«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
№ 5 (35), 2018 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.
№ 5 (35). Дата выхода в свет 26.10.2018, 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**
№ 5 (35), 2018 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.

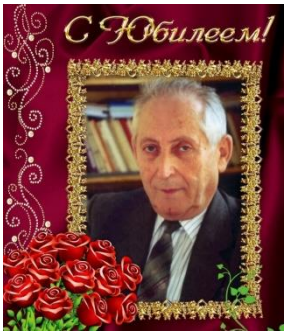
© «Наука в центральной России», 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

АГРОПРОМЫШЛЕННЫЕ ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ..... 6
ЗАЗУЛЯ АЛЕКСАНДР НИКОЛАЕВИЧ, ИГОНИН ВЛАДИМИР НИКОЛАЕВИЧ, СОТНИКОВ МАКСИМ ВЛАДИМИРОВИЧ, МОЛОЧНИКОВ ДЕНИС ЕВГЕНЬЕВИЧ, ЯКОВЛЕВ СЕРГЕЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ, ХАЛИМОВ РУСТАМ ШАМИЛЬЕВИЧ
К ВОПРОСУ ОБОСНОВАНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ РАБОТЫ МОБИЛЬНОЙ ЗЕРНОСУШИЛКИ 6
ZAZULYA ALEXANDER, IGONIN VLADIMIR, SOTNIKOVMAKSIM, MOLOCHNIKOV DENIS, JAKOVLEV SERGEY, KHALIMOV RUSTAM
TO THE QUESTION OF JUSTIFICATION OF OPTIMAL PARAMETERS FORWORK OF MOBILE GRAIN DRYERS..... 6
ЗАЗУЛЯ АЛЕКСАНДР НИКОЛАЕВИЧ, ХАЛИМОВ РУСТАМ ШАМИЛЬЕВИЧ, МОЛОЧНИКОВ ДЕНИС ЕВГЕНЬЕВИЧ, АЮГИН НИКОЛАЙ ПЕТРОВИЧ, ТАТАРОВ ЛЕВА ГРИГОРЬЕВИЧ
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОДВИЖНЫХ СТЫКОВ МАШИН.. 11
ZAZULYA ALEXANDER, KHALIMOV RUSTAM, MOLOCHNIKOV DENIS, AYUGIN NIKOLAY, TATAROV LEVA
RESPONSE TEST OF SWING JOINTS OF MACHINE UNITS..... 12
КОНОВАЛОВ ВЛАДИМИР ВИКТОРОВИЧ, ФОМИНА МАРИЯ ВЛАДИМИРОВНА, ЧУПШЕВ АЛЕКСЕЙ ВЛАДИМИРОВИЧ, ТЕРЮШКОВ ВЯЧЕСЛАВ ПЕТРОВИЧ
МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА ДЛИТЕЛЬНОСТЬ СМЕШЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ ЛОПАСТНЫМ СМЕСИТЕЛЕМ 18
KONOVALOV VLADIMIR VIKTOROVICH, FOMINA MARIA VLADIMIROVNA, CHUPSHEV ALEXEY VLADIMIROVICH, TERYUSHKOV VYACHESLAV PETROVICH
MODELING OF THE INFLUENCE OF CONSTRUCTIVE AND TECHNOLOGICAL PARAMETERS ON THE DURATION OF MIXING COMPONENTS BY A DUST MIXTURE..... 18
КОНОВАЛОВ ВЛАДИМИР ВИКТОРОВИЧ, ФОМИНА МАРИЯ ВЛАДИМИРОВНА, ЧУПШЕВ АЛЕКСЕЙ ВЛАДИМИРОВИЧ, ТЕРЮШКОВ ВЯЧЕСЛАВ ПЕТРОВИЧ
ЧИСЛЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ МАТЕРИАЛА В ВЕРТИКАЛЬНОМ ЛОПАСТНОМ СМЕСИТЕЛЕ..... 25
KONOVALOV VLADIMIR VIKTOROVICH, FOMINA MARIA VLADIMIROVNA, CHUPSHEV ALEXEY VLADIMIROVICH, TERYUSHKOV VYACHESLAV PETROVICH
NUMERICAL STUDIES OF MATERIAL MOVEMENT IN A VERTICAL DUST MIXTURE 26
ОМАРОВ АКЫЛБЕК НУРЛЫБЕКОВИЧ, БРАЛИЕВ МАЙДАН КАБАТИНОВИЧ, МУХТАРОВ МУРАТ УТЕМБЕКОВИЧ
ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СРЕДСТВА ДЛЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТОКОВ ПЕСТИЦИДОВ..... 34
OMAROV AKYLBEK NURLYBEKOVICH, BRALIEV MAIDAN KABATINOVICH, MUKHTAROV MURAT UTEMBEKOVICH
INVESTIGATION OF TECHNICAL MEANS FOR DISTRIBUTION OF PESTICIDE FLOWS 35
ХАЙЛИС ГЕДАЛЬ АБРАМОВИЧ, КОВАЛЕВ МИХАИЛ МИХАЙЛОВИЧ, КОНДРАШОВ ВИКТОР АНАТОЛЬЕВИЧ, ПЕРОВ ГЕННАДИЙ АНАТОЛЬЕВИЧ
АНАЛИЗ РАБОТЫ ИГОЛЬЧАТОЙ БОРОНЫ..... 41
HAILIS GEDAL ABRAMOVICH, KOVALEV MIKHAIL MIKHAILOVICH, KONDRASHOV VICTOR ANATOLYEVICH
ANALYSIS OF THE WORK OF THE NEEDLE HARROWS..... 41
АГРОПРОМЫШЛЕННЫЕ ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ..... 50
ДОРОВСКИХ ВЛАДИМИР ИВАНОВИЧ
РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ИНЖЕНЕРНОГО РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ СЧЕТЧИКА МОЛОКА 50
DOROVSKIKH VLADIMIR
DEVELOPMENT OF ENGINEERING CALCULATION ALGORITHM FOR PARAMETERS OF MILK COUNTER..... 50
ДОРОВСКИХ ВЛАДИМИР ИВАНОВИЧ
ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ СЧЕТЧИКА МОЛОКА..... 56
DOROVSKIKH VLADIMIR
THEORETICAL SUBSTANTIATION OF PARAMETERS MILK COUNTER 57
СЫЧЕВ МИХАИЛ ВЛАДИМИРОВИЧ, РОДИОНОВ ЮРИЙ ВИКТОРОВИЧ, НИКИТИН ДМИТРИЙ ВЯЧЕСЛАВОВИЧ, КАПУСТИН ВАСИЛИЙ ПЕТРОВИЧ, ГЛИВЕНКОВА ОЛЬГА АНАТОЛЬЕВНА
ЖИДКОСТНО-КОЛЬЦЕВЫЕ ВАКУУМНЫЕ НАСОСЫ ДЛЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА 61

SYCHEV MIKHAIL, RODIONOVYOURIY, NIKITIN DMITRIY, KAPUSTINYASILIY, GLIVENKOVA O
LIQUID RING VACUUM PUMPS FOR AGRICULTURE ***62***
ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕФТЕПРОДУКТОВ, АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ ***71***
ЛЕБЕДЕВ АНАТОЛИЙ ТИМОФЕЕВИЧ, ЛЕБЕДЕВ ПАВЕЛ АНАТОЛЬЕВИЧ, ГУБЖОКОВ ХУСЕН ЛЕЛОВИЧ, БОЛОТОКОВ АНЗОР ЛЕОНИДОВИЧ
УЛУЧШЕНИЕПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ С ДИЗЕЛЬНЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ МОДЕРНИЗАЦИЕЙ РАСПЫЛИТЕЛЕЙ ФОРСУНОК ***71***
LEBEDEV ANATOLY, LEBEDEV PAVEL, GUBJOKOV HUSEN, BOLOTOKOV ANZOR
IMPROVEMENT OF INDICATORS OF EFFICIENCY OF USE ENERGY PRODUCTS WITH DIESEL ENGINES WITH THE HELP MODERNIZATION OF SPRAYERS NOZZLES ***71***
ШУВАЛОВ АНАТОЛИЙ МИХАЙЛОВИЧ, МАШКОВ АЛЕКСЕЙ НИКОЛАЕВИЧ
ЭНЕРГОЭКОНОМНАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ГИДРОТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ СОИ ***77***
SHUVALOV ANATOLIY, MASHKOV ALEXEY
POWER ECONOMICAL TECHNOLOGICAL LINE OF HYDROHEAT TREATMENT OF SOY ***78***
ЛЕВИН МАКСИМ ЮРЬЕВИЧ, НАГОРНОВ СТАНИСЛАВ АЛЕКСАНДРОВИЧ, ЛЕВИНА ЕКАТЕРИНА ЮРЬЕВНА
КОНЦЕПЦИЯ ВИРТУАЛЬНО ОБЛАЧНОЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ РЕЗЕРВУАРНОГО ПАРКА ***82***
LEVIN MAXIM, NAGORNOV STANISLAV, LEVINA CATHERINE
CONCEPT OF VIRTUALLY CLOUD SYSTEM OF AUTOMATION OF RESERVOIR PARK ***82***

ПОЗДРАВЛЯЕМ С ЮБИЛЕЕМ!



15 октября 2018 года
ГЕДАЛЮ АБРАМОВИЧУ ХАЙЛИСУ,
доктору технических наук, профессору, Заслуженному деятелю науки и техники Украины, академику Инженерной академии Украины исполнилось 90 лет.

Вся жизнь Г.А. Хайлиса тесно связана с агроинженерной наукой и производством. Он прошел большой и славный путь от инженера-механика, выпускника Московского института механизации и электрификации сельского хазяйства до проректора Луцкого государственного университета, доктора технических наук, профессора, академика Инженерной академии Украины, Заслуженного деятеля науки и техники Украины.

А перед этим – работа инженером, старшим инженером пункта Северо-Западной МИС, старшим научным сотрудником Всесоюзного научно-исследовательского института льна, заведующим кафедрой в Великолукском СХИ.

Г.А. Хайлис ученик и достойный продолжатель выдающихся ученых – В.П. Горячкина и В.О. Желиговского, весь свой талант и труд отдает служению высоким идеалам науки. Им внесен значительный вклад в развитие теоретических и практических направлений исследования механизмов сельскохозяйственных машин и механики растительных материалов, механизации выращивания и уборки лубяных культур, сушки материалов.

Он основал новую научную дисциплину “Механика растительных материалов”. По результатам исследований им опубликовано более 500 работ. В том числе 18 книг и 140 авторских свидетельств и патентов на изобретения. Под его руководством и при непосредственном участии созданы льнокомбайны ЛК-4М, ЛКВ-4Т, ЛК-4Т, ЛК-4У и ряд другой техники. Среди опубликованных им книг монографии «Элементы теории и расчета льноуборочных машин», «Теория и расчет льноуборочных машин», «Льноуборочные машины», «Механика растительных материалов», «Экспериментальные исследования игольчатой бороны», «Расстилочные устройства льноуборочных машин», «Рулонные пресс-подборщики»; учебные пособия «Основы теории и расчета сельскохозяйственных машин», «Основы проектирования и исследования сельскохозяйственных машин», «Сельскохозяйственные материалы (виды, состав, свойства)». Актуальность и значимость этих трудов неоспорима.

Г.А. Хайлис – научный руководитель многих аспирантов и докторантов. Им создана научная школа, под его руководством подготовлено и защищено 38 кандидатских и 7 докторских диссертаций.

Работал в качестве председателя диссертациного совета в Луцком ГТУ, а также являлся членом диссертационных советов во ВСТИСП, Тернопольском техническом и Львовском аграрном университетах. Такая востребованность является свидетельством его авторитета и признания в науке.

Из всех прекрасных качеств, свойственных Гедалю Абрамовичу, это его необычайная скромность, тактичность и стремление бескорыстно помогать всем, и прежде всего – всесторонне поддерживать молодежь, привлекать ее к научным поискам, поощрять достижения и прокладывать путь в большую науку.

Мы адресуем Вам слова благодарности за Ваш многолетний труд.

Желаем Вам, Гедаль Абрамович, крепкого здоровья, счастья и долгих лет жизни!

Пусть тепло семейного очага всегда защищает Вас от жизненных невзгод, а будущее готовит много лет, наполненных добрыми событиями, здоровьем, радостью и счастьем!

Редакция журнала «Наука в Центральной России»

УДК 631.31

К ВОПРОСУ ОБОСНОВАНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ РАБОТЫ МОБИЛЬНОЙ ЗЕРНОСУШИЛКИ

Зазуля Александр Николаевич,
доктор технических наук, профессор, E-mail: zazulja_an@rambler.ru
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», г. Тамбов
Игонин Владимир Николаевич
кандидат технических наук, доцент, E-mail igonin@chaoslab.ru
Сотников Максим Владимирович
кандидат технических наук, доцент, E-mail sotnikovmaksim@mail.ru
Молочников Денис Евгеньевич
кандидат технических наук, доцент, E-mail denmol@yandex.ru
Яковлев Сергей Александрович
кандидат технических наук, доцент, E-mail jakseal@mail.ru
Халимов Рустам Шамильевич,
кандидат технических наук, доцент, E-mail: hrasp29@yandex.ru
ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина», г. Ульяновск

Реферат. *Обоснована конструкция мобильной зерносушилки со спирально-винтовыми рабочим органами. При производственных исследованиях измеряли влажность семян гречихи до и после сушки, контролировали температуру нагрева семян, температуру греющей поверхности и всхожесть семян гречихи после сушки. Составлена система уравнений для случая нестационарной теплопроводности в неограниченной пластине (слоя зерна), обменивающегося теплотой по закону теплопроводности с поверхностью кожуха и стакана. Были получены распределения температурных полей и скорости движения воздуха в устройстве в процессе сушки зерна при различных температурах греющей поверхности. На основании проведённых экспериментов были построены сводные графические зависимости влажности зерна от времени сушки и сводные графические зависимости скорости сушки от времени сушки, и определено, что для достижения оптимальных значений энергозатрат на сушку зерна в предлагаемом устройстве возможно при времени сушки не превышающем 20 минут. Рекомендованы следующие оптимальные режимы сушки зерна в мобильной зерносушилке со спирально-винтовым рабочим органом: при начальной влажности зерна до 19% - температура греющей поверхности должна быть не выше 90°С и время сушки не более 17 минут; при начальной влажности выше 19% температура греющей поверхности должна быть не выше 80°С и время сушки не более 8 минут; при начальной влажности выше 24% температура греющей поверхности должна быть не выше 60°С и время сушки не более 8 минут.*

Ключевые слова: *сушка зерна, мобильная зерносушилка, спирально-винтовой рабочий орган, скорость сушки.*

TO THE QUESTION OF JUSTIFICATION OF OPTIMAL PARAMETERS FORWORK OF MOBILE GRAIN DRYERS

Zazulya Alexander,
Full Doctor of Technical Sciences, associate professor,
laboratory chief of the,
E-mail: zazulja_an@rambler.ru
FGBNU " All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products

in Agriculture», Tambov

Igonin Vladimir,
candidate of technical Sciences, associate Professor, E-mail:igonin@chaoslab.ru
SotnikovMaksim,
candidate of technical Sciences, associate Professor, E-mail: sotnikovmaksim@mail.ru
Molochnikov Denis,
candidate of technical Sciences, associate Professor, E-mail:denmol@yandex.ru
Jakovlev Sergey,
candidate of technical Sciences, associate Professor, E-mail: jakseal@mail.ru
Khalimov Rustam,
candidate of technical Sciences, associate Professor, E-mail: hrasp29@yandex.ru

Federal State Budget Educational Institution of Higher Professional Education "Ulyanovsk state agricultural University named after P. A. Stolypin", Ulyanovsk

Abstract. *The design of a mobile grain dryer with spiral-screw working bodies is justified. The moisture content of buckwheat seeds before and after drying was measured, the temperature of heating the seeds, the temperature of the heating surface and the germination of the seeds of buckwheat after drying were monitored during production studies. The system of equations for the case of unsteady heat conduction in an unbounded plate (grain layer) exchanging heat according to the law of heat conduction with the surface of the casing and glass is composed. The distribution of temperature fields and air velocity in the device in the process of drying the grain at different temperatures of the heating surface were obtained. Summary graphic dependences of grain moisture on drying time and summary graphic dependences of drying rate on drying time were built on the basis of the conducted experiments and it was determined that to achieve optimal values of energy consumption for grain drying in the proposed device it is possible with a drying time not exceeding 20 minutes. The following optimal modes of grain drying in a mobile grain dryer with a spiral-screw working body are recommended: with an initial grain moisture content of up to 19%, the temperature of the heating surface should be no higher than 90 ° C and the drying time should not exceed 17 minutes; when the initial humidity is above 19%, the temperature of the heating surface should be no higher than 80 ° C and the drying time should not exceed 8 minutes; when the initial humidity is above 24%, the temperature of the heating surface should be no higher than 60 ° C and the drying time should not exceed 8 minutes.*

Keywords: *grain drying, mobile grain dryer, spiral-screw working body, drying speed.*

Введение. Сохранение выращенного урожая является важнейшей проблемой сельскохозяйственного производства. Влажное зерно может испортиться за 1…2 суток.

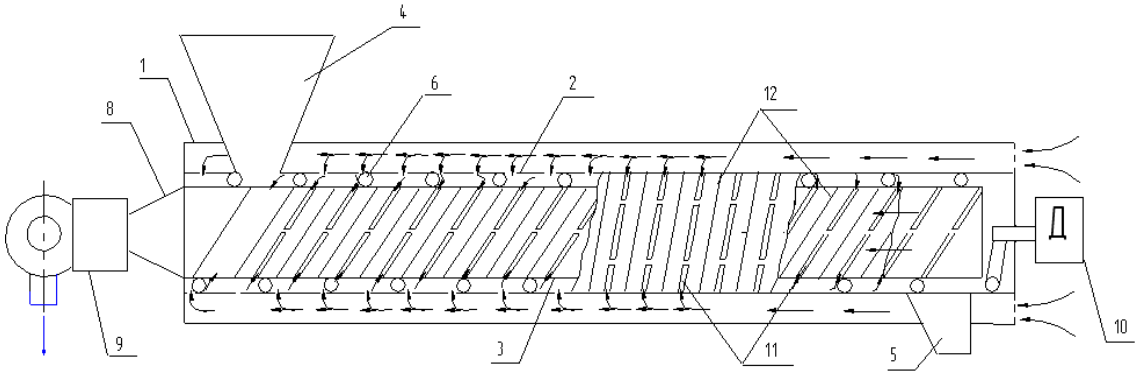
Промышленность выпускает разнообразные зерносушилки, отличающиеся способом сушки, режимам сушки, конструкцией сушильной камеры, состоянию зернового слоя и другим конструктивно-технологическим признакам [1, 2]. Однако эти зерносушилки обладают целым рядом недостатков: большая энергоёмкость и металлоёмкость, невозможность сушки зерна в небольших количествах. Большинство таких недостатков отсутствуют в мобильных зерносушилках со спирально-винтовыми транспортирующими рабочими органами, которые позволяют интенсифицировать сушку зерна. Однако их широкое распространение сдерживается отсутствием обоснования оптимальных конструктивных и режимных параметров.

Материалы и методы исследования. Предлагаемая нами мобильная зерносушилка со спирально-винтовыми рабочими органами (рисунок 1) работает следующим образом: сыпучий материал из загрузочного бункера попадает в зазор между перфорированным

кожухом и стаканом, захватывается рабочим органом и перемещается к выгрузному окну. При контакте с нагретыми поверхностями кожуха и стакана зерно нагревается и теряет влагу, которая отводится с помощью вентилятора потоком воздуха через перфорацию стакана, воздуховод и фильтр.

При движении воздуха в зерносушилке происходит охлаждение внешней поверхности кожуха, при этом воздух нагревается и поступает через перфорацию кожуха в зону сушки, подогревая зерно.

В конечной стадии сушки зерно контактирует с охлажденной поверхностью кожуха и холодным воздухом и охлаждается. Пыль и пары влаги, которые образуются в процессе сушки, отводятся потоком воздуха в фильтр, и там улавливаются.



1 - теплоизоляционный корпус; 2 – кожух; 3 – стакан; 4 - загрузочный бункер; 5 - выгрузное окно; 6 – спирально-винтовой транспортирующий рабочий орган; 7 – вентилятор; 8 – воздуховод; 9 – фильтр; 10 – привод; 11 – прорез; 12 - нагревательные элементы

Рисунок 1 - Схема зерносушилки со спирально-винтовым рабочим органом

Перенос теплоты в такой зерносушилке происходит в пространстве и во времени, поэтому температура в общем случае зависит от координат рассматриваемой точки и времени: $t = f(x, y, z, \tau)$. Для составления полной картины сушки зерна необходимо знать распределение температурного поля [3]. Для случая нестационарной теплопроводности в неограниченной пластине (слоя зерна), обменивающегося теплотой по закону теплопроводности с поверхностью кожуха и стакана, примем, что пластина имеет толщину 2R, а начальное распределение температуры – равномерное, и тогда система уравнений, описывающее данную задачу будет иметь следующий вид:

$$\left.\begin{array}{l} \dfrac{\partial t(x,\tau)}{\partial \tau} - a\dfrac{\partial^2 t(x,\tau)}{\partial x^2}, \left(\tau > 0, -R < x < R\right); \\ t(x,\tau) = t_H = const, \tau = 0; \\ \dfrac{\partial t(z,\tau)}{\partial \tau} - a\dfrac{\partial^2 t(z,\tau)}{\partial z^2}, \left(\tau > 0, 0 < z < L\right); \\ t(z,\tau) = t_H = const, \tau = 0; \end{array}\right\}$$

где t_H - начальная температура зерна; a - температуропроводность зерна; $2R$ - толщина зернового слоя.

Первое уравнение системы - это линейное дифференциальное уравнение теплопроводности, подлежащее интегрированию вдоль оси x. Второе уравнение описывает постоянное распределение температуры в момент начала процесса вдоль оси x. Третье уравнение системы - это линейное дифференциальное уравнение теплопроводности,

подлежащее интегрированию вдоль оси z. Четвёртое уравнение описывает постоянное распределение температуры в момент начала процесса вдоль оси z [4].

Решение этой задачи аналитическими методами затруднительно и громоздко, поэтому с использованием специализированных программам нами были получены распределения температурных полей и скорости движения воздуха в устройстве в процессе сушки зерна при различных температурах греющей поверхности. На рисунке 2 представлено распределение температурного поля при температуре греющей поверхности 50°С.

Анализ полученных температурных распределений показывает, что контактируя с нагретыми поверхностями перфорированного кожуха и стакана, зерно нагревается в 1ой зоне сушки до температуры, затем между 1-ой и 2-ой зонами сушки происходит охлаждение зерна за счёт холодного воздуха, который поступает через перфорацию кожуха. Далее происходит нагрев зерна во 2-ой зоне сушки [5]. При движении воздуха от выгрузного окна к загрузочному бункеру он нагревается, поступает через перфорацию кожуха в зону сушки, где подогревает зерно. В конечной стадии сушки зерно охлаждается за счёт контакта с охлажденной поверхностью кожуха и холодным воздухом, поступающим через перфорацию кожуха.

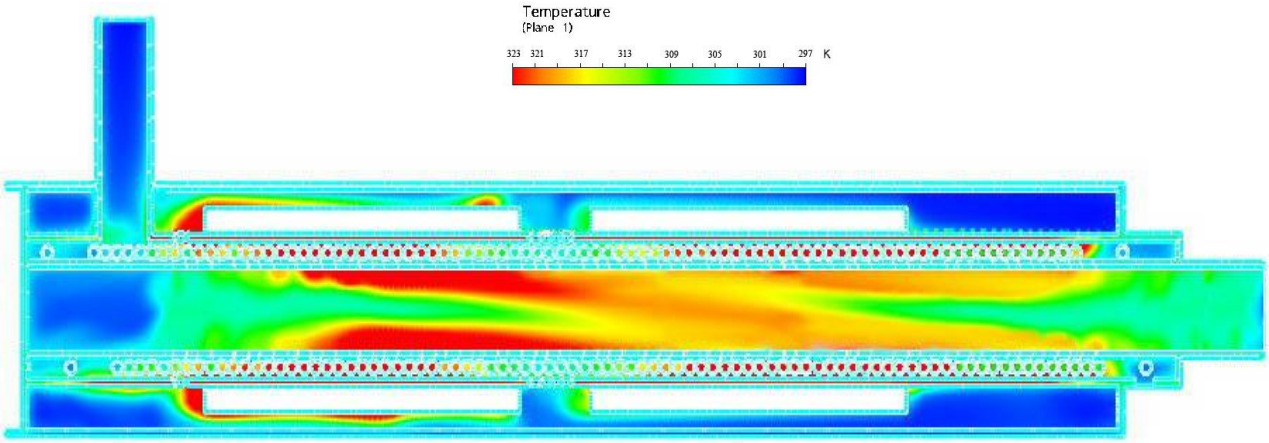


Рисунок 2 - Распределение температурного поля в зерносушилке (температура греющей поверхности 50°С)

При производственных исследованиях на производственной установке измерялась влажность семян гречихи до и после процесса, контролировалась температура нагрева семян после сушки, температура греющей поверхности и всхожесть семян гречихи после сушки.

На основании проведённых экспериментов были построены сводные графические зависимости влажности зерна от времени сушки (рисунок 4) и сводные графические зависимости скорости сушки от времени сушки (рисунок 3) из которых видно, что с увеличением времени сушки увеличивается влагосъём, скорость сушки, и достигают своего максимума при времени сушки 15…20 минут. Однако при дальнейшем увеличении времени сушки влагосъём и скорость сушки уменьшаются. Это связано с тем, что к этому времени вся поверхностная влага испарилась, а поступающая из внутренних слоёв зерна влага не достаточна для поддержания прежней интенсивности сушки. Следовательно, достижения оптимальных значений энергозатрат на сушку зерна в предлагаемом устройстве возможно при времени сушки не превышающем 20 минут.

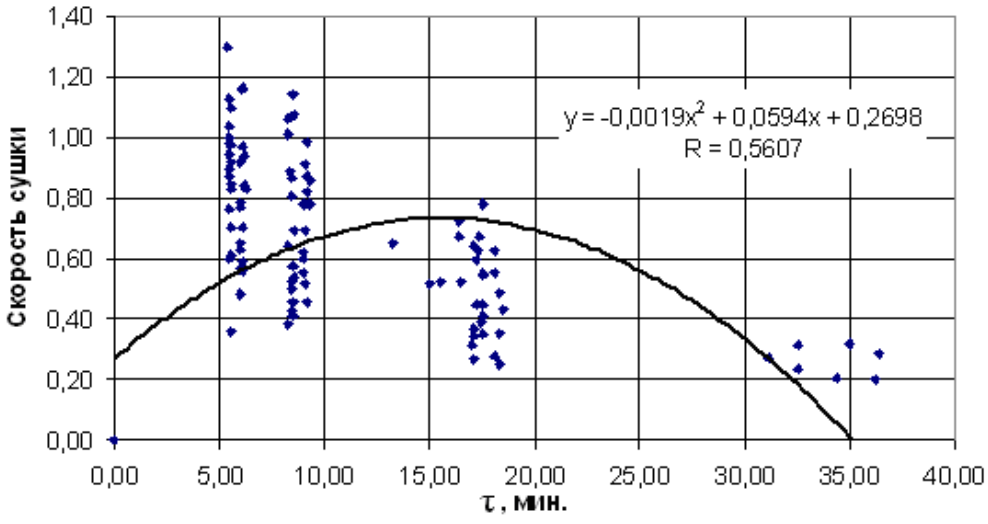


Рисунок 3 - Зависимость скорости сушки от времени сушки

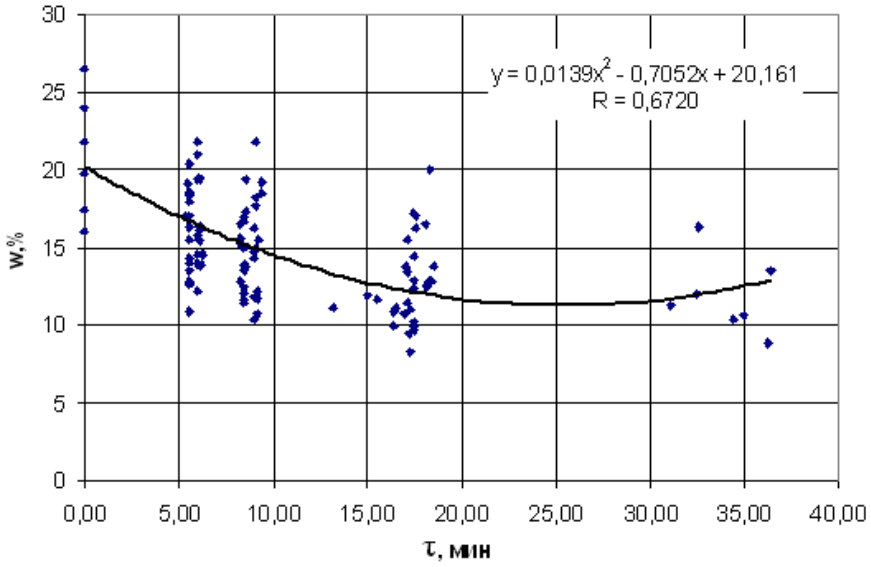


Рисунок 4 - Зависимость влажности зерна от времени сушки

Заключение. Можно рекомендовать следующие оптимальные режимы сушки зерна в мобильной зерносушилке со спирально-винтовым рабочим органом: при начальной влажности зерна до 19% - температура греющей поверхности должна быть не выше 90°С и время сушки не более 17 минут; при начальной влажности выше 19% температура греющей поверхности должна быть не выше 80°С и время сушки не более 8 минут; при начальной влажности выше 24% температура греющей поверхности должна быть не выше 60°С и время сушки не более 8 минут.

Список литературы

1. Малин. Н.И. Энергосберегающая сушка зерна/ Н.И. Малин // М. КолосС, 2004, 240 с.

2. Пат. 2297582 Российская Федерация, F26B 11/14. Устройство для сушки зерна / В. Н. Игонин, М. В. Сотников; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «Ульяновская ГСХА». - №2005120253/06; заявл. 29.06.2005; опубл. 20.04.2007, Бюл. № 11.

3. Сотников, М.В. Об использовании спирально-винтовых рабочих органов при сушке сыпучих материалов / М.В. Сотников, В.Н. Игонин//Молодые ученые в XXI веке. Материалы Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых и специалистов.

Ижевская государственная сельскохозяйственная академия. 2005. С. 245-248.

4. Игонин, В.Н. Исследование влияния основных факторов процесса сушки зерна в спирально-винтовой зерносушилке на влагосъем / В.Н. Игонин, М.В. Сотников // Молодежь и наука XXI века. материалы II Открытой Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых.-Ульяновск, 2007. С. 156-158.

5. Игонин, В.Н. Определение коэффициента осевого отставания и коэффициента заполнения сушильной камеры мобильной зерносушилки/В.Н. Игонин, М.В. Сотников//Актуальные проблемы агропромышленного комплекса материалы Всероссийской научно-практической конференции. - Ульяновск, 2008. С. 57-60.

References

1. Malin. N.I. Ehnergosberegayushchaya sushka zerna/ n.I. Malin // M. KolosS, 2004, 240 s.

2. Pat. 2297582 Rossijskaya Federaciya, F26V 11/14. Ustrojstvo dlya sushki zerna / V. N. Igonin, M. V. Sotnikov; zayavitel' i patentoobladatel' FGOU VPO «Ul'yanovskaya GSKHA». - №2005120253/06; zayavl. 29.06.2005; opubl. 20.04.2007, Byul. № 11.

3. Sotnikov, M.V. Ob ispol'zovanii spiral'no-vintovyh rabochih organov pri sushke sypuchih materialov / M.V. Sotnikov, V.N. Igonin//Molodye uchenye v XXI veke. Materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii molodyh uchenyh i specialistov. Izhevskaya gosudarstvennaya sel'skohozyajstvennaya akademiya. 2005. S. 245-248.

4. Igonin, V.N. Issledovanie vliyaniya osnovnyh faktorov processa sushki zerna v spi-ral'no-vintovoj zernosushilke na vlagos"em/V.N. Igonin, M.V. Sotnikov//Molodezh' i nauka XXI veka. materialy II Otkrytoj Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii molodyh uchenyh.- Ul'yanovsk, 2007. S. 156-158.

5. Igonin, V.N. Opredelenie koehfficienta osevogo otstavaniya i koehfficienta zapol-neniya sushil'noj kamery mobil'noj zernosushilki/V.N. Igonin, M.V. Sotni-kov//Aktual'nye problemy agropromyshlennogo kompleksa materialy Vserossijskoj nauch-no-prakticheskoj konferencii. - Ul'yanovsk, 2008. S. 57-60.

УДК 621.941

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОДВИЖНЫХ СТЫКОВ МАШИН

Зазуля Александр Николаевич,
доктор технических наук, профессор, E-mail: zazulja_an@rambler.ru
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», г. Тамбов,
Халимов Рустам Шамильевич,
кандидат технических наук, доцент, E-mail: hrasp29@yandex.ru
Молочников Денис Евгеньевич,
кандидат технических наук, доцент, E-mail: denmol@yandex.ru
Аюгин Николай Петрович,
кандидат технических наук, доцент, E-mail: nikall85g@yandex.ru
Татаров Лева Григорьевич,
кандидат технических наук, доцент, E-mail: l.g.tatarov@mail.ru
ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина», г. Ульяновск,

Реферат. *При проведении технического обслуживания и ремонта сельскохозяйственной техники одними из наиболее распространенных являются токарные работы. Изучали динамические характеристики токарных станков в условиях полужидкостного трения скольжения. Использовали программное моделирование с помощью программы Mathcad. В работе предложена расчетная модель узла трения в виде тонкого слоя материала сотовой структуры для определения динамических характеристик подвижного стыка «направляющие - суппорт». Получены новые интегральные зависимости при условиях трения скольжения со смазкой, для которой предусмотрены удерживающие смазку карманы на направляющих, в виде расчетных амплитудно - фазочастотных характеристик (АФЧХ) динамической системы «станок, приспособление, инструмент, деталь» (СПИД) токарного станка. Установили, что изготовление каретки токарного станка с фторопластовыми накладками, приводит к уменьшению отклонений АФЧХ, на 26% по сравнению с традиционными направляющими. Наличие на поверхности направляющих с карманами для удержания смазки повышает виброустойчивость системы СПИД на 39% при абразивной среде. При чистой смазке уменьшение уровня вибрации для стыка, состоящего из фторопласта Ф4К15М5 достигает 21% в сравнении с традиционными направляющими. Установлено, что наличие удерживающих карманов на направляющих снижает отрицательные значения АФЧХ на 31%. Результаты работы рекомендуются учитывать при проектировании металлорежущих станков, их ремонте и создании технологий изготовления точных деталей.*

Ключевые слова: *Электромеханическая обработка, динамические характеристики, металлорежущие станки, подвижный стык «направляющие - каретка»*

RESPONSE TEST OF SWING JOINTS OF MACHINE UNITS

Zazulya Alexander,
Full Doctor of Technical Sciences, associate professor, E-mail: zazulja_an@rambler.ru

FGBNU VNIITiN «All-Russian Research Institute for the Use of Machinery and Petroleum Products in agriculture»

Khalimov Rustam,
candidate of technical Sciences, associate Professor, *E-mail: hrasp29@yandex.ru*
Molochnikov Denis,
candidate of technical Sciences, associate Professor,
E-mail: denmol@yandex.ru
Ayugin Nikolay,
candidate of technical Sciences, associate Professor, E-mail: nikall85g@yandex.ru
Tatarov Leva,
candidate of technical Sciences, associate Professor, E-mail: l.g.tatarov@mail.ru

Federal State Budget Educational Institution of Higher Professional Education "Ulyanovsk state agricultural University named after P. A. Stolypin", Ulyanovsk,

Abstract. *Turning work is one of the most common in the maintenance and repair of agricultural equipment. The dynamic characteristics of lathes under semi-fluid sliding friction were studied. Software modeling using the Mathsad program was used. The computational model of the friction unit in the form of a thin layer of the material of the honeycomb structure for determining the dynamic characteristics of the movable joint "guides-caliper" was proposed in the work. New integral dependences were obtained under conditions of sliding friction with lubricant, for which lubricant retention pockets on guides are provided, in the form of design amplitude-phase-frequency characteristics (AFCh) of the dynamic system "machine tool, tool, part" (AIDS) of a lathe. It was established that the manufacture of a carriage of a lathe with fluoroplastic overlays*

leads to a decrease in the AFCH deviations, by 26% compared with traditional guides. The presence of guides on the surface with pockets to hold the lubricant increases the vibration resistance of the AIDS system by 39% under abrasive conditions. Reducing the level of vibration for the joint consisting of fluoroplastic F4K15M5 reaches 21%, in comparison with traditional guides, with a clean lubricant. It has been established that the presence of retaining pockets on the guides reduces the negative values of AFCh by 31%. The results of the work are recommended to take into account when designing machine tools, their repair and the creation of technologies for the manufacture of precision parts.

