиях АПК при проведении послеремонтной обкатки двигателей тракторов.

Список литературы

1. Бабусенко С.М. Ремонт тракторов и автомобилей. М.: Агропромиздат, 1987. 351 с.

2. Молчалов И.И., Костенко С.И., Васильев В.А. Ремонт сельскохозяйственной техники. М.: Колос, 1984. 255 с.

3. Обкатка и испытание агрегатов. Сборка и обкатка машин / Режим доступа: http://www.studopedia.ru/1_77307_obkatka-i-ispitanie-agregatov-sborka-i-obkatka-mashin.html (дата обращения: 11.01.2016).

4. Храмцов Н.В. Обкатка и испытание автотракторных двигателей. М.: Агропромиздат, 1991. 123 с.

5. Остриков В.В., Тупотилов Н.Н. Физико-химические процессы «старения» моторных масел и способы их замедления // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук, 2004. № 2. С. 47-51.

6. Шаронов Г.П. и др. Приработочное масло. Авторское свидетельство СССР, № N 1456453, опубликовано 23.03.1993. Бюл. № 11.

7. Остриков В.В., Попов С.Ю., Сафонов В.В. Закономерности процесса удаления продуктов старения из работающего моторного масла в поле центробежных сил // Проблемы экономичности и эксплуатации автотракторной техники, 2014. № 1. С. 142-148.

References

1. Babusenko S.M. Remont traktorov i avtomobilej. M.: Agropromizdat, 1987. 351 s.

2. Molchalov I.I., Kostenko S.I., Vasil'ev V.A. Remont sel'skohozyajstvennoj tekhniki. M.: Kolos, 1984. 255 s.

3. Obkatka i ispytanie agregatov. Sborka i obkatka mashin / Rezhim dostupa: http://www.studopedia.ru/1_77307_obkatka-i-ispitanie-agregatov-sborka-i-obkatka-mashin.html (data obrashcheniya: 11.01.2016).

4. Hramcov N.V. Obkatka i ispytanie avtotraktornyh dvigatelej. M.: Agropromizdat, 1991. 123 s.

5. Ostrikov V.V., Tupotilov N.N. Fiziko-himicheskie processy «stareniya» motornyh masel i sposoby ih zamedleniya // Doklady Rossijskoj akademii sel'skohozyajstvennyh nauk, 2004. № 2. S. 47-51.

6. SHaronov G.P. i dr. Prirabotochnoe maslo. Avtorskoe svidetel'stvo SSSR, № N 1456453, opublikovano 23.03.1993. Byul. № 11.

7. Ostrikov V.V., Popov S.YU., Safonov V.V. Zakonomernosti processa udaleniya pro-duktov stareniya iz rabotayushchego motornogo masla v pole centrobezhnyh sil // Problemy ehkonomichnosti i ehkspluatacii avtotraktornoj tekhniki, 2014. № 1. S. 142-148.

УДК 620.193: 631.17

К ВОПРОСУ ВЫБОРА КОНСЕРВАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Князева Лариса Геннадьевна,
доктор химических наук, доцент, главный научный сотрудник,
E-mail: Knyazeva27@mail.ru
Петрашев Александр Иванович,
доктор технических наук, с.н.с., заведующий лабораторией
E-mail: vitin-10.pet@mail.ru
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», г. Тамбов

Реферат. *Выбор консервационных материалов для защиты техники - серьезная проблема для сельскохозтоваропроизводителей. В данной работе обсуждается выбор консервационных материалов на масляной основе. Для оценки защитных свойств консервационных материалов проводили ускоренные коррозионные испытания в термовлагокамере Г-4 с автоматическим регулированием параметров влажности и температуры в течение 40 суток с периодической конденсацией влаги на образцах, в 0,5 М растворе хлорида натрия в течении 14 суток, а также натурно-стендовые испытания в течении 1 года. Для исследований были выбраны 3 консервационных масла К-17, Кормин, Маякор. Показано, что их ценовой диапазон и защитные свойства близки. При натурно-стендовых испытаниях защитная эффективность составляет 73-78 %. Для консервации сельскохозяйственной техники можно выбирать любое из них, используя при этом одно и тоже оборудование для нанесения. Защитные свойства неингибированных отработанных минеральных (М-10Г$_2$(к), ММО, и синтетических (Mobil-1), ОСМ, моторных масел, обычно имеющиеся у сельхозтоваропроизводителей, недостаточны для защиты сельскохозяйственной техники. Добавление 5-10 мас. % присадок Эмульгин и Акор-1Б (Мобиин-3) повышает их защитную эффективность в 2 раза. Использованием собственных отработанных масел позволяет не только сэкономить на стоимости материалов, но и утилизировать отработанные нефтепродукты. Использование мазута, который может оказаться самым доступным и дешевым материалом в конкретных условиях, позволяет защитить технику с той же эффективностью.*

Ключевые слова: *консервационные материалы, масла, ингибитор коррозии, защитная эффективность, сельскохозяйственная техника, мазут*

TO THE QUESTION OF THE CHOICE OF CONSERVATION MATERIALS FOR PROTECTION OF AGRICULTURAL MACHINERY

Knyazeva Larisa
Full Doctor of Chemical Sciences, Associate Professor, Chief Researcher,
e-mail: Knyazeva27@mail.ru
Petrashev Alexandr,
Full Doctor of Technical Sciences, associate professor, laboratory chief,
e-mail: vitin-10.pet@mail.ru
Federal State Budgetary Scientific Institution «All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture», Tambov

Abstract. *The choice of conservation materials for the protection of machinery is a serious problem for agricultural producers. The selection of oil-based conservation materials is discussed*

in this paper. Accelerated corrosion tests were carried out to assess the protective properties of conservation materials in the termovlago camera G-4 with automatic control of the parameters of humidity and temperature for 40 days with periodic condensation of moisture on the samples, in a 0.5 M solution of sodium chloride for 14 days, and also bench tests were carried out for 1 year. 3 conservation oils K-17, Cormin, Mayakor were chosen for research. It is shown that their price range and protective properties are close. Protective efficacy in the field and bench tests is 73-78%. Any of them can be chosen for the conservation of agricultural machinery, using the same application equipment. The protective properties of non-inhibited waste minerals (M-10G2 (k), MMO, and synthetic (Mobil-1), OSM, engine oils, usually found in agricultural producers, are not sufficient to protect agricultural machinery. Addition of 5-10 wt. % of Emulgin and Akor-1B (Mobiin-3) additives increases their protective effectiveness by 2 times. The use of our own waste oils allows not only to save on the cost of materials, but also to utilize waste petroleum products. The use of heavy fuel oil, which may be the most accessible and cheap material under specific conditions, to protect vehicles with the same efficiency.

Keywords: *conservation materials, oils, corrosion inhibitor, protective efficiency, agricultural machinery, fuel oil*

Введение. Для повышения надежности работы сельскохозяйственной техники и оборудования необходимо проведение комплекса работ по ее консервации и постановке на хранение в нерабочий период. Известные методы защиты от коррозии связаны с воздействием на металл, среду и защищаемую конструкцию. Непосредственно для сельхозтоваропроизводителядоступнее всего воздействие на металл с помощью нанесения различных покрытий и воздействие на среду летучими ингибиторами коррозии (ЛИК) при возможности создания замкнутых объемов.

В ГОСТ 7751-2009 «Техника, используемая в сельском хозяйстве. Правила хранения» предлагается использовать защитные смазки (Солидол), консервационные масла(К-17), битумы. лакокрасочные покрытия, ингибиторы коррозии, в том числе ЛИК для внутренней консервации.

В Межгосударственном стандарте «Единая система защиты от коррозии и старения» (ЕСЗКС), ГОСТ 9.014-78 «Временная противокоррозионная защита изделий. Общие требования» (с изменениями 1-6) приведен большой список средств временной противокоррозионной защиты, включающий консервационные масла (К-17, К-17у, Россойл-700, Кормин, НГ-203Р); рабочие масла с маслорастворимыми ингибиторами (Акор-1, КП, МСДА-1, М-1, Мифол); смазки (Пушечная, МЗ, ГОИ-54п, АМС-3, Литол-24); водно-восковой состав «Герон»; ингибированные полимерные покрытия (состав ЛСП и АКОР-1); смываемые ингибированные покрытия (НГ-222А, Мовиль, ИФХАН-29, МОПЛ-2(3), Оремин, Кабинор, Оремин, Кабинор, Молъвин -МЛ, Ингибит-С); водорастворимые ингибиторы коррозии (М-1, Н-М-1); ЛИК (НДА, противокоррозионная бумага (УНИ, УНИБ-2, МБГИ, НБМЭА), Г-2, Лингал, Линасиль (с ИФХАН-1), ИФХАН-8,61,118).