Key words: *electromechanical processing, dynamic characteristics, metal-cutting machines, movable joint " guides - carriage».*

Введение. При проведении технического обслуживания и ремонта сельскохозяйственной техники одними из наиболее распространенных являются токарные работы.

В алгоритме проектирования, производства и технической эксплуатации машин требуется бескомпромиссное разрешение вопросов, относящихся к динамическим явлениям, при их жизненном цикле. Применительно к станкостроению - это создание и поддержание виброустойчивого движения в системе «станок, приспособление, инструмент, деталь» (СПИД), то есть недопущение продольных микроперемещений относительно прямолинейного перемещения заготовок и инструмента, и вибраций в подвижных стыках металлорежущего оборудования. Основным фактором динамической устойчивости является предоставление условий, требуемых для создания обрабатываемой заготовки с наименьшими отклонениями их геометрических размеров и поверхностной формы, т. е. недоступности отклонений от установленных стабильных положений резца и обрабатываемой детали. В связи с этим, увеличение динамической устойчивости элементов системы СПИД, в частности суппорта металлорежущего станка, повысит поверхностную точность и качество получаемой продукции, с непосредственным повышением долговечности оборудования.

С целью увеличения динамической устойчивости системы СПИД при передвижении стыков деталей трения токарных станков, основной задачей считается снижение «автоколебаний», образуемых силами «полужидкостного» трения (фрикционные колебания), в их подвижных стыках. Один из вариантов решений указанной задачи считается создание методов нанесения упрочненной поверхности на деталях с направленным регулярным микрорельефом (РМР), работающих в условиях повышенного трения, с обеспечением точности и получения качественных параметров сопрягаемых поверхностей, максимально соответствующие рабочим режимам эксплуатации машин и увеличивающие точность и качество получаемых деталей.

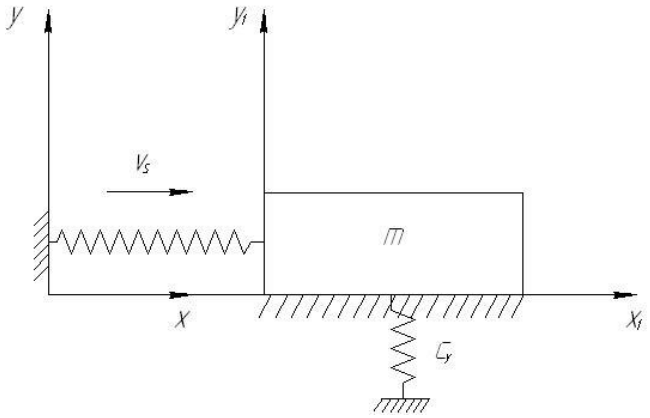
Значительными способностями для усовершенствования потребительских свойств элементов технологической систем продукции машиностроения владеет электромеханическая обработка (ЭМО), базирующаяся на локальном контактном влиянии инструмента (ролика) на обрабатываемую деталь, и точечным нагревом поверхности заготовки значительным электрическим током. Вследствие возникающих термомеханических процессов происходит упрочнение поверхности обрабатываемой детали. При этом вопросы использования ЭМО с целью получения упорядоченного направленного РМР на поверхностях деталей, входящих в динамическую систему СПИД с изготовлением специализированных карманов для удержания смазки не изучалось [1].

Материалы и методы исследований. Сотрудниками ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ получен патент на изобретение «Способ упрочнения поверхности деталей» [2]. Ключевым

моментом при использовании указанного способа является нанесение, с помощью технологии ЭМО инструментом – вращающимся роликом [3] или пучком концентрированного лазерного луча, программно заданной направленной качественной структуры поверхностного слоя на детали. С целью получения вышеуказанного эффекта, требуется создать направленную траекторию относительного перемещения детали и вращающегося ролика (по треку зоны контакта), отличную от криволинейной траектории с постоянным шагом, в автоматическом режиме.

Для снижения затрат на разработку машин, на корректировку соответствующей технической документации, для уменьшения сроков внедрения разрабатываемых станков, требуется предугадать последствия проектного решения на начальной стадии его внедрения путем математического моделирования, при этом необходимо создать динамическую модель процесса перемещения элементов системы СПИД [9].

Для получения расчетных динамических характеристик трения стыка токарного станка (направляющие – каретка), применена модель трения с двумя степенями свободы [4], с уточнениями в разделе интегрального характера возникновения масляного клина [5]. На рисунке 1 изображена схема движения каретки по направляющим скольжения токарного станка, с задающим звеном, движущимся равноускоренно со стабильной скоростью (V_s), с телом (кареткой) постоянной массой (m), двигающимися по направляющим при жидкостной смазке. Передаточное звено привязано к массе перемещаемого компонента через пружину жесткостью (C_y).



m – масса каретки; C_y – контактная жесткость стыка «направляющие – каретка»;
V_c – скорость перемещения каретки

Рисунок 1 – Схема движения каретки по направляющим станка

По итогам нахождения динамических характеристик, следует выразить передаточную функцию пары трения «направляющие – каретка», для определения АФЧХ системы СПИД токарного станка, как показатель ее стабильного функционирования. Принцип нахождения передаточной функции подвижного стыка указан в работах [5, 6, 7].

В общем виде, передаточная функция с учетом начальных условий, всех преобразований и замены переменной выглядит в следующем виде:

$$W_{ПП}^{0} = \frac{k}{T_2^2 \cdot p^2 + T_1^2 \cdot p + 1}, \quad (1)$$

где k - коэффициент усиления; T_2 T_1 - постоянные времени передаточной функции стыка «направляющие – каретка»

$$k = \frac{1}{c - \frac{b + b_g}{b_1}}\ ;\ T_2 = \frac{1}{\omega_1}\ ;\ T_1 = \frac{b_э}{c - \frac{b + b_g}{b_1}}, \qquad (2)$$

где $b_э = b_r + b_g - \frac{(b + b_g)}{b_1^2 \cdot \omega_1^2 + 1}$ - коэффициент демпфирования; b - угловой коэффициент наклона статической характеристики трения; $b_g = \frac{\mu \cdot S}{h + y_0}$ - коэффициент жидкостного трения (вязкого сопротивления); $b_1 = \frac{h}{c_y}$ - постоянная времени всплытия; b_r - коэффициент рассеяния энергии в цепи привода; ω_1 - частота колебаний, Гц.

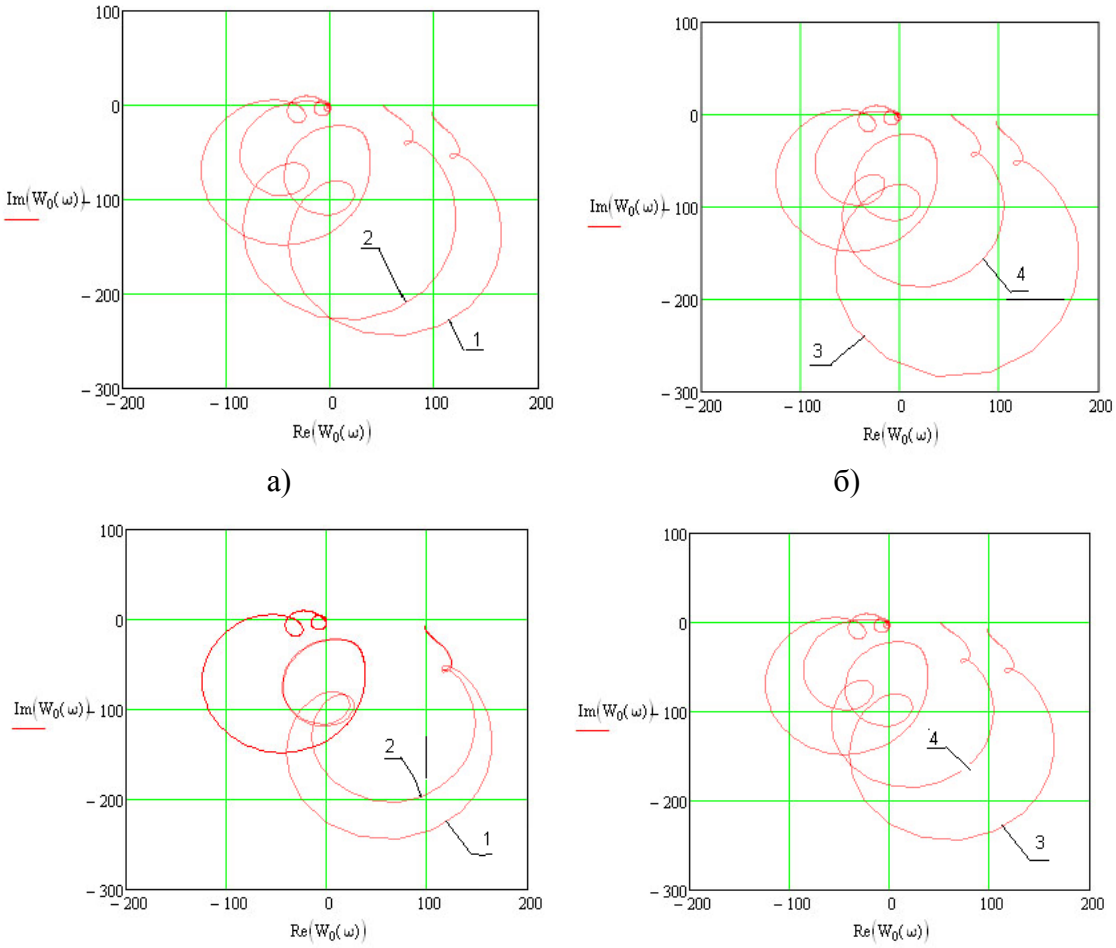
С целью подготовки и определения достоверных данных при уточнении динамических характеристик пар трения токарного станка авторами были проведены триботехнические исследования образцов [8, 9], вследствие чего были определены интегральные характеристики, указанные выше.

Результаты исследований и их обсуждение. Для нахождения динамических характеристик токарных станков в условиях полужидкостного трения скольжения и построения АФЧХ авторы применили программное моделирование подвижного стыка «направляющие – каретка», в виде тонкого слоя материала сотовой структуры, применяя программу Mathcad. Технологический расчет проводился при следующих комбинациях условного подвижного стыка «направляющие – каретка»: 1. Серый чугун (СЧ), упрочненный электромеханической обработкой – СЧ, в исходном состоянии; 2. СЧ, упрочненный электромеханической обработкой с направленным регулярным микрорельефом – СЧ, в исходном состоянии; 3. СЧ, упрочненный электромеханической обработкой – фторопласт Ф4К15М5; 4. СЧ, упрочненный электромеханической обработкой с направленным регулярным микрорельефом – фторопласт Ф4К15М5 в эксплуатационных условиях смазки без абразива и загрязненной смазке с абразивными частицами. Построенные варианты АФЧХ передаточной функции системы СПИД металлорежущего станка представлены на рисунке 2.

Как показывает представленный графический материал, АФЧХ передаточной функции СПИД для условной заготовки типа вал диаметром 80 мм, наличие в подвижном стыке направляющих скольжения из фторопласта Ф4К15М5, приводит к уменьшению максимальных отклонений АФЧХ, в сравнении с традиционными чугунными направляющими, и составляет примерно 26%. Нанесение РМР с получением карманов на направляющих для удержания смазки, дает снижение вибрации на 39% при абразивной среде. В смазке без абразива уменьшение значений АФЧХ для стыка, состоящего из фторопласта Ф4К15М5 находится на уровне 21% в сравнении с традиционными конструкциями каретки. Присутствие РМР с удерживающими карманами на направляющих снижает отрицательные значения АФЧХ на 31%.

Заключение. Для определения динамических характеристик движения подвижного стыка металлорежущего станка, авторами предлагается искусственная модель «суппорт – направляющие» в виде тонкого слоя материала, что дает возможность принимать во внимание интегральные зависимости при моделировании условий трения со смазкой. Указанные расчеты выполнялись в программе, разработанной в оболочке Mathcad. При расчете применялись уточненные динамические характеристики, приобретенные при

проведении триботехнических исследований образцов. Расчет стыка проводился для различных предлагаемых вариантов его исполнения при вариативных режимах трения. По результатам проведенного расчета построены АФЧХ динамической системы токарного станка, которые позволяют провести анализ предлагаемых решений и учитывать их при проектировании современных особо точных металлорежущих станков.



смазка с абразивом: а - СЧ, упрочненный электромеханической обработкой – СЧ, в исходном состоянии; б - СЧ, упрочненный электромеханической обработкой с направленным регулярным микрорельефом – СЧ, в исходном состоянии; чистая смазка: в - СЧ, упрочненный электромеханической обработкой – фторопласт Ф4К15М5; г - СЧ, упрочненный электромеханической обработкой с направленным регулярным микрорельефом – фторопласт Ф4К15М5

Рисунок 2 – АФЧХ динамической податливости металлорежущего станка при различных способах исполнения стыка «направляющие – каретка»

Список литературы

1. Жиганов, В.И. Новые методы получения направленного регулярного микрорельефа поверхностей трения / В.И. Жиганов, Р.Ш. Халимов // Материалы 10-й международной научно – практической конференции «Технологии ремонта, восстановления и упрочнения деталей машин, механизмов, оборудования, инструмента и технологической оснастки». – Санкт – Петербург: СпГПУ (НПФ “Плазмацентр”), 2008. – С. 159 – 164.

2. Патент 2385212 РФ, МПК B24B Способ упрочнения поверхности деталей / В.И. Жиганов, Р.Ш. Халимов, Н.А. Смирнова; Заявл. 11.02.2008; Опубл. 27.03.2010.

3. Патент 2271919 РФ, МПК B24B 39/00. Инструмент для электромеханической обработки поверхности деталей / В.И. Жиганов; Заявл. 20.04.2004; Опубл. 20.03.2006.

4. Кудинов, В.А. Динамика станков. – М.: Машиностроение, 1967. – 360 с.

5. Санкин, Ю.Н. Устойчивость токарных станков при резании / Ю.Н. Санкин, В.И. Жиганов, Н.Ю. Санкин // СТИН. – 1997. - № 7. – С. 20 – 23.

6. Санкин, Ю.Н. Влияние трения в направляющих скольжения на виброустойчивость прецизионного токарного станка при резании с учетом динамических характеристик заготовки / Ю.Н. Санкин, В.И. Жиганов, С.Л. Пирожков // СТИН. – 2009. - №7. – С. 2 – 6.

7. Жиганов, В.И. Исследование трения и разработка методов электромеханической обработки поверхностей направляющих скольжения металлорежущих станков / В.И. Жиганов, Р.Ш. Халимов // СТИН. – 2009. - №4. - С. 2 – 5.

8. Жиганов, В.И. Моделирование стыка пары трения “ползун - направляющие” и факторы определяющие точность расчета / В.И. Жиганов, Р.Ш. Халимов // Материалы всероссийской научно – практической конференции «Актуальные проблемы агропромышленного комплекса». – Ульяновск: УГСХА, 2008. – С. 148-156.

9. Khalimov, R.S. Vibrational stability of metal-cutting machines with modified frictional conditions in the slipping guides / R.S. Khalimov // Russian engineering research. – 2015. - №7. – pp. 539 – 540.

References

1. ZHiganov, V.I. Novye metody polucheniya napravlennogo regulyarnogo mikrorel'efa poverhnostej treniya / V.I. ZHiganov, R.SH. Halimov // Materialy 10-j mezhdunarodnoj na-uchno – prakticheskoj konferencii «Tekhnologii remonta, vosstanovleniya i uprochneniya de-talej mashin, mekhanizmov, oborudovaniya, instrumenta i tekhnologicheskoj osnastki». – Sankt – Peterburg: SpGPU (NPF “Plazmacentr”), 2008. – S. 159 – 164.

2. Patent 2385212 RF, MPK V24V Sposob uprochneniya poverhnosti detalej / V.I. ZHi-ganov, R.SH. Halimov, N.A. Smirnova; Zayavl. 11.02.2008; Opubl. 27.03.2010.

3. Patent 2271919 RF, MPK V24V 39/00. Instrument dlya ehlektromekhanicheskoj obra-botki poverhnosti detalej / V.I. ZHiganov; Zayavl. 20.04.2004; Opubl. 20.03.2006.

4. Kudinov, V.A. Dinamika stankov. – M.: Mashinostroenie, 1967. – 360 s.

5. Sankin, YU.N. Ustojchivost' tokarnyh stankov pri rezanii / YU.N. Sankin, V.I. ZHi-ganov, N.YU. Sankin // STIN. – 1997. - № 7. – S. 20 – 23.

6. Sankin, YU.N. Vliyanie treniya v napravlyayushchih skol'zheniya na vibroustojchivost' precizionnogo tokarnogo stanka pri rezanii s uchetom dinamicheskih harakteristik zago-tovki / YU.N. Sankin, V.I. ZHiganov, S.L. Pirozhkov // STIN. – 2009. - №7. – S. 2 – 6.

7. Zhiganov, V.I. Issledovanie treniya i razrabotka metodov ehlektromekhanicheskoj ob-rabotki poverhnostej napravlyayushchih skol'zheniya metallorezhushchih stankov / V.I. ZHiganov, R.SH. Halimov // STIN. – 2009. - №4. - S. 2 – 5.

8. Zhiganov, V.I. Modelirovanie styka pary treniya “polzun - napravlyayushchie” i fakto-ry opredelyayushchie tochnost' rascheta / V.I. ZHiganov, R.SH. Halimov // Materialy vserossij-skoj nauchno – prakticheskoj konferencii «Aktual'nye problemy agropromyshlennogo kompleksa». – Ul'yanovsk: UGSKHA, 2008. – S. 148-156.

9. Khalimov, R.S. Vibrational stability of metal-cutting machines with modified frictional conditions in the slipping guides / R.S. Khalimov // Russian engineering research. – 2015. - №7. – pp. 539 – 540.

УДК 631.363.7

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА ДЛИТЕЛЬНОСТЬ СМЕШЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ ЛОПАСТНЫМ СМЕСИТЕЛЕМ

Коновалов Владимир Викторович
доктор технических наук, профессор кафедры «Технология машиностроения»
E-mail: konovalov-penza@rambler.ru
Фомина Мария Владимировна
аспирант кафедры «Технический сервис машин», E-mail: sha_penza@mail.ru
Чупшев Алексей Владимирович
кандидат технических наук, доцент кафедры «Технический сервис машин»
E-mail: sha_penza@mail.ru
Терюшков Вячеслав Петрович
кандидат технических наук, доцент кафедры «Технический сервис машин»
E-mail: sha_penza@mail.ru
ФГБОУ ВО «Пензенский государственный аграрный университет»

Реферат. *Представлены результаты численного математического моделирования влияния конструктивных и технологических параметров вертикального лопастного смесителя на потребную длительность перемешивания компонентов смеси. Равномерность смеси описывается показательной функцией времени смешения и коэффициента интенсивности перемешивания. Определена функция коэффициента интенсивности перемешивания и потребной длительности смешения от длины и угла установки лопаток, их количества и частоты вращения мешалки, объема и степени заполнения емкости смесителя, доли контрольного компонента и равномерности смеси. Проведенный численный анализ полученных выражений позволил выявить существующие тенденции изменения потребной длительности смешения компонентов. Определяющим для длительности смешения является доля контрольного компонента и потребная равномерность смеси, тогда, как другие показатели увеличивают либо уменьшают длительность такта смешения всего лишь на доли от основного фактора. Улучшение качества смеси наблюдается при снижении степени заполнения емкости и ее объема с ростом доли контрольного компонента и длительности смешения. Полученные зависимости позволяют разработать технологию ступенчатого приготовления смеси в одной емкости, когда вначале на основе контрольного компонента (премикса) и части наполнителя приготавливается предварительная смесь с равномерностью 80% при заполнении емкости на 20%, после чего добавляется оставшийся наполнитель до заполнения емкости на 70% и перемешиваются компоненты до равномерности смеси 90%.*

Ключевые слова: *Мешалка, лопасть, смеситель, длительность смешения.*

MODELING OF THE INFLUENCE OF CONSTRUCTIVE AND TECHNOLOGICAL PARAMETERS ON THE DURATION OF MIXING COMPONENTS BY A DUST MIXTURE

Konovalov Vladimir Viktorovich
Doctor of Technical Sciences, Professor of the Chair "Technology of Mechanical Engineering"
E-mail: konovalov-penza@rambler.ru
Fomina Maria Vladimirovna
Post-graduate student of the department "Technical service of machines",

E-mail: sha_penza@mail.ru
Chupshev Alexey Vladimirovich
Candidate of technical sciences, associate professor of the department
"Technical service of machines"
Teryushkov Vyacheslav Petrovich
Candidate of technical sciences, associate professor of the department
"Technical service of machines", E-mail: sha_penza@mail.ru
FGBOU VO "Penza State Technological University"

Abstract. *The results of numerical mathematical modeling of the effect of structural and technological parameters of a vertical blade mixer on the required mixing time of the components of a mixture are presented. The uniformity of the mixture is described by the exponential function of the mixing time and the mixing intensity factor. The function of the mixing intensity factor and the required mixing time from the blade length and angle, the number and rotational speed of the mixer, the volume and degree of filling of the mixer tank, the proportion of the control component and the uniformity of the mixture are determined. The numerical analysis of the obtained expressions made it possible to reveal the existing trends in the change in the required mixing time of the components. The determining factor for the duration of mixing is the proportion of the control component and the required uniformity of the mixture, while other indicators increase or decrease the duration of the mixing cycle by only a fraction of the main factor. Improving the quality of the mixture is observed with a decrease in the degree of filling of the container and its volume with an increase in the proportion of the control component and the duration of mixing. The obtained dependences make it possible to develop a technology for stepwise preparation of a mixture in one container, when a preliminary mixture with a uniformity of 80% is first prepared on the basis of the control component (premix) and the filler part, when the capacity is filled by 20%, after which the remaining filler is added to fill the container by 70% and The components are mixed until the mixture is evenly 90%.*

Key words: *Stirrer, blade, mixer, mixing time.*

Введение. В народном хозяйстве России для различных целей применяются самые разнообразные смеси и композитные материалы [1-3]. На их основе изготавливают разнообразную продукцию, в том числе изделия машиностроения, строительные материалы, пищевые и кормовые продукты. [1-5]. Для изготовления подобных продуктов используются смесители[4-9]. Приготовление качественных смесей требуют смешения компонентов в течение определенного необходимого времени. [5,8,9]

Цель исследования – выявление зависимостей влияния конструктивных и технологических параметров вертикального лопастного смесителя на потребную длительность смешения компонентов смеси.

Материалы и методы. В работе использованы методы численного анализа полученных ранее статистических выражений качества смешения лопастным смесителем.

Методика исследований предусматривала получение выражений на основе статистических эмпирических функций качества смеси, анализ которых проводился численными методами, используя возможности математического пакета MathCAD.

Результаты и обсуждение. Для приготовления сухих смесей предлагается использовать смеситель [10], представленный на рис.1. Смеситель выполнен в видеустановленной на раме вертикальной емкости*2* с валом *1*, на котором установлена мешалка. Мешалка представляет собой втулку*5* с радиальными лопастями *4*, размещеннымик днищу под углом α. На концах лопастей *4* крепятся накладки в виде синусоидальных лопаток *3*. Погрузка ингредиентов смеси производится сверху при движущейся мешалке. В течение времени смешения ингредиенты перемешивались до надлежащего качества. По завершению перемешивания смесь выгружается из смесительной емкости через боковое отверстие.

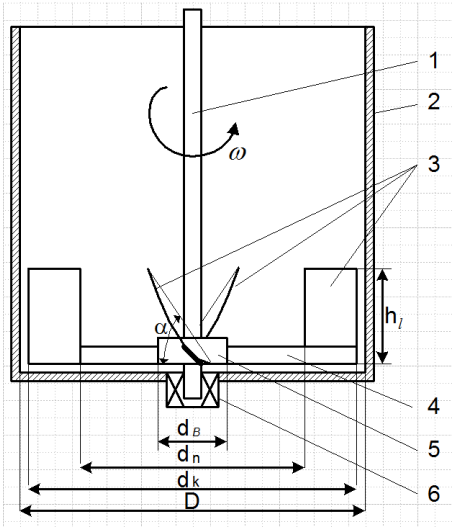
Согласно работам ряда авторов [11, 12], для описания равномерности (0,01%) приготавливаемой смеси справедливо уравнение:

$$\Theta = 1 - e^{-k`\cdot T`}, \quad (1)$$

где $k`$ – эмпирический коэффициент интенсивности перемешивания; $T`$ – длительность смешения материала, с.

Для различных смесителей (включая разные значения конструктивных и кинематических параметров одного и того же смесителя) значения эмпирического коэффициента интенсивности перемешивания $k`$ будет различным [13].

В соответствии с зоотехническими требованиями на качество смеси приготавливаемой в условиях животноводческих хозяйств, следует обеспечивать равномерность содержания контрольного компонента в пробах: Θ_{zoo}=90%. [14]



1 – вал приводной; 2 – емкость смесительная; 3 – лопатка синусоидальная; 4 – лопасть радиальная мешалки; 5 – втулка крепежная мешалки; 6 – подшипниковая опора смесителя нижняя

Рисунок 1 – Схема смесительного аппарата(патент на полезную модель №165692)

Равномерность смеси (как «относительная равномерность» [15], %) может быть записана через коэффициент вариации ν (%) содержания контрольного компонента в пробах [16]: $\Theta = 100 - \nu$. Тогда: Θ_{zoo}=90%≅ν_{zoo}=10%.

В таком случае время смешения определится, с:

$$T \geq \frac{-\ln(\nu_{zoo})}{k`}. \qquad \text{Или для } \Theta_{zoo}=90\% \quad T \geq \frac{1}{\sum k_i}. \quad (2)$$

где Σk_i – суммарный сомножитель эмпирических коэффициентов длительности смешения.

В результате реализации ряда серий экспериментов с последующей обработкой данных на основе степенной функции [13], установлено, что эмпирический коэффициент интенсивности смешения предложенного смесителя представляет собой функцию:

$$k` = -17{,}529 \cdot \frac{-1{,}9822 - 6{,}26761 \cdot 10^{-4} \cdot T}{-1{,}9822 + T \cdot \left(0{,}462945 - \frac{0{,}46338}{E^{0{,}00116}}\right)} \cdot \frac{V_o^{\,0{,}79682}}{\left(\frac{V_o}{T}\right)^{0{,}7429}} \cdot \frac{\left(\frac{1}{T \cdot D_k}\right)^{2{,}038523}}{\left(\frac{1}{D_k}\right)^{1{,}85623}} \cdot$$

$$\cdot \frac{\left(\frac{1}{T}\right)^{0{,}7429}}{\left(\frac{1}{n}\right)^{0{,}261775} \cdot \left(0{,}815978^{L}\right)^{28{,}13775} \cdot n^{0{,}382232} \cdot Z^{0{,}12892} \cdot (\sin\alpha)^{0{,}153251} \cdot T^{3{,}02536}}. \quad (3)$$

Указанный суммарный сомножитель эмпирических коэффициентов длительности смешения для предложенного смесителяпри Θ_{zoo}=90% представляет собой выражение:

$$\Sigma k_i = 2{,}431472 \cdot \frac{\left(\frac{V_o}{T}\right)^{0{,}7429}}{\left(\frac{1}{T}\right)^{0{,}7429}} \cdot \frac{-1{,}9822 + T \cdot \left(0{,}462945 - \frac{0{,}46338}{E^{0{,}00116}}\right)}{-1{,}9822 - 6{,}2676 \cdot 10^{-4} \cdot T} \cdot \frac{(0{,}815978^{L})^{28{,}13775}}{V_o^{\,0{,}79682}} \cdot$$

$$\cdot D_k^{\,1{,}08119} \cdot n^{0{,}382232} \cdot Z^{0{,}12892} \cdot (\sin\alpha)^{0{,}153251} \cdot \left(\frac{1}{n}\right)^{0{,}261775}. \quad (4)$$

Тем самым, получена расчетная функциональная модель качества смеси, учитывающая конструктивные и кинематические параметры предложенного смесителя.

На основе численного моделирования по указанной модели построены графики (рис. 2, 3) параметров длительности смешения компонентов при разном уровне варьирования факторов (при фиксированном значении остальных факторов: n=340 мин$^{-1}$; α=52°; L=0,06 м; Z=6 шт.; V_o=0,03 м^3; E=0,7; D_k=10%) для равномерности смеси 90%.

Сравнивая полученные значения потребной длительности смешения (Тс) при углахα=52° и α=60°, видно, что они существенно не различаются. Влияние длины лопаток близко к линейной зависимости, сокращая время с увеличением длины лопаток. Увеличение количества лопастей сокращает длительность смешения на 3...4 секунды на каждую дополнительно установленную лопасть, т.е. влияние несущественно.

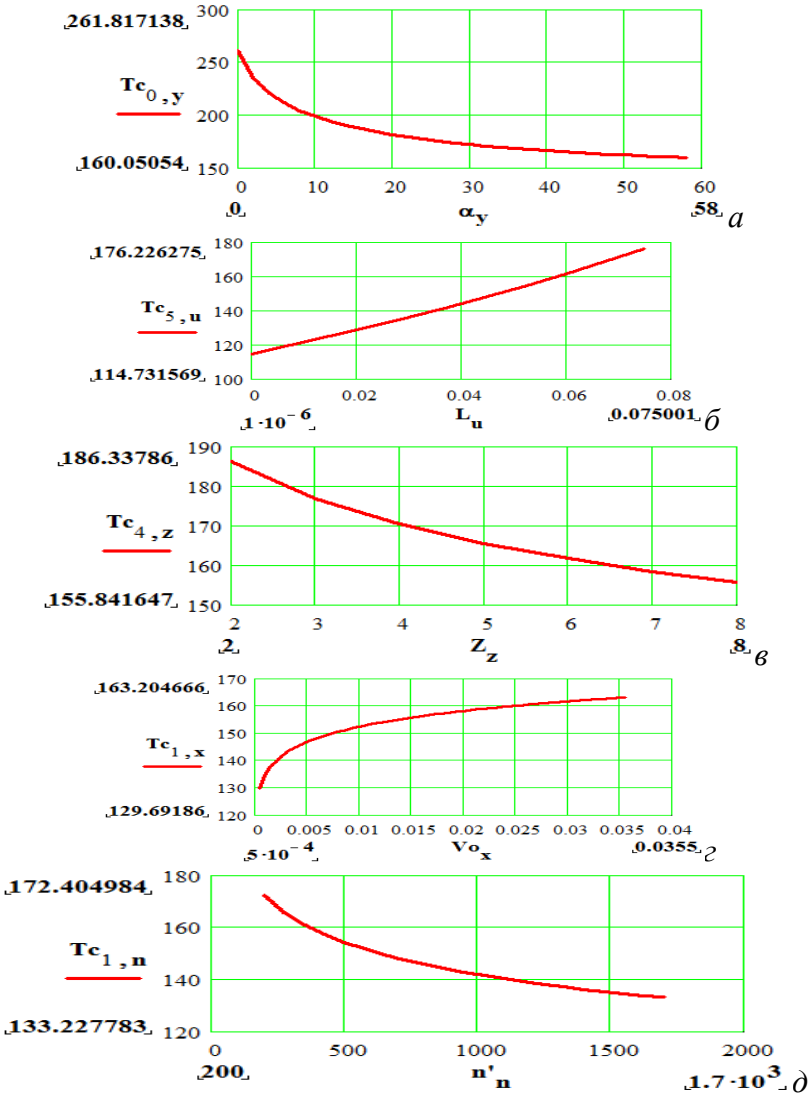


Рисунок 2 – Влияние конструктивных и режимных параметров на необходимую длительность смешения Тс (с): а – угла установки лопастей α, град.; б – длины лопаток L, м; в – числа лопастей Z, шт.; г – объема смесительной емкости V_o, м^3; д – частоты вращения мешалкип`, мин$^{-1}$

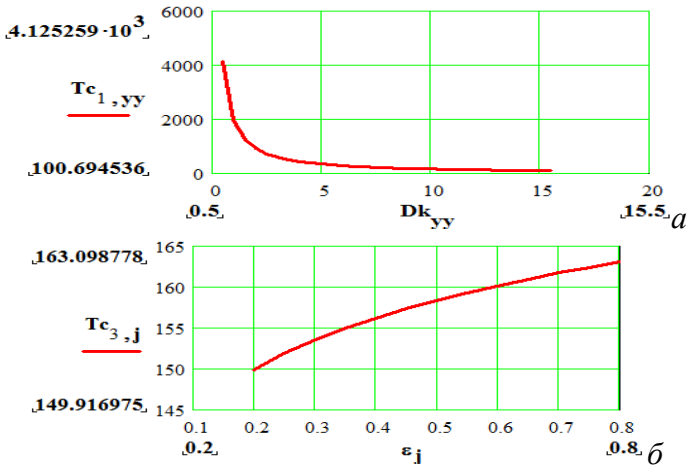


Рисунок 3 – Влияние технологических параметров на необходимую длительность смешения Тс (с): а – доли контрольного компонента, %; б – степени заполнения смесительной емкости, 0,01%

Рост частоты вращения мешалки от 340 мин$^{-1}$ до 1000 мин$^{-1}$сокращает время смешенияс 163*с* до 140*с*, однако, это не сможет существенно увеличить производительность смесителя, существенно повысив затраты энергии. При объеме смесителя более 0,025 м^{3}происходит рост длительности смешения почти по линейной зависимости. Снижение доли контрольного компонента требует увеличения времени смешения по гиперболической зависимости. Увеличение степени заполнения емкости смесителя в пределах 0,2…0,8 повышает длительность смешения с учетом объема емкости от 125*с* (160*с*) до 163*с*.

В результате численного моделирования представлены (рис.4) двумерные сечения изменения качества смеси – равномерности $\Theta=V_p$ при степени заполнения емкости смесителя E=0,7 и E=0,2 для рекомендуемых значений параметров. Для равномерности $\Theta=V_p=0{,}80$ и $\Theta=V_p=0{,}90$ получены упрощенные модели потребной длительности смешения компонентов (рис.5):

$Tc_{(Vp80\ E0,7)}=1/(0{,}00238087345350315\cdot Dk)$; R=0,99853; F-тест=0,905087;

$Tc_{(Vp80\ E0,2)}=1/(0{,}00342982278766489\cdot Dk)$; R=0,98839; F-тест=0,907458; (5)

$Tc_{(Vp90\ E0,7)}=1/(0{,}000491812254307771\cdot Dk)$; R=0,99866; F-тест=0,91276.

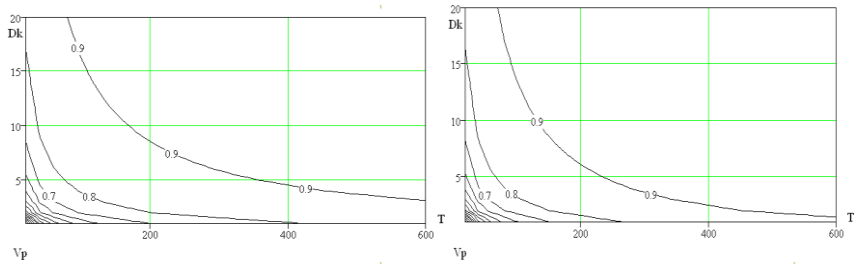
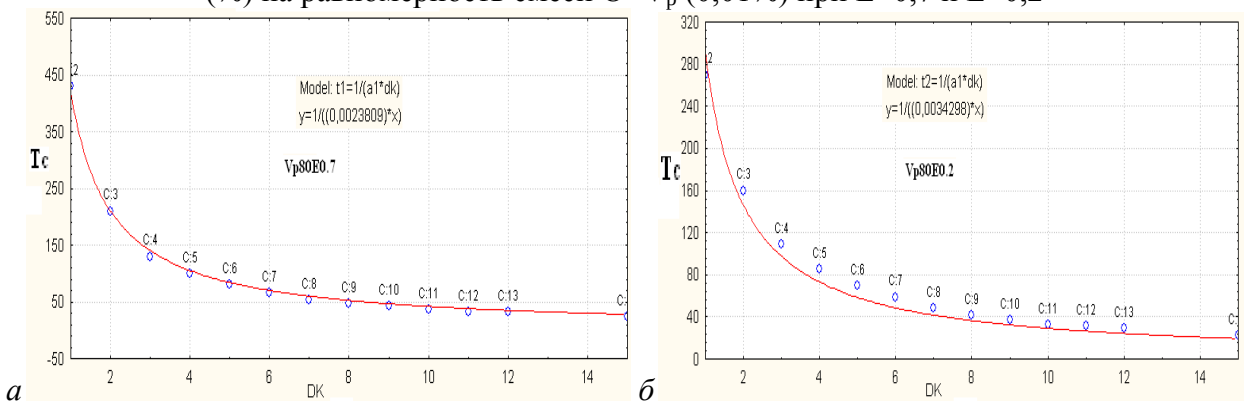
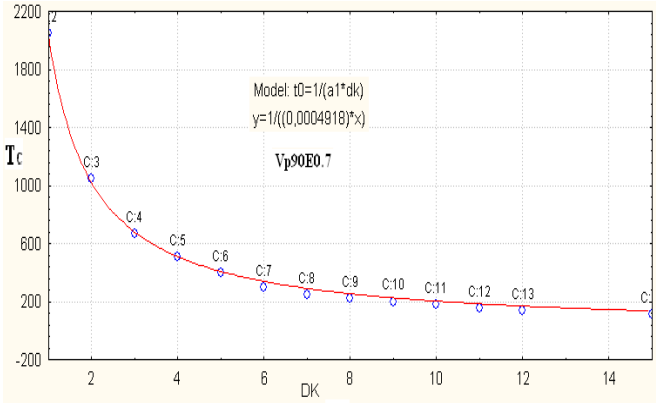


Рисунок 4 – Влияние длительности смешения Тс (с) и доли контрольного компонента D_k (%) на равномерность смеси $\Theta=V_p$ (0,01%) при E=0,7 и E=0,2





в

Рисунок 5 – Влияние доли контрольного компонента D_k (%) на длительность смешения Тс (с): а – при V_p=80% и Е=0,7; б – при V_p=80% и Е=0,2; в – при V_p=90% и Е=0,7

При реализации ступенчатого смешения компонентов в одной смесительной емкостиуказанного смесителя объемом 0,03 м^{3}масса приготавливаемой смеси составит М=14,1 кг. Работа смесителя при доле контрольного компонента (премикса) 1%, его масса составляет $M_{кк}$=0,14 кг при массе наполнителя $M_н$=13,96 кг, производится в результате реализации ряда тактов смешения компонентов:

1. Первичное смешивание. Масса первичной смеси: $M_1=M\cdot E_{0,2}/E_{0,7}$=14,1·0,2/0,7=4 кг. При этом доля контрольного компонента в первичной смеси составит $D_{k1}=M_{кк}/M_1$=0,14/4=3,5%. Тогда время смешения компонентов (рис.4) до равномерности 80% [17] составит 115*с*.

2. Вторичное смешивание. Доля предварительной смеси в составе конечной смеси составит $D_{k2}=M_1/M$=4/14,1=28,4%. Время смешения смеси (рис.4) до потребной равномерности 90% [14] составит 60*с*. Суммарное время смешения компонентов смеси определится: Тс=115+9+60=184с, где 9*с* – время второй загрузки наполнителя. Затрачиваемая мощность привода при работе первой ступени смешения – 1,05 кВт, при работе второй ступени – 2 кВт.

Заключение.

Проведенный численный анализ полученных выражений позволил выявить существующие тенденции изменения потребной длительности смешения компонентов. Определяющим для длительности смешения является доля контрольного компонента, тогда, как другие показатели увеличивают либо уменьшают длительность такта смешения всего лишь на доли от основного фактора. Улучшение качества смеси наблюдается при снижении степени заполнения емкости и ее объема с ростом доли контрольного компонента и длительности смешения.

Отсутствие экстремумов степенной функции не позволяет определить оптимум по качеству смеси, а обоснованию подлежат лишь рациональные значения параметровобеспечивающие надлежащее качество смеси.

Полученные зависимости позволяют разработать технологию ступенчатого приготовления смеси в одной емкости, когда вначале на основе контрольного компонента (премикса) и части наполнителя приготавливается предварительная смесь с равномерностью 80% при заполнении емкости на 20%, после чего добавляется оставшийся наполнитель до заполнения емкости на 70% и перемешиваются компоненты до равномерности смеси 90%.

Список литературы

1. Сыроватка, В.И. Ресурсосбережение при производстве комбикормов в хозяйствах. // Техника и оборудование для села. – 2011. – № 6. – С. 22-25.

2. Бормотов, А.Н. Математическое моделирование структуры композитов в виде рациональных функций по краевым точкам области планирования / А.Н. Бормотов, И.А. Прошин, С.В. Тюрденева // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. - 2013. - № 12 (16). - С. 272-280.

3. Бормотов, А.Н. Многокритериальный синтез сверхтяжелого композита / А.Н. Бормотов, И.А. Прошин // Вестник Брянского государственного технического университета. - 2009. - № 4. - С. 29-36.

4. Коновалов, В.В. Устройство для внесения жира в концентрированные корма / В.В. Коновалов, А.А. Курочкин, К.М. Мишин // Механизация и электрификация сельского хозяйства, 2002. - № 5. - С. 12-13.

5. Коновалов, В.В. Моделирование качества смешивания сыпучих материалов барабанным смесителем / В.В. Коновалов, Н.В. Димитриев, А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс, 2013. - Т. 1. - № 9 (13). - С. 77-84.

6. Курочкин, А.А. Устройство для внесения жира в концентрированные корма / А.А. Курочкин, К.М. Мишин, В.В.Коновалов // Техника в сельском хозяйстве, 2004. - № 2. - С. 9-10.

7. Коновалов, В.В. Определение подачи цилиндрического шнекового пресса / В.В. Коновалов, В.В. Новиков, Д.В. Беляев, Л.В. Иноземцева // Нива Поволжья, 2010. - № 2. - С. 51-56.

8. Коновалов, В.В. Обоснование угла установки емкости и длительности перемешивания сухих смесей барабанным смесителем / В.В. Коновалов, Н.В. Димитриев, С.А. Кшникаткин, А.В. Чупшев // Нива Поволжья. - 2013. № 1 (26). - С. 46-50.

9. Петрова, С.С. К вопросу определения качества смеси у барабанного смесителя / С.С. Петрова, С.А. Кшникаткин, Н.В. Димитриев // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2012. – № 3. – С. 67-72.

10. Пат. 165692 Российская Федерация, МПК B01F. Смеситель микродобавок / Фомина М.В., Терюшков В.П., Коновалов В.В., Чупшев А.В.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО "Пензенская государственная сельскохозяйственная академия" (RU). – № 2016105347; заявл. 17.02.2016; опубл. 27.10.2016, Бюл. № 30.

11. Стукалкин, Ф.Г. Исследование кормосмесителей непрерывного действия и методика их расчета: автореф. Дис. … канд. техн. наук / Ф.Г. Стукалкин. – Ленинград, 1965. – 21 с.

12. Коновалов, В.В. Моделирование процесса непрерывного приготовления смеси смесителем-дозатором экструдера. / В.В. Коновалов, В.В. Новиков, Д.Н. Азиаткин, А.С. Грецов // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии, 2013 - №3 – С.72-78.

13. Коновалов, В.В. Моделирование изменения качества смеси лопастного смесителя на основе технологических параметров. / В.В. Коновалов, А.В. Чупшев, М.В. Фомина // Инновационная техника и технология, 2016 - №3 (08) С. 56-66.

14. НТП АПК 1.10.16.001-02 Нормы технологического проектирования кормоцехов для животноводческих ферм и комплексов. Введ. 29.04.2002. – М., 2002. - 115 с.

15. Прогрессивные технологии моделирования, оптимизации и интеллектуальной автоматизации этапов жизненного цикла авиационных двигателей: Монография / А.Г. Богуслаев, Ал.А. Олейник, Ан.А. Олейник, Д.В. Павленко, С.А. Субботин; Под ред. Д.В. Павленко, С.А. Субботина. – Запорожье: ОАО «Мотор-Сич», 2009. – 468 с.

16. СТО АИСТ 19.2-2008 Сельскохозяйственная техника. Машины и оборудование для приготовления кормов. Порядок определения функциональных показателей. – Введ. 10.12.2010г. - Мн.: Минсельзозпрод, 2010.– 48 с.

17. Чупшев, А.В. Теоретические и экспериментальные исследования смешивания сухих компонентов и микродобавок в лопастном смесителе, Теория, конструкция, расчет. / А.В. Чупшев, В.В. Коновалов. Монография / Пенза, 2014. – 176 с.

References

1. Syrovatka, V.I. Resource saving in the production of mixed fodders in farms. // Machinery and equipment for the village. - 2011. - No. 6. - P. 22-25.

2. Bormotov, A.N. Mathematical modeling of the structure of composites in the form of rational functions with respect to the boundary points of the planning area / A.N. Bormotov, I.A.

Proshin, S.V. Tyurdeneva // XXI century: the results of the past and the problems of the present plus. - 2013. - No. 12 (16). - P. 272-280.

3. Bormotov, A.N. Multicriterial synthesis of superheavy composite. Bormotov, I.A. Proshin // Bulletin of the Bryansk State Technical University. - 2009. - No. 4. - P. 29-36.

4. Konovalov, V.V. Device for introducing fat into concentrated feeds / V.V. Konovalov, A.A. Kurochkin, K.M. Mishin // Mechanization and electrification of agriculture, 2002. - № 5. - P. 12-13.

5. Konovalov, V.V. Modeling of quality of mixing of loose materials with a drum mixer / V.V. Konovalov, N.V. Dimitriev, A.A. Kurochkin, G.V. Shaburova // XXI century: the results of the past and the problems of the present plus, 2013. - T. 1. - No. 9 (13). - P. 77-84.

6. Kurochkin, A.A. Device for introducing fat into concentrated feeds / A.A. Kurochkin, K.M. Mishin, V.V. Konovalov // Engineering in Agriculture, 2004. - № 2. - P. 9-10.

7. Konovalov, V.V. Determination of feed of a cylindrical screw press / V.V. Konovalov, V.V. Novikov, D.V. Belyaev, L.V. Inozemtseva // Niva of the Volga Region, 2010. - № 2. - P. 51-56.

8. Konovalov, V.V. Justification of the installation angle of the tank and the duration of mixing of dry mixes with a drum mixer / V.V. Konovalov, N.V. Dimitriev, S.A. Kshnikatkin, A.V. Chupshev // Niva of the Volga region. - 2013. ¬ No. 1 (26). - P. 46-50.

9. Petrova, S.S. To the question of determining the quality of a mixture in a drum mixer / S.S. Petrova, S.A. Kshnikatkin, N.V. Dimitriev // News of the Samara State Agricultural Academy. - 2012. - No. 3. - P. 67-72.

10. Pat. 165692 Russian Federation, IPC B01F. Mixer of microadditives / Fomina M.V., Teryushkov V.P., Konovalov V.V., Chupshev A.V.; Applicant and patent holder of the FGBOU VO "Penza State Agricultural Academy" (RU). - No. 2016105347; Claimed. 02/17/2016; Publ. 10/27/2016, Byul. No. 30.

11. Stukalkin, F.G. Research of continuous feed mixers and methods of their calculation: the author's abstract. Dis. ... cand. Tech. Sciences / F.G. Stukalkin. - Leningrad, 1965. - 21 p.

12. Konovalov, V.V. Simulation of the process of continuous preparation of the mixture by a mixer-doser of an extruder. / V.V. Konovalov, V.V. Novikov, D.N. Asiatkin, A.S. Gretsov // Proceedings of the Samara State Agricultural Academy, 2013 - №3 - P.72-78.

13. Konovalov, V.V. Modeling the change in the quality of a mixer blades mix based on process parameters. / V.V. Konovalov, A.V. Chupshev, M.V. Fomina // Innovative engineering and technology, 2016 - №3 (08) pp. 56-66.

14. NTP APK 1.10.16.001-02 Norms of technological design of feeding stations for cattle-breeding farms and complexes. Enter. 29.04.2002. - M., 2002. - 115 p.

15. Progressive technologies for modeling, optimization and intelligent automation of the life cycle stages of aircraft engines: Monograph / A.G. Boguslaev, Al. A. Oleinik, An.A. Oleinik, D.V. Pavlenko, S.A. Subbotin; Ed. D.V. Pavlenko, S.A. Subbotina. - Zaporozhye: Motor-Sich JSC, 2009. - 468 p.

16. STO AIST 19.2-2008 Agricultural machinery. Machines and equipment for the preparation of feed. The procedure for determining the functional indicators. - Enter. 10.12.2010. - Mn.: Minselzestprod, 2010. - 48 p.

17. Chupshev, A.V. Theoretical and experimental studies of mixing dry components and microadditives in a paddle mixer, Theory, design, calculation. / A.V. Chupshev, V.V. Konovalov. Monograph / Penza, 2014. - 176 p.

УДК 62-111.1

ЧИСЛЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ МАТЕРИАЛА В ВЕРТИКАЛЬНОМ ЛОПАСТНОМ СМЕСИТЕЛЕ

Коновалов Владимир Викторович

доктор технических наук, профессор кафедры «Технология машиностроения»

ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет»
E-mail: konovalov-penza@rambler.ru
Фомина Мария Владимировна
аспирант кафедры «Технический сервис машин»
ФГБОУ ВО «Пензенский государственный аграрный университет»
E-mail: sha_penza@mail.ru
Чупшев Алексей Владимирович
кандидат технических наук, доцент кафедры «Технический сервис машин»
ФГБОУ ВО «Пензенский государственный аграрный университет»
E-mail: sha_penza@mail.ru
Терюшков Вячеслав Петрович
кандидат технических наук, доцент кафедры «Технический сервис машин»
ФГБОУ ВО «Пензенский государственный аграрный университет»
E-mail: sha_penza@mail.ru

Реферат. *Представлены результаты численного математического моделирования движения материала в вертикальном лопастном смесителе. Цель исследования – проверка результатов аналитических исследований численными методами и выявление имеющихся тенденций. Приведена схема смесительного аппарата и принцип его работы. Дано описание функции поверхности синусоидальных лопаток, скорости и ускорения при движении материала по их поверхности. Определены численные значения показателей для частоты вращения мешалки 340 оборотов в минуту. Приведены теоретические функции высоты полета материала и времени полета материала в емкости. Представлены графики изменения их значений для разных участков по длине лопастей и лопаток. Дана функция критического значения количества лопастей с лопатками мешалки смесителя. Установлены критические значения лопастей мешалки для участков лопастей. Проведенный численный анализ полученных выражений позволил выявить существующие тенденции изменения вертикальной скорости материала, сходящего с лопаток, длительности тактов полета, высоты подъема материала и критического значения количества лопастей с лопатками. При частоте вращения мешалки 340 оборотов в минуту с расчетной длиной лопаток 0,076 м при угле установки их задней кромки 52 градуса в емкости диаметром 0,3 м, количество лопастей для псевдокипящего режима смешения компонентов не должно превышать 10 штук, а для тихоходного – двух лопастей.*

Ключевые слова: *Мешалка, лопасть, лопатка, смеситель, моделирование смешения.*

NUMERICAL STUDIES OF MATERIAL MOVEMENT IN A VERTICAL DUST MIXTURE

Konovalov Vladimir Viktorovich
Doctor of Technical Sciences, Professor of the Chair "Technology of Mechanical Engineering"
FGBOU VO "Penza State Technological University"
E-mail: konovalov-penza@rambler.ru
Fomina Maria Vladimirovna
Post-graduate student of the department "Technical service of machines"
FGBOU VO "Penza State Agrarian University"
E-mail: sha_penza@mail.ru
Chupshev Alexey Vladimirovich
Candidate of technical sciences, associate professor of the department
"Technical service of machines"

Teryushkov Vyacheslav Petrovich
Candidate of technical sciences, associate professor of the department "Technical service of machines"
FGBOU VO "Penza State Agrarian University"
E-mail: sha_penza@mail.ru

Abstract. *The results of numerical mathematical modeling of material motion in a vertical blade mixer are presented. The purpose of the study is to check the results of analytical studies by numerical methods and to identify existing trends. The scheme of the mixing apparatus and the principle of its operation are given. A description is given of the function of the surface of sinusoidal blades, velocity and acceleration when the material moves along their surface. The numerical values of the indices for the speed of the mixer are 340 rpm. The theoretical functions of the flight altitude of the material and the flight time of the material in the tank are given. Graphs of changes in their values for different sections along the length of the blades and blades are presented. The function of the critical value of the number of blades with mixer blades is given. The critical values of the agitator blades for blade sections are established. The numerical analysis of the obtained expressions made it possible to reveal the existing trends in the vertical velocity of the material coming off the blades, the duration of the flight steps, the material lifting height and the critical value of the number of blades with blades. With a mixer speed of 340 rpm with an estimated blade length of 0.076 m at an angle of installation of their trailing edge of 52 degrees in a container with a diameter of 0.3 m, the number of blades for a puff-mixing mode of mixing components should not exceed 10 pieces, and for a slow-moving blades - two blades.*

Key words: *Agitator, blade, blade, mixer, mixing modeling.*

Введение. В народном хозяйстве России широко применяются разнообразные смеси и композитные материалы [1-3]. Они обеспечивают изготовление разнообразной продукции, включая строительные материалы, машиностроительные изделия, пищевые продукты и корма для животноводства. [1-5] Для обоснования параметров смесителя требуется описать его рабочий процесс. Сделать это возможно как экспериментально, так и теоретически. Второй вариант обладает большими возможностями при проектировании устройств.

Цель исследования – проверка результатов аналитических исследований численными методами и выявление имеющихся тенденций.

Материалы и методы. В работе использованы методы численного анализа полученных ранее теоретических выражений.

Методика исследований предусматривала на основе силового анализа получение теоретических выражений, анализ которых в данной работе проводился численными методами, используя возможности математического пакета MathCAD.

Результаты и обсуждение. Для приготовления сухих смесей используют разнообразные смесители [4-9]. В частности применяют смеситель [10], изображенный на рис.1 (патент на полезную модель №165692). Он представляет собой емкость *2* с вертикальным валом *1*, на котором расположена мешалка. Мешалка выполнена в виде втулки *5* с радиальными плоскими лопастями *4*, установленными под углом α к днищу. На концах лопастей *4* крепятся накладки в виде синусоидальных лопаток *3*. Имеется возможность размещения подобных смесительных емкостей одна в другой по типу «матрешка». Загрузка компонентов производится сверху. После перемешивания компонентов смесь выгружается через боковое отверстие, не показанное на рисунке.

Координата высоты верхней текущей точки поверхности лопатки определяется по выражению, м:

$$z(t) = A \cdot \left[\sin\left(k \cdot \omega \cdot R_i \cdot t - \frac{\pi}{2}\right) + 1\right].$$

где ω – угловая скорость поворота мешалки, рад/с; R_i – текущий радиус лопатки на *i*-м участке ее длины, м; t – время поворота мешалки от конца переднего края лопатки до текущей *i*-ой ее точки, с; k – угловой коэффициент синусоиды; A – половина амплитуды синусоиды лопатки.

При этом показатели k и A взаимосвязаны выражениями:

$$k = \frac{\pm tg(\alpha_0)}{-2A \cdot h + h^2} \cdot \sqrt{2A \cdot h - h^2}; \qquad A = \frac{h}{cos(k \cdot L) + 1}.$$

где h – вертикальная проекция лопатки, м; α_o – величина текущего угла поверхности лопатки на ее конце, град.; L – горизонтальная проекция лопатки, м;

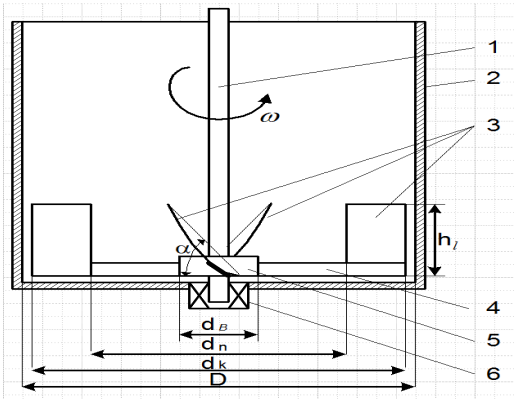


Рисунок 1 – Схема смесительного аппарата: 1 – вал приводной; 2 – емкость смесительная; 3 – лопатка синусоидальная; 4 – лопасть радиальная мешалки; 5 – втулка крепежная мешалки; 6 – подшипниковая опора смесителя нижняя

Например, для вертикальной проекции лопатки *h*=0,047 м и горизонтальной проекции *L*=0,06 м численным моделированием установлено решение системы указанных уравнений: значение углового коэффициента синусоиды *k*=24,15 и половины амплитуды синусоиды *A*=0,053 при α_o=52° при расчетной длине лопаток (минимальное расстояние между передними и задними кромками лопаток) 0,076 м.

Вертикальная проекция абсолютной скорости определится, м/с:

$$\dot{z}(t) = A \cdot k \cdot \omega \cdot R_i \cdot \left[cos\left(k \cdot \omega \cdot R_i \cdot t - \frac{\pi}{2}\right)\right].$$

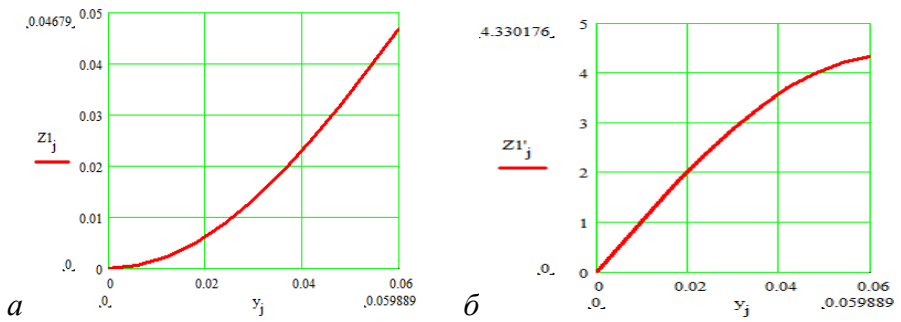
Расчетные значения координат лопаток, вертикальной проекции скорости материала и вертикальной проекции ускорения материала в натуральных значениях при частоте вращения мешалки n=340 мин$^{-1}$ приведены на рис 2.

Ускорение, действующее на элементарный сектор материала при его движении вверх после схода с лопасти по результатам силового анализа определится, м/с^2:

$$a` = g \cdot [1 + \rho \cdot H`_{o\,i} \cdot H_{r\,i} \cdot (\Delta R_i + \Delta d_i) \cdot tg(\varphi)].$$

где g – ускорение свободного падения, м/с^2; ρ – плотность вороха материала, кг/м^3; ΔR – длина стороны элементарного сектора вдоль радиуса R_i для *i*-го участка, м; Δd – длина стороны элементарного сектора вдоль окружности для *i*-го участка, м; φ – угол внутреннего трения материала; H_i, H_{ri} – расчетная высота поднимаемого материала по элементарным секторам для *i*-го участка (в его центре и по наружному краю), м:

$$H_i = h_v + \frac{\omega^2 \cdot k_v \cdot R_i^2}{2g} - \Delta h; \qquad H_{r\,i} = h_v + \frac{\omega^2 \cdot k_v \cdot (R_i + \Delta R/2)^2}{2g} - \Delta h.$$



а *б*

Рисунок 2 – Графики натуральных значений движения материала по лопаткам (y=Y – горизонтальная координата точки от переднего края лопатки по ходу перемещения материала по j-м участкам лопатки, м) при n=340 мин$^{-1}$: *а* – координаты высоты точек положения лопатки *Z1* по j-м участкам лопатки, м; *б* – вертикальных проекций скорости движения материала *Z1`* по j-м участкам лопатки, м/с

При этом h_v – величина высоты от днища емкости до дна воронки, м; k_v – поправочный коэффициент снижения текучести материала при образовании воронки; R_i– радиус расположения точки i–ого элементарного сектора поперечного сечения лопатки относительно оси вращения лопасти, м; z_{ci} – координата центра тяжести элементарного сектора материала от днища, м; Δh – зазор между днищем и мешалкой (под лопастями и лопатками), м;

$$H`_{o\,i} = (2h_v - z_{ci} - \Delta h + \frac{\omega^2 \cdot R_i{}^2}{2g}).$$

Высота слоя материала при вращающейся мешалке по длине лопаток, м:

$$H`_{m\,i} = \Delta h + h + H_i + h_{ll_i} \leq H_e.$$

Высота полета сектора материала определится, м

$$h_{ll_i} = \frac{(\omega \cdot R_i \cdot tg(\alpha_0))^2}{2 \cdot a`} = \frac{(\omega \cdot R_i \cdot tg(\alpha_0))^2}{2 \cdot g \cdot [1 + \rho \cdot H`_{o\,i} \cdot H_{r\,i} \cdot (\Delta R_i + \Delta d_i) \cdot tg(\varphi`)]}.$$

Высота полета элементарных секторов до крышки емкости по длине лопаток, м:

$$h`_{ll_i} = H_{e\,i} - \left(\Delta h + h + H_i + h_{ll_i}\right),$$

где $H_{e\,i}$ – высота емкости смесителя над i-м радиусом участка лопатки, м.

Высота полета элементарных секторов составит минимум из h_{ll_i} и $h`_{ll_i}$. В дальнейшем используется показатель как $h``_{ll_i}$.

Время подъема материала в свободном полете составит, с:

$$\tau_{PBi} = \frac{\omega \cdot R_i \cdot tg(\alpha_0)}{g \cdot [1 + \rho \cdot H`_{o\,i} \cdot H_{r\,i} \cdot (\Delta R_i + \Delta d_i) \cdot tg(\varphi`)]}.$$

Время подъема материала в полете до крышки емкости составит, с:

$$\tau_{PKi} = \frac{\omega \cdot R_i \cdot tg(\alpha_0) \pm \sqrt{(\omega \cdot R_i \cdot tg(\alpha_0))^2 - 2 \cdot a \cdot h``_{ll_i}}}{g \cdot [1 + \rho \cdot H`_{o\,i} \cdot H_{r\,i} \cdot (\Delta R_i + \Delta d_i) \cdot tg(\varphi`)]}.$$

Время падения сектора материала до днища составит, с:

$$\tau_{OPi} = \sqrt{\frac{2 \cdot (h + h``_{ll_i})}{g \cdot [1 - \rho \cdot H`_{o\,i} \cdot H_{r\,i} \cdot (\Delta R_i + \Delta d_i) \cdot tg(\varphi`)]}}.$$

Время падения сектора материала в быстроходном режиме работы смесителя до верхних краев лопаток составит, с:

$$\tau_{OPi} = \sqrt{\frac{2 \cdot h``_{ll_i}}{g \cdot [1 - \rho \cdot H`_{o\,i} \cdot H_{r\,i} \cdot (\Delta R_i + \Delta d_i) \cdot tg(\varphi`)]}}.$$

Время полета секторов материала определится, с:

$$\tau_{Pi} = \tau_{PBi} + \tau_{OPi};$$

$$\tau_{Pi} = \frac{\omega \cdot R_i \cdot tg(\alpha_0)}{g \cdot [1+\rho \cdot H`_{o\,i} \cdot H_{r\,i} \cdot (\Delta R_i + \Delta d_i) \cdot tg(\varphi`)]} + \sqrt{\frac{2 \cdot (h + h``_{ll_i})}{g \cdot [1-\rho \cdot H`_{o\,i} \cdot H_{r\,i} \cdot (\Delta R_i + \Delta d_i) \cdot tg(\varphi`)]}}.$$

Таким образом, критическое время полета частиц по внутреннему краю лопаток тихоходного смесителя определяется условием:

$$\tau_{pi} + \tau_{n_i} \leq \Delta t, \text{ или } \quad \tau_p + \frac{2L}{\omega \cdot \mathrm{d`_n}} \leq \frac{2\pi}{\omega \cdot z_M},$$

где $z_м$ – количество лопастей мешалки, шт.; $\mathrm{d`_n}$ – диаметр расположения внутренних кромок лопаток мешалки, м.

Интервал времени Δt между прохождением соседних лопаток над одной и той же точкой днища емкости (с) составит [11, 12]:

$$\Delta t = \frac{2\pi}{\omega \cdot z_M}.$$

Критическое количество лопаток мешалки, шт.:

$$z_M \leq \frac{2\pi}{\omega \cdot \left(\tau_p + \frac{2L}{\omega \cdot \mathrm{d`_n}}\right)}.$$

При выполнении указанного условия наблюдается тихоходный режим смешения, когда материал имеет возможность достижения днища емкости. При быстроходном режиме работы количество лопаток превышает указанные критические значения, обеспечивая псевдокипящий характер смешения компонентов смеси. В это время качество смеси зависит от турбулентности движения материала в смесительной емкости.

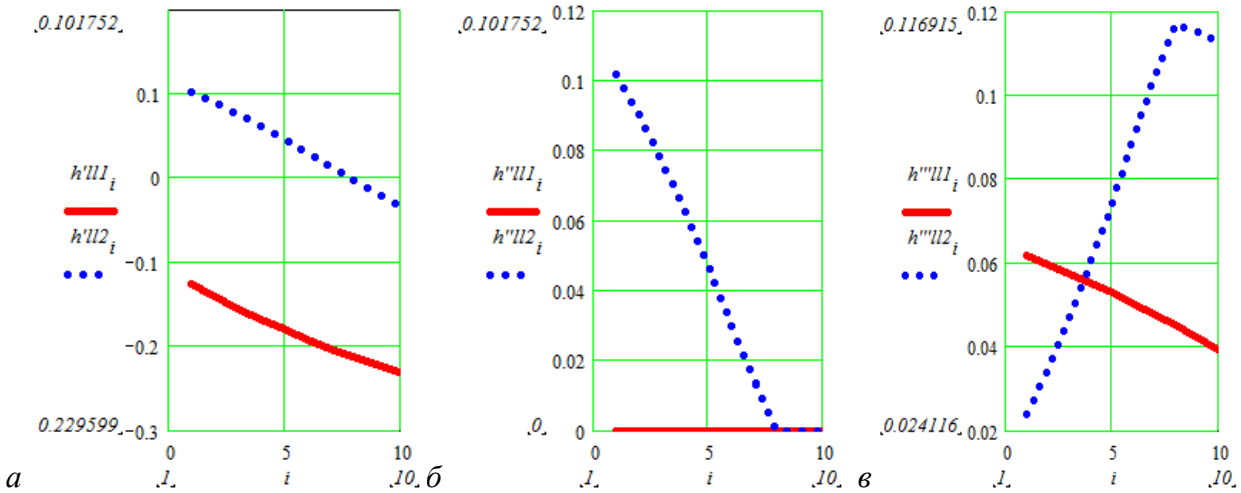
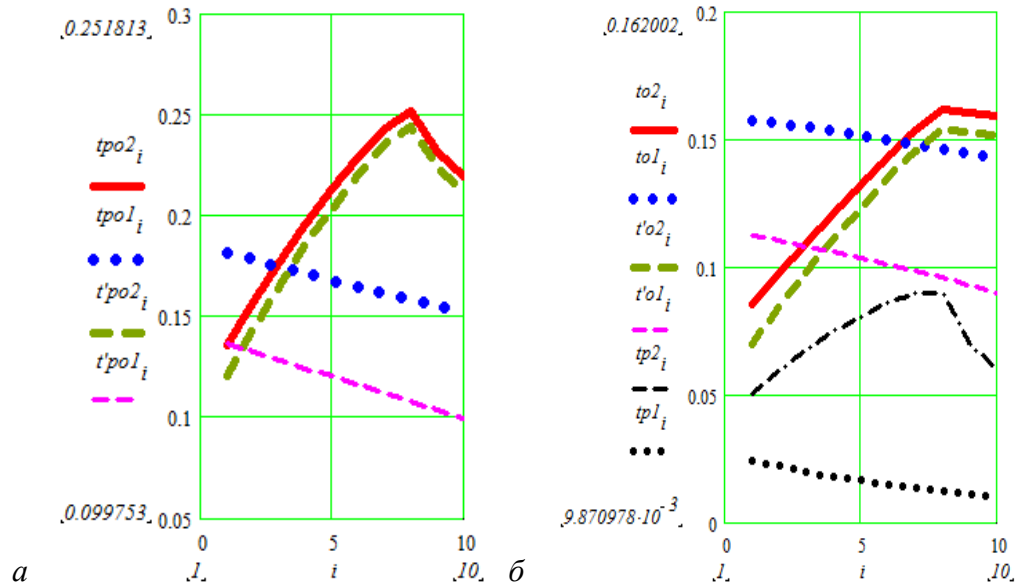


Рисунок 3 – Расстояние от крышки емкости до материала в верхней точке полета сектора по *i*-м участкам их длины: *а* – при наличии свободного пространства; *б* – при его отсутствии "ноль"; *в* – высота полета материала вверх по *i*-м участкам *1*-лопаток и *2*-лопастей, м

Произведенный расчет параметров полета по длине лопаток и лопастей мешалки позволил выявить, что ожидаемая угловая скорость вращения мешалки и параметры лопастей и лопаток приведет к подбрасыванию материала на существенную высоту. В результате материал с лопаток может подняться выше крышки емкости, что не возможно в принципе. Поэтому разница (отрицательные значения /рис.3,*а*/ приравниваются к «нулю» /рис.3,*б*/). В таком случае высота полета вверх (рис.3,*в*) будет ограничена высотой емкости смесителя, а с другой стороны – высотой материала над лопастями и лопатками мешалки в силу наличия воронки при вращении материала.



а *б*

Рисунок 4 – Влияние радиуса лопаток-*1* и лопастей-*2* по *i*-м участкам их длины на длительность: *а* – полета материала: *tpo* – до днища, с; *t'po* – над лопастями и лопатками, с; *б* – такта: *tp* – подъема при полете частиц материала, с; *to* – падения до днища частиц материала, с; *t'o* – падения частиц до верхней кромки мешалки для *1* – лопаток, *2* – лопастей

Это повлияет на длительность тактов полета материала (рис.4,*б*). С увеличением текущего радиуса мешалки (номера *i* для лопаток-*1* и лопастей-*2*) возрастает окружная скорость и, соответственно, вертикальная составляющая скорости материала. В результате материал с лопаток поднимается на большую величину, что требует дополнительного времени полета /*tp2*/. Как только высота будет ограничена крышкой, время ее достижения будет сокращаться пропорционально увеличению длины лопасти мешалки (правый участок значений /*tp2*/, а также весь интервал /*tp1*/ для лопаток). Учитывая, что в силу наличия воронки материала высота возможного полета не постоянна (она уменьшается к стенкам емкости из-за наличия воронки), то и время опускания /падения/ будет снижаться на участке достижения крышки емкости /*to1*,*to2*/, а там, где материал не достигает крышки – увеличиваться ввиду роста высоты полета. Это скажется аналогичном образом и на суммарном времени полета (рис.4,*а*).

Отсутствие отрицательных значений интервала времени отсутствия элементов мешалки над точкой днища (рис.5) с учетом числа лопастей Z свидетельствует об отсутствии перекрытий элементами мешалки друг друга при числе лопаток менее 12 шт.. Лишь у внутреннего края лопаток при $Z \geq 12$ имеется участок интервала времени /*to1*`/ менее «нуля», т.е. имеется перекрытие лопатками друг друга. При количестве элементов мешалки более 8 шт. интервал времени отсутствия лопаток менее 0,005*с* и лопастей менее 0,01*с*, что говорит о практически постоянном размещении лопаток и лопастей над днищем, не позволяющем материалу опускаться на дно, что ухудшит циркуляцию материала в радиальном направлении при тихоходном режиме работы мешалки и снизит интенсивность улучшения качества смеси с ростом числа воздействий мешалки на материал при псевдокипящем слое. Увеличение расчетной длины лопаток (более использованной 0,076 м) расширит зону перекрытия элементов мешалки друг друга и уменьшит максимальное допустимое количество лопастей.