Современный рынок консервационных материалов велик и очень подвижен. Сегодня, помимо указанных в ГОСТах, он предлагает и множество других консервационных материалов как отечественного, так и импортного производства, различающихся по составу и свойствам, особенностям использования и назначения, а также в ценовом отношении, поэтому выбор подходящих продуктов - серьезная проблема для сельскохозтоваропроизводителей.

Критериями выбора консервационных материалов являются: коррозионная агрессивность окружающей среды; способ хранения техники и оборудования (открытая атмосфера,

навес, закрытое помещение); состояние защищаемой поверхности; продолжительность защиты; надежная адгезия, однородность и тиксотропность материала, способность вытеснять воду и электролиты с поверхности металла, эффективно пропитывать продукты коррозии, образовывать эластичную пленку, не оказывать вредного воздействия на лакокрасочное покрытие; технологичность нанесения; потребность в расконсервации; экономичность, безопасность при применении; доступность по стоимости и сырью для производства. На технологию и способ нанесения оказывает влияние состав и консистенция консервационных материалов. Необходимо учитывать вид защищаемой поверхности (наружные или внутренние поверхности машин), технологию применения состава (метод нанесения – кистью, окунанием или распылением, необходимость предварительного разогрева или смешивания, потребность в расконсервации и др.). Названные критерии взаимосвязаны и влияют друг на друга. К сожалению, информация поставщиков консервационных материалов часто носит неполный и обобщенный характер, поэтому, как правило, требуются дополнительные исследования в условиях использования.

Традиционно для внутренней и наружной консервации сельскохозяйственной техники широко используют консервационные масла (КМ). Это уже готовые к нанесению продукты, производимые как правило, на крупных нефтеперерабатывающих заводах и заводах по производству топливно-смазывающих материалов. Основная часть в составе КМ – это масло, чаще всего нефтяное, к которому добавляются различные присадки для придания необходимых функциональных свойств. Чтобы избежать больших объемов КМ при транспортировке, можно получить аналогичный консервационный состав на месте применения. Для этого достаточно приобрести только ингибиторы коррозии и добавить их в имеющиеся у сельхозтоваропроизводителя на местах масла. В работах [1-10] показано, что для этих целей могут быть использованы отработанные моторные масла, которые, в принципе, можно найти в любом хозяйстве. Консервационные масла и консервационные составы на масляной основе при нанесении их при пониженной температуре (обычной при постановке техники на хранение) требуют разогрева и перемешивания, что выдвигает особые требования к оборудованию для их нанесения [3,10]. Водно-восковые составы не нужно разогревать, они не ухудшают внешнего вида металлических покрытий, но требуют определенных условий при нанесении и хранении [11-15]. Использование водорастворимых ингибиторов коррозии оправдано при мойке техники с последующим хранением в помещении, так как не позволяет обеспечить противокоррозионную защиту на таком же высоком уровне, как в предыдущих случаях [16]. Летучие ингибиторы коррозии не требуют специального оборудования при их нанесении, их выгодно использовать всегда, когда есть возможность обеспечить замкнутые объемы [17 - 19]. В данной работе остановимся на выборе консервационных материалов на масляной основе.

Методика исследования. Исследования проводили на образцах из стали Ст3. Изучали консервационные масла: К-17, Кормин, Маякор, составы на основе отработанных масел и присадок Эмульгин и Мобиин-3. В качестве растворителя-основы во втором изучали отработанное минеральное (~300 мото/ч) М-10$Г_2$(к) (ММО) и синтетическое (~190 мото/ч) Mobil-1(ОСМ). Консервационные составы готовили смешиванием ММО или ОСМ с 1-10 масс. %. Эмульгин (А.с. №1385607 СССР) разработан на основе кубовых остатков производства высших алифатических аминов ОАО «Азот», г. Березняки. в его составе первичные и вторичные алифатические амины фракций C_{10} - C_{15} и C_{16}-C_{20}.

Ускоренные коррозионные испытания для оценки защитных свойств консервационных материалов проводили по ГОСТ 9.054-75 в термовлагокамере Г-4 с автоматическим регулированием параметров влажности и температуры в течение 40 суток с периодической конденсацией влаги на образцах, и в 0,5 М растворе хлорида натрия в течении 14 суток., по ГОСТ 9.042-75.

Статистическую обработку экспериментальных данных осуществляли по методике малых выборок с использованием коэффициента Стьюдента при доверительной вероятности 0,95 (6 параллельных измерений).

Результаты и обсуждение.Современный рынок консервационных масел не ограничивается продуктами, перечисленными в ЕСЗКС, некоторые из них показаны в таблице 1. Как правило, цена 1 л КМ лежит в диапазоне от100 -400 рублей за литр).

Таблица 1 – Перечень консервационныхмасел, предлагаемых сегодня потребителю

Консервационное масло / ориентировочная цена/ производитель	Состав	Свойства	Применение
К-17 (65 – 300 руб/л) ГОСТ 10877-76 (ООО «ЗСМ «ОКТАМИКС», "ЭКСПЕРТ-ОЙЛ", НПО «ПРОМЭКОЛОГИЯ»)	авиационное масло МС-20 с добавлением трансформаторных масел (Т-1500У), загущенное петролатумом с добавлением каучука СКБ-45, сульфонатныеприсадкиПМСя, присадки ЦИАТИМ-339 дифениламина	плохо смывается водой, позволяет уменьшать коррозию топливных агрегатов двигателя; увеличивать межремонтный период службы двигателя.	в качестве консерванта для долговременной (свыше 5 лет) и надежной защиты различных изделий и механизмов, изготовленных из цветных и черных металлов, хранящихся под укрытием без прямого воздействия атмосферных факторов.
Кормин (100-300руб/л) (ОАО «Нефтемаслозавод» FOXY ,"Эксперт-Ойл" НПО «Промэкология»)	на основе минеральных масел и значительного количества маслорастворимых ингибиторов коррозии	Отличается хорошим быстродействием и способностью вытеснять воду с обрабатываемой поверхности. Требует разогрева до 95-100 °С. Расход около 0,5 кг/м^2. Перед введением в эксплуатацию находящуюся на хранении технику необходимо расконсервировать. Изделия, обработанные составом Кормин, могут храниться в сложных атмосферных условиях не менее года.	для защиты и хранения сельскохозяйственной техники, изделий машиностроительной и станкоинструментальной промышленности из черных и цветных металлов, а также их сплавов.
«СмазпромКормин» (150-400 руб/л) ТУ 0253-078-23763315-2010 (НПО «Промэкология»)	состав скрыт производителем	хорошие защитные свойства	для защиты от атмосферной коррозии наружных и внутренних поверхностей различных машин, механизмов и запасных частей к ним, а также изделий станкоинструментальной, машиностроительной, металлургической промышленности и трубопрокатных заводов из черных, цветных металлов и их сплавов.
Консервационное масло ЖКС-40	нефтяное масло со специальными функциональными при-	высокие эксплуатационные качества маслу ЖКС-40 создают специальные функциональ-	для долговременной защиты от атмосферной коррозии изделий из чер-