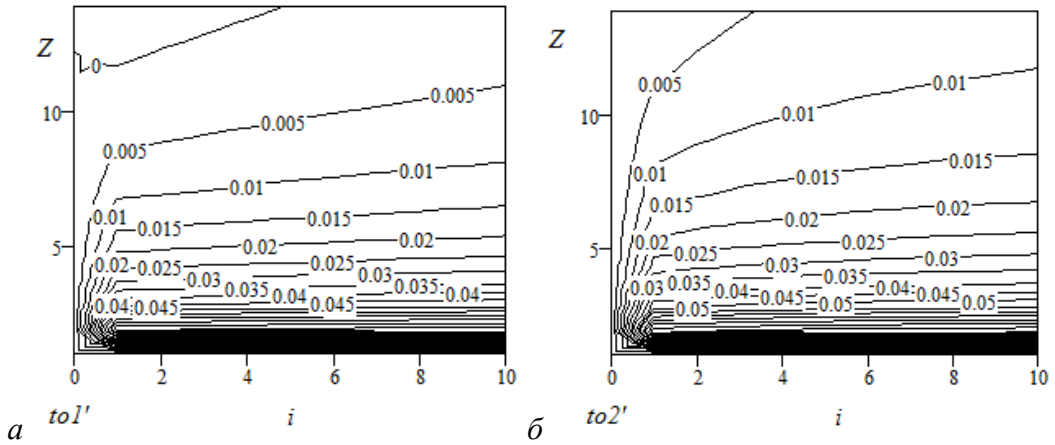


Рисунок 5 – Интервал времени *to* (сек.) отсутствия элементов мешалки над точкой днища с учетом числа лопаток *Z* (шт.) по *i*-м участкам их длины, для: а – лопаток-*1*; б – лопастей-*2*

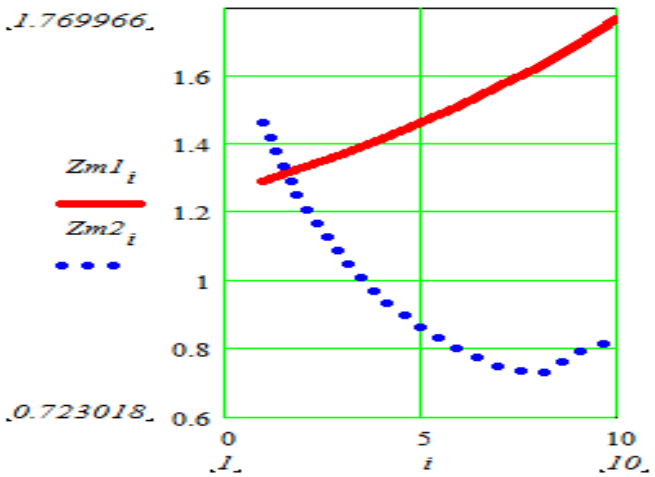


Рисунок 6 – Влияние радиуса лопастей и лопаток по их *i*-м участкам на критическое количество: *Zm1* – лопаток; *Zm2* – лопастей

В то же время критическое потребное минимальное количество лопастей с лопатками мешалки (рис.6) для условия «кипящего слоя» /т.е. отсутствия возможности свободного приземления материала на днище, характерного для тихоходного режима работы/ составляет 1,8 шт. (т.е. около 2 шт.).

В таком случае для обеспечения псевдокипящего режима работы количество элементов мешалки смесителя (лопастей с лопатками) может изменяться в интервале от 2 до 12 штук. Указанный интервал можно дополнительно исследовать экспериментально.

Заключение.

Проведенный численный анализ полученных выражений позволил выявить существующие тенденции изменения вертикальной скорости материала, сходящего с лопаток, длительности тактов полета, высоты подъема материала и критических значений количества лопастей с лопатками.

При частоте вращения мешалки 340 мин$^{-1}$ с расчетной длиной лопаток 0,076 м при угле установки их задней кромки 52° в емкости диаметром 0,3м, количество лопастей для псевдокипящего режима смешения компонентов не должно превышать 10 шт., а для тихоходного режима – 2 шт.

Список литературы

1. Сыроватка, В.И. Ресурсосбережение при производстве комбикормов в хозяйствах. // Техника и оборудование для села. – 2011. – № 6. – С. 22-25.
2. Бормотов, А.Н. Математическое моделирование структуры композитов в виде рациональных функций по краевым точкам области планирования / А.Н. Бормотов, И.А. Прошин, С.В. Тюрденева // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. - 2013. - № 12 (16). - С. 272-280.
3. Бормотов, А.Н. Многокритериальный синтез сверхтяжелого композита / А.Н. Бормотов, И.А. Прошин // Вестник Брянского государственного технического университета. - 2009. - № 4. - С. 29-36.
4. Коновалов, В.В. Устройство для внесения жира в концентрированные корма / В.В. Коновалов, А.А. Курочкин, К.М. Мишин // Механизация и электрификация сельского хозяйства, 2002. - № 5. - С. 12-13.
5. Коновалов, В.В. Моделирование качества смешивания сыпучих материалов барабанным смесителем / В.В. Коновалов, Н.В. Димитриев, А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс, 2013. - Т. 1. - № 9 (13). - С. 77-84.
6. Курочкин, А.А. Устройство для внесения жира в концентрированные корма / А.А. Курочкин, К.М. Мишин, В.В.Коновалов // Техника в сельском хозяйстве, 2004. - № 2. - С. 9-10.
7. Коновалов, В.В. Определение подачи цилиндрического шнекового пресса / В.В. Коновалов, В.В. Новиков, Д.В. Беляев, Л.В. Иноземцева // Нива Поволжья, 2010. - № 2. - С. 51-56.
8. Коновалов, В.В. Обоснование угла установки емкости и длительности перемешивания сухих смесей барабанным смесителем / В.В. Коновалов, Н.В. Димитриев, С.А. Кшникаткин, А.В. Чупшев // Нива Поволжья. - 2013. № 1 (26). - С. 46-50.
9. Петрова, С.С. К вопросу определения качества смеси у барабанного смесителя / С.С. Петрова, С.А. Кшникаткин, Н.В. Димитриев // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2012. – № 3. – С. 67-72.
10. Пат. 165692 Российская Федерация, МПК B01F. Смеситель микродобавок / Фомина М.В., Терюшков В.П., Коновалов В.В., Чупшев А.В.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО "Пензенская государственная сельскохозяйственная академия" (RU). – № 2016105347; заявл. 17.02.2016; опубл. 27.10.2016, Бюл. № 30.
11. Мачнев, В.А. Теоретическая механика. – Пенза: РИО ПГСХА, 2001. – 140 с
12. Волков, В.В. Прикладная механика. / В.В. Волков, В.Ю. Зайцев – Пенза: ПГТА. - 2012. – 130 с.

References

1. Syrovatka, V.I. Resource saving in the production of mixed fodders in farms. // Machinery and equipment for the village. - 2011. - No. 6. - P. 22-25.

2. Bormotov, A.N. Mathematical modeling of the structure of composites in the form of rational functions with respect to the boundary points of the planning area / A.N. Bormotov, I.A. Proshin, S.V. Tyurdeneva // XXI century: the results of the past and the problems of the present plus. - 2013. - No. 12 (16). - P. 272-280.

3. Bormotov, A.N. Multicriterial synthesis of superheavy composite. Bormotov, I.A. Proshin // Bulletin of Bryansk State Technical University. - 2009. - No. 4. - P. 29-36.

4. Konovalov, V.V. Device for introducing fat into concentrated feeds / V.V. Konovalov, A.A. Kurochkin, K.M. Mishin // Mechanization and electrification of agriculture, 2002. - № 5. - P. 12-13.

5. Konovalov, V.V. Modeling of quality of mixing of loose materials with a drum mixer / V.V. Konovalov, N.V. Dimitriev, A.A. Kurochkin, G.V. Shaburova // XXI century: the results of the past and the problems of the present plus, 2013. - T. 1. - No. 9 (13). - P. 77-84.

6. Kurochkin, A.A. Device for introducing fat into concentrated feeds / A.A. Kurochkin, K.M. Mishin, V.V. Konovalov // Engineering in Agriculture, 2004. - № 2. - P. 9-10.

7. Konovalov, V.V. Determination of feed of a cylindrical screw press / V.V. Konovalov, V.V. Novikov, D.V. Belyaev, L.V. Inozemtseva // Niva of the Volga Region, 2010. - № 2. - P. 51-56.

8. Konovalov, V.V. Justification of the installation angle of the tank and the duration of mixing of dry mixes with a drum mixer / V.V. Konovalov, N.V. Dimitriev, S.A. Kshnikatkin, A.V. Chupshev // Niva of the Volga region. - 2013. - No. 1 (26). - P. 46-50.

9. Petrova, S.S. To the question of determining the quality of a mixture in a drum mixer / S.S. Petrova, S.A. Kshnikatkin, N.V. Dimitriev // News of the Samara State Agricultural Academy. - 2012. - No. 3. - P. 67-72.

10. Pat. 165692 Russian Federation, IPC B01F. Mixer of microadditives / Fomina M.V., Teryushkov V.P., Konovalov V.V., Chupshev A.V.; Applicant and patent holder of the FGBOU VO "Penza State Agricultural Academy" (RU). - No. 2016105347; Claimed. 02/17/2016; Publ. 10/27/2016, Byul. No. 30.

11. Machnev, V.A. Theoretical mechanics. - Penza: RIO of PSPA, 2001. -140 s

12. Volkov, V.V. Applied mechanics. / V.V. Volkov, V.Yu. Zaitsev - Penza: PGTA. - 2012. - 130 p.

УДК 631.348:633.65

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СРЕДСТВА ДЛЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТОКОВ ПЕСТИЦИДОВ

Омаров Акылбек Нурлыбекович
доктор (PhD),
Бралиев Майдан Кабатинович
доцент ВАК,
Мухтаров Мурат Утембекович,
докторант
Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана, г. Уральск, e-mail: Akylbek-kaz@mail.ru

Реферат. *Известна эффективность сочетания технологических операций междурядного рыхления и локального внесения жидких комплексных удобрений. Исследования проводили на специально изготовленном стенде с распылителями, на котором растворы можно подавать сверху и с боков как отдельно через каждый распылитель, так и совместно. Качество обработки объекта определяли на лабораторной установке, имитирующей ленточный распыл жидкости. Выбраны режимы работы распылителей. Установлено, что площадь распыливания зависит от высоты установки распылителя, угла конуса распыла и угла установки распылителя относительно горизонтали. Определили , что минимальную ширину полосы в 60 мм, которая соответствует половине защитной зоны рядка при второй гербицидной обработке, обеспечивает распылитель с факелом распыла 60°, установленный на высоте 50 мм от поверхности почвы. Для внекорневой подкормки в*

фазе смыкания листьев сахарной свеклы с необходимой шириной полосы 450-500 мм возможно использование распылителей с углом факела распыла от 60 до 120º, устанавливаемых на высоте от 400 до 175 мм, соответственно. Показано, что при одновременном выполнении двух технологических операций площадь распыла составляет 30-35% суммарной площади междурядий, соответственно количество внесенного рабочего раствора будет в 2-2,5 раза меньше, по сравнению со сплошным внесением. Средства на снижение расхода препарата, а также на транспортировку воды, приготовление рабочего раствора экономятся, меньшие затраты времени требуются на заправку агрегатов рабочим раствором.

Ключевые слова: р*аспылители, угол факела распыла, локальное внесение жидких удобрений, междурядное рыхление.*

INVESTIGATION OF TECHNICAL MEANS FOR DISTRIBUTION OF PESTICIDE FLOWS

Omarov Akylbek Nurlybekovich
doctor (PhD),
Braliev Maidan Kabatinovich
associate professor of VAK,
Mukhtarov Murat Utembekovich
doctoral student
West-Kazakhstan Agrarian Technical University named after Zhangir Khan, city of Uralsk, e-mail: Akylbek-kaz@mail.ru

Abstract*. The efficiency of combining technological operations of inter-row loosening and local application of liquid complex fertilizers is known. The studies were carried out on a specially constructed booth with sprayers, where the solutions can be supplied from above and from the sides, either separately through each sprayer or together. The quality of the treatment of the object was determined on a laboratory unit simulating the belt spray of the liquid. Spray modes are selected. It is established that the spray area depends on the height of the sprayer installation, the angle of the spray cone and the angle of installation of the spray gun with respect to the horizontal. ctIt was determined that a minimum strip width of 60 mm, which corresponds to half the protective zone of the row in the second herbicidal treatment, provides a sprayer with a 60 ° spray pattern installed at a height of 50 mm from the soil surface. It is shown that with simultaneous execution of two technological operations, the spray area makes up 30-35% of the total area of the rows, accordingly, the amount of the working solution introduced will be 2-2.5 times less than in the case of continuous application. Means for reducing the consumption of the drug, as well as for transporting water, preparing the working solution are saved, less time is required for filling the units with working solution.*

Key words: *sprayers, spray angle, local application of liquid fertilizers, inter-row loosening*

Введение. Технология возделывания сахарной свеклы и технических средств для еѐ осуществления непрерывно совершенствуются. Особого внимания заслуживает процесс защиты посевов от сорняков. Для того, чтобы получить высокие урожаи корнеплодов, нужно внедрять прогрессивные технологии, основанные на использовании комбинированных агрегатов для обработки почвы, совместном применении химических методов борьбы с сорняками и болезнями и механической обработки почвы.

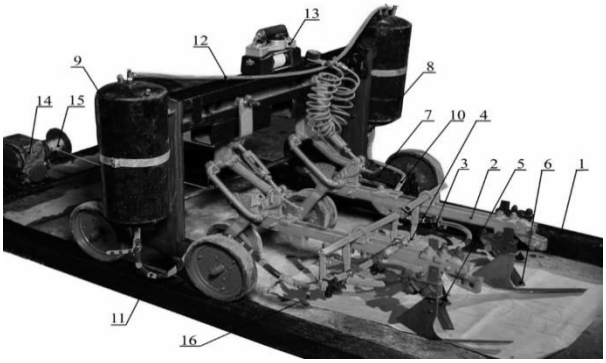
В настоящее время ни отечественная, ни зарубежная промышленность не выпускают многофункциональные машины для ухода за свекловичными посевами в промышленных масштабах. Создание усовершенствованной технологии и технических средств, обеспечивающих совмещение ленточного внесения гербицидов, внекорневую подкормку растений и механическую междурядную обработку посевов сахарной свеклы несомненно актуально. Вопросы обоснования площади обработки и ширины обработанной полосы в зависимости от параметров установки распылителей на техническом средстве с учетом фенофазы развития растений чрезвычайно важны.

За последние годы расширился ассортимент химических средств для борьбы с сорной растительностью, повысилась их эффективность и, вместе с этим, резко возросли требования к технологии и механизации обработок. В соответствии с агротехническими требованиями отклонения от установленного расхода жидкости не должны превышать 10%, а неравномерность отложения жидкости по ширине захвата, выраженная коэффициентами вариации, должна быть не более 25% для полевых опрыскивателей[1].

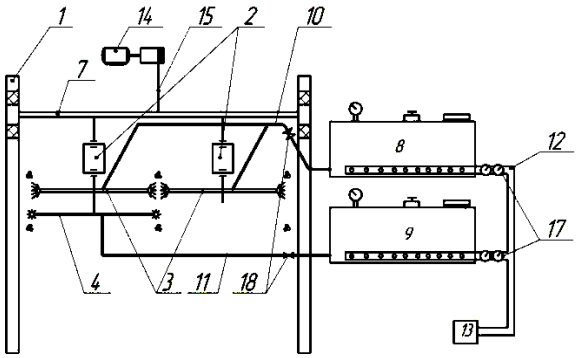
Авторами, совместно с другими исследователями, предложен многофункциональный комбинированный агрегат, позволяющий проводить локальное внесение гербицидов, микроудобрений и росторегулирующих препаратов одновременно с проведением механических междурядных обработок [3]. Эффективность использования химических препаратов для борьбы с сорняками (гербицидов), болезнями растений (фунгицидов) и жидких минеральных подкормок может быть существенно повышена за счет грамотного распределения потоков препаратов.

Этот способ обработки посевов имеет несколько преимуществ, по сравнению со сплошным опрыскиванием. Прежде всего уменьшается расход средств на проведение химической обработки, так как препарат вносится не самостоятельно, а вместе с междурядной обработкой, то есть за один проход агрегата выполняются две технологические операции. В технологическом процессе ухода за посевами очень важно междурядное рыхление с локальным внесением жидких комплексных удобрений. Эффективность и целесообразность проведения такого сочетания технологических операций подтверждена научными исследованиями [5].

Материал и методика исследований. Для исследования возможности совмещения механических и химических способов обработки посевов свеклы в лабораторных условиях был изготовлен стенд с распылителями таким образом, что можно растворы подавать сверху и с боков как отдельно через каждый распылитель, так и совместно. Качество обработки объекта определяли на лабораторной установке (рисунок 1), которая позволяет имитировать ленточный распыл жидкости. Две секции культиватора, закрепленные на сварной раме, приводятся в действие электродвигателем через редуктор. Рама установлена на четырех колесах и на ней закреплены две секции культиватора для междурядной обработки сахарной свеклы. На них установлен кронштейн с распылителями жидких удобрении и гербицидов. На секции культиватора с помощью кронштейна на винтах закреплен распылитель, факел которого можно направлять как параллельно оси движения, так и перпендикулярно. Скорость движения установки можно регулировать с помощью электродвигателя.



а)



б)

1 – направляющие; 2 – секция культиватора; 3 – приспособление для внесения гербицидов с распылителями; 4 – приспособление для внесения гербициды с распылителями; 5, 6 – плоскорежущие лапы; 7 – рама с опорными колесами; 8 – емкость с мешалкой, манометром и регулятором давления для гербицидов; 9 – емкость с мешалкой, манометром и регулятором давления для жидких удобрений; 10 – шланги для подачи гербицидов; 11 – шланги для подачи удобрений; 12 – трубопровод для подачи воздуха; 13 – компрессор; 14 – приводная станция; 15 – трос; 16 – трафарет для расстановки рабочих органов; 17 – редуктор давления; 18 – запорные краны

Рисунок 1 – Общий вид стенда (а) и принципиальная гидравлическая схема (б) для лабораторных исследований технического средства

Стенд для определения оптимального расположения форсунки при обработке защитных зон гербицидами и внесение минеральных удобрений работает следующим образом. Рабочее давление подается компрессором в нагнетательные магистрали через регуляторы давления. Каждая емкость работает отдельно, и имеет независимые насосы для изменения давления подачи растворов жидких минеральных удобрений и гербицидов. Рабочие жидкость под давлением поступает через кран и распределяется по шлангам к распылителям для гербицидов и жидких минеральных удобрений. Распылители регулируются в любом положении поворотом вокруг горизонтальной и вертикальной осей и фиксируются винтами.

Результаты исследований. С целью выбора режимов работы распылителей были проведены экспериментальные исследования на специально изготовленной установке, описанной выше. Насадки к распылителям выпускаются с выходными отверстиями, образующими различные углы факела распыла.

На рисунке 2 графически представлены результаты исследований по определению диаметра пятна распыливания.

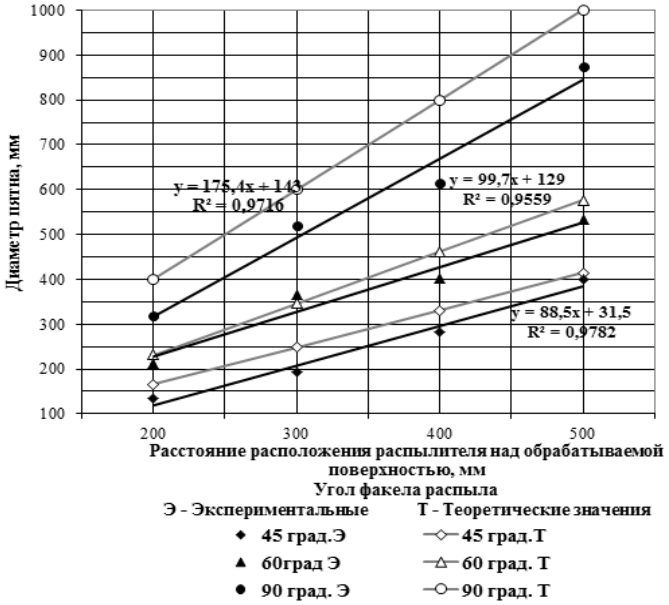


Рисунок 2 – Диаметр пятна распыливания в зависимости от углов установки распылителей с круглым факелом

Площадь распыливания, полученная с помощью распылителей, установленных под различными углами относительно обрабатываемой поверхности, значительно увеличивается при увеличении угла распыла на фиксированном расстоянии от установки. Она зависит от высоты установки распылителя, угла α конуса распыла и угла β установки распылителя относительно горизонтали. При этом площадь распыливания распылителями, наклоненными под различными углами относительно обрабатываемой поверхности, значительно увеличивается при уменьшении угла распыла на фиксированной высоте установки. При установке распылителя в вертикальном положении пятно распыливания имеет форму круга.

Как показывает теория, по ширине распыла раствор распределяется неравномерно. Для проверки этого были проведены соответствующие исследования [5].

Исследования щелевых распылителей для химической обработки посевов свеклы подтвердили правильность предложенной методики анализа неравномерности распределения жидкости по ширине факела распыла и возможность ее использования при проектировании технического средства для внекорневой подкормки растений и ленточной обработки посевов сахарной свеклы гербицидами.

Ширина полосы, обрабатываемой распылителями с щелевой насадкой и различными углами распыла, увеличивается прямо пропорционально увеличению высоты установки. Так, минимальную ширину полосы в 60 мм, которая соответствует половине защитной зоны рядка при второй гербицидной обработке, обеспечивает распылитель с факелом распыла 60º, установленный на высоте 50 мм от поверхности почвы. Для внекорневой подкормки в фазе смыкания листьев сахарной свеклы с необходимой шириной полосы 450-500 мм возможно использование распылителей с углом факела распыла от 60 до 120º, устанавливаемых на высоте от 400 до 175 мм, соответственно (рис. 3).

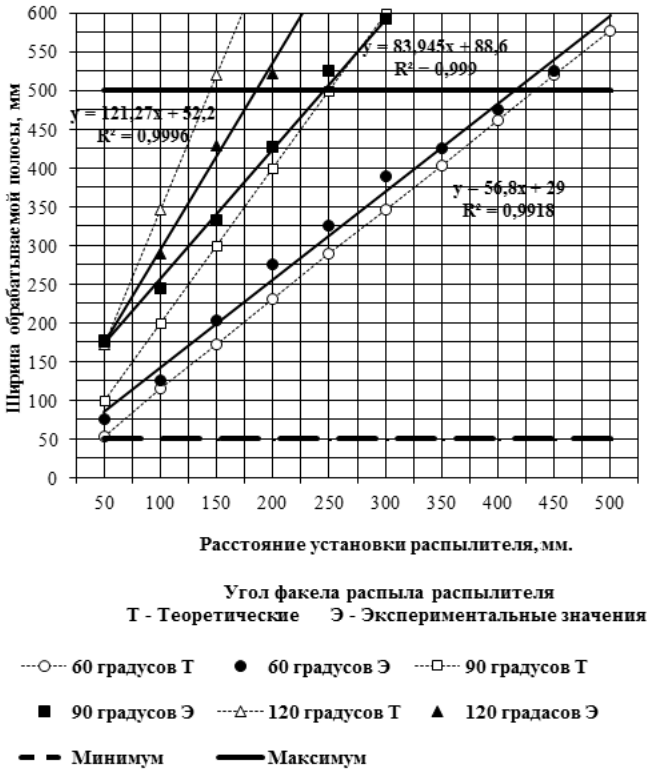


Рисунок 3 – Ширина обрабатываемой полосы в зависимости от расстояния установки распылителя

Применение способа совместного внесения регуляторов роста и гербицидов, включающего одновременную обработку листовой поверхности растворами росторегулирующих препаратов с ленточным внесением гербицидов в защитную зону без отложения их на листовой поверхности сахарной свеклы, позволит предотвратить попадание гербицида (снижение попадание гербицидов на листья достигает 93,6%), существенно повысить качество обработки посевов сахарной свеклы, а также минимизировать негативное влияние гербицидов на культурные растения [6].

Выводы. Таким образом, можно отметить, что при обработке свеклы химическими и механическими способами проведенными по указанным графикам необходимо соблюдать ряд методических требований, чтобы выяснить влияние параметров распыливания. Для качественного проведения исследований определяется тип распылителя, показатели его установки и режимы работы. При выполнении указанных требований площадь внесения препарата составляет 30-35% суммарной площади междурядий, соответственно, количество внесенного рабочего раствора будет в 2-2,5 раза меньше, по сравнению со сплошным внесением. Экономятся средства на снижении расхода препарата, а также на транспортировку воды, приготовление рабочего раствора будет меньшие затраты времени на заправку агрегатов рабочим раствором.

Список литературы

1. Завражнов А.И. Технология и комбинированное средство для ухода за посевами сахарной свеклы / А.И. Завражнов, К.А. Манаенков, С.В.Соловьёв, А.В. Балашов, А.Н Омаров // Наука в центральной России,– Тамбов, 2016. – №2, – С. 5-11.

2. Омаров А.Н. Обоснование возможности и условий применения импульсного метода внесения жидких рабочих растворов / А.И. Завражнов, А.Н. Омаров, А.В. Балашов, М.К.

Бралиев // В сбор. докл. «Наука и образование XXI века: опыт и перспективы», – Уральск: Изд. – ЗКАТУ им. Жангир хана, 2013. – 2–Т. – С. 322–325.

3. Балашов А.В. Блочно – модульный агрегат для возделывания пропашных культур / А.И. Завражнов, Ж.Ж. Зайнушев, А.Н. Омаров, А.И. Завражнов, С.В. Соловьёв // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. Мичуринск, 2015. №2. С. 163-170.

4. Стрыгин С.П. Совершенствование технологий и технических средств опрыскивания растений / Ю.А. Тырнов, С.П. Стрыгин, А.Н. Омаров, // «Повышение эффективности использования ресурсов при производстве сельскохозяйственной продукции-новые технологи и техника нового покаления для растиневодства и животновдства», Сборник научных докладов XVII международной научно-практической конференции, 24-25 сентября.- г. Тамбов. 2013. С. 137-140.

5. Манаенков К.А. Результаты исследований щелевых распылителей для обработки свеклы. / А.Н. Омаров, А.И. Завражнов, С.В. Соловьев // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. –2016. – №2. – С. 126–130

6. Завражнов А.И. Определение конструктивных параметров аппликаторов для локальной обработки посевов сахарной свеклы / А.И. Завражнов, А.В. Балашов, С.В. Дьячков, А.Н. Омаров, С.П. Стрыгин // Достижения науки и техники АПК, Москва, 2017. - №1. –С. 52-56.

References

1. Zavrazhnov A.I. Technology and a combined tool for the care of sugar beet crops / A.I. Zavrazhnov, K.A. Manaenkov, SV Solovyov, A.V. Balashov, A.N. Omarov // Science in Central Russia, - Tambov, 2016. - No. 2, - S. 5-11.

2. Omarov A.N. Substantiation of the possibility and conditions of application of the pulsed method of introducing liquid working solutions / A.I. Zavrazhnov, A.N. Omarov, A.V. Balashov, M.K. Braliev // In the collection. doc. "Science and education of the XXI century: experience and perspectives", - Uralsk: Izd. - ZKATU them. Zhangir Khan, 2013. - 2-T. - P. 322-325.

3. Balashov A.V. Block - modular aggregate for cultivating tilled crops / A.I. Zavrazhnov, J.Zh. Zainushev, A.N. Omarov, A.I. Zavrazhnov, S.V. Solov'ev // Bulletin of Michurin State Agrarian University. Michurinsk, 2015. №2. Pp. 163-170.

4. Strygin S.P. Perfection of technologies and technical means of spraying plants / Yu.A. Tyrnov, S.P. Strygin, A.N. Omarov, // "Increasing the efficiency of resource use in the production of agricultural products, new technology and technology for new generations for growing and livestock", Collection of Scientific Reports of the 17th International Scientific and Practical Conference, September 24-25 .- Tambov. 2013. P. 137-140.

5. Manaenkov K.A. Results of studies of slotted sprayers for beet processing. / A.N. Omarov, A.I. Zavrazhnov, S.V. Solovyov // Bulletin of Michurin State Agrarian University. -2016. - №2. - P. 126-130

6. Zavrazhnov A.I. Determination of constructive parameters of applicators for local processing of sugar beet crops / A.I. Zavrazhnov, A.V. Balashov, S.V. Dyachkov, A.N. Omarov, S.P. Strygin // Achievements of science and technology of the agro-industrial complex, Moscow, 2017.-№1. -FROM. 52-56.

УДК 631.358.072

АНАЛИЗ РАБОТЫ ИГОЛЬЧАТОЙ БОРОНЫ

Хайлис Гедаль Абрамович,
доктор технических наук, профессор,
E-mail: vniiml1@mail.ru
Ковалев Михаил Михайлович,
доктор технических наук, главный научный сотрудник,
научный руководитель,
E-mail: m.kovalev@vniiml.ru
Кондрашов Виктор Анатольевич,
аспирант,
E-mail: vik3353@yandex.ru
Перов Геннадий Анатольевич,
кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник,
E-mail: vniiml2@mail.ru

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт механизации льноводства», г. Тверь

Реферат. *В статье изложены результаты теоретических исследований работы игольчатой бороны при обработке почвы.Рассмотрены особенности движения игл при внедрении в почву. Иглы бороны взаимодействуют с почвой только на определенном участке, причем на одной части этого участка иглы заглубляются в почву, а на другой его части происходит выглубление иглы из почвы. Обоснована и определена точка, в которой находится мгновенный центр вращения иглы. Получена формула для определения угла α отклонения вектора V_B скорости от вертикали. Установлено, что в момент начала прокола почвы необходимо, чтобы скорость V_B не была отклонена от вертикали, или отклонена от неё на весьма небольшой угол α; это обеспечит меньшие силы трения иглы о почву, снизит энергозатраты на выполнение технологического процесса, улучшит качество рыхления почвы. Более полно учтены силовые факторы при расчете движущей силы игольчатой бороны, включающие горизонтальную составляющую силы сопротивления почвы на выходе иглы из неё. Получены уточненные формулы для расчета движущей силы игольчатой бороны с учетом этого фактора, а также одновременного заглубления в почву нескольких игл.*

Ключевые слова: *Почва, игольчатая борона, игла, внедрение, движение, центр, скорость, движущая сила.*

ANALYSIS OF THE WORK OF THE NEEDLE HARROWS

Hailis Gedal Abramovich,
doctor of technical Sciences, Professor,
E-mail: vniiml1@mail.ru
Kovalev Mikhail Mikhailovich,
doctor of technical Sciences, chief researcher,
scientific adviser,
E-mail: m.kovalev@vniiml.ru
Kondrashov Victor Anatolyevich,
postgraduate,
E-mail: vik3353@yandex.ru
Perov Gennady Anatolyevich,

candidate of technical Sciences, leading researcher,
E-mail: vniiml2@mail.ru

All-Russian research Institute mechanization of flax", Tver

Abstract. *The article presents the results of theoretical studies of the needle harrow in soil treatment. The features of needle movement during the introduction into the soil are considered. Harrow needles interact with the soil only in a certain area, and on one part of this area the needles are buried in the soil, and on the other part of it the needle is dug out of the soil. The point at which the instantaneous center of rotation of the needle is located is substantiated and determined. The formula for determining the angle α of deviation of the velocity vector V_B from the vertical is obtained. It was found that at the beginning of the soil puncture it is necessary to take into account the velocity V_B was not deviated from the vertical, or deviated from it by a very small angle α; this will provide less friction force of the needle on the soil, reduce energy costs for the technological process, improve the quality of soil loosening. More fully taken into account the power factors in the calculation of the driving force of the needle harrow, including the horizontal component of the soil resistance force at the exit of the needle from it. The refined formulas for the calculation of the driving force of the needle harrow taking into account this factor, as well as the simultaneous penetration of several needles into the soil, are obtained.*

Key words: *Soil, needle harrow, needle, introduction, movement, center, speed, driving force.*

Введение. В программах развития сельского хозяйства мелкосеменные культуры, такие как лен-долгунец и рапс выделены в качестве стратегических, имеющих важное народно-хозяйственное значение [1]. Эффективность возделывания этих культур во многом зависит от качества поверхностной предпосевной обработки почвы. Применяемые технологические операции поверхностной предпосевной обработки почвы направлены на создание условий, обеспечивающих ускоренное прорастание семян и развитие растений [2-5]. Однако, применительно ко льну-долгунцу многие процессы остаются неизученными, что во многом относится и к выполнению технологического процесса игольчатыми боронами [6-12]. В связи с этим, исследования, направленные на улучшение показателей качества работы игольчатых борон являются актуальными.

Цель исследования. Анализ движения прямолинейных, радиально установленных на дисках игл бороны при проколе ими почвы и установление особенностей их движения.

Методы исследования. Теоретические исследования проведены с использованием основных положений механики.

Результаты и обсуждение. Игольчатая борона относится к устройствам, имеющим ведомые звенья, совершающие качение по почве в продольно – вертикальной плоскости (рис.1).

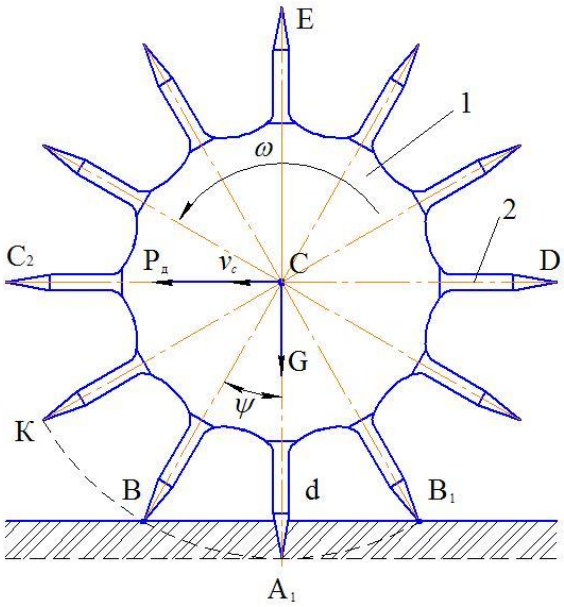


Рисунок 1 - Схема движения игольчатого диска бороны.

Движущиеся в этой плоскости игольчатые диски 1 углубляются иглами 2 в почву, прокалывают и рыхлят её. При движении бороны каждый диск вращается вокруг своей оси, жестко связанной с общей осью всех дисков, образующих батарею бороны, и движется вместе с другими дисками на одинаковой высоте от поверхности почвы. Вращаются диски 1 против часовой стрелки с угловой скоростью ω вокруг оси С, движущейся влево со скоростью V_C. Движение бороны осуществляется под действием горизонтально приложенных в центрах дисков сил $P_Д$. Заглубление игл в почву происходит под действием сил тяжести G бороны.

Взаимодействие диска игольчатой бороны, ось которого связана с осями других дисков, а заглубление $h_И$ игл незначительно, показано на рис. 2, на котором Ψ - угол между осями игл СВ и CC_V.

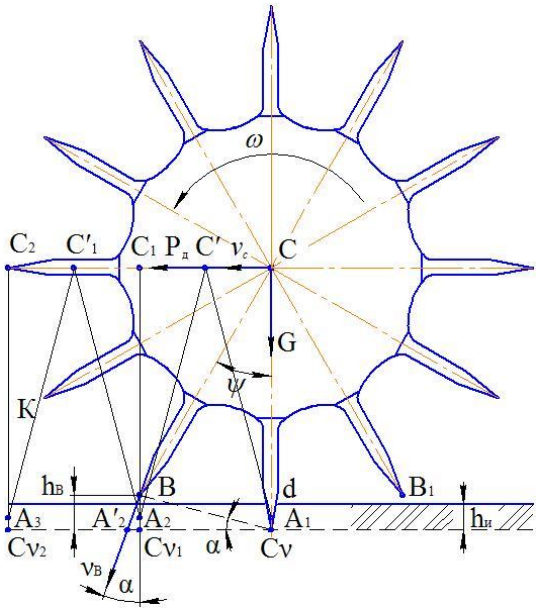


Рисунок 2.- Схема к анализу движения игольчатого диска бороны по почве.

На участке Bd игла заглубляется в почву, а на участке dB_1 она выглубляется из неё. На участке BB_1 игла производит полезную работу.

Анализ показал, что при перемещении центра C бороны влево с скоростью V_C мгновенный центр вращения иглы будет в точке C_V , так как она находится достаточно глубоко в почве, и она не может быстро менять своё положение.

При перемещении центра C по направлению вектора скорости V_C точка C останется на линии $CC'C_1C'_1C_2$, а нижний конец иглы CA_1 переместится вверх на высоту $C_V A_1(CC_V = C'A_1)$. Одновременно повернется и игла A_1C и займет положение $A_1 C'$. В то же время игла CB повернется вниз, и точка B этой иглы так же переместится вниз. Дальнейшее перемещение влево центра C точка B иглы займет положение A_2 , а игла CB займет вертикальное положение $C_1C_{V1}(C_1C_{V1}=C'A_2)$. Здесь C_{V1} мгновенный центр вращения иглы CB при её повороте. В дальнейшем центр C переместится в положение C'_1, а нижний конец B иглы CB выйдет из положения C_V в почве. К этому времени игла CK повернется вниз и точка K при этом будет последовательно приближаться к точке A_3 , а затем и к точке C_{V2}, которая является мгновенным центром вращения иглы CK.

При движении центра C к положению C_2 конец K иглы углубляется в почву, где располагаются точки A_3 и C_{V2}, и когда центр C займет положение C_2 игла CK будет в вертикальном положении C_2C_{V2}..

Таким образом, перемещение центра C проходит по прямой $CC'C_1C'_1C_2$, а точки $A_1A_2A_3$ игл CC_V , CB и CK внедряются в почву на полную глубину $h_И$ лишь тогда, когда иглы занимают вертикальные положения такие, как CC_V , C_1C_{V1} и C_2C_{V2}.. Кроме того видно, что иглы внедряются в почву в положении, близком к вертикальному, на что указывает и направление вектора скорости V_B , отклоненного на угол α, который влияет на условия вхождения иглы в почву.

Для определения угла α рассмотрим треугольник C_VBC_{V1} и $C_VBA'_2$, которые подобны, а угол BC_VC_{V1} равен углу $BC_{V1}A'_2$.

Следовательно

$$\mathrm{t}g\,\alpha = \frac{\mathrm{BC}_{V1}}{\mathrm{C}_{V1}\mathrm{C}_V} \quad \text{или}$$

$$\alpha = arc\,\mathrm{t}g\,\frac{\mathrm{BC}_{V1}}{\mathrm{C}_{V1}\mathrm{C}_V}, \tag{1}$$

где BC_{V1}– высота конца B иглы BC над линией $C_{V2}\,C_{V1}C_V$, а $C_{V1}C_V$ - расстояние от точки C_{V1} до точки C_V.

При работе бороны необходимо, чтобы вектор V_B скорости вначале внедрения в почву иглы был направлен по вертикали или отклонен от неё на весьма небольшой угол α.

Так как $CC_V = r_Д$, где $r_Д$ – радиус диска бороны с иглами, а угол BCC_V равен Ψ (рис.2), то из треугольника BCC_V имеем:

$$\mathrm{BC}_V = 2r_{\text{д}}sin\frac{\Psi}{2}. \tag{2}$$

Расстояние $BC_{V1}= h_B$, где h_B– высота точки B над линией $C_{V2}\,C_{V1}C_V$.

Отсюда

$$h_{\text{в}} = \sqrt{(\mathrm{BC}_V)^2 - (\mathrm{C}_{V1}\mathrm{C}_V)^2}. \tag{3}$$

Так как $h_{\text{в}} = (\mathrm{BC}_V)sin\Psi$, а $(\mathrm{C}_{V1}\mathrm{C}_V) = (\mathrm{BC}_V)cos\Psi$, то подставляя эти значения в (3) с учётом (2), произведя преобразования, получим:

$$cos\Psi = \sqrt{1 - \left(\frac{h_{\text{в}}}{2r_{\text{д}}sin\frac{\Psi}{2}}\right)^2} \quad \text{или} \tag{4}$$

$$\Psi = arc\ cos\sqrt{1-\left(\frac{h_в}{2r_д sin\frac{\Psi}{2}}\right)^2}. \quad (5)$$

Из (4) и (5) следует, что чем меньше $h_в$, тем меньше угол α. При уменьшении $h_в$ до нуля, угол α также будет равен нулю, а вектор V_B скорости будет направлен по вертикали вниз. В этом случае прокол почвы будет проходить при меньшей силе трения иглы о почву, чем когда угол α больше нуля, что приведет к улучшению качества обработки почвы и снижению энергозатрат на выполнение технологического процесса.

Полученные в работах [7,10] формулы для определения движущей силы справедливы для случая, когда угол Ψ между осями игл больше 45^0, т.е. когда игла поворачивается в почве на угол от $\Psi = 45^0$ до угла $\Psi_0 + \Psi$, равного 90^0, при котором игла займет вертикальное положение.

Если же угол между осями игл на диске меньше 45^0, то следующая за первой иглой вторая игла входит в почву, когда первая игла еще не вышла из почвы, т.е. одновременно работают две иглы и т.д. Поэтому эти формулы требуют корректировки.

В работе [1] рассмотрена одновременная работа двух игл. Однако полученные формулы носят приближенный характер, а учет силы Q_1 сопротивления, преодолеваемого иглой при выходе из почвы, требует уточнения.

Перед корректировкой формулы для определения движущей силы игольчатой бороны составим таблицу возможных вариантов количества игл и угла между ними на диске.

Таблица – Возможные варианты количества игл и углов между ними на диске

№ п/п	Варианты количества игл в одном диске	Угол между соседними иглами, градусов	Возможное количество одновременно работающих игл
1	9	40	2
2	12	30	2
3	18	20	3
4	24	15	3
5	30	10	4

Из таблицы следует, что чем больше количество игл на диске, тем меньше угол между ними и тем сложнее конструкция. Однако, при большом расстоянии между проколами почвы возможно недостаточное качество её рыхления. Исходя из этого более подходящими количествами игл на каждом диске будут цифры 12 и 18 , хотя возможно и применение 24 игл.

Рассмотрим процесс совместной работы четырех игл бороны, причем три иглы заглубляются и одна игла выглубляется из почвы. Схема такой работы игл представлена на рисунке 3.

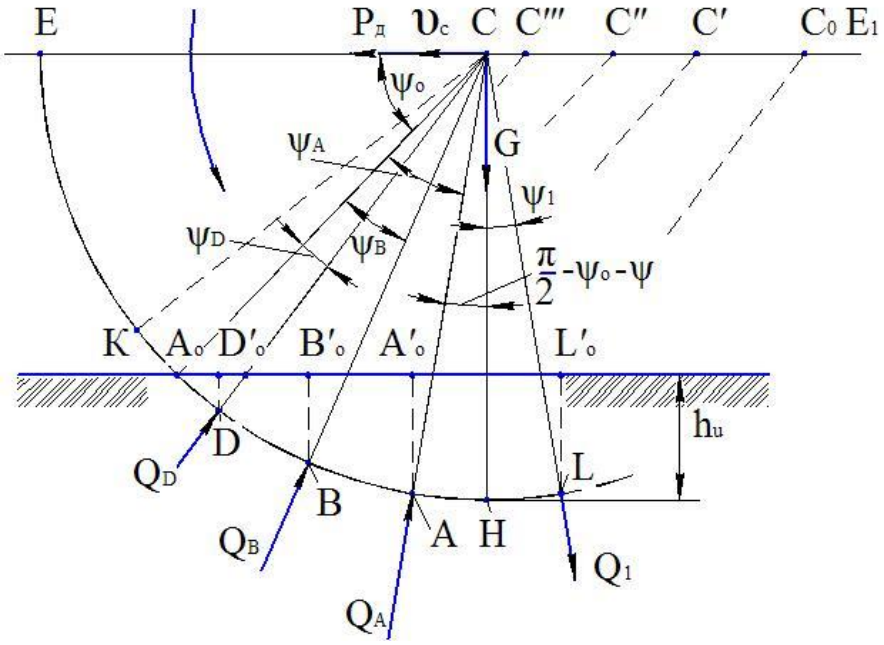


Рисунок 3 – Схема совместной работы четырех игл игольчатой бороны

Вначале проанализируем силы, показанные на рисунке 3, на котором представлены силы, действующие на ось *C* бороны. Это движущая сила $P_Д$, сила тяжести *G* и силы сопротивления *Q* и Q_1. Линия действия силы *Q* проходит по линии иглы под углом $\frac{\pi}{2} - \Psi_0 - \Psi$ к вертикали (здесь Ψ_0 – угол отклонения от горизонтали линии иглы в момент касания поверхности почвы кончиком иглы, Ψ – угол поворота иглы во время её углубления в почву), а линия действия силы Q_1 сопротивления, преодолеваемая иглой при выходе из почвы, проходит под углом Ψ_1 к вертикали.

На схеме показаны иглы *CA*, *CB*, *CD* и *CL*, работающие совместно, при этом между иглами *CA* и *CB* угол равен $\Psi_А - \Psi_В$, а между иглами *CB* и *CD* угол будет равен $\Psi_В - \Psi_D$, причем $\Psi_А - \Psi_В = \Psi_В - \Psi_D$. Если считать, что каждая игла производит прокол почвы в направлении, близком к вертикали, то игла *CA* начала прокол почвы в точке A'_0 (центр *C* был тогда в точке C'), игла *CB* начала прокол почвы в положении около точки B'_0 (центр *C* был тогда в точке C''), а игла *CD* начала прокол почвы в точке D'_0, при нахождении центра *C* в положении C'''. Угол Ψ_0для каждой иглы равен углу ECA_0, угол Ψ для каждой иглы *CA*, равный углу $\Psi_А$, угол Ψ для каждой иглы *CB,* равный углу $\Psi_В$, и угол Ψ для каждой иглы *CD,* равный углу Ψ_D, принимает значения от угла Ψ_0 до угла *ECH*. Максимальная глубина прокола почвы иглой будет $h_И$, а угол Ψ_{12} равен $90^0 - \Psi_0$.

После прохождения иглой вертикального положения *CH* она начинает выглубляться из почвы. При выглублении иглы *CL* в точке L'_0 центр *C* занимал положение C_0.

Движущая сила $P_Д$ бороны для углубления игл *CA*, *CB*, *CD* в почву, и выглубления иглы *CL* из почвы будет равна сумме движущих сил $Р_{д1} + Р_{д2} + Р_{д3} + Р_{д4}$.

С учетом ранее проведенных исследований [1,7,10] и вышеизложенного получим уточненную формулу горизонтальной движущей силы $P_Д$ игольчатой бороны при одновременной работе четырех игл:

- при сопротивлении почвы проколу иглой по линейной зависимости:

$$Р_{дл} = Р_{д1л} + Р_{д2л} + Р_{д3л} + Р_{Д4Л} \approx к \cdot \lambda_1 \cdot cos\left(arc\ sin\left(1 - \frac{h_и}{r_и}\right) + \frac{\Psi_{12}}{h_и}\lambda_1\right) + к \cdot \lambda_2 \cdot cos\left(arc\ sin\left(1 - \frac{h_и}{r_и}\right) + \frac{\Psi_{12}}{h_и}\lambda_2\right) + к \cdot \lambda_3 \cdot cos\left(arc\ sin\left(1 - \frac{h_и}{r_и}\right) + \frac{\Psi_{12}}{h_и}\lambda_3\right) + 3Q_1 sin\Psi_1; \quad (6)$$

- при сопротивлении почвы проколу иглой по параболической зависимости:

$$Р_{дп} = Р_{д1п} + Р_{д2п} + Р_{д3п} + Р_{Д4П} \approx с \cdot \sqrt{\lambda_1} \cdot cos\left(arc\ sin\left(1 - \frac{h_и}{r_и}\right) + \frac{\Psi_{12}}{h_и}\lambda_1\right) + с \cdot \sqrt{\lambda_2} \cdot cos\left(arc\ sin\left(1 - \frac{h_и}{r_и}\right) + \frac{\Psi_{12}}{h_и}\lambda_2\right) + с \cdot \sqrt{\lambda_3} \cdot cos\left(arc\ sin\left(1 - \frac{h_и}{r_и}\right) + \frac{\Psi_{12}}{h_и}\lambda_3\right) + 3Q_1 sin\Psi_1, \quad (7)$$

где *к* - опытный коэффициент, характеризующий линейное сопротивление почвы углублению в неё иглы, Н/м; *с* – опытный коэффициент, характеризующий параболическую зависимость сопротивления почвы внедрению в неё иглы, Н/м; λ_1, λ_2, λ_3 - глубины внедрения наружных концов игл в почву, м; Ψ_{12} - угол, на который поворачивается игла в почве от начала её прокола до его окончания; Ψ_1 - угол к вертикали, по которой проходит линия действия силы Q_1; $r_и$ - радиус иглы, м;

В формулах (6) и (7) величины Ψ и $h_и$, постоянные, а величины λ_1, λ_2 и λ_3 переменные. Коэффициенты *к* и *с* определяются в результате обработки диаграмм, получаемых при определении твердости почвы с помощью твердомеров.

Выводы:

1. При внедрении игл игольчатой бороны в почву необходимо, чтобы положение внедряющейся иглы было близко к вертикали или вертикальное, что учитывается формулами (6) и (7).

2. Предложена методика расчета движущей силы игольчатой бороны, предусматривающая использование линейной и параболической зависимостей сопротивления почвы внедрению игл игольчатой бороны.

3. Получены уточнённые зависимости (6) и (7) для расчета движущей силы игольчатой бороны при совместной работе нескольких игл, с учётом горизонтальной составляющей силы сопротивления, преодолеваемой каждой иглой при выходе из почвы и использование линейной и параболической зависимостей сопротивления почвы при внедрении в неё игл бороны.

Список литературы

1. Ковалев, М.М. Определение зависимости движущей силы игольчатой бороны от сопротивления почвы проколу и числа одновременно заглубляющихся игл / М.М.Ковалев, В.А. Кондрашов // Техника и оборудование для села.-2017.-№6. - С.22-25.

2. Конищев, А.А. Обоснование параметров рабочих органов игольчатой бороны для обработки почвы на стерневых фонах: дис. …канд.техн.наук / Конищев Алексей Алексеевич. - Шортанды, 1983.-174с.

3. Смирнов, П.А. Обоснование параметров игольчатой бороны с кинематическим соединением между эшелонированными батареями: дис.…канд.техн.наук / Смирнов Пётр Алексеевич. – Чебоксары, 2002. – 124с.

4. Голубев, В.В. Совершенствование технологических процессов и технических средств для предпосевной обработки почвы, посева льна и других мелкосеменных культур: автореф. дис.…докт.техн.наук / Голубев Вячеслав Викторович. – М., 2017. – 40с.

5. Пономарёв, А.В. Параметры ротационной бороны для поверхностной обработки почвы в приствольных зонах плодовых деревьев: автореф. дис.…канд.техн.наук/Пономарёв Артем Васильевич. – Зерноград, 2018. – 18с.

6. Кравчук В. О качении дисков игольчатой бороны при перемещении по поверхности почвы/В.Кравчук, Г. Хайлис, В.Шевчук // Техніка і технологіі АПК.- 2011.-№10.-С.23-25.

7. Хайлис, Г.А. О работе игл игольчатой бороны при её качении по почве/Г.А. Хайлис, М.М. Ковалев, Н.Н. Толстушко, В.В. Шевчук // Тракторы и сельхозмашины. – 2014. - №5. – С.25-29.

8. Хайлис, Г.А. О прокалывании почвы иглами игольчатой бороны / Г.А.Хайлис, М.М.Ковалев, Л.А.Талах, В.В.Шевчук // Достижения науки и техники АПК.-2014.-№1.-С.60-62.

9. Хайлис, Г.А. О взаимодействии игл игольчатой бороны с почвой при разных режимах работы / Г.А. Хайлис, М.М. Ковалев, В.А. Кондрашов, А.А. Артюшин // Инновац. разраб. для произв. и перераб. лубяных культур: мат. Междунар. науч.-практ. конф. ФГНБУ ВНИИМЛ, г.Тверь, 18 мая 2017г. – Тверь; Тверской гос. ун-т, 2017. – С. 191-197. – 389с.

10. Ковалев, М.М. Теоретические основы воздействия игл игольчатой бороны на почву / М.М. Ковалев, С.В. Прокофьев, В.Г. Фадеев, В.А. Кондрашов // Техника и оборудование для села. – 2017. – №1. – С.12-15.

11. Ковалев, М.М. Обоснование расстановки дисков в игольчатой бороне для поверхностной обработки почвы / М.М. Ковалев, В.А. Кондрашов, И.В. Сизов, Г.А. Перов // Наука в центральной России. – 2018. - №4. – С. 33-43.

12. Сизов, И.В. Инновационная игольчатая борона для поверхностной обработки почвы под лен-долгунец / И.В. Сизов, В.А. Кондрашов // Конкурентоспособность и инновационная активность регионов: сб. науч. тр. по мат. Междунар. науч.-практ. конф. 6-8 февраля 2018г. – Тверь, 2018. – С. 216-218.

References

1.Kovalev. M.M. Opredeleniye zavisimosti dvizhushchey sily igolchatoy borony ot soprotivleniya pochvy prokolu i chisla odnovremenno zaglublyayushchikhsya igl / M.M.Kovalev. V.A. Kondrashov // Tekhnika i oborudovaniye dlya sela.-2017.-№6. - S.22-25.

2.Konishchev. A.A. Obosnovaniye parametrov rabochikh organov igolchatoy borony dlya obrabotki pochvy na sternevykh fonakh: dis. …kand.tekhn.nauk / Konishchev Aleksey Alekseyevich. - Shortandy. 1983.-174s.

3.Smirnov. P.A. Obosnovaniye parametrov igolchatoy borony s kinematicheskim soyedineniyem mezhdu eshelonirovannymi batareyami: dis.…kand.tekhn.nauk / Smirnov Petr Alekseyevich. – Cheboksary. 2002. – 124s.

4.Golubev. V.V. Sovershenstvovaniye tekhnologicheskikh protsessov i tekhnicheskikh sredstv dlya predposevnoy obrabotki pochvy. poseva lna i drugikh melkosemennykh kultur: avtoref. dis.…dokt.tekhn.nauk / Golubev Vyacheslav Viktorovich. – M.. 2017. – 40s.

5.Ponomarev. A.V. Parametry rotatsionnoy borony dlya poverkhnostnoy obrabotki pochvy v pristvolnykh zonakh plodovykh derevyev: avtoref. dis.…kand.tekhn.nauk/Ponomarev Artem Vasilyevich. – Zernograd. 2018. – 18s.

6.Kravchuk V. O kachenii diskov igolchatoy borony pri peremeshchenii po poverkhnosti pochvy/V.Kravchuk. G. Khaylis. V.Shevchuk // Tekhnika i tekhnologii APK.- 2011.-№10.-S.23-25.

7.Khaylis. G.A. O rabote igl igolchatoy borony pri eye kachenii po pochve/G.A. Khaylis. M.M. Kovalev. N.N. Tolstushko. V.V. Shevchuk // Traktory i selkhozmashiny. – 2014. - №5. – S.25-29.

8.Khaylis. G.A. O prokalyvanii pochvy iglami igolchatoy borony / G.A.Khaylis. M.M.Kovalev. L.A.Talakh. V.V.Shevchuk // Dostizheniya nauki i tekhniki APK.-2014.-№1.-S.60-62.

9.Khaylis. G.A. O vzaimodeystvii igl igolchatoy borony s pochvoy pri raznykh rezhimakh raboty / G.A. Khaylis. M.M. Kovalev. V.A. Kondrashov. A.A. Artyushin // Innovats. razrab. dlya proizv. i pererab. lubyanykh kultur: mat. Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. FGNBU VNIIML. g.Tver. 18 maya 2017g. – Tver; Tverskoy gos. un-t. 2017. – S. 191-197. – 389s.

10.Kovalev. M.M. Teoreticheskiye osnovy vozdeystviya igl igolchatoy borony na pochvu / M.M. Kovalev. S.V. Prokofyev. V.G. Fadeyev. V.A. Kondrashov // Tekhnika i oborudovaniye dlya sela. – 2017. – №1. – S.12-15.

11.Kovalev. M.M. Obosnovaniye rasstanovki diskov v igolchatoy borone dlya poverkhnostnoy obrabotki pochvy / M.M. Kovalev. V.A. Kondrashov. I.V. Sizov. G.A. Perov // Nauka v tsentralnoy Rossii. – 2018. - №4. – S. 33-43.

12. Sizov. I.V. Innovatsionnaya igolchataya borona dlya poverkhnostnoy obrabotki pochvy pod len-dolgunets / I.V. Sizov. V.A. Kondrashov // Konkurentosposobnost i innovatsionnaya aktivnost regionov: sb. nauch. tr. po mat. Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. 6-8 fevralya 2018g. – Tver. 2018. – S. 216-218.

УДК 637.116

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ИНЖЕНЕРНОГО РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ СЧЕТЧИКА МОЛОКА

Доровских Владимир Иванович,
кандидат технических наук, доцент, E-mail: dorovskih50@mail.ru, 8(4752) 44-29-60

ФГБНУ ВНИИТиН «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве

Реферат. *Проведенный анализ устройств для учета молока показал, что в наибольшей степени требованиям к первичному молокоприемнику отвечают устройства, включающие приемную, мерную камеры и поплавково-клапанный механизм. Изучали вопросы оптимизации конструктивно-режимных параметров таких устройств с целью увеличения пропускной способности. На основе проведенных исследований предложена схема счетчика молока, работа которого состоит из трех циклов: наполнение, опорожнение и продувка мерной камеры. Для увеличения пропускной способности счетчика молока до значений, соответствующих пропускной способности молокопровода разработан алгоритм инженерного расчета. Пропускная способность счетчика-эвакуатора молока принимается равной пропускной способности молокопровода. Расход молока из мерной камеры зависит от проходного сечения шланга и высоты подъема жидкости. Результаты расчетов показали, что для молокопроводов диаметром 38; 48,5 и 60 мм, работающих при вакууме 48 кПа и подъеме молока на высоту 2 метра параметры счетчика-эвакуатора соответственно равны: объем мерной камеры 1,0; 1,5; и 2,0 литра; сечение межкамерного отверстия не менее 1140; 1920 и 2820 мм^2; сечение отводящего шланга 112; 248 и 376 мм^2; сечение воздушного канала 3,7; 8,6 и 17,2 мм^2.*

Ключевые слова: *счетчик молока, принцип работы, алгоритм расчета, параметр, работоспособность, пропускная способность.*

DEVELOPMENT OF ENGINEERING CALCULATION ALGORITHM FOR PARAMETERS OF MILK COUNTER

Dorovskikh Vladimir
candidate of technical sciences, associate professor, *E-mail*: dorovskih50@mail.ru

FGBNU VNIITiN «All-Russian Research Institute for the Use of Machinery and Petroleum Products in agriculture»

Abstract. *The analysis of devices for recording milk showed that the requirements to the primary milk receiver are met by devices including a receiving chamber, a measuring chamber and a float-valve mechanism. The issues of optimizing the design-mode parameters of such devices in order to increase throughput were studied. A milk meter scheme, the work of which consists of three cycles: filling, emptying and purging the metering chamber, was proposed on the basis of the studies performed. The engineering calculation algorithm is designed to increase the throughput of the milk counter to values corresponding to the throughput of the milk pipeline. The capacity of the milk tow truck is assumed to be equal to the capacity of the milk pipeline. The consumption of milk from the measuring chamber depends on the flow area of the hose and the height of the lifting fluid. The calculation results showed that for milk pipelines with a diameter of 38; 48.5 and 60 mm, operating at a vacuum of 48 kPa and raising milk to a height of 2 meters, the parameters of the evacuator counter are respectively equal: the volume of the measuring chamber is 1.0; 1.5; and 2.0 liters; cross-section of the chamber hole of at least 1140; 1920 and 2820 mm^2; the cross section of the discharge hose 112; 248 and 376 mm^2; air channel section 3.7; 8.6 and 17.2 mm^2.*

***Keywords**: milk counter, operating principle, calculation algorithm, parameter, working capacity, throughput.*

Введение. Применяемые на молочных фермах доильные установки, как правило, комплектуются устройствами для индивидуального и группового учета молока.

Для компоновки линейных доильных установок применяются в первую очередь групповые порционные счетчики периодического действия с поплавково-клапанным механизмом или электромагнитным клапаном. Однако их использование затруднено в связи с недостаточной пропускной способностью и низкой надежностью [1].

Анализ рабочего процесса серийного счетчика-дозатора АДМ-52.000 показал, что его низкая пропускная способность обусловлена следующими причинами. После опорожнения мерной камеры 1 происходит одновременно отсос воздуха из нее по шлангу 14 в молокоприемник 13 и приток воздуха через боковое отверстие 16 трубки. В результате этого в мерной камере устанавливается величина вакуума ниже, чем в приемной камере 1 и на клапан действует сила со стороны мерной камеры, обусловленная разницей давлений в приемной и мерной камерах. Открытие клапана происходит с некоторой задержкой по времени в момент, когда сила, действующая на клапан со стороны приемной камеры равная сумме веса клапанно-поплавкового устройства и силы, производимой столбом жидкости (молока), находящейся в приемной камере, превысит силу, действующую на клапан со стороны мерной камеры, обусловленную перепадом давлений.

Это приводит к увеличению периода продувки мерной камеры, задержке начала ее наполнения молоком, к увеличению времени рабочего цикла (суммарное время наполнения мерной камеры, ее опорожнения и продувки) и, как следствие, к снижению пропускной способности. Кроме этого, сечение бокового отверстия в трубке должно быть ограничено по величине, так как в противном случае даже при полностью заполненной жидкостью (молоком) приемной камере величина силы, действующей на клапан со стороны приемной камеры, недостаточна для его открытия и устройство становится неработоспособным. Это, в свою очередь, приводит к тому, что в мерной камере в период эвакуации молока давление не равно атмосферному, а имеет место некоторый вакуум (15…20 кПа). В связи с этим перепад давлений в мерной камере и молокоприемнике, определяющий интенсивность эвакуации молока, снижается в сравнении с максимально возможным значением, а это в свою очередь приводит к увеличению времени эвакуации молока из мерной камеры, увеличению рабочего цикла и, как следствие, к снижению пропускной способности. Кроме того сечение отверстия между мерной и приемной камерами должно быть ограничено, так как его увеличение приводит к возрастанию силы действующей на клапан со стороны мерной камеры при продувке и при некотором значении счетчик становится неработоспособным из-за невозможности компенсации этой силы столбом жидкости над клапаном.

Результаты исследований. Проведенный анализ устройств для учета молока показал, что в наибольшей степени требованиям к первичному молокоприемнику отвечают устройства включающие приемную и мерную камеры и поплавково-клапанный механизм, однако необходимо его усовершенствование для исключения зависания клапанно-поплавкового устройства при продувке мерной камеры и оптимизация конструктивно-режимных параметров с целью увеличения пропускной способности.

На основе проведенных исследований [2 - 5] предложена схема счетчика молока (рисунок 1). Работа счетчика-эвакуатора состоит из трех циклов: наполнение, опорожнение и продувка мерной камеры 2. При включении вакуумного насоса вакуум из молокоприемника 13 через коллектор 12, шланг 14 и патрубок 11 поступает в мерную и приемную камеры 2, 1

и далее по патрубку 10 в молокопровод. Клапанно-поплавковое устройство находится в крайнем нижнем положении, клапан 19 также находится в нижнем положении. При этом клапан 5 открыт, клапан 19 открыт, боковое отверстие 16 находится в приемной камере 1. В это время в камере 7 устанавливается атмосферное давление, сильфон сумматора 9 – разжат. В процессе дойки молоко из молокопровода через патрубок 10 поступает в приёмную камеру 1, откуда через отверстие 15 сливается в мерную камеру 2. После её заполнения молоко начинает накапливаться в приёмной камере 1 и поднимать клапанно-поплавковое устройство.

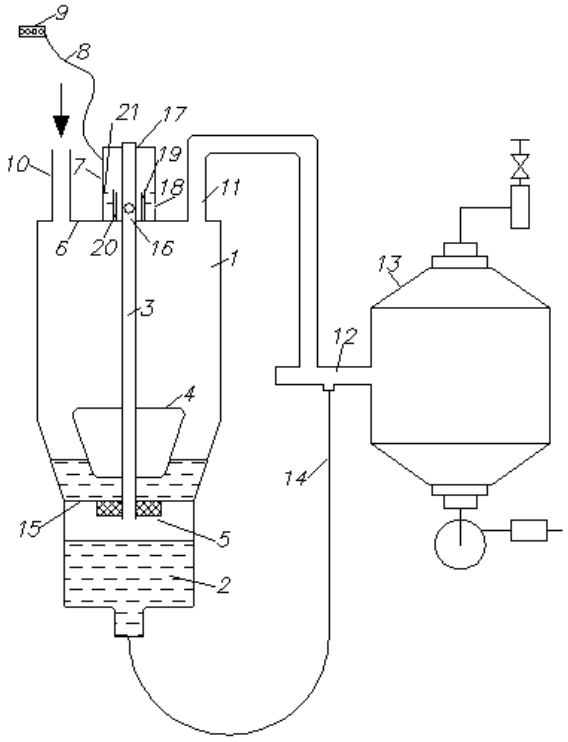


Рисунок 1 - Схема счетчика молока

После её заполнения молоко начинает накапливаться в приёмной камере 1 и поднимать клапанно-поплавковое устройство. Поднимаясь, трубка 3 выводит боковое отверстие 16 из мерной камеры 1 в камеру 7. В это время клапан 5 перекрывает отверстие 15, трубка 3 входит в отверстие 17 и перекрывает его. Атмосферное давление через отверстие 18 распространяется по трубке 3 в мерную камеру 2, плотно прижимая клапан 5 к перегородке между камерами. Молоко под воздействием создавшегося перепада давлений в мерной камере 2 и молокоприемнике 13 отсасывается из мерной камеры 2 по шлангу 14 и коллектору 12 в молокоприемник13 и далее перекачивается насосом в молочный танк. После полного отсоса порции молока из мерной камеры 2 вакуум в ней возрастает, и при достижении величины вакуума в 1,2…1,3 раза превышающем его значение в период эвакуации молока клапан 19 закрывается, перекрывая доступ воздуха в камеру 7 и в мерную камеру 2. В это время в камере 7 создаётся вакуум, который через шланг 8 распространяется в сильфон сумматора 9, сжимая его. Вакуум в мерной и приемной камерах 2, 1 выравнивается и клапанно-поплавковое устройство под действием собственного веса и веса молока, накопившегося к этому моменту в приёмной камере 1, опускается, в результате чего мерная камера 2 вновь наполняется. При этом верхний конец трубки 3 опускается, открывая отверстие 17, в камере переменного давления 7 устанавливается атмосферное давление,

сильфон 9 разжимается, принимая исходное положение для последующего отсчета, клапан 19 опускается. Затем процесс повторяется.

С целью увеличения пропускной способности счетчика молока до значений соответствующих пропускной способности молокопровода разработан алгоритм инженерного расчета.

Порядок расчета конструктивно-режимных параметров счетчика-эвакуатора молока следующий.

1. Пропускная способность счетчика-эвакуатора молока (Q) принимается равной пропускной способности молокопровода:

$$q_{\text{м}} = 8{,}9 \cdot 10^{-6} \frac{sd^2}{q_{at}}.$$

где $q_{\text{м}}$ – пропускная способность молокопровода, л/мин; d – диаметр молокопровода, мм; s – уклон, % ; q_{at} – общий поток воздуха с уклоном, включая кратковременный случайный впуск воздуха, л/мин.

2. Задается значение объёма мерной камеры $V_{\text{м}} = V_i$.

3. Определяется диаметр (d_m) и высота (h) мерной камеры:

$$d_m = \sqrt[3]{\frac{4V_м}{\pi K_1}}; \qquad h_м = K_1 d_м, \qquad K_1 = (1{,}0...1{,}2).$$

4. Определяется диаметр (d_n) и сечение (S_1) приемной камеры

$d_n = K_2 d_m$ (K_2 = 1,0…1,5), $S_1 = \pi\, d_m/4$.

5. Определяется диаметр (d_o) и сечение (S) отверстия между приемной и мерной камерой $d_o = K_3 d_м$ (K_3=0,5…0,7), $S = \pi\, d_o/4$.

6. Определяется диаметр ($d_к$), высота ($h_к$), объем ($V_к$) и масса ($m_к$) клапана:

$d_к = K_4\, d_o$ (K_4 = 1,1 … 1,3);

$h_к = K_5\, d_к$ (K_5 = 0,2 … 0,3);

$$V_к = \frac{\pi d_к^2}{4} h_к; \qquad m_к = V_к \rho_к g.$$

7. Задается значение диаметра трубки $d_m = d_{mi}$.

8. Длина трубки принимается равной:

$\ell_m = K_6\ H_1$ (K_6= 2,0…2,5).

9. Определяется масса трубки:

$$m_m = \pi d_m \delta_m l_m \rho_m g.$$

10. Задается значение диаметра поплавка:

$d_n = K_7 d_o$ (K_7 = 1,1 …1,3).

11. Принимая диаметр посадочного отверстия равным наружному диаметру трубки ($d = d_{\text{т}}$), определяется диапазон высот поплавка:

$$h_{\min} = \frac{m_к + m_m + 2\pi\rho_м \delta(D^2 + d^2) - V_к \rho_{ж}}{\pi\rho_м \left[D^2 - d^2 - \left(D^2 + d^2\right)\sigma\right]},$$

$$h_{\max} = \frac{m_к + m_m + 2\pi\rho_м \delta(D^2 + d^2) - S_к H \rho_{ж}}{\pi\rho_м \left[D^2 - d^2 - \left(D^2 + d^2\right)\sigma\right]}.$$

12. Принимается значение высоты поплавка $h_n = h_{min} + K_8(h_{max} - h_{min})$ (K_8 = 0,1 … 0,3).

13. Определяется время заполнения мерной камеры:

$$t_3 = \frac{0{,}45S_1}{\mu S}\sqrt{\frac{V_м}{S_1}}.$$

14. Задается значение диаметра отводящего шланга ($d_ш = d_{ші}$).

15. Определяется время продувки мерной камеры при режиме истечения воздуха $\beta = P_р / P_{ат}$:

большем критического ($\beta > 528$) по формуле:

$$t_{пр} = \frac{V_M}{F_2\mu\sqrt{P_{am}V_o}}\left[\frac{1}{\Psi_к}\ln\frac{P_1\beta_{кр}}{P_2} + N_i\right],$$

меньшем критического ($\beta < 528$) по формуле:

$$t_{пр} = \frac{1{,}46V_М}{F_2\sqrt{RT}}\ln\frac{P_1}{P_2}$$

16. Определяется максимальное время цикла

$$t_ц = \frac{V_м}{Q};$$

17. Определяется необходимое время опорожнения мерной камеры

$t_о = t_ц - t_3 - t_п$;

18. Определяется необходимый расход из мерной камеры

$$Q_ж = \frac{V_м}{t_o}$$

19. Для выбранного сечения отводящего шланга ($d_ш$) и заданной высоты подъема жидкости (H) находится соответствующее значение расхода. Если в диапазоне сечений отверстия (F_2) для впуска воздуха в мерную камеру необходимый расход не обеспечивается, то увеличивается проходное сечение шланга ($d_ш = d_ш + \Delta_ш$) и расчет повторяется, начиная с п. 14, пока не выполнится условие:

$$Q_ж^m \geq Q_Ж.$$

20. Проверяется условие - проходное сечение трубки больше сечения отверстия:

$$F_2 \leq \frac{\pi d_n^2}{4}.$$

21. Если это условие не выполняется, то увеличивается диаметр трубки ($d_ш = d_ш + \Delta_ш$) и расчет повторяется, начиная с п. 7 пока не выполнится условие п. 20.

Блок-схема определения конструктивно-режимных параметров счётчика-эвакуатора молока приведена на рисунке 2.