(200-400 руб/л) ТУ 00152365.052-98 "ЭКСПЕРТ-ОЙЛ"	садками	ных присадки, обеспечивая ему смазывающие, моющие, антикоррозионные и антиокислительные свойства.	ных и цветных металов и сплавов, а также механизмов, находящихся под укрытием.
Маякор (150-300 руб/л) ТУ 38.401-58-67-93, изм. №1,2. (НПП «Химкомпозит»)	на основе смеси трансформаторного и нитрованного масел с добавлением загустителя, аминов, окисленных углеводородов и сульфонатных присадок.	Малотоксичный продукт, относится к IV классу опасности. Обладает хорошей водовытесняющей способностью. Позволяет проводить консервацию без подготовки поверхности для металлоизделий малой и средней загрязненности. Обеспечивает сохранность металлоизделий при хранении в особо жёстких условиях 1 год, в жёстких условиях свыше 5 лет. Защитные свойства по ГОСТ 9.054-75, сталь 10 выдерживает	для долговременной защиты от коррозии изделий из черных и цветных металлов, металлического листа, хранящихся в жестких и особо жестких условиях. Эффективен при воздействии кислых атмосферных осадков.
Смазпром МК-18/50 (100-200 руб/кг) ТУ 0253-090-23763315-2011, изм. 1 Производитель: НПО «Промэкология»	состав скрыт производителем	Аналог «Маякор». Расконсервация может производиться с использованием 5% водного раствора соды с температурой 45-50°С или 0,5% водного раствора сульфанола или другого ПАВ комнатной температуры. В случае замерзания, после размораживания и перемешивания составы сохраняют свои свойства. Эффективен при воздействии кислых атмосферных осадков. Состав обеспечивает сохранность металлоизделий при хранении в особо жёстких условиях один год, в жёстких условиях — свыше пяти лет.	для долговременной защиты от коррозии изделий из черных и цветных металлов, металлического листа, различных видов оборудования, в том числе нефтяного и газового, хранящихся или эксплуатируемых в жестких и особо жестких условиях.
Консервационные масла серии shellensis (700-800 руб/л) (производитель shell)	состав скрыт производителем.	высокие защитные свойства	для долгосрочной внутренней защиты бензиновых и дизельных двигателей коробок передач и трансмиссий во время транспортировки, хранения и консервации. Временная смазка перед консервацией и вводом в эксплуатацию Shell Ensis Engine Oil может использоваться в качестве смазочного материала до первой замены масла во многих типах двигателей.
Консервационное масло НГ-204у (ГОСТ 18974–73) (250-500 руб/кг) Московский завод нефтепродуктов	состоит из нитрованного масла, петролатума, парафина, синтетических жирных кислот и солей алюминия	масляная пленка смывается атмосферными осадками.	для защиты наружных поверхностей машин, хранящихся в помещении или под навесом до 12 месяцев,на открытых площадках масло - до 5 месяцев,
Консервационное масло НГ-203А (Б, Р)	из смеси масляного раствора сульфоната кальция и индустри-	защитные свойства по ГОСТ 9.054-75, сталь 10 выдерживает при повышенных значениях	для защиты от коррозии наружных и внутренних поверхностей деталей ма-

(150-350 руб/л) ПКФ «Русма»	ального масла с добавлением окисленного петролатума, алкилфенола и аминов.	относительной влажности и температуры воздуха с периодической конденсацией влаги и при постоянной погружении в электролит в течение 20 ч	шин и механизмов (например, для сельскохозяйственной техники

Для исследований были выбраны 3 консервационных масла, из предлагаемых сегодня на отечественном рынке, упоминаемые в ЕСЗКС КМ К-17 и Кормин, а также Маякор (таблица 1). Все эти масла предлагается наносить при температуре 80-100^{0}С кистью или пневморапылением. Проведенные в ФГБНУ исследования показали их высокую защитную эффективность как при ускоренных, так и при натурно-стендовых испытаниях. Следует отметить, что защитные свойства этих консервационных масел близки к друг другу (таблица 2), несмотря на различную природу компонентов в их основе. При натурно-стендовых испытаниях защитная эффективность составляет 73-78 %. В ценовом отношении исследуемые масла также близки. Для консервации сельскохозяйственной техники можно выбирать любое из них, используя при этом одно и тоже оборудование для нанесения.

Таблица 2 - Защитные свойства некоторых консервационных масел

№ п/п	Консервационный материал	Толщина покрытия, мкм	Защитная эффективность, %, при испытаниях:		
			ускоренных коррозионных		натурно-стендовых , 12 месяцев
			0,5 MNaCl, 14 суток	Термовлагокамера Г-4, 40 суток	
1	К-17	30	96	~100	75
2	Маякор	10	99	~100	73
3	Кормин	27	98	~100	78

В составе всех исследованных консервационных масел более 90% приходится непосредственно на масляную основу (растворитель- основу). В масле К-17 – это авиационное масло МС-20 с добавлением трансформаторных масел (Т-1500У), в Кормин – смеси минеральных масел, в Маякор – смеси трансформаторных и нитрованных масел (таблица 1). И хотя растворитель-основа в исследуемых КМ разная, свойства полученных на их основе консервационных масел близки.

Ранее в наших работах [20] было показано, что масляная пленка проницаема для молекул ингибитора, отвечающих за торможение коррозии на поверхности металла. При определенной концентрации присадок, можно добиться, что природа масла перестает влиять на защитную эффективность консервационной композиции [20]. На местах практически всегда можно найти отработанные моторные масла, причем они могут быть любыми, на основе которых можно самостоятельно простыми способами (перемешиванием при температуре) получить высокоэффективный консервационный материал.

Защитные свойства неингибированных отработанных минеральных (М-10Г$_2$(к), ММО, и синтетических (Mobil-1), ОСМ, моторных масел недостаточны для защиты сельскохозяйственной техники в период неиспользования, как показано в таблице 3, хотя на практике их иногда используют для этих целей.

Чтобы получить на местах высокоэффективные консервационные материалы на основе этих масел, в них нужно добавить маслорастворимые ингибиторы коррозии (МИК). В идеале МИК не должен быть многокомпонентным. Но на рынке мы таких МИК не найдем. В ЕСЗКС, как было указано выше, для этих целей предлагаются Акор-1, КП, МСДА-1, Мифол. Известно, что эти добавки входят в состав универсальных консервационных масел.

АКОР-1 (ГОСТ 15171-78, ТУ 38.401-58-328-2003) изготавливается из нитрованных базовых масел М11 или М8В, с добавками при защелачивании 10+1% технического стеарина.

Таблица 3 - Защитные свойства некоторых консервационных материалов

№ п/п	Консервационный материал	Толщина покрытия, мкм	Защитная эффективность, %, при испытаниях:		
			ускоренных коррозионных		натурно-стендовых , 12 месяцев
			0,5 MNaCl, 14 суток	Термовлагокамера Г-4, 40 суток	
1	ММО (~ 300 мото-ч)	13	28	97	42
2	ОСМ(~190 мото-ч)	17	18	92	35
3	ММО +10 масс. % Эмульгина	23	93	~100	92
4	ММО +10 масс. % Мобиин-3	20	89	~100	90
5	Топочный мазут М-100	18	94	~100	94

АКОР-1 в течение длительного времени получали в промышленных масштабах, использовали при консервации техники в ВПК. Сегодня его выпускают на заводе химических компонентов ЭКОТЕК, в Инженерной Смазочной Компании "МИСКОМ", ЗАО «ВолгаНефтеХим», ООО НПО "АГРИНОЛ" и др. Приобрести АКОР-1 можно по цене 300-400 руб/кг. В настоящее время НПП «Алтайспецпродукт» г. Бийск по ТУ 33992933-003-97 выпускает его улучшенную модификацию маслорастворимый ингибитор коррозии АКОР-1Б (Мобиин-3) под заказ по договорной цене небольшими партиями.

КП (ГОСТ 23639—79)—многокомпонентная присадка, обладающая антикоррозионными, моющими, антиокислительнымн и защитными свойствами. Сегодня производители предлагают много модификаций этой присадки. Так, например, на предприятиях Сибнефть, выпускают КП-5, КП-10, КП-20 по договорной цене. На производстве смазочных материалов «Русма», ООО «НЕОХИМ ЕФ» ориентировочная стоимость присадок этой серии от 100 рублей за кг.

МСДА-1 (ТУ 6-02-834—88) - соль дициклогексиламина и синтетических жирных кислот фракции C_{10}-C_{13}. Это пастообразное или твердое вещество от светло-коричневого до коричневого цвета, растворимое в этаноле, бензоле, керосине, бензине, нефрасе. Ингибитор МСДА-1 предназначен для защиты от атмосферной и микробиологической коррозии изделий из стали, чугуна, меди и её сплавов, цинка, алюминия и его сплавов, кадмия, олова, серебра, баббита. Ингибитор обеспечивает защиту в течение 2-7 лет в зависимости от способа упаковки и условий хранения изделий. В минеральные масла, дизельные топлива и керосины присадку вводят в количестве 1-4 % (мас. доля).

Мифол (ТУ 0257-002-001148820-94), содержит фенольную смолу, микробный жир, сульфонат кальция, минеральное масло.

Сегодня на отечественном рынке можно найти и другие маслорастворимые ингибиторы коррозии. Часто для этих целей используются вторичные продукты химических и нефтехимических производств [20]. Большинство производителей МИК определяет их цену как договорную, и производит небольшими партиями под заказ.

Приведенные в таблице 3 данные показывают, что при добавлении в отработанные масла присадок Эмульгин и Акор-1Б (Мобиин-3) можно получить высокоэффективные консервационные материалы, защитная эффективность которых выше не менее, чем в два раза исходных отработанных масел и превышает этот показатель для промышленных консервационных масел К-17, Кормин и Маякор (таблица 2)

Данные, приведенные на рисунке 1, показывают, что при введении в отработанные масла присадки Эмульгин в количестве ≥ 5 масс.% при ускоренных коррозионных испытаниях в 0,5 М растворе NaCl, природа масла перестает оказывать влияние.

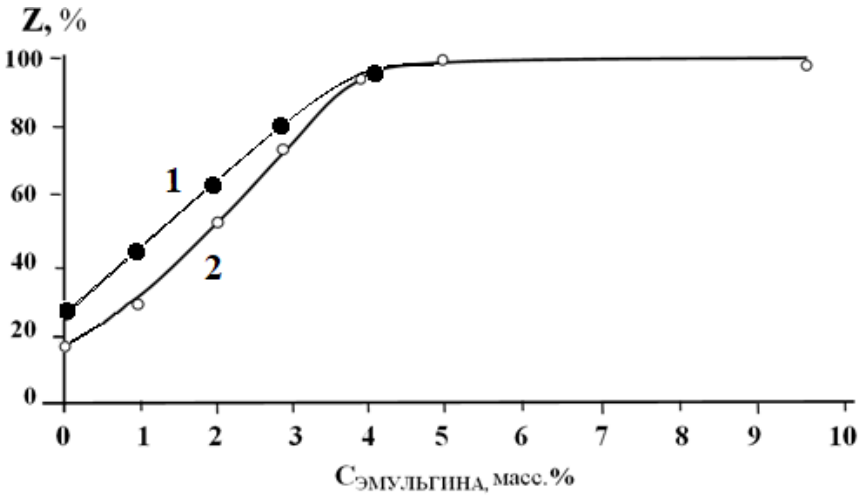


Рисунок 1– Зависимость защитной эффективности пленок отработанных масел: 1-Mobil-1; 2 – М-10Г2(к) от концентрации Эмульгина при ускоренных коррозионных испытаниях в 0,5 М растворе NaCl

Консервационные масла и ингибиторы коррозии не везде в любой момент можно купить, так как многие из них производятся под заказ, небольшими партиями, как упоминалось выше.

Зато доступным в любом регионе, дешевым многотоннажным нефтепродуктом является мазут, имеющийся в каталоге продукции любого нефтеперерабатывающего предприятия. Тяжелый топочный мазут- остаточный продукт после переработки нефти, занимает низкий ценовой уровень (7-10 тыс. руб/т). Мазут малотоксичен, относится к 4 классу опасности. Наличие в его составе нефтяных смол, карбенов, карбоидов и металлоорганических соединений указывает на способность ингибировать электрохимическую коррозию стали, что подтвердили наши экспериментальные исследования (таблица 3). Использование мазута без присадок позволяет полностью защитить стальные поверхности при ускоренных коррозионных испытаниях в термовлагокамере Г-4, а по натурно-стендовым испытаниям получить результаты по защитной эффективности на том же уровне, что и для ингибированных отработанных моторных масел.

Заключение. При выборе консервационного материала для защиты техники от коррозии нужно руководствоваться местными особенностями и собственными возможностями. Приготовление консервационных материалов на местах с использованием собственных отработанных масел выгодно, так как позволяет не только съэкономить на стоимости материалов, но и в определенной мере решает вопросы утилизации отработанных нефтепродуктов, которые

могут загрязнять окружающую среду. Мазут может оказаться самым доступным и дешевым материалом в конкретных условиях.

Список литературы

1.Прохоренков В.Д., Остриков В.В., Князева Л.Г., Чернышева И.Ю. Противокоррозионные свойства отработанного моторного масла М10Г$_2$(к)//Практика противокоррозионной защиты. -2003.- №2(28). - С. 7-11.

2. Прохоренков В.Д., Князева Л.Г., Остриков В.В., Вигдорович В.И. Носители защитной эффективности отработавших моторных масел//Химия и технология топлив и масел. -2006.- № 1 (533). -С. 26-28.

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

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

5. Вигдорович В.И., Прохоренков В.Д., Князева Л.Г. Защитная эффективность продуктов очистки отработавших масел в условиях электрохимической коррозии стали// Технологии нефти и газа. - 2008.-№ 4 (57). - С. 24-30.

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

7. Князева Л.Г., Вигдорович В.И., Цыганкова Л.Е., Шель Н.В., Кузнецова Е.Г., Урядников А.А., Остриков В.В., Зазуля А.Н. Антикоррозионная эффективность пленок нефтяных и синтетических масел и их физико-химические характеристики // защита. - 2014.- № 9. - С. 35-41

8. Князева Л.Г., Акользин А.П., Вигдорович В.И., Шель Н.В. Некоторые проблемы ингибирования атмосферной коррозии стали отработавшими моторными маслами// Практика противокоррозионной защиты. - 2012.-№ 1(63). - С. 60-65.

9. Прохоренков В.Д., Остриков В.В., Князева Л.Г. Использование отработанных моторных масел как основы для консервационных материалов//Практика противокоррозионной защиты. - 2000.- №2(16). - С. 40-45.

10. Князева Л.Г., Вигдорович В.И., Цыганкова Л.Е., Шель Н.В., Кузнецова Е.Г., Прохоренков В.Д.Антикоррозионная эффективность поверхностных защитных пленок товарных и отработанных синтетических масел на примере продукта МОБИЛ-1// Практика противокоррозионной защиты. 2014. № 2 (72). С. 58-65.

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.

11. Еремин В.Н., Таран В.М., Белохвостов Ф.В., Прохоренков В.Д., Князева Л.Г., Ивойлов А.А.Водно-восковой состав "Герон" для противокоррозионной защиты сельскохозяйственной техники//Все материалы. Энциклопедический справочник. -2007. № 1. С. 34-36.

12. Прохоренков В.Д., Петрашев А.И., Князева Л.Г., Кузнецова Е.Г. Антикоррозионный водно-восковой состав "ГЕРОН"//Сельский механизатор. 2009. № 10. С. 28-29.

13. Князева Л.Г., Кузнецова Е.Г., Вигдорович В.И., Прохоренков В.Д. Защитные свойства водно-восковых составов "Герон"// Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. - 2013. - Т. 18. - №5. - С. 2299-2303.

14. Петрашев А.И., Князева Л.Г., Прохоренков В.Д., Клепиков В.В. Технология консервации аграрной техники водно-восковым составом "ГЕРОН"// России. - 2013. - № 1. - С. 53-56.

15. Князева Л.Г., Кузнецова Е.Г., Прохоренков В.Д., Вигдорович В.И., Еремин В.Н. Экспресс-оценка защитных свойств водно-восковых составов "ГЕРОН"//Наука в центральной России. 2013. № 4. С. 4-11.

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

17. Вигдорович В.И., Князева Л.Г., Зазуля А.Н., Кузнецова Е.Г., Андреев Н.Н., Урядников А.А., Дорохов А.В. Использование летучего ингибитора ифхан-118 для защиты сельскохозяйственного оборудования от атмосферной коррозии//Российская сельскохозяйственная наука. 2016. № 1. С. 65-68.

18. Вигдорович В.И., Князева Л.Г., Цыганкова Л.Е., Дорохова А.Н., Дорохов А.В., Урядников А.А. Влияние летучего ингибитора ИФХАН-114 на эффективность работы ряда контактных гальванических пар металлов и скорость коррозии их составляющих в атмосфере животноводческих помещений// Российская сельскохозяйственная наука. 2018. № 6. С. 65-69.

19. Vigdorovich V.I., Tsygankova L.E., Shel N.V., Knyazeva L.G., Dorokhov A.V., Uryadnikov A.A. Protection of Carbon Steel Against Atmospheric Corrosion by Volatile Inhibitors of IFKHAN Series at High Concentrations of CO_2, H_2S and NH_3//International Journal of Corrosion and Scale Inhibition. - 2018. - Т. 7.- № 2. - С. 175-184.

20. 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 / ГОУВПО "Тамбовский государственный технический университет". Тамбов, 2012ю

References

1.Prohorenkov V.D., Ostrikov V.V., Knyazeva L.G., CHernysheva I.YU. Protivokorro-zionnye svojstva otrabotannogo motornogo masla M10G2(k)//Praktika protivokorrozi-onnoj zashchity. - 2003.- №2(28). - S. 7-11.

2. Prohorenkov V.D., Knyazeva L.G., Ostrikov V.V., Vigdorovich V.I. Nositeli za-shchitnoj ehffektivnosti otrabotavshih motornyh masel//Himiya i tekhnologiya topliv i masel. -2006.-№ 1 (533). -S. 26-28.

3. Prohorenkov V.D., Petrashev A.I., Knyazeva L.G. Zashchita ot korrozii sel'skohozyajstvennoj tekhniki otrabotannymi maslami//Tekhnika v sel'skom hozyajstve. 2006. № 5. S. 18-21.