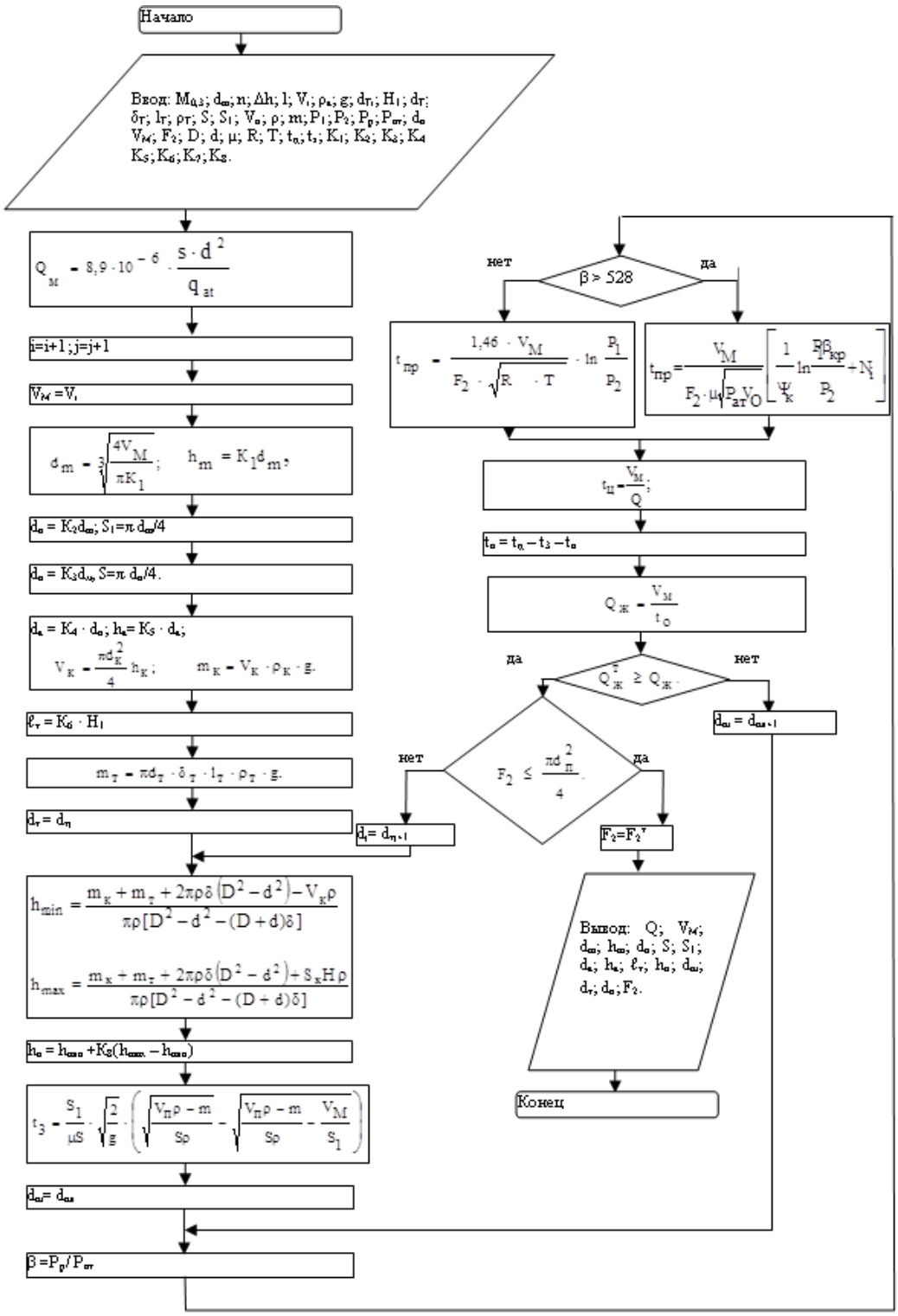


Рисунок 2 – Блок-схема определения конструктивно-режимных параметров счётчика-эвакуатора молока

Заключение. Результаты расчетов показали, что для молокопроводов диаметром 38; 48,5 и 60 мм, работающих при вакууме 48 кПа и подъеме молока на высоту 2 метра параметры счетчика-эвакуатора соответственно равны: объем мерной камеры 1,0; 1,5; и 2,0 литра; сечение межкамерного отверстия не менее 1140; 1920 и 2820 мм^2; сечение отводящего шланга 112; 248 и 376 мм^2; сечение воздушного канала 3,7; 8,6 и 17,2 мм^2.

Список литературы

1.Кирсанов В.В. Групповой учет // Сельский механизатор. -2001. -№ 6. -с.32 – 33.

2.Патент RU 2340168 C1 A01J 7/00 Счетчик-эвакуатор молока / Доровских В.И., Дейнега А.П. № 2007115499/12; Заявлено 24.04.2007; Опубл. 10.12.2008. Бюл. №34.

3.Доровских, В.И. Оптимизация процесса молоковыведения при доении коров в стойлах [Текст] / В.И. Доровских, А.П. Дейнега // Научные труды ГНУ ВНИИМЖ Россельхозакадемии. - 2008. -Т.18. -№2. -С.123-128.

4.Доровских, В.И. Повышение эффективности использования молокопроводных доильных установок путем их модернизации [Текст] / В.И. Доровских, А.П. Дейнега // Научные труды ГНУ ВНИИМЖ Россельхозакадемии. - 2008. -Т.18. -№1. -С.160-165.

5.Доровских, В.И., Групповой учет молока на доильных установках [Текст] / В.И. Доровских, В.Т. Щедрин, А.В. Щедрин // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 2003. - № 9. - С. 8 - 9.

References

1. Kirsanov V.V. Gruppovoyj uchet // Seljskiyj mekhanizator. -2001. -№ 6. -S.32 – 33.

2. Patent RU 2340168 C1 A01J 7/00 Schetchik-ehvakuator moloka / Dorov-skikh V.I., Deyjnega A.P. № 2007115499/12; Zayavleno 24.04.2007; Opubl. 10.12. 2008. Byul. №34.

3. Dorovskikh, V.I. Optimizaciya processa molokovihvedeniya pri doenii korov v stoyjlakh [Tekst] / V.I. Dorovskikh, A.P. Deyjnega // Nauchnihe trudih GNU VNIIMZh Rosseljkhozakademii. - 2008. -T.18. -№2. -S.123-128.

4. Dorovskikh, V.I. Povihshenie ehffektivnosti ispoljzovaniya moloko-provdnihkh doiljnihkh ustanovok putem ikh modernizacii [Tekst] / V.I. Dorovskikh, A.P. Deyjnega // Nauchnihe trudih GNU VNIIMZh Rosseljkhozakademii. - 2008. -T.18. -№1. -S.160-165.

5. Dorovskikh, V.I., Gruppovoyj uchet moloka na doiljnihkh ustanovkakh [Tekst] / V.T. Thedrin, A.V. Thedrin // Mekhanizaciya i ehlektrifikaciya seljskogo khozyayjstva. - 2003. - № 9. - S. 8 - 9.

УДК 637.116

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ СЧЕТЧИКА МОЛОКА

Доровских Владимир Иванович,
кандидат технических наук, доцент, E-mail: dorovskih50@mail.ru, 8(4752) 44-29-60

ФГБНУ ВНИИТиН «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве

Реферат. *На основе анализа различных схем счетчиков молока проблема создания индивидуальных и групповых счетчиков молока рассмотрена в контексте общей блочно-модульной концепции построения унифицированного ряда доильного оборудования с минимальным количеством функциональных блоков. Указано на целесообразность создания одного типа счетчика молока для использования на всех типах доильных установок. На основе многопараметрического анализа и синтеза применяемых устройств и способов измерения расхода жидкости предложена структурная схема счетчика дозатора молока и на ее основе разработана технологическая схема счетчика-дозатора молока, который может служить для группового и индивидуального учета молока при уменьшении размеров приемной и мерной камер. Предлагаемый счетчик молока позволяет повысить точность учета молока, обеспечивать высокий уровень надежности работы доильной установки, обеспечивать передачу данных на ЭВМ, их обработку и хранение. Выполнен анализ условий работоспособности счетчика молока из условия автоматического открытия и закрытия*

клапанного механизма, получены аналитические зависимости его работы. Обоснованы значения параметров, обеспечивающих работоспособность счетчика молока.

Ключевые слова: *счетчик молока, принцип работы, параметр, работоспособность, пропускная способность.*

THEORETICAL SUBSTANTIATION OF PARAMETERS MILK COUNTER

Dorovskikh Vladimir
candidate of technical sciences, associate professor, E-mail: dorovskih50@mail.ru

FGBNU VNIITiN «All-Russian Research Institute for the Use of Machinery and Petroleum Products in agriculture»

Abstract*. The problem of creating individual and group milk meters was considered based on the analysis of various milk metering schemes in the context of a common block-modular concept of building a unified milking equipment series with a minimum number of functional blocks. It is indicated that it is expedient to create one type of milk meter for use on all types of milking machines. A block diagram of a milk metering counter is proposed on the basis of multiparameter analysis and synthesis of used devices and methods for measuring fluid flow and a flow chart of a milk metering meter has been developed that can serve for group and individual metering of milk while reducing the size of the receiving and metering chambers. The proposed milk meter allows you to improve the accuracy of milk accounting, to ensure a high level of reliability of the milking installation, to provide data transmission to a computer, their processing and storage. The analysis of the operating conditions of the milk counter from the condition of automatic opening and closing of the valve mechanism is completed, and analytical dependencies of its operation are obtained. The values of the parameters ensuring the operability of the milk counter are substantiated.*

Keywords: *milk counter, operating principle, parameter, capacity, capacity.*

Введение. В каждом хозяйстве необходимо производить учет выдоенного молока. В зависимости от конструкции счетчики молока используют как для индивидуального учета надоя от отдельного животного; так и для группового учета. Чаще всего их устанавливают на молокоприемник перед молочным насосом, чтобы избежать попадания воздуха, искажающего показатели устройства при учете объема перекачиваемой жидкости. Счетчики, измеряющие поток или вес, могут устанавливаться в любом месте молочной системы. Среди модификаций счетчиков имеются весовые; механические (тахометрические); электронные (цифровые); механические с электронной индикацией данных.

Проблему создания индивидуальных и групповых счетчиков молока следует рассматривать в контексте общей блочно-модульной концепции построения унифицированного ряда доильного оборудования с минимальным количеством функциональных блоков [1 - 3].

Таким образом, при разработке структурных схем новых функциональных блоков доильных установок следует отдавать предпочтение их многофункциональности (универсальности), простоте конструкции, надежности. Там, где можно обойтись одним устройством, надо это использовать, наделив его дополнительными функциями. Этот принцип применим и ко всем типам устройств для измерения количества надоенного молока. Исходя из выше сказанного, целесообразно создать один тип счетчика молока, который можно будет использовать на всех типах доильных установок.

Результаты исследований. Многопараметрический анализ и синтез применяемых устройств и способов измерения расхода жидкости позволяет предложить счетчик-дозатор

молока по структурной схеме, показной на рисунке 1. Как видно из рисунка 1 базовая модель устройства содержит 8 основных элементов.

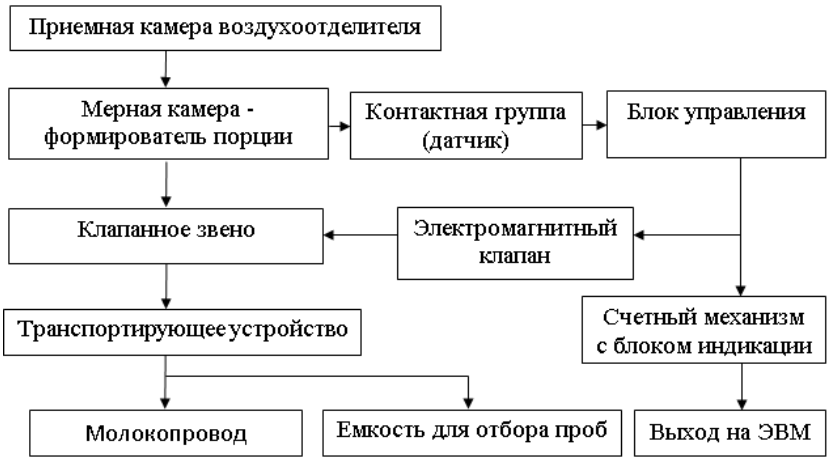
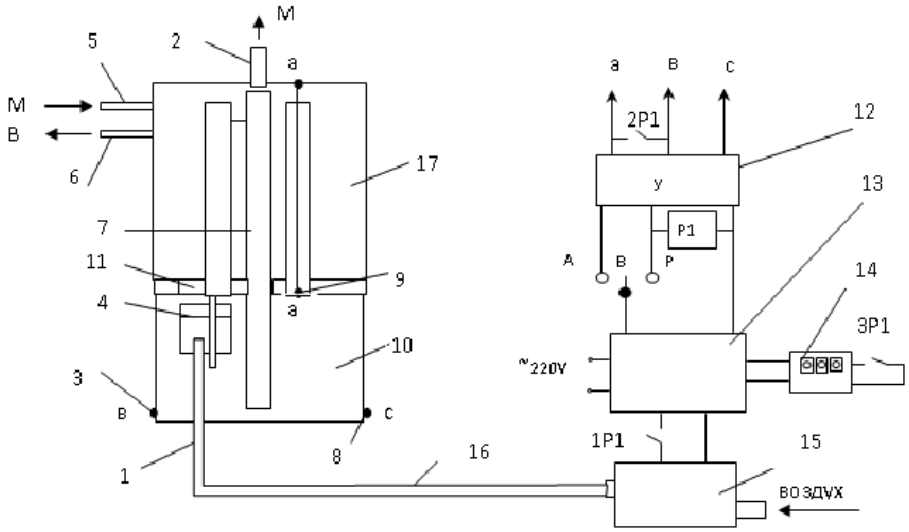


Рисунок 1 - Структурная схема счетчика молока

В качестве формирователя порции служит мерная камера, уровень заполнения которой отслеживается контактной группой, сигнал от которой подается на блок управления электромагнитным клапаном. При полном заполнении мерной камеры срабатывает электромагнитный клапан, в результате чего клапанное звено перекрывает сливное отверстие в приемной камере, что позволяет "запереть" фиксированный объем молока, исключив долив в нее некоторой части молока при опорожнении, что имеет место в формирователе порций с опрокидывающимися ковшами. С другой стороны, отделение приемной камеры от мерной не мешает процессу доения, поскольку молоко продолжает поступать в приемную камеру.

На основе универсальной структурно-технологической схемы нами разработана технологическая схема счетчика-дозатора молока (рисунок 2), который может служить для группового и индивидуального учета молока при уменьшении размеров приемной и мерной камер.



1.- полый шток; 2, 5, 6 – патрубки; 3, 8 – электроды датчика нижнего уровня; 4. – клапан; 7. – шток эвакуации молока из счетчика; 9. – электрод датчика верхнего уровня; 10. – мерная камера; 11. – входное отверстие; 12. – усилитель; 13. – блок питания; 14. - электронный сумматор; 15. – электромагнитный пневматический клапан (ЭМПК); 16.- воздушный шланг; 17.- приемная камера.

Рисунок 2 - Схема счетчика молока

Устройство работает следующим образом. При включении доильной установки в работу вакуум из молокопровода через патрубок 2 подается в измерительную камеру 10, а через патрубок 5 в приемную камеру 17. Клапан 4 под действием своего веса опущен. Молоко через патрубок 5 и открытое входное отверстие 11 поступает в измерительную камеру 10. Здесь молоко как электропроводящая жидкость замыкает электроды 3, 8 датчика нижнего уровня. При полном заполнении молоком измерительной камеры 10 клапан 4 не имея достаточной подъемной силы, остается на месте. При достижении определенного уровня молока в мерной камере 10, замыкаются электроды верхнего 9 и нижнего 3,8 уровней, через них проходит ток, который усиливается в усилителе 12, в результате чего срабатывает реле Р1, при этом через контакт 1Р1 подается напряжение на электромагнитный клапан 15, одновременно контактом 2Р1 блокируются электроды 9,8 и через контакт 3Р1 подается сигнал на электронный сумматор 14, который фиксирует выведение порции молока. Атмосферный воздух через открытый электромагнитный пневматический клапан 15 подается в полость штока 1 и под действием перепада давления клапан 4 перекрывает отверстие 11. молоко вытесняется из измерительной камеры 10 через шток 7 в молокопровод. При размыкании контактной пары 3,8, что соответствует окончанию эвакуации молока, подача тока на усилитель 12 прекращается и реле Р1 отключается. Контакт 1Р1 размыкается, отключая электромагнитный пневматический клапан (ЭМПК) 15, в результате чего подача атмосферного воздуха в полость штока 1 и измерительную камеру 10 прекращается. Происходит продувка измерительной камеры 10. Как только произошла полная эвакуация молока из измерительной камеры 10, давление в измерительной камере 10 падает и под действием разности давлений в измерительной и приемной камерах, а также под действием накопившегося в приемной камере молока и собственного веса клапан 4 опускается, открывая отверстие 11. Далее цикл повторяется.

Для удаления остатков молока после окончания доения из измерительной камеры 10 служит переключатель В, который ставится в положение Р, напрямую, минуя усилитель 12, подавая напряжение на реле Р1 и , как следствие, вызывая срабатывание ЭМПК

Аналогично работает устройство и при циркуляционной промывке доильных аппаратов и молокопровода, но для этого необходимо отключить электронный сумматор 12.

Предлагаемый счетчик молока позволяет повысить точность учета молока, обеспечивать передачу данных на ЭВМ, их обработку и хранение.

Анализ условий работоспособности счетчика сводится к следующему. перемещение клапана вверх и вниз (рисунок 3) описываются уравнениями:

$$F_в + F_а – G – B – F_1 = 0; \quad (1)$$

$$F_к + B – F_2 – G = 0, \quad (2)$$

где $F_в = V_к \cdot \gamma$ – выталкивающая сила жидкости, *н*; $V_к$ - объем клапана со стаканом, м^3;

γ -удельный вес жидкости, *н*/м^3;

$G = g_к + g_с$ –суммарный вес клапана и стакана, *н*;

$F_а = S_с \cdot (P_а - P'_1)$- сила атмосферного давления на стакан, *н*; $S_с$ - площадь внутреннего сечения стакана, м; $P_а$ - атмосферное давление, *П*а; P'_1 - предельно допустимое давление в приемной камере, *П*а;

B - сопротивление перемещению стакана по штоку, *н*;

$F_1 = \rho g H_к S_к$ - сила от гидростатического давления столба жидкости на клапан, *н*; ρ - плотность жидкости, кг/м^3; *g* - ускорение свободного падения, м/с^2; $H_к$ - высота столба

жидкости в момент достижения электрода датчика верхнего уровня, м; $S_к$ - площадь сечения клапана, м^2;

$F_к = S_к\left(P_2 - P_1''\right)$ – сила, действующая на клапан, от остаточного давления в измерительной камере, *н*; P_2 - остаточное давление в измерительной камере, *П*а; P''_1- предельно допустимое давление в приемной камере, *П*а;

$F_2 = \rho g H_з S_{от}$ - сила от гидростатического давления столба жидкости на клапан, *н*; $H_з$ - высота столба жидкости над клапаном перед его опусканием, м; $S_{от}$ - площадь сечения отверстия, м^2.

Подставляя значения физических величин в уравнения (1) и (2), получим:

$$V_к\gamma + S_c\left(P_a - P_1'\right) = G + B + \rho g H_к S_к; \quad (3)$$

$$S_к\left(P_2 - P_1''\right) = G + B + \rho g H_3 S_{от}. \quad (4)$$

при опорожнении измерительной камеры от остатков молока значения $F_в$ и F_1 из уравнения (1) исключаются, и тогда:

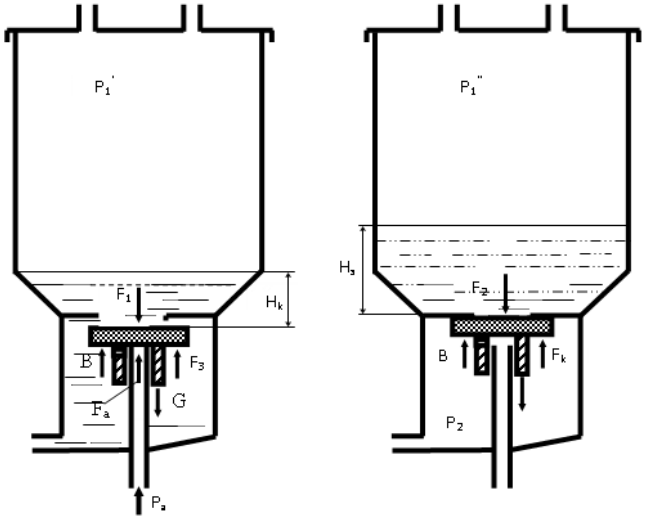
$$S_c\left(P_a - P_1'\right) = G + B. \quad (5)$$

Задавшись значениями C_c, P_1', P_1'', B и используя формулы (3), (4), (5), можно определить все остальные значения параметров, обеспечивающих работоспособность счетчика молока.

Устойчивый режим работы счетчика молока обеспечивается при соблюдении условия:

$$Q_{сч} > Q_м, \quad (6)$$

где $Q_{сч}$ - пропускная способность счетчика, м^3/с; $Q_м$ - интенсивность поступления молока в приемную камеру м^3/с.



а) б)

Рисунок 3 - Расчетная схема счетчика молока: а) при закрытии клапана; б) при открытии клапана

Заключение. На основе универсальной структурно-технологической схемы разработана технологическая схема счетчика-дозатора молока, которая может служить для группового и индивидуального учета молока при изменении размеров приемной и мерной камер.

Обоснованы значения параметров, обеспечивающих работоспособное состояние счетчика молока при условии, что интенсивность поступления молока в приемную камеру не превышает его пропускную способность.

Использование предложенного счетчика молока позволяет повысить точность учета молока, обеспечивать высокий уровень надежности работы доильной установки, обеспечивать передачу данных на ЭВМ, их обработку и хранение.

Список литературы

1. Кирсанов, В.В., Структурно-технологическое обоснование эффективности построения и функционирования доильного оборудования. Дис… д-ра техн. Наук. – Москва.- 2001.

2. Доровских, В.И., Повышение эффективности использования молокопроводных доильных установок путем их модернизации [Текст] / В.И. Доровских, А.П. Дейнега // Вестник ВНИИМЖ. – 2008. – Т.18. - №1. – С.160 – 165.

3. Доровских, В.И., Групповой учет молока на доильных установках [Текст] / В.Т. Щедрин, А.В. Щедрин // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 2003. - № 9. - С. 8 - 9.

References

1. Kirsanov, V.V., Strukturno-tekhnologicheskoe obosnovanie ehffektivno-sti postroeniya i funkcionirovaniya doiljnogo oborudovaniya. Dis… d-ra tekhn. Nauk. – Moskva.- 2001.

2. Dorovskikh, V.I., Povihshenie ehffektivnosti ispoljzovaniya molokoprovodnihkh doiljnihkh ustanovok putem ikh modernizacii [Tekst] / V.I. Dorovskikh, A.P. Deyjnega // Vestnik VNIIMZh. – 2008. – T.18. - №1. – S.160 – 165.

3. Dorovskikh, V.I., Gruppovoyj uchet moloka na doiljnihkh ustanov-kakh[Tekst] / V.I. Dorovskikh, V.T. Thedrin, A.V. Thedrin // Mekhanizaciya i ehlektrifikaciya seljskogo khozyayjstva. - 2003. - № 9. - S. 8 - 9.

УДК 621.521:637.116

ЖИДКОСТНО-КОЛЬЦЕВЫЕ ВАКУУМНЫЕ НАСОСЫ ДЛЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Сычев Михаил Владимирович,
аспирант,e-mail: m.w.s@bk.ru
Родионов Юрий Викторович,
доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Техническая механика и детали машин», e-mail: rodionow.u.w@rambler.ru
Никитин Дмитрий Вячеславович,
кандидат технических наук, доцент кафедры «Техническая механика и детали машин», e-mail:dmitryndv@gmail.com
Капустин Василий Петрович,
доктор технических наук, профессор кафедры «Агроинженерия», e-mail: kapustinvp.prof@yandex.ru
Гливенкова Ольга Анатольевна,
кандидат филологических наук, доцент кафедры «Иностранных языков», e-mail:olga-glivenkova@rambler.ru
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»

Реферат. *Описаны основные достоинства и недостатки жидкостно-кольцевых машин(ЖВН), применяемых в современной промышленности и сельском хозяйстве.*

Обоснована необходимость усовершенствования существующих моделей ЖВН для решения проблем с повышенными энергозатратами, узким диапазоном частоты вращения рабочего колеса, и как следствие узким диапазоном возможной производительности насоса, не достаточно высокой относительной глубиной достигаемого вакуума. Изучали возможности модернизации конструкций ЖВН за счет внедрение новых конструктивных решений, применения современных полимерных материалов и использования средств автоматизации.Модернизацию предложено проводить на основе существующих моделей. Предложено установить внутри корпуса насоса тонкостенную втулку, которая вращается со скоростью, близкой к скорости вращения рабочего колеса насоса и жидкостного кольца и не допускает соприкосновение жидкости с неподвижным корпусом, что позволяет снизить энергозатраты. Вращающаяся втулка и жидкостное кольцо, движущиеся как одно целое, позволят повысить стабильность жидкостного кольца, устранить зависимость трения жидкости от частоты вращения. Определено, что увеличения относительной глубины достигаемого вакуума можно добиться с помощью системы регулировки площади сечения нагнетательного окна. Рассмотрен процесс проектирования ЖВН с кинематическим замыканием и регулируемой площадью сечения нагнетательного окна. На примере разработки ЖВН с вращающейся втулкой и регулируемым сечением нагнетательного окна рассмотрены основные этапы проектирования, обоснована необходимость применения трехмерного твердотельного моделирования проектируемых изделий. Установлена практическая польза от использования языка программирования общего назначения Python при проведении проектных расчетов и при автоматизированной генерации некоторых видов конструкторской документации. Обоснован выбор сверх высокомолекулярного полиэтилена для вращающейся втулки.

Ключевые слова: *высшая кинематическая пара, регулируемое нагнетательное окно, жидкостно-кольцевой вакуумный насос, методика проектирования, Python, сверхвысокомолекулярный полиэтилен.*

LIQUID RING VACUUM PUMPS FOR AGRICULTURE

Sychev Mikhail,
Postgraduate, e-mail: m.w.s@bk.ru
RodionovYouriy,
Full Doctor of Technical Science, professor, head of «Engineering Mechanics and Machine Parts» department; e-mail: rodionow.u.w@rambler.ru
Nikitin Dmitriy,
Candidate of Technical Science, assistant professor of Department «Engineering Mechanics and Machine Parts», e-mail: dmitryndv@gmail.com
KapustinYasiliy,
Full Doctor of Technical Science, professor of «Agricultural Engineering» department of the Tambov State Technical University, », e-mail: kapustinvp.prof@yandex.ru
Glivenkova O
Candidate of philology, assistant professor of Department «Foreign languages» Tambov State Technical University, e-mail: olga-glivenkova@rambler.ru

Abstract. *The main advantages and disadvantages of liquid-ring vacuum pumps (LVP) used in modern industry and agriculture are described.The need to improve existing models of LVP to solve problems with increased energy consumption, a narrow range of impeller speed and, as a consequence, a narrow range of possible pump performance, not a sufficiently high relative depth of vacuum achieved is justified.Opportunities for upgrading LVP structures through the introduction of new design solutions, the use of modern polymeric materials and the use of automation tools have been studied.It is proposed to carry out upgrades based on existing models.It was proposed to install a thin-walled sleeve inside the pump casing, which rotates at a speed close to the rotational speed of the pump impeller and the liquid ring and prevents the liquid from*

contacting the stationary body, thus reducing energy costs.The rotating sleeve and the fluid ring, moving as one, will improve the stability of the fluid ring, eliminate the dependence of fluid friction on the rotational speed.It has been determined that an increase in the relative depth of the vacuum achieved can be achieved using a system for adjusting the cross-sectional area of the discharge window. The process of designing of LVPwith kinematic closure and a regulated sectional area for the injection window is considered. The main stages of the design are considered on the example of the development of LVP with a rotating sleeve and an adjustable section of the injection window, the necessity of using three-dimensional solid-state modeling of the designed products is justified.The practical benefits of using the Python general-purpose programming language when conducting design calculations and with automated generation of certain types of design documentation are installed.The choice of ultra high molecular weight polyethylene for a rotating sleeve is justified.

Keywords: *higher kinematic pair, adjustable injection window, liquid ring vacuum pump, design technique, Python, ultra high molecular weight polyethylene.*

Введение. Развитие вакуумной техники является одним из основных направлений современной промышленности благодаря применению вакуума в широком спектре технологических процессов, включая и технологические процессы АПК. Вакуумная техника широко используется для сушки растительного сырья, хранения готовой продукции, при доении коров.

Одним из наиболее распространенных типов вакуумных насосов являются жидкостнокольцевые машины (ЖВН), рабочим телом в которых служит жидкостное кольцо. Данные насосы позволяют достигать стабильный вакуум, с практически полным отсутствием пульсаций в установленном диапазоне. ЖВН обладают простотой конструкции и обслуживания. Рабочая жидкость в данном насосе помимо выполнения основной работы по перекачке газа также обеспечивает охлаждение элементов рабочей полости. Перекачиваемый газ не соприкасается с трущимися элементами, что позволяет выполнять откачку взрывоопасных, и легковоспламеняющихся газов, и использовать ЖВН в качестве химических реакторов.

Кроме достоинств, ЖВН обладает рядом недостатков. В процессе работы классического ЖВН происходит трение внешней поверхности жидкостного кольца о неподвижный корпус насоса, в связи с чем на срезе жидкостного кольца по мере удаления от внешней границы возникает большой перепад скоростей. Наличие данного недостатка вызывает ряд негативных эффектов, среди которых следует выделить низкий коэффициент полезного действия (КПД) и, как следствие, повышенные энергозатраты и узкий диапазон рабочих характеристик: частоты вращения вала насоса и производительности. Кроме этого у ЖВН степень сжатия имеет постоянное значение, из-за чего сохраняется достаточно высокое предельное остаточное давление.

Цель исследования– устранение существующих недостатков конструкций ЖВН за счет внедрение новых конструктивных решений, применения современных полимерных материалов и использования средств автоматизации при проектировании.

Материалы и методы. Применение современных средств автоматизации проектирования, визуализации и расчета перспективных конструкций ЖВН позволяет снизить трудоемкость проектирования, производить подбор наиболее оптимального с точки зрения производительности и энергозатрат соотношения рабочих характеристик. Вместе с тем современные средства визуализации и автоматизации расчетов позволяют значительно снизить риск возникновения ошибок, как в проектных расчетах, так и при разработке

сложных решений пространственной компоновки изделий и выбора их геометрических характеристик.

Рассмотрим процесс проектирования ЖВН с кинематическим замыканием и регулируемой площадью сечения нагнетательного окна.

В первую очередь должна быть обоснована потребность в разработке нового вида ЖВН. Трение жидкости о неподвижный корпус насоса приводит к повышению энергозатрат насоса и снижению КПД. Кроме того, возникает значительный перепад скоростей слоев жидкости в кольце, что приводит к дестабилизации жидкостного кольца: течение жидкости становится турбулентным, появляются поперечные и обратные потоки. Дестабилизация жидкостного кольца усиливается при повышении частоты вращения рабочего колеса и при слишком высоких частотах вращения вала насоса происходит его разрушение, насос переходит в срывной режим работы, который характеризуется падением производительности и ростом энергозатрат. Постоянноезначение степени сжатия ограничивает предельный вакуум, который способна достигать установка, использующая ЖВН, в связи с чем, для достижения глубокого вакуума необходимо использовать многоступенчатые машины или разрабатывать решения для подключения нескольких насосов, которые включают в себя как выбор насосов и схемы их подключения, так и систему управления, которая позволяет автоматизировать работу установки.

Проанализировав особенности работы ЖВН можно сформулировать основные проблемы, решение которых позволит в значительной степени повысить эффективность использования ЖВН, улучшить их технологичность и значительно расширить область их применения. К ним относятся: повышенные энергозатраты, связанные с трением жидкости как о корпус насоса, так и между собой;узкий диапазон частоты вращения рабочего колеса, и как следствие узкий диапазон возможной производительности насоса — данный недостаток также связан с трением жидкости;не достаточно высокая относительная глубина достигаемого вакуума для данного вида машин.

Сформулируем основные требования, предъявляемые к проектируемым насосам:

– необходимо устранить трение жидкостного кольца о неподвижный корпус насоса;

– предложить решение, позволяющее стабилизировать течение жидкости в кольце;

– предложить решение, позволяющее регулировать степень сжатия насоса и увеличить его относительную глубину достигаемого вакуума;

– для изготовления элементов рабочей полости насоса использовать современные эксплуатационные материалы;

– предлагаемая конструкция должна быть разработана на базе уже существующих моделей и обеспечивать максимальную взаимозаменяемость деталей с уже существующими моделями;

– недопустимо увеличение сложности конструкции ЖВН и сложности изготовления, сборки и эксплуатации машины;

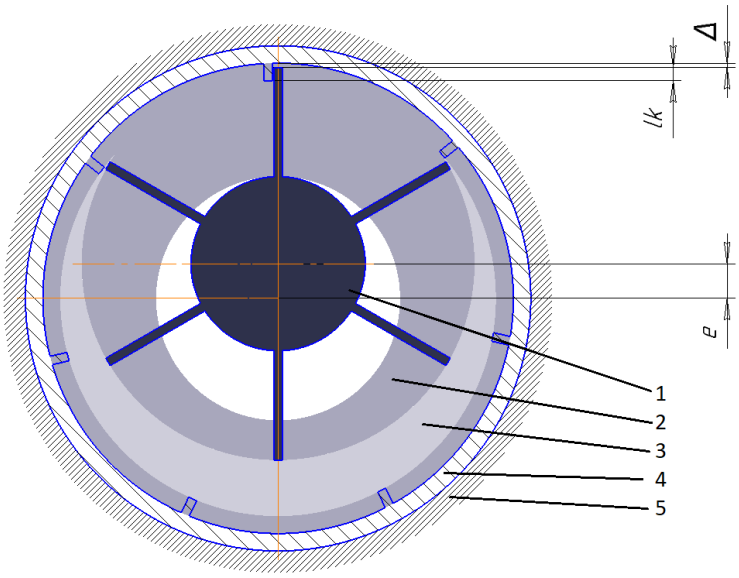
Разработанные решения должны:обеспечивать максимальную технологичность отдельных элементов, и насоса в целом; обеспечивать максимальную унификацию элементов; в максимальной степени сохранять габаритные и крепежные размеры базовой модели

После обоснования необходимости проектирования изделия и формулировки основных требований необходимо сформулировать техническое задание на проект.

Результаты и обсуждения. Выберем технические решения, позволяющие устранить основные недостатки ЖВН, и отвечающие сформулированным требованиям [1-18].

Конструкция с вращающейся втулкой (рисунок 1)подразумевает установку внутри корпуса насоса тонкостенной втулки, которая вращается со скоростью, близкой к скорости вращения рабочего колеса насоса и жидкостного кольца и не допускает соприкосновение жидкости с неподвижным корпусом. Данная конструкция почти полностью устраняет трение жидкости о корпус насоса. На внешней границе жидкость контактирует с вращающейся втулкой, и скорость внешних слоев жидкости равна скорости вращения втулки и близка к скорости вращения рабочего колеса. Вращающаяся втулка и жидкостное кольцо движутся как одно целое, за счет этого повышается стабильность жидкостного кольца, устраняется зависимость трения жидкости от частоты вращения, делая возможным образование жидкостного кольца и сохранение его стабильного состояния при более широком диапазоне рабочих частот вращения.

Оптимальным решением для обеспечения привода втулки является кинематическое замыкание, образованное лопатками рабочего колеса и лопатками корпуса (рисунок 1). Фактически, данное решение представляет собой внутреннюю цилиндрическую зубчатую передачу, в которой крутящий момент передается от лопаток рабочего колеса к лопаткам вращающейся втулки.



,

1 - рабочее колесо, 2 – лопаточное пространство жидкостного кольца, 3 – безлопаточное пространство жидкостного кольца, 4 – вращающаяся втулка, 5 – неподвижный корпус, e – эксцентриситет, lk – перекрытие лопаток, Δ – зазор между лопаткой рабочего колеса и втулкой

Рисунок 1. Схема ЖВН с кинематическим замыканием.

Для обеспечения постоянства передаточного отношения в момент зацепления лопаток профиль лопаток рабочего колеса и лопаток вращающейся втулки выполняется соответствующим эвольвенте окружности (рисунок 2).

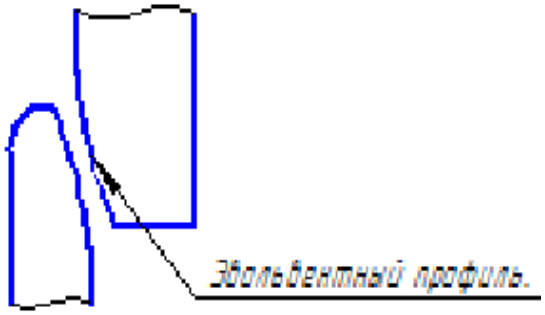


Рисунок 2. Профиль лопаток рабочего колеса и лопаток корпуса

Для обеспечения свободного вращения втулки и исключения трения о корпус насоса, она должна быть установлена на подшипниках. Вращающаяся втулка обладает достаточно большим диаметром (от 90 мм) и частота вращения втулки может достигать 400 мин$^{-1}$, в связи с этим затруднительно использование подшипников качения, в том числе и из-за из габаритов. Применение подшипников скольжения также затруднительно в связи с ограниченным присутствием на рынке изделий, подходящих по габаритным характеристикам к проектируемым насосом. Также применение подшипников подразумевает изменение конструкции корпуса насоса в связи с тем, что необходимо предусмотреть посадочные места под подшипники как у корпуса насоса, так и у втулки. Наиболее оптимальным решением для данной проблемы является использование вращающейся втулки из сверхвысокомолекулярного полиэтилена (СВМПЭ).