4. Vigdorovich V.I., Prohorenkov V.D., Knyazeva L.G., Epifancev S.S. Zashchita ot atmosfernoj korrozii otrabotannymi maslami, ingibirovannymi produktami ih ochist-ki. Soobshchenie 4. Zashchitnaya ehffektivnost' ingibirovannyh POOM otrabotannyh masel v usloviyah vlagonasyshcheniya//Praktika protivokorrozionnoj zashchity. - 2006.- №2(40). - S. 41-47.

5. Vigdorovich V.I., Prohorenkov V.D., Knyazeva L.G. Zashchitnaya ehffektivnost' produktov ochistki otrabotavshih masel v usloviyah ehlektrohimicheskoj korrozii stali// Tekhnologii nefti i gaza. - 2008.-№ 4 (57). - S. 24-30.

6. Knyazeva L.G., Vigdorovich V.I., Prohorenkov V.D. Ingibirovanie korrozii otra-botavshimi motornymi maslami//Korroziya: materialy, zashchita. - 2010.-№10.- S. 25-30.

7. Knyazeva L.G., Vigdorovich V.I., Cygankova L.E., SHel' N.V., Kuznecova E.G., Uryad-nikov A.A., Ostrikov V.V., Zazulya A.N. Antikorrozionnaya ehffektivnost' plenok neftyanyh i sinteticheskih masel i ih fiziko-himicheskie harakteristiki // Korroziya: materialy, zashchita.- 2014.- № 9. - S. 35-41

8. Knyazeva L.G., Akol'zin A.P., Vigdorovich V.I., SHel' N.V. Nekotorye problemy ingibirovaniya atmosfernoj korrozii stali otrabotavshimi motornymi maslami// Prak-tika protivokorrozionnoj zashchity. - 2012.-№ 1(63). - S. 60-65.

9. Prohorenkov V.D., Ostrikov V.V., Knyazeva L.G. Ispol'zovanie otrabotannyh mo-tornyh masel kak osnovy dlya konservacionnyh materialov//Praktika protivokorrozi-onnoj zashchity. - 2000.- №2(16). - S. 40-45.

10. Knyazeva L.G., Vigdorovich V.I., Cygankova L.E., SHel' N.V., Kuznecova E.G., Pro-horenkov V.D.Antikorrozionnaya ehffektivnost' poverhnostnyh zashchitnyh plenok to-varnyh i otrabotannyh sinteticheskih masel na primere produkta MOBIL-1// Praktika protivokorrozionnoj zashchity. 2014. № 2 (72). S. 58-65.

11. Petrashev A.I., Knyazeva L.G., Prohorenkov V.D., Klepikov V.V. Tekhnologiya kon-servacii sel'skohozyajstvennoj tekhniki otrabotannymi maslami//Nauka v central'noj Rossii. -2013.- № 1. - S. 57-61.

11. Eremin V.N., Taran V.M., Belohvostov F.V., Prohorenkov V.D., Knyazeva L.G., Ivojlov A.A.Vodno-voskovoj sostav "Geron" dlya protivokorrozionnoj zashchity sel'sko-hozyajstvennoj tekhniki//Vse materialy. EHnciklopedicheskij spravochnik. -2007. № 1. S. 34-36.

12. Prohorenkov V.D., Petrashev A.I., Knyazeva L.G., Kuznecova E.G. Antikorrozion-nyj vodno-voskovoj sostav "GERON"//Sel'skij mekhanizator. 2009. № 10. S. 28-29.

13. Knyazeva L.G., Kuznecova E.G., Vigdorovich V.I., Prohorenkov V.D. Zashchitnye svojstva vodno-voskovyh sostavov "Geron"// Vestnik Tambovskogo universiteta. Seriya: Estestvennye i tekhnicheskie nauki. - 2013. - T. 18. - №5. - S. 2299-2303.

14. Petrashev A.I., Knyazeva L.G., Prohorenkov V.D., Klepikov V.V.

Tekhnologiya konservacii agrarnoj tekhniki vodno-voskovym sostavom "GERON"// Nauka v central'noj Rossii.- 2013. - № 1. - S. 53-56.

15. Knyazeva L.G., Kuznecova E.G., Prohorenkov V.D., Vigdorovich V.I., Eremin V.N. EHk-spress-ocenka zashchitnyh svojstv vodno-voskovyh sostavov "GERON"//Nauka v cen-tral'noj Ros-sii. 2013. № 4. S. 4-11.

16. Kuznecova E.G., Knyazeva L.G., Prohorenkov V.D., Gajdar S.M.Konservacionnye sostavy na osnove vodorastvorimyh ingibitorov korrozii//Nauka v central'noj Ros-sii. 2013. № 5. S. 43-47.

17. Vigdorovich V.I., Knyazeva L.G., Zazulya A.N., Kuznecova E.G., Andreev N.N., Uryad-nikov A.A., Dorohov A.V. Ispol'zovanie letuchego ingibitora ifhan-118 dlya zashchity sel'sko-hozyajstvennogo oborudovaniya ot atmosfernoj korrozii//Rossijskaya sel'skoho-zyajstvennaya nau-ka. 2016. № 1. S. 65-68.

18. Vigdorovich V.I., Knyazeva L.G., Cygankova L.E., Dorohova A.N., Dorohov A.V., Uryadnikov A.A. Vliyanie letuchego ingibitora IFHAN-114 na ehffektivnost' raboty ryada kon-taktnyh gal'vanicheskih par metallov i skorost' korrozii ih sostavlyayushchih v atmosfere zhivotnovodcheskih pomeshchenij// Rossijskaya sel'skohozyajstvennaya nauka. 2018. № 6. S. 65-69.

19. Vigdorovich V.I., Tsygankova L.E., Shel N.V., Knyazeva L.G., Dorokhov A.V., Uryadnikov A.A. Rrotection of Carbon Steel Against Atmospheric Corrosion by Volatile Inhibi-tors of IFKHAN Series at High Concentrations of CO2, H2S and NH3//International Journal of Corrosion and Scale Inhibition. - 2018. - T. 7.- № 2. - S. 175-184.

20. Knyazeva L.G. Nauchnye osnovy sozdaniya antikorrozionnyh konservacionnyh materialov na baze otrabotavshih neftyanyh masel i rastitel'nogo syr'ya/ dissertaciya na soiskanie uchenoj stepeni doktora himicheskih nauk / GOUVPO "Tambovskij gosudar-stvennyj tekhnicheskij universitet". Tambov, 2012.

УДК 681.5

СОКРАЩЕНИЕ ПОТЕРЬ ТОПЛИВА ПРИ ЗАПОЛНЕНИИ НАЗЕМНЫХ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ РЕЗЕРВУАРОВ

Левин Максим Юрьевич,
кандидат технических наук, e-mail: lmu@list.ru
Нагорнов Станислав Александрович,
доктор технических наук, профессор, E-mail: snagornov@yandex.ru
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», г. Тамбов

Реферат. *Потери бензина при заполнении резервуара могут достигать от 1 до 4 литров на 1 м^3 подаваемого топлива. В данной работе исследуется приминение эжектора как энергоэффективной установки снижения потерь топлива при заполнении резервуаров. Для оценки работы эжектора собрана экспериментальная установка и эжекторный модуль, отличительной особенностью которого является наличие обратного клапана, который предотвращает попадание топлива в резервуар через патрубок соединения с ПВС, и сотового успокоителя, который предотвращает возникновение турбулентности при газации топлива воздухом. Получено, что применение эжекторного модуля позволяет снизить потери углеводородов от большого дыхания до 80%. Использование данного способа борьбы с потерями топлива при заправке резервуара является энергоэффективным, так как работа, затрачиваемая на конденсацию углеводородов, совершается за счет насоса бензовоза.*

Ключевые слова: *эжектор, потери топлива, большие дыхания.*

REDUCTION OF LOSSES OF FUEL IN FILLING GROUND-HORIZONTAL CYLINDRICAL TANKS

Levin Maxim,
Candidate of Technical Sciences, e-mail: lmu@list.ru
Nagornov Stanislav,
Doctor of Technical Sciences, Professor, E-mail: snagornov@yandex.ru
FSBI “All-Russian Research Institute for the Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture”, Tambov

Abstract. *It is known that gasoline losses during tank filling can reach from 1 to 4 liters per 1 m^3 of fuel supplied. In this paper, the application of an ejector as an energy-efficient unit for reducing fuel losses during tank filling is investigated. To evaluate the operation of the ejector, an experimental installation and an ejector module, a distinctive feature of which is a check valve, which prevents fuel from entering the tank through the connection pipe to the PVA, and a honeycomb damper, which prevents the occurrence of turbulence during aeration of the fuel, are distinguished.*

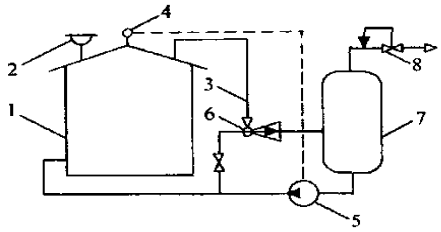
It is obtained that the use of an ejector module allows reducing the losses of hydrocarbons from large breathing to 80%. The use of this method of combating fuel losses during tank refueling is energy efficient, since the work expended on the condensation of hydrocarbons is accomplished through the pump of a gasoline tank truck.