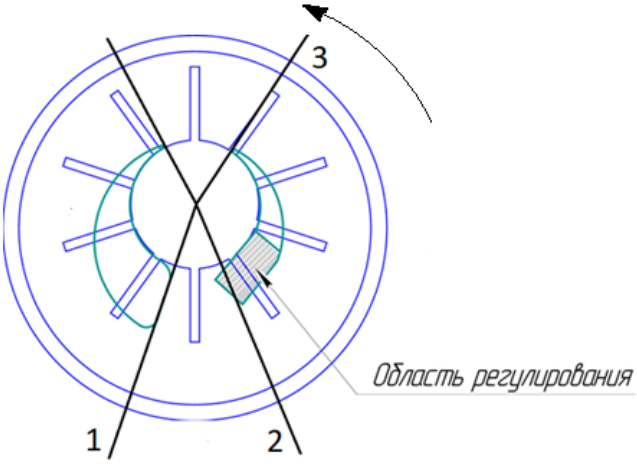
СВМПЭ – полимерный конструкторский материал, получивший широкое распространение в последнее время. Данный материал обладает рядом свойств, обуславливающих его применение в современной промышленности, среди них:высокая жесткость и ударная прочность;высокая стойкость к химическому воздействию;малый вес;низкой коэффициент трения;стойкость к абразивному воздействию;стойкость к воздействию высоких и низких температур;

СВМПЭ отлично подходит для изготовления основных компонентов рабочей полости ЖВН. Данный материал обладает достаточной механической прочностью для того, чтобы его можно было бы использовать вместо стали в качестве основного материала для изготовления компонентов рабочей полости насоса.

Увеличение относительной глубины достигаемого вакуума возможно с внедрением системы, позволяющей регулировать степень сжатия насоса. Наиболее оптимальным с точки зрения конструкции является система регулировки площади сечения нагнетательного окна. В общем случае процесс перекачки газа в ЖВН состоит из следующих этапов при вращении рабочего колеса против часовой стрелки (Рисунок 3):всасывание газа (область 1) — выполняется через всасывающее окно; сжатие газа (область 2) — после завершения всасывания происходит сжатие газа, до давления, превышающего атмосферное; нагнетание газа (область 3) — сжатый газ под действием давления, достигнутого на предыдущем этапе, выбрасывается в атмосферу.

Значение давления, достигаемого на этапе 2, зависит от угла поворота рабочего колеса, при котором начинается нагнетание, и соответственно для более позднего начала фазы нагнетания соответствует большее давление сжатия. Система регулирования площади сечения нагнетательного окна позволяет перекрывать часть окна, и соответственно изменять угол начала третьей фазы работы насоса. Регулируемая область окна показана на рисунке 3.

Система регулирования площади сечения нагнетательного состоит из бокового диска, содержащего всасывающее и нагнетательные окна, регулирующего винта и системы привода винта, выполняющей регулировку. Система привода для данного решения монтируется на корпусе насоса в верхней части и включает в себя электромотор, приводящий в движение регулировочный винт.



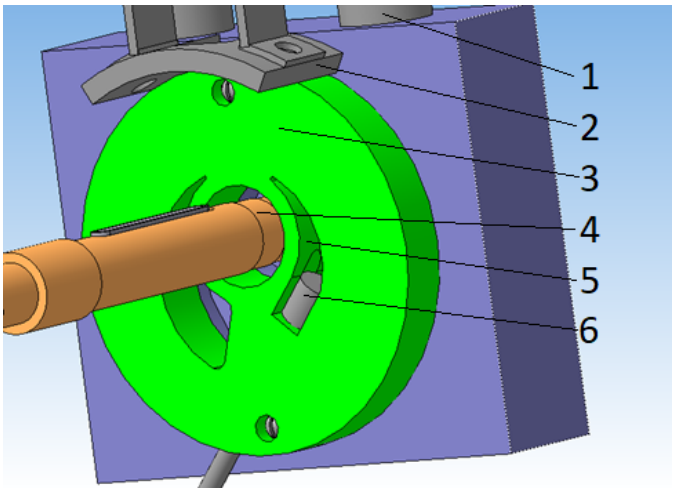
1 – область всасывания, 2 – область сжатия, 3 – область нагнетания

Рисунок 3. Конфигурация всасывающего и нагнетательного окон.

Конструкция данного решения для регулирования площади нагнетательного окна обеспечивает максимальную совместимость с конструкцией классического насоса как малой, так и большой быстроты действия. Размещение основных элементов данной конструкции возможно как в боковой стойке насоса, так и в применяемых в некоторых насосах боковых дисках, которые содержат окна для прохода газа. Отличие элементов, предназначенных дляразмещение данной системы, заключается только в наличии дополнительной полости для регулирующего элемента и отверстия для осуществления привода винта. Управляющий элемент располагается снаружи корпуса насоса в собственном корпусе, и требует только наличия крепежных отверстий.

Завершив составление технического задания можно приступить к непосредственно процессу проектирования, включающего в себя процесс разработки непосредственно конструкции насоса, и проектных расчетов элементов конструкции. Современные вычислительные средства позволяют в значительной степени упростить процесс проектирования. Благодаря современным САПР возможно выполнять разработку трехмерной модели, отдельных ее узлов, и сопряжения деталей. Использование трехмерного моделирования позволяет визуально оценить конструкцию изделия и устранить ряд ошибок компоновки элементов. Для большинства видов машин проектные расчеты выполняются в соответствии с принятой методикой, и представляют собой рутинные операции, не раскрывают творческий и интеллектуальный потенциал конструктора. Автоматизация подобных расчетов позволяет значительно снизить трудоемкость выполнения расчета. Разработанную программу или сценарий возможно использовать для расчета других типоразмеров машин, и в том числе проводить подбор оптимальных эксплуатационных параметров изделий. Среди средств для автоматизации расчета можно выделить специализированные инструменты, которыми комплектуются многие САПР, специализированные системы компьютерной алгебры, такие как Mathcad, Mapple. Другим вариантом для автоматизации расчетов является использование языков программирования

общего назначения. В качестве одного из наиболее удобных языков можно выделить интерпретируемый язык Python. Данный язык широко используется как российскими, так и зарубежными специалистами для решения математических задач, для данного языка в настоящий момент реализовано множество библиотек, позволяющих автоматизировать большинство типовых задач. В связи с тем, что Python - язык общего назначения, с его помощью возможно решение задач, напрямую не относящиеся к расчетам, но позволяющие значительно расширить возможности, связанные с автоматизацией рутинных процессов, генерацией конструкторской документации, файлов для других программных продуктов.



1 – патрубки для подвода и отвода газа, 2 – опора корпуса систем автоматики, 3 – боковой диск, 4 – вал насоса, 5 – нагнетательное окно, 6 – регулирующий винт

Рисунок 4. Общий вид системы регулирования площади сечения нагнетательного окна.

Заключение. Жидкостно-кольцевые вакуумные насосы имеют потенциал для дальнейшего совершенствования их конструкций и разработки современных технологичных и энергоэффективных машин.

Применение современных полимерных материалов для изготовления компонентов рабочей полости насоса позволяет в значительной степени повысить их технологичность и снизить стоимость их производства.

Применение современных средств автоматизации позволяет снизить трудоемкость проектирования, визуально оценить разрабатываемую модель, автоматизировать большинство процессов, связанных с расчетом изделий.

Применение языков общего назначения имеет значительный потенциал наравне со специализированными средствами для выполнения математических расчетов.

Список литературы

1. Патент 161934 Российская Федерация, Жидкостно-кольцевая машина / Родионов Ю.В., Никитин Д.В., Галкин П.А., Сычёв М.В.; заявл. 14.07.2015; опубл. 20.05.2016

2. Патент 2548230 Российская Федерация, Энергосберегающая двухступенчатая сушильная установка для растительных материалов / Родионов Ю.В., Никитин Д.В., Зорин А.С., Щегольков А.В., Дмитриев В.М., Ларионова Е.П.; заявл. 12.03.2013; опубл. 20.04.2015

3. Патент 2551449 Российская федерация, Двухступенчатая жидкостно-кольцевая машина / Гуськов А.А., Никитин Д.В., Платицин П.С., Родионов Ю.В.; заявл. 02.07.2014; опубл. 27.05.2015

4. Патент 2492360 Российская Федерация, Жидкостнокольцевая машина / Галкин П.А. Зорин А.С. Никитин Д.В. Нищев А.А. Родионов Ю.В., Сычев М.В.; заявл. 07.11.2011; опубл. 10.09.2013

5. Патент 2614112 Российская Федерация, Жидкостно-кольцевая машина с термоаккумулятором / Никитин Д.В. Пилягина А.О. Платицин П.С. Родионов Ю.В. Сычев М.В. Щегольков А.В., Сычев М.В.; заявл. 09.03.2016; опубл. 22.03.2017

6. Родионов Ю.В., Галкин П.А., Никитин Д.В., Сычев М.В. / Конструктивные особенности жидкостнокольцевого вакуум-насоса с кинематической связью // Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2016. Т. 22. № 3. С. 463-470.

7. Гуськов А.А., Родионов Ю.В., Анохин С.А., Капустин В.П., Никитин Д.В., Селиванов Ю.Т. / Обоснование выбора жидкостно-кольцевого вакуумного насоса для экстракционно-выпарной установки при обработке растительных материалов // Проблемы развития АПК региона. 2018. № 1 (33). С. 124-130.

8. N.D. Karlsen-Davies, G.A. Aggidis / Regenerative liquid ring pumps review and advances on design and performance // Lancaster Unevercity Renewable Energy and Fluid Machinery Group, Engineering Department, Lancaster LA1 4YW, United Kingdom 2016

9. Si Huang, Jing He, Xueqian Wang, Guangqi Qui / Theoretical Model for the Performance of Liquid Ring Pump Based on the Actual Operating Cycle // Hindawi International Journal of Rotating Machinery 2017

10. K. Kakuda, Y. Ushiyama, S. Obara, J. Toyotani, S. Matsuda, H.Tanaka, K. Katagiri / Flow Simulations in a Liquid Ring Pump Using a Particle Method // Nihon Univercity 2010

11. Родионов Ю.В. / Оптимизация конструктивных параметров жидкостнокольцевых вакуум-насосов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2010. Т. 16. № 2. С. 397.

12. Воробьев Ю.В., Родионов Ю.В., Никитин Д.В., Попов В.Ю., Нищев А.А. / Оптимизация конструктивных параметров жидкостнокольцевых вакуум-насосов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2010. Т. 16. № 2. С. 397-403.

13. Г.С. Иванов. Конструирование технических поверхностей (математическое моделирование на основе нелинейных преобразований). М: Машиностроение, 1987. - 192 с.

14. Кафаров В.В. Системы автоматизированного проектирования химических производств. – М.: «Химия», 1999. 355 с.

15. Норенков И.П. Автоматизированное проектирование. – М: Высш. Школа, 2000. – 188 с.

16. Python 3.7.0 documentation [Электронный ресурс] // python.orgURL: https://docs.python.org/3/

17. Python для математических вычислений[Электронный ресурс] // HabrURL: https://habr.com/post/312268/

18. Documentation - SciPy.org [Электронный ресурс] // SciPy.orgURL: https://www.scipy.org/docs.html

References

1. Patent 161934 RossijskayaFederaciya, ZHidkostno-kol'cevayamashina / Rodionov YU.V., Nikitin D.V., Galkin P.A., Sychyov M.V.; zayavl. 14.07.2015; opubl. 20.05.2016

2. Patent 2548230 RossijskayaFederaciya, EHnergosberegayushchayadvuhstupenchatayasu-shil'nayaustanovkadlyarastitel'nyhmaterialov / Rodionov YU.V., Nikitin D.V., Zorin A.S., SHCHegol'kov A.V., Dmitriev V.M., Larionova E.P.; zayavl. 12.03.2013; opubl. 20.04.2015

3. Patent 2551449 Rossijskayafederaciya, Dvuhstupenchatayazhidkostno-kol'cevayamashi-na / Gus'kov A.A., Nikitin D.V., Platicin P.S., Rodionov YU.V.; zayavl. 02.07.2014; opubl. 27.05.2015

4. Patent 2492360 RossijskayaFederaciya, ZHidkostnokol'cevayamashina / Galkin P.A. Zorin A.S. Nikitin D.V. Nishchev A.A. Rodionov YU.V., Sychev M.V.; zayavl. 07.11.2011; opubl. 10.09.2013

5. Patent 2614112 RossijskayaFederaciya, ZHidkostno-kol'cevayamashina s termoakkumulyatorom / Nikitin D.V. Pilyagina A.O. Platicin P.S. Rodionov YU.V. Sychev M.V. SHCHegol'-kov A.V., Sychev M.V.; zayavl. 09.03.2016; opubl. 22.03.2017

6. Rodionov YU.V., Galkin P.A., Nikitin D.V., Sychev M.V. / Konstruktivnyeosobennostizhidkostnokol'cevogovakuum-nasosa s kinematicheskojsvyaz'yu // VestnikTambovskogogosudarstvennogotekhnicheskogouniversiteta. 2016. T. 22. № 3. S. 463-470.

7. Gus'kov A.A., Rodionov YU.V., Anohin S.A., Kapustin V.P., Nikitin D.V., Seliva-nov YU.T. / Obosnovanievyborazhidkostno-kol'cevogovakuumnogonasosadlyaehkstrakcion-novyparnojustanovkipriobrabotkerastitel'nyhmaterialov // Problemyrazvitiya APK regiona. 2018. № 1 (33). S. 124-130.

8. N.D. Karlsen-Davies, G.A. Aggidis / Regenerative liquid ring pumps review and advances on design and performance // Lancaster Unevercity Renewable Energy and Fluid Machinery Group, Engineering Department, Lancaster LA1 4YW, United Kingdom 2016

9. Si Huang, Jing He, Xueqian Wang, Guangqi Qui / Theoretical Model for the Performance of Liquid Ring Pump Based on the Actual Operating Cycle // Hindawi International Journal of Rotating Machinery 2017

10. K. Kakuda, Y. Ushiyama, S. Obara, J. Toyotani, S. Matsuda, H.Tanaka, K. Katagiri / Flow Simulations in a Liquid Ring Pump Using a Particle Method // Nihon Univercity 2010

11. Rodionov YU.V. / Optimizaciyakonstruktivnyhparametrovzhidkostnokol'cevyhvakuum-nasosov // VestnikTambovskogogosudarstvennogotekhnicheskogouniversiteta. 2010. T. 16. № 2. S. 397.

12. Vorob'ev YU.V., Rodionov YU.V., Nikitin D.V., Popov V.YU., Nishchev A.A. / Op-timizaciyakonstruktivnyhparametrovzhidkostnokol'cevyhvakuum-nasosov // VestnikTambovskogogosudarstvennogotekhnicheskogouniversiteta. 2010. T. 16. № 2. S. 397-403.

13. G.S. Ivanov. Konstruirovanietekhnicheskihpoverhnostej (matematicheskoemodelirovanienaosnovenelinejnyhpreobrazovanij). M: Mashinostroenie, 1987. - 192 s.

14. Kafarov V.V. Sistemyavtomatizirovannogoproektirovaniyahimicheskihproizvodstv. – M.: «Himiya», 1999. 355 s.

15. Norenkov I.P. Avtomatizirovannoeproektirovanie. – M: Vyssh. SHkola, 2000. – 188 s.

16. Python 3.7.0 documentation [EHlektronnyjresurs] // python.orgURL: https://docs.python.org/3/

17. Python dlyamatematicheskihvychislenij[EHlektronnyjresurs] // HabrURL: https://habr.com/post/312268/

18. Documentation - SciPy.org [EHlektronnyjresurs] // SciPy.orgURL: https://www.scipy.org/docs.html

УДК 6122.43-192:65.011.46

УЛУЧШЕНИЕПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ С ДИЗЕЛЬНЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ МОДЕРНИЗАЦИЕЙ РАСПЫЛИТЕЛЕЙ ФОРСУНОК

Лебедев Анатолий Тимофеевич,
доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технического сервиса, стандартизации и метрологии, e-mail:lebedev.1962@mail.ru
Лебедев Павел Анатольевич,
кандидат технических наук, доцент кафедры технического сервиса, стандартизации и метрологии, e-mail: zoya_lebedeva@mail.ru

ФГБОУ ВО "Ставропольский государственный аграрный университет", г.Ставрополь

Губжоков Хусен Лелович,
кандидат технических наук, доцент кафедры технология обслуживания и ремонта машин в АПК, e-mail: gubzh69@mail.ru
Болотоков Анзор Леонидович,
старший преподаватель кафедры технология обслуживания и ремонта машин в АПК, e-mail: anzor.n@Inbox.ru
ФГБОУ ВО "Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В.М. Кокова", г.Нальчик

Реферат. *Основная доля отказов дизельных двигателей универсально-пропашных тракторов связана с условиями и режимамиих эксплуатации,с нарушениями работы распылителей форсунок топливной системы. Указано, что рабочие поверхности распылителя форсунки, являясь низшими элементами в иерархической схеме дизельного двигателя, позволяют управлять надежностью и эффективностью энергетического средства в целом. Объектом исследования была топливная система двигателя Д-240 с насосом УТН-5 и форсунками ФД-22. Испытание и регулировка исследуемых форсунок проводилась на приборе КИ-3333 (ГОСНИТИ) и на стенде для испытания форсунок КИ-35478 , подвижность иглы распылителя контролировалась прибором ПУФ-3 ЦНИТА, гидравлические характеристики определялись на стенде КИ-22201 с комплектом оснастки КИ-15713 для определения эффективного проходного сечения.Для улучшения работоспособности, экономичности и надежности было выполнено функциональное резервирование свойств рабочих поверхностей распылителя форсунки за счет модернизации иглы распылителя. Исследования показали, что неравномерность цикловой подачи на неустановившихся режимах работы дизельного двигателя составляет 8…12% для топливного насоса, укомплектованного модернизированными и 18,5…34% - серийными распылителями форсунок.Применение модернизированных распылителей форсунок позволило улучшить показатели эффективности использования энергетических средств дизельных двигателей за счет повышения мощности (N_e) в пределах 8,8…12,5%, уменьшения удельного расхода топлива (g_e) на 3,3…4,1%, увеличения крутящего момента на валу двигателя (M_e) на 5,2…7,8%, а также снизить общий расход топлива (G_T) на 2,5…4,2%.*

Ключевые слова: *дизельный двигатель, форсунка, распылитель, эффективность, модернизация.*

IMPROVEMENT OF INDICATORS OF EFFICIENCY OF USE ENERGY PRODUCTS WITH DIESEL ENGINES WITH THE HELP MODERNIZATION OF SPRAYERS NOZZLES

Lebedev Anatoly,
doctor of technical Sciences, Professor, head of the Department of technical service, standardization and Metrology, e-mail: lebedev.1962@mail.ru

Lebedev Pavel,
candidate of technical Sciences, associate Professor of technical service, standardization and Metrology; e-mail: zoya_lebedeva@mail.ru

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Stavropol State Agrarian University", Stavropol

Gubjokov Husen,
candidate of technical Sciences, associate Professor of maintenance and repair of machines in agriculture, e-mail: gubzh69@mail.ru

Bolotokov Anzor,
senior lecturer of the Department of maintenance and repair of machinery in agriculture, e-mail: anzor.n@Inbox.ru

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov ", Nalchik

Abstract.*The main share of failures of diesel engines of universal tilled tractors is related to the conditions and modes of their operation, with disruptions in the operation of nozzles for fuel systems. It is indicated that the working surfaces of the nozzle atomizer, being the lowest elements in the hierarchical scheme of a diesel engine, make it possible to control the reliability and efficiency of the energy means as a whole. The object of the study was the fuel system of the engine D-240 with a pump UTN-5 and nozzles FD-22.The test and adjustment of the injectors under investigation was carried out on the KI-3333 instrument (GOCHITI) and on the test bench of the KI-35478 nozzles, the mobility of the spray needle was controlled by the PUIT-3 TSNITA instrument, the hydraulic characteristics were determined on the KI-22201 stand with the KI rig kit -15713 to determine the effective flow area. Functional redundancy of the properties of the working surfaces of the nozzle sprayer was made by upgrading the needle of the sprayer to improve performance, efficiency and reliability. Studies have shown that the irregularity of the cycle supply for unsteady diesel engine operating modes is 8 ... 12% for a fuel pump equipped with modernized nozzles and 18.5 ... 34% for those equipped with standard nozzles.The use of modernized injector nozzles made it possible to improve the efficiency indicators of the use of diesel engine energy by increasing power (Ne) within 8.8 ... 12.5%, reducing specific fuel consumption (ge) by 3.3 ... 4.1%, and increasing torque torque on the motor shaft (Me) by 5.2 ... 7.8%, as well as reduce overall fuel consumption (GT) by 2.5 ... 4.2%,*respectively.

Key words: *diesel engine, injector, atomizer, efficiency, modernization.*

Введение. Производство сельскохозяйственной продукции в настоящее время связано с использованием большого многообразия энергетических средств, оснащенных как правило, дизельными двигателями. При реализации технологических процессов энергосредство, как один из ключевых элементовтриединой системы академика В.П. Горячкина, является главным и основным источником затрат производимой продукции. Показатели экономичности дизельных двигателей энергетических средств (ДДЭС) в процессе эксплуатации существенно изменяются. Снижение мощности, повышение расхода топлива, а также увеличение отказов систем, узлов и деталей ДДЭС в значительной степени определяется работоспособностью, уровнем эксплуатации и надежности топливной аппаратуры.

Как показывает практика и выполненные исследования [1]60% всех отказов связаны с двигателем. Отказы дизельных двигателей, связанные с выходом из строя системы смазки, составляют 7,6%, системы охлаждения - 9,3%, системы питания - 39,8%, газораспределительного механизма - 3,9%. Основная доля неисправностей и причин, вызывающих снижение эффективности ТП, приходится на распылители форсунок топливной системы, ресурс которых колеблется в широком диапазоне 500…1600мото-часов [2].

Особую значимость имеют также условия и режимы эксплуатации ДДЭС.Проведенные исследования показали, что максимальная загрузка двигателей тракторов приходится на выполнение таких технологических операций, как посев и вспашка, и составляет от 75…89%, при такой загруженности двигателя техника работает до 60% от общего времени ее использования. В настоящее время в сельскохозяйственном производстве 80,3% от общего годового объема работ, таких как транспортирование и междурядная обработка,выполняются универсально-пропашными тракторами [3]. Продолжительность работы составляет 50%, на заготовке кормов 47%, культивации 45% и внесении удобрений 47%.Частые изменения загрузки тракторов приводят не только к изменению режимов работы двигателя, но и варьированию режимов работы топливного насоса, который обеспечивает необходимые параметры топливоподачи в соответствие с загрузкой тракторов.В этом случае показатели экономичности ДДЭС будут снижаться значительно раньше указанной наработки распылителей форсунок, что особо подчеркивает актуальность проведения модернизации свойств рабочих поверхностей деталей (РПД) и сохранения оптимальных условий их функционирования.

Методы и средства. Для разработки предложений по совершенствованию способов повышения экономичности ДДЭС (на примере двигателя 4Ч11/12,5) в наших исследованиях была применена перспективная методика повышения эффективности технологических процессов [4, 5], а также известные зависимости для оценки топливной экономичности дизелей.

Общепринятыми показателями топливной экономичности дизелей являются:N_e- мощность двигателя; g_e - удельный расход топлива;$M_{кр}$- крутящий момент на валу двигателя; $G_т$- часовой расход топлива.

Мощность ДДЭС зависит от крутящего момента на валу двигателя, получаемого на тормозном стенде $M_{кр}$ и частоты вращения вала двигателя n:

$$N_e=0,105\cdot M_{кр}\cdot n, \quad (1)$$

Тогда, удельный расход топлива можно определить по формуле:

$$g_e = G_т/N \quad (2)$$

С учетом известных величин для дизельного двигателя 4Ч11/12,5часовой расход топлива можно определить из выражения:

$$G_т = 8,33 q_ц \cdot n, \quad (3)$$

Как видно из представленных зависимостей существенное влияние оказывает цикловая подача топлива (ЦПТ) и качество его подготовки для осуществления рабочего процесса ДДЭС. Анализ исследований позволил установить основные параметры, оказывающие влияние на ЦПТ в виде функциональной зависимости:

$$q_ц = f(P_e, t, P_в - P_{к.с}, \tau, S_p f_p, h, V, \rho, t, Q, C_{заг}) \quad (4)$$

где P_e - эффективное давление в отверстиях распылителя;t - продолжительность впрыскивания;$P_в$-$P_{к.с}$. - разница давления впрыскивания и давления в камере сгорания двигателя;τ - гидравлическая плотность распылителя; $S_p f_p$ - эффективное проходное сечение; h - ход иглы;V_δ - объема топлива в щели распылителя;ρ - плотность топлива;t - температура топлива; Q - коэффициент сопротивления щели; $C_{заг}$ - степень загрязненности топлива.

Согласно выражению (4), параметры ЦПТ, определяющие количество и качество распыливания топлива, в основном зависят от свойств топлива и конструктивно-технологических параметров распылителя форсунки. Полученные теоретические зависимости позволяютустановить связь между показателями экономичности ДДЭС и параметрами распылителя форсунки. При этом, согласно [4, 5], рабочие поверхности распылителя форсунки,

являясь низшими элементами в иерархической схеме ДДЭС, позволяют управлять надежностью и эффективностью ДДЭС в целом.

Распылитель форсунки, работая в тяжелых условиях воздействия высокотемпературных цилиндровых газов, является наиболее слабым звеном топливной аппаратуры ДДЭС и оказывает существенное влияние на ЦПТ.От его работоспособности зависит качество распыливания и точность дозирования топлива, и как следствие мощность, работоспособность, экономичность и надежность ДДЭС[3, 4].

Используя методику [5], для повышения экономичности ДДЭС и эффективности использования, было выполнено функциональное резервирование свойств рабочих поверхностей распылителей форсунок за счет модернизации иглы распылителя [6]. В направляющей части распылителя выполнена винтовая канавка, которая способствует осимметричному давлению жидкости, перетекающей из канавок в зазор между корпусом и направляющей частью. Такая модернизация способствует равномерному износурабочих поверхностей распылителей форсунок, исключает зависание иглы, улучшает качество распыливания топлива. Для подтверждения выдвинутых положений были выполнены экспериментальные исследования показателей ЦПТ и экономичности ДДЭС с серийными и модернизированными форсунками.

Испытание и регулировка исследуемых форсунок производилась в лабораториях КБГСХА и СтГАУ на приборе КИ-3333 (ГОСНИТИ) и на стенде для испытания форсунок КИ-35478 (рисунок 1).

Опыты проводились с трехкратной повторностью, объектом исследования была топливная система двигателя Д-240 с насосом УТН-5 и форсунками ФД-22. Параметры форсунок определялись на приборах КИ-35478, КИ-3333, подвижность иглы распылителя контролировалась прибором ПУФ-3 ЦНИТА, гидравлические характеристики определялись на стенде КИ-22201 с комплектом оснастки КИ-15713 для определения эффективного проходного сечения. По результатам проливки форсунок и топливопроводов на контрольном стенде с эталонным топливным насосом с закрепленной рейкой, согласно методике исследования, был отобран комплект серийных форсунок, пропускная способность которых отличается не более ±1 см^3 за 2 хода плунжера. Второй комплект был составлен из форсунок с модернизированными распылителями. Для исследования параметров топливоподачи был скомплектован контрольный ТНВД, согласно методики экспериментальных работ - УТН-5 (режим дизеля 4Ч11/12,5).

Рисунок 1 - Стенд для испытания форсунок дизелей КИ-35478

Идентичность параметров топливоподачи определялась на наиболее нагруженном номинальном режиме. Приведенные данные дают возможность последовательно проследить

динамику изменения параметров и ЦПТ в процессе эксплуатационных испытаний для каждого распылителя в отдельности, а также ряда основных параметров для комплектов форсунок.

Результаты и обсуждения. Опыт по исследованию стабильности цикловых подач по секциям топливного насоса высокого давления (ТНВД) при его комплектовании модернизированными форсунками, методом последовательной перестановки форсунок на каждую секцию, показал, что неидентичность в этом случае не превышает ±3%. Установка исследуемых форсунок по всем секциям насоса и всех форсунок на одну секцию дали отклонение от установленной величины ЦПТ ±1,5%. Результаты этих исследований представлены на рисунке 2.

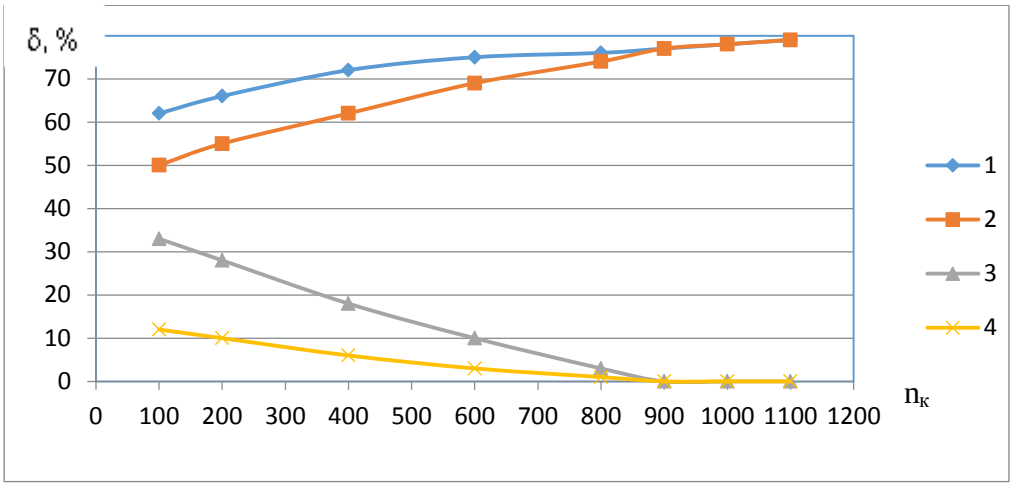


Рисунок2 - Скоростные характеристики топливного насоса УТН-5двигателя Д-240
1 и 2- цикловая подачас модернизированными (1) и серийными(2) форсунками;
3 и 4- неравномерность подачи с серийными (3) и модернизированными (4) форсунками

При анализе полученных данных видно, что при высоких оборотах кулачкового вала, соответствующих высокой загруженности дизельного двигателя при $n_к$=850…1100 мин$^{-1}$, неравномерность ЦПТ не превышает 2%, с уменьшением частоты вращения кулачкового вала до $n_к$=400…800 мин$^{-1}$ неравномерность составляет2,7…16,1%.

Мощностные и экономические показатели, при исследовании работы ДДЭС, оснащенного системой питания с серийными и модернизированными форсунками, определялись стендовыми моторными испытаниями на электротормозном стенде КИ-5543 (рис. 3).

Анализ полученных зависимостей показал, что мощность ДДЭС укомплектованных опытными РФТА варьировалась от 18…55,5 кВт, а с серийными РФТА 16…51 кВт, при соответствующей частоте вращения вала двигателя. Удельный расход топлива ДДЭС укомплектованных опытными РФТА составил 288…240 г/кВт, при комплектации серийными - 300…248 г/кВт. Крутящий момент на валу двигателя с опытными РФТА составил 274…242 Нм, а с серийными - 254…230 Нм. Общий расход топлива у ДДЭС укомплектованного опытными РФТА составил 4,8…12,1 кг/ч, а с серийными - 4,8…12,4 кг/ч.

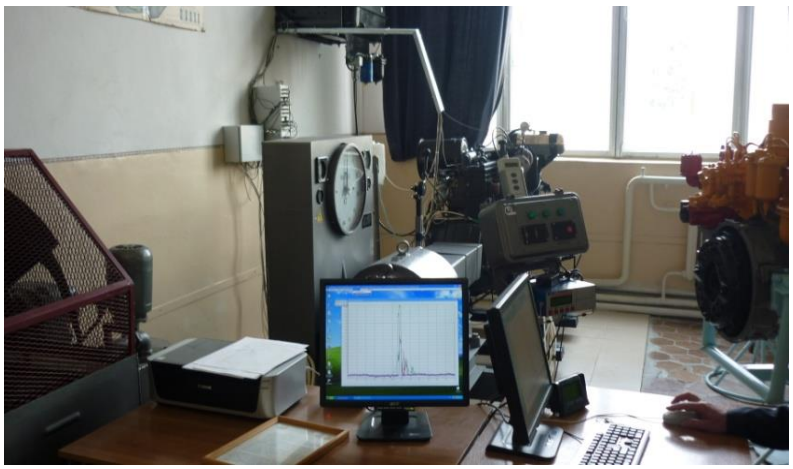


Рисунок 3 - Тормозная установка КИ-5543 с контрольным двигателем Д-240

При проведении стендовых исследований, на примере дизеля 4Ч11/12,5, были получены скоростные характеристики ДДЭС представленные на рисунке 4.

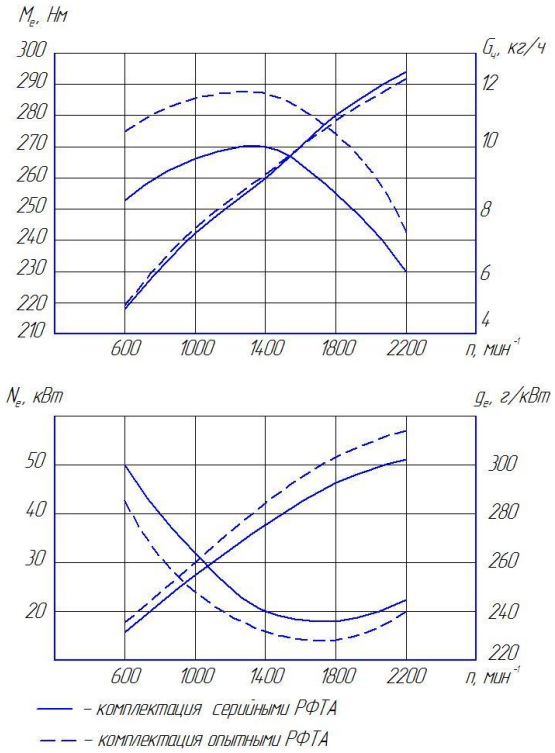


Рисунок 4 - Скоростные характеристики дизеля 4Ч11/12,5

Применение модернизированных РФТА в ДДЭС позволило увеличить мощность (N_e) а пределах 8,8…12,5%, уменьшить удельный расход топлива (g_e) на 3,3…4,1%, увеличить крутящий момент на валу двигателя (M_e) на 5,2…7,8%, а также снизить общий расход топлива (G_T) на 2,5…4,2%.

Выводы. Применение перспективного метода повышения эффективности технологических процессов позволило выявить низший элемент системы для управления надежности и эффективности через повышение экономичности ДДЭС за счет модернизации и формирования требуемых свойств.

Функциональное резервирование свойств рабочих поверхностей распылителей форсунок за счет выполнения модернизации иглы распылителя улучшает ЦПТ при снятии скоростной

характеристики ТНВД. Неравномерность подачи на неустановившихся режимах работы ДДЭС при составляет 8…12% и 18,5…34% для ТНВД, укомплектованных модернизированными и серийными РФ, соответственно.

Применение модернизированных форсунок Ф-22 (на примере дизеля 4Ч11/12,5), подтверждают выдвинутую гипотезу повышения эффективности использования энергетических средств за счет улучшения показателей экономичности ДДЭС.

Список литературы

1. Улучшение показателей работы автотракторных дизелей в эксплуатации: монография / Хаширов Ю.М. Нагоев В.Х. - Нальчик: Кабардино-Балкарского гос. Аграрного ун-та, 2002.-129с.

2. Шарифуллин С.Н. Повышение эксплуатационной надежности топливных насосов высокого давления автотракторных дизелей. автореф. дис. … докт. техн. наук. М.: 2009. 10с.

3. Лебедев А.Т., Лебедев П. А. Повышение эффективности дизельной топливной аппаратуры//Тракторы и сельхозмашины. 2011. № 7. С. 43-45

4. Надежность и эффективность МТА при выполнении технологических процессов: монография / Лебедев Т.А., Наумов О.П., Магомедов Р.А., Захарин А.В., Лебедев П.А., Павлюк Р.В. – Ставрополь: АГРУС Ставропольского гос. Аграрного ун-та, 2015. – 332с.

5. Лебедев А.Т. Ресурсосберегающие направления повышения надежности и эффективности технологических процессов в АПК: монография. Ставрополь. 2012. 376 с.

6. Пат. 2231673 Российская Федерация, МПК F02M61/10. Распылитель дизельной форсунки / Ю. М. Хаширов, Х.У. Бугов, А.Л. Болотоков; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ. № 2001131630; заявл. 22.11.2001 ;опубл. 27.06.04, Бюл. № 15. 9 с.

References

1. Uluchsheniepokazatelejrabotyavtotraktornyhdizelej v ehkspluatacii: monografiya / Hashirov YU.M. Nagoev V.H. - Nal'chik: Kabardino-Balkarskogogos. Agrarnogo un-ta, 2002.-129s.