Keywords: *ejector, fuel loss, large breathing.*

Введение. Известно [1,2], что в ходе каждой операции слива (налива) бензина, на каждый кубический метр подаваемого объема топлива в резервуар, в атмосферу из него вытесняется 1,1-1,4 м^3 паровоздушной смеси (ПВС), в зависимости от времени года и температуры окружающей среды содержащей от 1 до 3,6 литров высокооктанового бензина. Так как основные операции по заполнению резервуара в сельском хозяйстве приходятся на теплое время года, то сокращение потерь от больших дыханий является актуальной задачей с экономической и экологической точки зрения. Ввиду расположения резервуаров непосредственно в поле, устройство должно отличаться простотой конструкции и энергоэффективностью. В этой связи перспективным направлением для разработок выступают эжекторы.

Материалы и методы. Принцип действия эжекторов заключается в частичной передаче кинетической энергии от рабочего тела подсасываемому (эжектируемому) газу в камере смещения потоков и последующем восстановлении давления смеси «рабочее тело—газ» в диффузоре.

Принципиальные схемы предложенных эжекторных систем УЛФ приведены на рисунке 1. При повышении избыточного давления в ГП резервуара 1 до 1000 Па по сигналу датчика давления 4 включается насос 5, который подает рабочую жидкость (бензин) в жидкостно-газовый эжектор 6. ЖГЭ отсасывает избыток ПВС из ГП резервуара 1, смешивает ее с рабочей жидкостью и компримирует. В результате часть углеводородов из ПВС растворяется в рабочей жидкости. Доля поглощенных углеводородов зависит от давления и температуры.



1 – резервуар, 2 – дыхательный клапан, 3 – трубопровод, 4 – датчик давления, 5 – насос, 6 – ЖГЭ, 7 – емкость разделеня смеси, 8 – регулятор давления

Рисунок 1. Эжекторные системы УЛФ: — компримирование ПВС легкоиспаряющимся нефтепродуктом.

Разделение полученной газожидкостной смеси производится в емкости 7. После этого воздух со следами углеводородов через регулятор давления 8 типа «до себя» сбрасывается в атмосферу, а жидкая фаза повторно используется в качестве рабочей жидкости, закачивается в резервуар 1 или в трубопровод (на схеме не показан).

Задачей исследования является сокращение потерь от больших дыханий с применением ЖГЭ для закачки топлива в резервуар насосом бензовоза, при этом вытесняемые пары углеводородов будут конденсироваться на струе рабочей жидкости в эжекторе и подаваться в резервуар.

Методика расчета ЖГЭ основана на известных методиках [3,4,5]. Исходными данными для расчета ЖГЭ являются: давление рабочей среды (топлива) p_p, кПа, температура рабочего

топлива t_B, °С, давление инжектируемой ПВС $p_н$, кПа, расход инжектируемой ПВС ($G_в$, кг/ч, давление сжатой топливовоздушной смеси p_c, кПа.

Расчёт максимального объемного коэффициента эжекции определяется по формуле:

$$u = 0,85\sqrt{\frac{\Delta p_p}{\Delta p_c}} - 1,$$

где Δp_p — располагаемый перепад давлений рабочей жидкости, кПа, $\Delta p_p = p_p - p_н$; Δp_c — перепад давлений, создаваемый эжектором, $\Delta Pc = Pc \sim Pн$

Геометрический параметр эжектора — отношение площади камеры смешения F_3 к площади выходного сечения сопла F_{p1} — оценивается по формуле

$$\frac{F_3}{F_{p1}} \approx \frac{\Delta p_p}{\Delta p_c}.$$

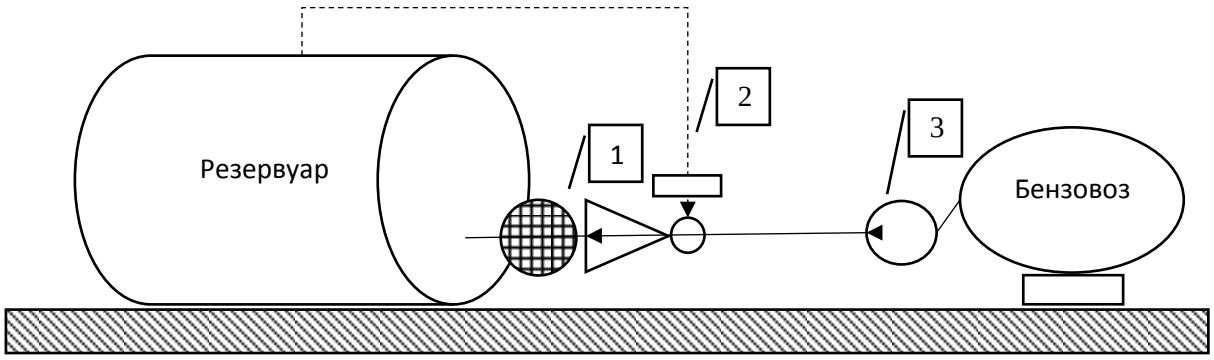
Длина камеры смешения рассчитывается по зависимости

$$\ell_{кс} = 15 d_1^э \left(\frac{F_3}{F_{p1}} - 1 \right),$$

где d_t^3 — эквивалентный диаметр сопла с сечением, равным сечению сопл многоструйного эжектора $d_1^э = \sqrt{4F_{p1}/\pi}$

Результаты и их обсуждение.

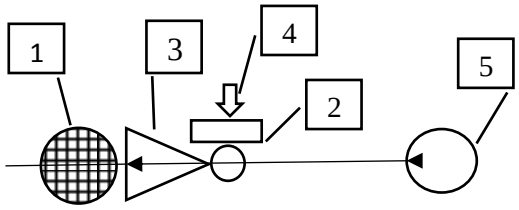
Для снижения потерь топлива от испарения при большом дыхании разработано устройство эжекторного типа, через которое происходит заполнение резервуара (рисунок 2). Топливо подается в нижнюю часть резервуара насосом бензовоза 3 через эжекторный модуль 1, а через патрубок в верхней части резервуара 2 в данный модуль подкачивается ПВС. В эжекторе происходит сжатие паров углеводородов, а затем и их конденсация топливом. Очищенный воздух наполняет газовое пространство в резервуаре.



1 –эжекторный модуль; 2 – подача паров углеводородов из резервуара; 3 – насос

Рисунок 2. Компримирование паров углеводородов эжекторным модулем при закачке топлива в резервуар

Отличительной особенностью предлагаемого эжекторного модуля является наличие обратного клапана, который предотвращает попадание топлива в резервуар через патрубок соединения с ПВС, и сотового успокоителя, который предотвращает возникновение турбулентности при газации топлива воздухом (рисунок 3)



1 – успокоитель сотового типа; 2 – обратный клапан; 3 – эжектор; 4 – ввод паров углеводородов через патрубок соединения с ПВС резервуара; 5 – насос

Рисунок 3. Эжекторный модуль

Проведены испытания эжекторного модуля на бочке с бензином объемом 200 литров. Моделировалось большое дыхание резервуара, для этого проводилось наполнение данной бочки бензином с 10 до 90% ее объема через эжекторный модуль и без него. Для оценки работы эжекторного модуля сравнивалось количество топлива, которое было сконденсировано мембранно-вихревым модулем при подачи топлива через эжектор и без него. Результаты испытаний приведены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты испытаний работы эжекторного модуля.

№ эксперимента	Температура среды, °С	Температура бензина, °С	Атмосферное давление, атм	Масса кондесата без эжектора, г	Масса кондесата с эжектором, г	Масса компримации, %
1	25	24	1	21	4	80
2	25	24	1	23	6	75
3	24	24	1	22	5	77
4	25	25	1	22	5	77
5	26	25	1	21	4	80

Анализ таблицы 1 показывает, что при закачке топлива через эжектор ПВС резервуара содержит меньше углеводородов, т.к. в эжекторе происходит компримирование паров углеводородов и их конденсация топливом, поступающим в резервуар. Энергоэффективность установки достигается тем, что не требуется дополнительных насосов и резервуаров с рабочей жидкостью. Работа по снижению количественных потерь от большого дыхания достигается за счет работы насоса бензовоза в процессе закачки топлива.