2. SHarifullin S.N. Povyshenieehkspluatacionnojnadezhnostitoplivnyhnasosovvysokogodavleniyaavtotraktornyhdizelej. avtoref. dis. … dokt. tekhn. nauk. M.: 2009. 10s.

3. Lebedev A.T., Lebedev P. A. Povyshenieehffektivnostidizel'nojtoplivnojapparatury//Traktoryisel'hozmashiny. 2011. № 7. S. 43-45

4. Nadezhnost' iehffektivnost' MTA privypolneniitekhnologicheskihprocessov: mo-nografiya / Lebedev T.A., Naumov O.P., Magomedov R.A., Zaharin A.V., Lebedev P.A., Pavlyuk R.V. – Stavropol': AGRUS Stavropol'skogogos. Agrarnogo un-ta, 2015. – 332s.

5. Lebedev A.T. Resursosberegayushchienapravleniyapovysheniyanadezhnostiiehffektiv-nostitekhnologicheskihprocessov v APK: monografiya. Stavropol'. 2012. 376 s.

6. Pat. 2231673 RossijskayaFederaciya, MPK F02M61/10. Raspylitel' dizel'noj for-sunki / YU. M. Hashirov, H.U. Bugov, A.L. Bolotokov; zayavitel' ipatentoobladatel' FGBOU VO Kabardino-Balkarskij GAU. № 2001131630; zayavl. 22.11.2001 ; opubl. 27.06.04, Byul. № 15. 9 s.

УДК 631.017.3:621.181

ЭНЕРГОЭКОНОМНАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ГИДРОТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ СОИ

Шувалов Анатолий Михайлович,
Доктор технических наук, профессор, E-mail: vniiti@mail.ru

Машков Алексей Николаевич,
кандидат технических наук, старший научный сотрудник, E-mail: vniiti@mail.ru

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

Реферат. *Известно, что классические методы снижения антипитательных веществ в сое основаны на высокотемпературной обработке с предварительной стадией увлажнения. В ФГБНУ ВНИИТиН разработан способ гидротермической обработки сои, включающий двухсторонний нагрев: сверху инфракрасными источниками излучения, снизу – электронагревательной поверхностью транспортирующего устройства. Установлено, что двухсторонний нагрев позволяет сократить время разогрева сои до заданной температуры и увеличить производительность обработки на 40 %, равномерно прогревать зерно, снизить верхний предел допустимой температуры на 10 - 15 ^{o}С, повысить качество обработанного зерна и снизить энергозатраты за счет сокращения времени нагрева. Разработана технологическая линия, позволяющая энергоэкономно и эффективно проводить гидротермическую обработку сои. Линия включает шнековый транспортер с распылителем воды для увлажнения сои при ее подаче в приемный бункер с ограничителем толщины слоя зерна, теплоизолирующую камеру, инфракрасные излучатели, вибрационный транспортер, электронагревательные элементы для подачи теплоты через нижнюю поверхность транспортирующего устройства, температор. В температоре зерно отлеживается с заданным временем для снижения уровня антипитательных веществ до нормируемых значений. Система охлаждения темперированной сои выполнена на базе второго вибрационного транспортера. Предлагаемая технологическая линия обеспечивает экономию электроэнергии до 26,3 %.*

Ключевые слова: *соя, антипитательные вещества, система охлаждения, термическая обработка, комбинированный нагрев.*

POWER ECONOMICAL TECHNOLOGICAL LINE OF HYDROHEAT TREATMENT OF SOY

Shuvalov Anatoliy,
Full Doctor of Technical Sciences, professor, laboratory chief, E-mail: vniiti@mail.ru
Mashkov Alexey,
Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher, E-mail: vniiti@mail.ru

FGBNU VNIITiN «All-Russian Research Institute for the Use of Machinery and Petroleum Products in agriculture»

Annotation. *It is known that classical methods of reducing anti-nutritional substances in soybeans are based on high-temperature processing with a preliminary stage of moistening.***Keywords:*** *soy, the cooling system, heat treatment, the combined heating. The method of hydrothermal treatment of soybean, including double-sided heating: from above by infrared radiation sources, from below - by the electric heating surface of the transporting device, was developed at FGBNU VNIITiN. It was established that double-sided heating reduces the heating time of soybeans to a given temperature and increases processing performance by 40%, uniformly warms the grain, reduces the upper limit of the allowable temperature by 10 to 150, improves the quality of the processed grain and reduces energy consumption by reducing the heating time. A process line has been developed that allows for the energy-saving and efficient hydrothermal processing of soybeans. The line includes a screw conveyor with a water dispenser for humidifying soybeans when it is fed into a receiving hopper with a grain layer thickness limiter, a heat insulating chamber, infrared emitters, a vibrating conveyor, electric heating elements for supplying heat through the bottom surface of the transporting device, a temperator. In the temperature of the grain is a specified time to reduce the level of anti-nutrients to normalized values. The cooling system of the*

tempered soybean is made on the basis of the second vibration conveyor. The proposed process line provides energy savings of up to 26.3%.

Key words: *soy, anti-nutritional substances, cooling system, heat treatment, combined heating*

Введение. В настоящее время соя является одним из самых важных кормовых источников для высокопродуктивного животноводства, что обусловлено тем, что она является одновременно суперконцентратом по белку и по валовой энергии. Соя является наиболее перспективным заменителем животного белка. В ее зерне содержится 30-45 % протеина, характеризующегося высокой растворимостью (80 %) и являющегося наиболее полноценным из всех растительных протеинов. По этим показателям белок сои близок к животным белкам. Зерно сои богато витаминами A, B, C, D, E, PP, протеиновой кислотой. Но природа научила сою охранять и длительно сберегать свои несравненные питательные богатства от животных. В зерне сои имеются антипитательные вещества белковой, углеводной и гликозидной природы. наличие этих веществ существенно снижает питательную ценность сои, сказывается на пищевой и кормовой эффективности. Они также могут вызывать угнетение роста, снижение прироста животных, гипертрофию поджелудочной железы, изменение или поражения слизистой оболочки, аллергические проявления. Степень усвоения концентрированных питательных веществ сои напрямую зависит от глубины обработки и эффективности борьбы с антипитательными веществами.

Классические методы снижения антипитательных веществ основаны на высокотемпературной обработке соевых бобов, предварительно прошедших стадию увлажнения. В ФГБНУ ВНИИТиН разработан новый способ гидротермической обработки сои [1, 2], включающий двухсторонний нагрев сои: сверху инфракрасными источниками излучения, снизу – электронагревательной поверхностью транспортирующего устройства. Двухсторонний нагрев позволяет сократить время разогрева сои до заданной температуры на 40%, в этой же пропорции увеличить производительность обработки, равномерно прогревать зерно, снизить верхний предел допустимой температуры (вместо 140…145 ºС при инфракрасном нагреве, 125…130 ºС при комбинированном нагреве), повысить качество обработанного зерна и снизить энергозатраты за счет сокращения времени нагрева на 26,3 % [3, 4].

На основе этого способа разработана технологическая линия, позволяющая энергоэкономно и эффективно проводить гидротермическую обработку сои. Она включает в себя следующее технологическое оборудование (рис. 1).

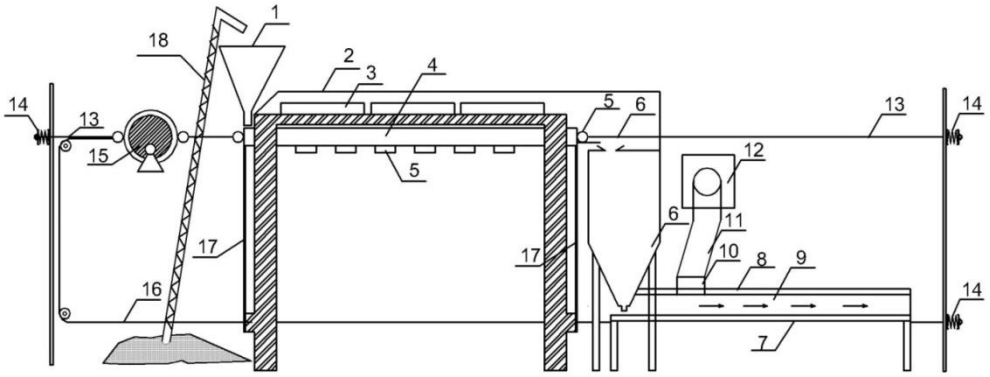


Рисунок 1 – Конструктивно-технологическая линия термической обработки и охлаждения сои

1. Шнековый транспортер (18) для подачи сои в приемный бункер (1). В полости шнекового транспортера предусмотрен распылитель воды для увлажнения сои в процессе движения ее к бункеру.

2. Установка для термообработки зерна сои включает в себя приемный бункер (1), теплоизолирующую камеру (2), инфракрасные излучатели (3), вибрационный транспортер (4), электронагревательные элементы для подачи теплоты через нижнюю поверхность транспортирующего устройства (5), температор (6) – теплоизолирующая емкость для отстоя нагретого зерна.

Следует отметить, что для выполнения одновременно двух функций: перемещение сои в рабочей зоне нагрева и передачи теплоты снизу к зерну, применен вибрационный транспортер (4), конструкция которого усовершенствована применительно к системе энергообеспечения с комбинированным нагревом. Рабочая поверхность (желоб) вибрационного транспортера (4) закреплена на рессорах (17), выполненных из прессованной фанеры. Основным узлом, задающим колебания рабочей поверхности является вибропобудитель (15) с эксцентриком. Вибропобудитель соединен с шарнирными звеньями (5), которые соединены со штоками (13) и с регулируемыми тарелками (14), опирающимися на пружины.

Вибрационный транспортер с упругими узлами, установленными на опорах, работает по принципу колебания в противофазе в резонансном режиме двух равных масс. В любой момент времени силы инерции масс уравновешены между собой как по величине, так и по направлению, а внутри системы происходит непрерывный обмен между кинетической энергией колеблющихся масс и потенциальной энергией упругих элементов. Благодаря этому на рабочие органы транспортера и его привод действуют небольшие нагрузки, которые не оказывают существенного динамического воздействия на корпус установки и на фундамент.

Установка для термообработки работает следующим образом. Увлажненное зерно подается в приемный бункер (1), из приемного бункера ограничителем толщины слоя зерна зерно подается на прямоугольный теплопроводный желоб вибрационного транспортера (4), в рабочей камере (2) на движущийся слой зерна действует сверху тепловой поток от инфракрасных излучателей (3), с тыльной стороны (снизу) – от нагретой электронагревательными элементами (5) поверхности прямоугольного теплопроводного желоба вибрационного транспортера. При этом скорость движения зерна в рабочей камере задается такой, чтобы в интервале рабочей камере при воздействии тепловых потоков с двух сторон зерно нагрелось до заданной температуры. Из рабочей камеры с желоба вибрационного транспортера нагретое зерно поступает в температор, где отлеживается с заданным временем для снижения уровня антипитательных веществ в зерне сои до нормируемых значений.

3. Система охлаждения темперированной сои выполнена на базе второго вибрационного транспортера (7). Транспортирующее устройство вибрационного транспортера (желоб) и верхняя крышка (8) образуют прямоугольный воздуховод. Для подачи воздуха в воздуховод предусмотрен центробежный вентилятор 12 Ц4-70 № 5. Вентилятор сочленен двумя гофрированными воздуховодами (11) с патрубками верхней крышки (10).

Вибропривод для второго вибрационного транспортера не предусмотрен, что позволяет экономить энергозатраты. Колебания желоба второго вибротранспортера осуществляются от вибропривода первого транспортера посредством сочленения его тросом через вращающиеся блоки со столом. При этом мощность электропривода первого транспортера (рассчитанная лишь на один транспортер) не увеличена, так используется для совершения колебаний желоба второго транспортера реактивная энергия пружин вибропривода первого транспортера.

Принцип работы системы охлаждения следующий. После отстоя горячей сои в температоре она с высокой температурой захватывается из температора специальным устройством второго транспортера и подается на желоб, колеблющийся с заданной частотой, амплитудой и углом

наклона. Включением в работу вентилятора (12) воздух через гофрированные рукава (11) подается в охлаждающую рабочую камеру (9), движется по ней, соприкасаясь с горячей соей. За счет конвективного теплообмена воздух подогревается отобранной теплотой от сои. В середине верхней крышки на всю длину транспортера предусмотрен дефлектор, через который удаляется отработанный воздух.

Заключение. Впервые разработана технологическая линия гидротермической обработки сои применительно к комбинированной системе нагрева сои, обеспечивающая экономию электроэнергии до 26,3 %.

Список литературы

1. 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.

2. 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.

3. Шувалов, А.М. Энергоэкономный способ термообработки сои / А.М. Шувалов, А.Н. Машков, Д.С. Чернов, Г.М. Шулаев, Н.А. Вотановская // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2015. –№3. –С. 7–8.

4. 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.

5. Шувалов, А.М. Обоснование режимов темперирования сои в процессе гидротермической обработки / А.М. Шувалов, А.Н. Машков, Д.С. Чернов Г.М., Шулаев, Н.А. Вотановская // Наука в центральной России. – 2016. – № 2 (20). – С. 16-21.

References

1. 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.

2. 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.

3. Shuvalov, A.M. E`nergoe`konomny`j sposob termoobrabotki soi / A.M. Shuvalov, A.N. Mashkov, D.S. Chernov, G.M. Shulaev, N.A. Votanovskaya // Mexanizaciya i e`lektrifikaciya sel`skogo xozyajstva. – 2015. –№3. –S. 7–8.

4. 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.

5. Shuvalov, A.M. Obosnovanie rezhimov temperirovaniya soi v processe gidrotermicheskoj obrabotki / A.M. Shuvalov, A.N. Mashkov, D.S. Chernov G.M., Shulaev, N.A. Votanovskaya // Nauka v central`noj Rossii. – 2016. – № 2 (20). – S. 16-21.

УДК 681.5

КОНЦЕПЦИЯ ВИРТУАЛЬНО ОБЛАЧНОЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ РЕЗЕРВУАРНОГО ПАРКА

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
Левина Екатерина Юрьевна,
кандидат технических наук, доцент кафедры «Физика»
ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э.Баумана»

Реферат. *Разработана концепция виртуально облачной системы автоматизации. Обосновано применение данной технологии для автоматизации резервуарного парка в условиях сельскохозяйственного нефтесклада. В сельском хозяйстве процесс автоматизации требует значительных капиталовложений в датчики, построение программных комплексов, обеспечение персоналом для технической поддержки устройств. При этом расположение ряда объектов в полевых условиях делает затруднительным или невозможным их автоматизацию. Разработанная концепция автоматизации определяет научно обоснованные пути освобождения объекта автоматизации от участия в процессах получения, преобразования, передачи и использования информации о нем без установки датчиков является весьма актуальной задачей.*

Ключевые слова: *виртуально облачная, система автоматизации, резервуар.*

CONCEPT OF VIRTUALLY CLOUD SYSTEM OF AUTOMATION OF RESERVOIR PARK

Levin Maxim,
Candidate of Technical Sciences, e-mail: lmu@list.ru
Nagornov Stanisla,
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
Levina Catherine,
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
FGBOVO Moscow State Technical University named after NE Bauman

Abstract*. The concept of a virtual cloud automation system has been developed. The application of this technology for the automation of a tank farm in the conditions of an agricultural oil storage has been substantiated. In agriculture, the automation process requires significant investment in sensors, building software systems, and providing personnel for technical support of devices. The location of a number of objects in the field makes it difficult or impossible to automate them. The developed concept of automation determines scientifically based ways to free an automation object from participation in the processes of receiving, converting, transmitting and using information about it without installing sensors is a very urgent task.*

Keywords*: virtually cloudy, automation system, reservoir.*

Введение.

Стремительный рост численности населения предъявляет жесткие требования к обеспечению его продовольствием. По прогнозным оценкам специалистов, в результате увеличения численности населения и душевых доходов к 2050 году глобальное производство продукции АПК должно вырасти на 60-70 % по сравнению с началом XXI века [1].

В последние годы темпы производства нормированного на душу населения количества продуктов питания резко отстают от темпов прироста численности жителей Земли. Решение проблемы дефицита продуктов питания возлагается на главную отрасль агропромышленного комплекса – растениеводство, с задачей увеличить объемы производства продукции в два раза.

Для осуществления поставленных задач, прежде всего, потребуется резкое увеличение количества мобильной сельскохозяйственной энергетики, так как основой повышения производительности труда в агропромышленном комплексе может быть только комплексная механизация, автоматизация и роботизация сельскохозяйственного производства с внедрением инновационных энергоресурсосберегающих и информационных технологий, машинно-тракторных агрегатов нового поколения и др. С увеличением объема и плотности механизированных работ, повышением мощности и изменением состава машинно-тракторного парка неуклонно возрастет потребление топливно-энергетических ресурсов.

Состояние сельского хозяйства России, как и во всем мире, характеризуется устойчивой тенденцией к экспоненциальному росту затрат невосполнимой энергии на каждую дополнительную единицу продукции: рост объема сельскохозяйственной продукции на 1 % требует увеличения топливно-энергетических затрат примерно на 2,5 % [2]. В последние годы АПК России потребляет около 1 млн т автомобильных бензинов и свыше 4 млн т дизельных топлив. По экспертным оценкам к 2030 году потребление моторного топлива в сельском хозяйстве должно увеличиться в 4 раза [1], что делает краеугольной проблему удовлетворения растущей потребности сельскохозяйственного производства в качественном моторном топливе.

Сезонность возделывания сельскохозяйственных культур в растениеводстве и неравномерность закупки моторных топлив, в основном, после реализации урожая, требуют создания их запасов, для хранения которых используются нефтехозяйства. Нефтесклад – один из самых дорогостоящих объектов нефтехозяйств, включающий инженерные сооружения, резервуарный парк, оборудование и технические средства для приема, хранения и отпуска нефтепродуктов.

Резервуары для хранения нефтепродуктов являются основными сооружениями нефтесклада. Они являются своеобразными «буферными емкостями», предназначенными для накопления количества и сохранения качества моторного топлива при неравномерных поставках и потреблении, характерных для сельскохозяйственного производства. От технологических параметров резервуарного парка и технического уровня размещенного на нем оборудования, в значительной степени зависит сохранение качества и сокращение до минимума потерь моторного топлива при приеме, хранении и отпуске. В сельском хозяйстве используются, как правило, стальные горизонтальные резервуары.

Целью автоматизации резервуарных парков является сохранение количества и качества хранимой продукции, оптимизация управления, исключение участия человека в опасных для здоровья производственных процессах. Автоматизация повышает производительность труда и на современном этапе развития является весьма сложным алгоритмом, что требует наукоемкого и системного подхода к его решению.

Системы автоматизации состоят из датчиков (сенсоров), устройств ввода и вывода информации, управляющих (контроллеров) и исполнительных устройств, компьютеров для операторов, серверов для баз данных и/или программ управления и других устройств.

Текущее направление развития систем автоматизации – это создание автоматических систем, выполняющих требуемый функционал без участия человека. Задачей оператора в данном случае будет подготовка входных и анализ выходных данных, выбор алгоритма или метода решения. В таких системах реализуются алгоритмы защиты от негативных событий (аварий) или способы их обхода.

В сельском хозяйстве процесс автоматизации требует значительных капиталовложений в датчики, построение программных комплексов, обеспечение персоналом для технической поддержки устройств. При этом расположение ряда объектов в полевых условиях делает затруднительным или невозможным их автоматизацию. Разработка концепции автоматизации, способной определить научно обоснованные пути освобождения объекта автоматизации от участия в процессах получения, преобразования, передачи и использования информации о нем без установки датчиков является весьма актуальной задачей.

Материалы и методы. Классическая схема автоматизации объекта или процесса включает в себя набор таких инструментов: датчиков для измерения параметров объекта или среды,

контроллеров, обрабатывающего сигналы с датчиков или выполняющих управляющее действие, программы, базы данных для хранения и других технических устройств. Можно выделить несколько уровней автоматизации объекта. Различают пять уровней автоматизации:

1. In/Out – ввод/вывод информации или первый уровень автоматизации, который включает в себя датчики, передающие информацию о параметрах объекта;

2. Control – сбор данных и непосредственное управление роботизированной системой, датчиками, является вторым уровнем автоматизации;

3. SCADA – третий уровень автоматизации объекта, который включает в себя компьютерную программу сбора информации и диспетчерского управления объектом, оперативного управления технологическим процессом;

4. MES – система исполнения производства, управления технологией является четвертым уровнем автоматизации;

5. MPR, ERP – пятый уровень планирования и управления ресурсами всего предприятия.

Результаты и их обсуждение.

С развитием информационных технологий в области искусственного интеллекта и способах хранения, обработки и передачи данных появляется возможность отказаться от реальных датчиков, установленных на объекте автоматизации, и перейти к виртуальным датчикам, построенных на основе нейронных сетей или искусственного интеллекта.

За счет «облачных технологий» можно исключить наличие собственного сервера для хранения и обработки данных. Использование облачного хранилища данных связано с тем, что это онлайн модель хранения данных, данные в котором хранятся на многочисленных распределённых серверах в сети. В отличие от модели хранения данных на собственных выделенных серверах, приобретаемых или арендуемых специально для подобных целей, количество или какая-либо внутренняя структура серверов клиенту, в общем случае, не видна. Данные хранятся и обрабатываются в так называемом «облаке», которое представляет собой, с точки зрения клиента, один большой виртуальный сервер. Физически же такие серверы могут располагаться удалённо друг от друга географически [3].

У предлагаемой модели есть ряд преимуществ:

1) доступ к данным с любого компьютера, имеющего выход в Интернет;

2) возможность организации совместной работы с данными;

3) высокая вероятность сохранения данных даже в случае аппаратных сбоев;

4) все процедуры по резервированию и сохранению целостности данных производятся провайдером «облачного» центра, который не вовлекает в этот процесс потребителя информации.

С использованием технологий BigData облачные данные при необходимости преобразуются требуемым образом: исключаются различные шумовые значения, используются статистические модели

Для описания понятия виртуально-облачная система автоматизации дадим ряд определений.

Объектом автоматизации выступает физическое тело, процесс или устройство на которое требуется оказать роботизированное управляющее действие.

Виртуальным датчиком является обучаемая математическая модель на базе нейронной сети или искусственного интеллекта, которая способна с высокой степенью достоверности описать параметр физического состояния объекта автоматизации [4-6].

Разработано упрощенное схематичное изображение виртуального датчика на базе некоторой архитектуры нейронной сети. Пусть нейронная сеть, моделирующая виртуальный датчик, состоит из M слоёв, в μ-ом слое которого находится $N\mu$ нейронов (μ=1,…,M). Парой (μ,i) будем обозначать i-й нейрон μ-го слоя. Неоднородный адаптивный сигнал этого нейрона запишется в виде:

$$net^{(\mu,i)} = w_0^{(\mu,i)} + \sum_{j=1}^{N_{\mu-1}} w_j^{(\mu,i)} y_j^{(\mu-1,i)} = w^{T(\mu,i)} u^{(\mu,i)},$$

где вектор весовых коэффициентов $w(\mu,i)=(w_0(\mu,i),w_1(\mu,i),\ldots,w_n(\mu,i))$, $\mu=1,\ldots,M$, – ($n=N\mu-1$ – число нейронов в предыдущем слое), $y(\mu-1,i)=(1,y_1(\mu-1,i),\ldots,y_n(\mu-1,i))$, $\mu=1,\ldots,M$, - расширенный

входной вектор нейрона μ-го слоя (является выходом нейрона предыдущего слоя), здесь $y(0,i)=x(i)$ – входы сети.

Выход виртуального датчика в таком случае запишется в виде: $y(\mu,i)=F(net(\mu,i))$, $i=1,\ldots,N\mu$; $\mu=1,\ldots,M$. При наличии на объекте автоматизации η датчиков, на вход итоговой нейронной сети Ψ будут поданы η нейросети, моделирующие виртуальные датчики:

$$\Psi(\mu_\Psi,i_\Psi) = F_\Psi(w_0^{\mu\Psi,i\Psi} + \sum_{j=0}^{\eta} F_j(net(\mu_j, i_j))$$

Схематично такая нейронная сеть является каскадом сетей и представлена на рисунке 1.

Облачные данные – переменные среды, объекта, которые доступны для использования виртуальным датчиком напрямую или через обработку системами BigData.

Виртуально-облачная система автоматизации – это интеллектуальное роботизированное управление объектом автоматизации, при котором физическое состояние объекта описывается виртуальными датчиками и искусственным интеллектом.

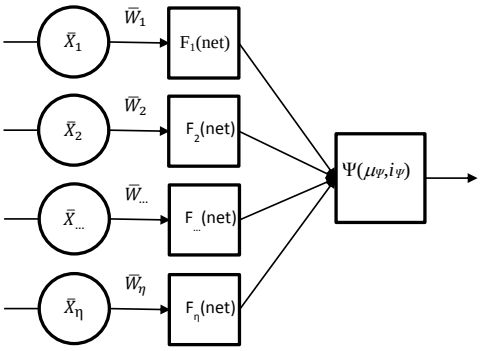


Рисунок 1. Схема каскадной нейронной сети.

Изобразим схематичный поток данных при виртуально-облачной системе автоматизации на рисунке 2.

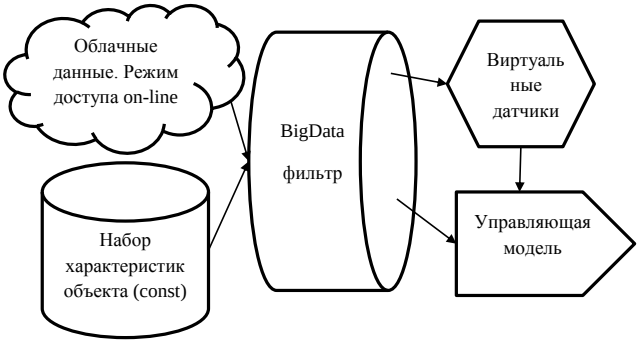


Рисунок 2. Поток данных при виртуально-облачной системе автоматизации.

Предложенная схема описывает с первого по второй уровень автоматизации. Требуемые данные для виртуальных датчиков хранятся и обновляются на облачном ресурсе. Набор характеристик объекта, который является набором постоянных значений, хранится в файле на компьютере оператора или прописан в программу [7-8]. Данные из облака обрабатываются технологией BigData и подготавливаются на вход виртуального датчика. После этого виртуальный датчик дает ответ об искомом физическом параметре объекта автоматизации. Данные с датчиков передаются на управляющую модель нейронной сети.

Определив ΣF(net(D) как совокупность виртуальных датчиков на базе нейронных сетей с вектором входных параметров из облака данных, а F(net(Ψ) – нейросетевая модель объекта автоматизации запишем математическое уравнение виртуально-облачной системы автоматизации Y на базе нейронных сетей запишется в виде:

$$Y = \Sigma F(net(D)) + F(net(\Psi)).$$

Перечислим достоинства данной схемы автоматизации:

1) гибкость системы – возможность подключения дополнительных моделей, таких как факторы риска, прочих виртуальных и реальных датчиков не нарушая целостности модели;

2) отсутствие контроллеров и датчиков, экономия средств на их покупку и обслуживание;

3) возможность автоматизации устаревших объектов, не нарушается целостность объекта автоматизации.

В тоже время у данной системы есть недостатки:

1) требуется постоянное подключение к облаку данных;

2) погрешность измерений виртуального датчика по сравнению с классическим может быть выше.

Данные недостатки можно устранить следующими способами:

- подведение аварийного интернет канала при обрыве основного канала сети; настройка фильтра BigData для формирования модели потока данных.

- постоянное обучение виртуального датчика и всей системы в целом

Рассмотрен переход от классической к виртуально-облачной системе автоматизации резервуарного парка сельскохозяйственного нефтесклада. Цель автоматизации – сохранение качества и количества хранимого топлива, снижение загрязнения окружающей среды предупреждением выбросов углеводородов из резервуара.

Для выполнения поставленной цели резервуар оборудован соответствующими датчиками: термометром для измерения температуры топлива, термометром для измерения температуры паровоздушной среды, манометром, уровнемером. Влияние окружающей среды контролируется соответствующими датчиками интегрированного прибора для измерения влажности воздуха, температуры, скорости движения воздуха, атмосферного давления. Данные с датчиков обрабатываются контроллером и подаются на вход управляющей программы. Таким образом, получается классическая модель автоматизации объекта (рисунок 3).

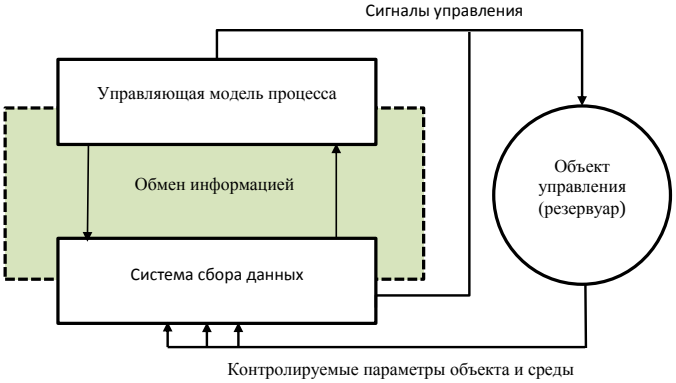


Рисунок 3. Классическая схема автоматизации объекта управления с применением нейронных сетей.

При наличии на нефтескладе нескольких резервуаров, с учетом вышеприведенной схемы автоматизации, каждый резервуар необходимо оборудовать измерительными приборами и присоединить датчики к контроллеру для сбора информации с них.

При решении вопроса о целесообразности работ по *автоматизации резервуарных парков сельских нефтескладов* проектируемые затраты обычно сравниваются только с экономией по заработной плате. При этом такие реальные результаты автоматизации, как повышение степени использования полезного объема резервуаров, снижение потерь нефтепродуктов и другое, часто не учитываются. При таком расчете действительный эффект значительно уменьшается. В результате требуемые капиталовложения могут показаться экономически не целесообразными. Подключение высокоточных измерительных устройств будет требовать постоянного технического контроля и обслуживания, необходимость бесперебойного обеспечения электроэнергией и т.п. Некоторые нефтесклады располагаются вдали от населенных пунктов и

линий электропередач, обуславливая необходимость в приобретении дизель-генераторной установки.

При переходе к виртуально-облачной системе автоматизации для каждого контролируемого датчиком параметра резервуара можно подобрать такую архитектуру нейронной сети, которая с высокой точностью сможет решать задачи определения требуемого физического измерения. Такая нейронная сеть будет служить виртуальным датчиком резервуара или любого другого объекта управления с такими возможностями виртуального объекта, как моделирование сценариев, прогнозирование, обучение и т.д.

Предлагается виртуально-облачная схема автоматизации объекта управления, согласно которой весь процесс расчётов осуществляется интеллектуальной системой, не требующей применения датчиков и других устройств контроля (рисунок 4).

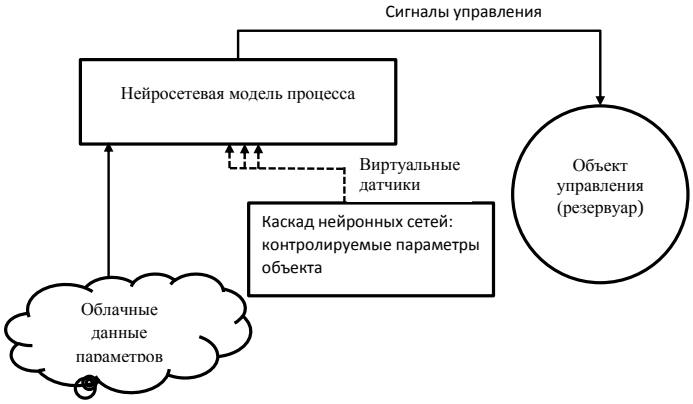


Рисунок 4. Виртуально-облачная схема автоматизации объекта управления (резервуара) с применением нейронных сетей.

В концепции рассмотрены научно обоснованные подходы к построению автоматизированной системы резервуарных парков сельских товаропроизводителей. С помощью предлагаемой виртуально-облачной системы можно автоматизировать эксплуатируемые в настоящее время резервуары, для которых подключение датчиков с целью измерения соответствующих параметров считается экономически не целесообразным. Виртуально облачная система автоматизации резервуара может реализовать различные сценарии по прогнозированию потерь качества и объема топлива от испарения, что позволит найти эффективные средства борьбы с ними.

Выводы.

Таким образом, виртуально облачная система автоматизации позволит достичь таких результатов, как:

1) гибкость системы автоматизации – возможность подключения дополнительных моделей, таких как факторы риска, прочих виртуальных и реальных датчиков не нарушая целостности модели;

2) отсутствие контроллеров и датчиков, экономия средств на их покупку и обслуживание;

3) возможность автоматизации морально и физически устаревших объектов, не нарушается целостность объекта автоматизации.

Список литературы

1. Прогноз научно-технологического развития агропромышленного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года. – М.: Изд-во НИУ «Высшая школа экономики», 2017. – 138 с.

2. Сафиуллин, Р.Н. Методология повышения эффективности функционирования автотракторной техники на основе оценки и реализации технологического уровня применяемого топлива: автореф. дис. … доктор техн. наук: 05.20.03 / Сафиуллин Равиль Нуруллович. – СПб., 2015 – 37 с.

3. Облачное хранилище данных URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%B1%D0%BB%D0%B0%D1%87%D0%BD%D0%BE%D

0%B5_%D1%85%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%BB%D0%B8%D1%89%D0%B5_%D0%B4%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D1%85

4. Левин М.Ю. Применение нейронных сетей для прогнозирования показателей качества биодизеля. [Текст] / Левин М.Ю., Нагорнов С.А. // Приволжский научный вестник – 2012. – № 1.

5. Левин М.Ю. Влияние архитектуры нейронных сетей на результаты прогноза показателей качества биодизеля [Текст] / Левин М.Ю., Нагорнов С.А. // Естественные и технические науки– 2012. – № 1.

6. Левин М.Ю. Выбор архитектуры нейронной сети для прогнозирования показателей качества биодизеля [Текст] / Левин М.Ю., Нагорнов С.А. // Математика. Механика. Информатика – 2012. – № 1.

7. Левин М.Ю. Управление рисками при хранении светлых нефтепродуктов с применением нейронных сетей [Текст] / Левин М.Ю., Нагорнов С.А. // Наука в центральной России. 2017. № 1 (25). С. 79-86.

8. Левин М.Ю. Формализация алгоритма проектирования архитектуры нейронных сетей на практике [Текст] / Левин М.Ю., Нагорнов С.А. // Наука в центральной России. 2016. № 1 (19). С. 81-87.

References

1. Prognoz nauchno-tekhnologicheskogo razvitiya agropromyshlennogo kompleksa Rossijskoj Federatsii na period do 2030 goda. – M.: Izd-vo NIU «Vysshaya shkola ehkonomiki», 2017. – 138 s.

2. Safiullin, R.N. Metodologiya povysheniya ehffektivnosti funktsionirovaniya avtotraktornoj tekhniki na osnove otsenki i realizatsii tekhnologicheskogo urovnya primenyaemogo topliva: avtoref. dis. … doktor tekhn. nauk: 05.20.03 / Safiullin Ravil' Nurullovich. – SPb., 2015 – 37 s.

3. Cloud Data Storage URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%B1%D0%BB%D0%B0%D1%87 %D0%BD%D0%BE%D0% B5_% D1% 85% D1% 80% D0% B0% D0% BD% D0% B8% D0% BB% D0% B8% D1% 89% D0% B5_% D0% B4% D0% B0% D0% BD% D0% BD% D1% 8B% D1% 85

4. Levin M.Yu. The use of neural networks to predict the quality of biodiesel. [Text] / Levin M.Yu., Nagornov S.A. // Volga Scientific Herald - 2012. - № 1.

5. Levin M.Yu. The influence of neural network architecture on the results of the prediction of biodiesel quality indicators [Text] / Levin M.Yu., Nagornov S.A. // Natural and Technical Sciences - 2012. - № 1.

6. Levin M.Yu. The choice of neural network architecture for predicting the quality indicators of biodiesel [Text] / Levin M.Yu., Nagornov S.A. // Maths. Mechanics. Computer Science - 2012. - № 1.

7. Levin M.Yu. Risk management during storage of light oil products using neural networks [Text] / Levin M.Yu., Nagornov S.A. // Science in Central Russia. 2017. No. 1 (25). Pp. 79-86.

8. Levin M.Yu. Formalization of the algorithm for designing the architecture of neural networks in practice [Text] / Levin M.Yu., Nagornov S.A. // Science in Central Russia. 2016. № 1 (19). Pp. 81-87.

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 26.10.2018 Заказ № 60513-01
Формат журнала А4. Бумага офсетная. Печать электрографическая.
Гарнитура Times. Объем – 9,46 усл. печ. л. Тираж 100 экз.