Выводы. Таким образом, применение эжекторного модуля позволяет снизить потери углеводородов от большого дыхания до 80%. Использование данного способа борьбы с потерями топлива при заправке резервуара является энергоэффективным, так как работа, затрачиваемая на конденсацию углеводородов, равна 0.

Список литературы.

1. Новоселов В.Ф. и др. Методика расчета потерь от испарения нефти и нефтепродуктов из наземных резервуаров: Учебное пособие/ В. Ф. Новоселов, В.П. Ботыгин, И. Г. Блинов. – Уфа: Изд-во УНИ, 1987. – 73 с.

2. Коршак А.А. и др. Нефтебазы и АЗС: Учебное пособие/ А. А. Коршак, Г. Е. Коробков, Е. М. Муфтахов. –Уфа: ООО «ДизайнПолиграфСервис», 2006 . – 416 с.

3. Успенский, В.А. Струйные вакуумные насосы / В.А. Успенский, Ю.М. Кузнецов. – М.: Машиностроение, 1973. – 144 с.

4. Соколов Е.Я., Зингер Н.М. Струйные аппараты. 3-е изд., перераб. М.: Энергоатомиздат, 1989. 352 с.

5. Лямаев Б.Ф. Гидроструйные насосы и установки. Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-е, 1988. 256 с.

References

1. Novoselov V.F. et al. Method of calculating losses from evaporation of oil and oil products from ground reservoirs: Study Guide / V.F. Novoselov, V.P. Botygin, I. G. Blinov. - Ufa: Publishing house UNI, 1987. - 73 p.

2. Korshak A.A. Oil depot and petrol stations: textbook / A. A. Korshak, G. E. Korobkov, E. M. Muftakhov. –Ufa: DesignPolygraphService LLC, 2006. - 416 s.

3. Assumption, V.A. Jet vacuum pumps / V.A. Uspensky, Yu.M. Kuznetsov. - M .: Mashinostroenie, 1973. - 144 p.

4. Sokolov E.Ya., Zinger N.M. Inkjet machines. 3rd ed., Pererab. M .: Energoatomiz-dates, 1989. 352 p.

5. Lyamaev B.F. Hydrojet pumps and installations. L .: Mechanical Engineering, Leningrad. Sep., 1988. 256 p.

УДК 536.24

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ В НАЗЕМНОМ ГОРИЗОНТАЛЬНОМ ЦИЛИНДРИЧЕСКОМ РЕЗЕРВУАРЕ

Левин Максим Юрьевич,
кандидат технических наук, e-mail: lmu@list.ru
Нагорнов Станислав Александрович,
доктор технических наук, профессор, E-mail: snagornov@yandex.ru
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», г. Тамбов

Реферат. *Особенностью сельскохозяйственных нефтескладов является повсеместное использование наземных горизонтальных цилиндрических резервуаров малой емкости. В данных резервуарах температура топлива меняется с большей амплитудой, чем в подземных и наземных вертикальных резервуарах большой емкости. Это создает условия для возникновения градиента температуры по объему топлива и как следствие конвекционных токов. В данной работе исследуется температурное поле в наземном горизонтальном цилиндрическом резервуаре. В ходе эксперимента установлено наличие равномерного температурного градиента по толщине бензина в экспериментальном резервуаре. Перепад температур между стенкой и центром резервуара достигает 3 ºС. При равномерном теплообмене с окружающей средой, происходит прогрев топлива на глубину 20 мм от стенки резервуара при его полном заполнении и на глубину 80 мм при его половинном заполнении. Разница температур между центром и краем при половинном заполнении резервуара достигает 2 ºС. Таким образом частота температурных колебаний имеет линейную зависимость от величины наполнения резервуара.*

Ключевые слова: *наземный резервуар, температурное поле.*

RESEARCH OF THE TEMPERATURE FIELD IN THE GROUND HORIZONTAL CYLINDRICAL RESERVOIR

Levin Maxim,
Candidate of Technical Sciences, e-mail: lmu@list.ru
Nagornov Stanislav,
Doctor of Technical Sciences, Professor, E-mail: snagornov@yandex.ru
FSBI "All-Russian Research Institute for the Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture", Tambov

Abstract. *The peculiarity of agricultural oil and petroleum warehouses is the widespread use of land horizontal cylindrical tanks of small capacity. In these tanks, the fuel temperature varies with a greater amplitude than in underground and surface vertical tanks of large capacity. This creates the conditions for the emergence of a temperature gradient over the volume of fuel and, as a consequence, convection currents. In this paper, we study the temperature field in a surface horizontal cylindrical tank. The experiment revealed the presence of a uniform temperature gradient across the thickness of gasoline in the experimental reservoir. The temperature difference between the wall and the center of the tank reaches 3 ºC. With uniform heat exchange with the environment, the fuel is heated to a depth of 20 mm from the tank wall when it is full and to a depth of 80 mm when it is half filled. The temperature difference between the center and the edge at half filling of the tank reaches 2 ºC. Thus, the frequency of temperature fluctuations has a linear dependence on the magnitude of the reservoir filling.*

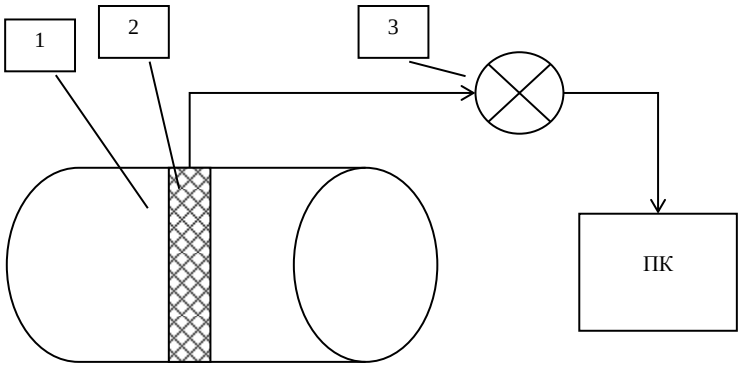
Keywords: *ground tank, temperature field.*

Введение. Основная доля потерь (от 40% до 80 %) и ухудшение качества моторного топлива происходят при его хранении в стальных резервуарах[1]. Существенная доля снижения показателей качества моторного топлива обусловлена испарением из резервуаров (около 75 %) и при сливо-наливных операциях. Среди потерь от испарения доминирующими являются потери автомобильного бензина, затем дизельного топлива. Особенностью сельскохозяйственных нефтескладов является повсеместное использование наземных горизонтальных цилиндрических резервуаров малой емкости [2,3]. В данных резервуарах температура топлива меняется с большей амплитудой, чем в подземных и наземных вертикальных резервуарах большой емкости. Это создает условия для возникновения градиента температуры по объему топлива и как следствие конвекционных токов: у стенок резервуара топливо прогревается быстрее, чем в центре. Под действием конвекционных токов усиливается диффузия тяжелых и легких фракций углеводородов, в связи с чем происходит подъем более легких фракций на поверхность раздела фаз и их выход в газовое пространство резервуара, а более тяжелые фракции опускаются вниз. Таким образом, за счет конвекции из топлива улетучиваются наиболее ценные легкие фракции углеводородов, тем самым снижая качество топлива.

Целью настоящей работы является исследование температурного поля горизонтального цилиндрического резервуара с бензином.

Материалы и методы.

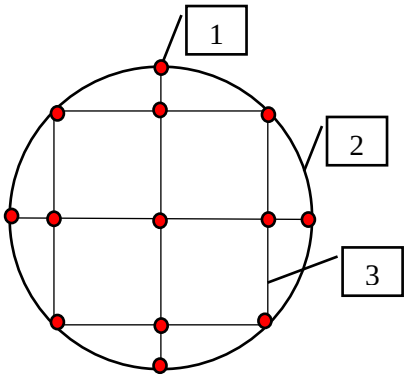
В качестве экспериментального резервуара использовалась бочка объемом 200 л размером 600 мм внутренним диаметром и длинной 850 мм. Для исследования поля температур в резервуаре с бензином была сформирована сетка по диаметру экспериментального резервуара с шагом 20 мм. В пересечение сетки и в месте контакта сетки с корпусом устанавливались датчики температур. Данные подавались через контроллер на компьютер. Схема экспериментальной установки приведена на рисунке 1.



1 – экспериментальный резервуар; 2 – сетка с датчиками; 3 – контроллер

Рисунок 1. Принципиальная схема экспериментальной установки

Схема сетки с датчиками приведен на рисунке 2



1 – датчик температуры; 2 – внутренний диаметр резервуара; 3 – ребро сетки

Рисунок 2. Схема сетки с датчиками температуры для исследования температурного поля бензина

Результаты и их обсуждение. При проведении эксперимента исключалось воздействие солнечного света. Температура окружающей среды составляла 28-32 ºС. Начальная температура бензина составляла 25 ºС. От верхней точки резервуара имелось 20 мм свободного (газового) пространства до поверхности бензина. Результаты замера поля температур в экспериментальном резервуаре сведены в таблице 1 и приведены на рисунке 3.

Таблица 1. Температурное поле в резервуаре.

Толщина слоя от стенки резервуара по горизонтали, мм	Толщина слоя от стенки резервуара по вертикали, мм	Температура по горизонтали, ºС	Температура по вертикали, ºС
0	0	30	30
10	10	30	30
20	20	30	30
30	30	29	30
40	40	29	30
50-100	50-100	29	29
110	110	28	29
120-260	120-260	28	28
270-300	270-300	27	27

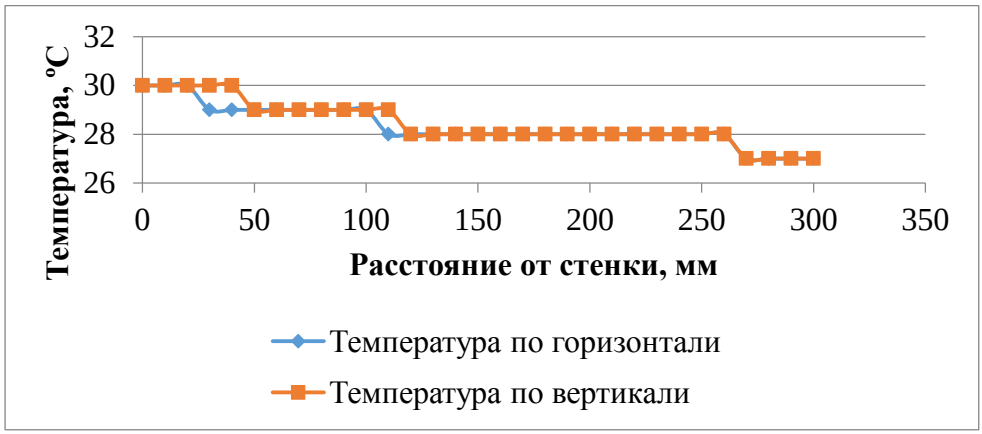


Рисунок 3. Температурное поле в резервуаре по толщине топлива.

Анализируя полученные данные видно наличие градиента температуры по толщине бензина в резервуаре. За счет теплообмена от стенок резервуара к топливу происходит прогрев топлива на расстояние 20 мм и выравнивание температуры топлива и окружающей среды. Газовое пространство также прогревается до температуры окружающей среды и нагревает поверхность топлива также на глубину 20 мм. Тем самым в среднем по толщине топлива происходит равномерное снижение температуры от стенок резервуара к его центру.

Во втором эксперименте от верхней точки резервуара имелось 320 мм свободного (газового) пространства до поверхности бензина. Тем самым моделировалось состояние забора топлива из резервуара и исследовалось поле температур в резервуаре, заполненом наполовину. Результаты замера поля температур в экспериментальном резервуаре сведены в таблице 2 и приведены на рисунке 4.

Таблица 2. Температурное поле в резервуаре, заполненном наполовину.

Толщина слоя от стенки резервуара по горизонтали, мм	Толщина слоя от стенки резервуара по вертикали, мм	Температура по горизонтали, ºС	Температура по вертикали, ºС
0-80	0-380	30	30
90-190	390-490	29	29
200	500	28	29
210	510	28	28
220	520	28	28
230	530	29	29
240	540	29	29
250	550	29	30
260	560	29	30
270	570	29	30
280	580	29	30
290	590	29	30
300	600	29	30

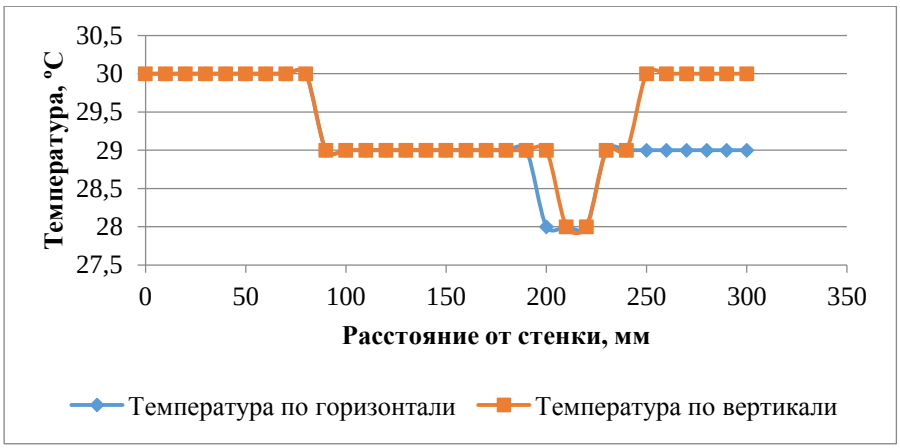


Рисунок 4. Температурное поле в резервуаре по толщине топлива, заполненном наполовину.

Анализируя полученные данные видно наличие градиента температуры по толщине бензина в резервуаре, наполненном наполовину. За счет теплообмена от стенок резервуара к топливу происходит прогрев топлива на расстояние 80 мм и выравнивание температуры топлива и окружающей среды. С уменьшением объема топлива в резервуаре наблюдается меньшая разница температур между центральной частью объема топлива и его краем.

Выводы. Таким образом, в ходе эксперимента установлено наличие равномерного температурного градиента по толщине бензина в экспериментальном резервуаре. Перепад температур между стенкой и центром резервуара достигает 3 ºС. При равномерном теплообмене с окружающей средой, происходит прогрев топлива на глубину 20 мм от стенки резервуара при его полном заполнении и на глубину 80 мм при его половинном заполнении. Разница температур между центром и краем при половинном заполнении резервуара достигает 2 ºС. Таким образом частота температурных колебаний имеет линейную зависимость от величины наполнения резервуара.

Список литературы

1. Латай А.Б. Правила и инструкции по технической эксплуатации металлических резервуаров и очистных сооружений / М., «Недра», 1977, 464 с.

2. Левин М.Ю. Особенности процесса испарения топлива из наземных горизонтальных резервуаров [Текст] / Левин М.Ю., Нагорнов С.А., Левина Е.Ю. // Наука в центральной России. 2017. № 4 (28). С. 121-130.

3. Левин М.Ю. Расчет потерь моторного топлива от испарения с изменяемой поверхности [Текст] / Левин М.Ю., Нагорнов С.А., Романцова С.В. // Наука в центральной России. 2017. № 2 (26). С. 77-84.

References

1. Latay A.B. Rules and instructions for the technical operation of metal tanks and sewage treatment plants / M., "Nedra", 1977, 464 p.

2. Levin M.Yu. Features of the process of evaporation of fuel from surface horizontal reservoirs [Text] / Levin M.Yu., Nagornov SA, Levina E.Yu. // Science in Central Russia. 2017. No. 4 (28). P. 121-130.

3. Levin M.Yu. Calculation of motor fuel losses from evaporation from a variable surface [Text] / Levin M.Yu., Nagornov S.A., Romantsova S.V. // Science in Central Russia. 2017. No. 2 (26). Pp. 77-84.

Рецензируемые научные издания, включенные в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, распоряжением Минобрнауки России от 12 февраля 2019 г. № 21-р

№ п/п	Наименование рецензируемого научного издания	ISSN	Научные специальности и соответствующие им отрасли науки, по которым издание включено в Перечень	Дата включения издания в Перечень
59.	Наука в центральной России	2305-2538	05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства (технические науки), 05.20.03 – Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве (технические науки)	с 12.02.2019

Отпечатано в типографии ИП Москалева Ирина Юрьевна.
Адрес типографии: 398036, Липецкая область, г. Липецк, проспект Победы, д. 116.
Email: naukacr@yandex.ru. Тел. +7 (920) 246-20-64:
Дата выхода в свет 28.02.2019 Заказ № 60513-01
Формат журнала А4. Бумага офсетная. Печать электрографическая.
Гарнитура Times. Объем – 9,46 усл. печ. л. Тираж 100 экз.