«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
№ 2 (38), 2019 г.

Основанв 2012 г. **It is based in 2012.**
Выходит 6 раз в год **There are 6 times a year**

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

ЗАЗУЛЯ Александр Николаевич — главный редактор, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник, ФГБНУ ВНИИТиН
НАГОРНОВ Станислав Александрович — зам. главного редактора, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник ФГБНУ ВНИИТиН
ГОЛУБЕВ Иван Григорьевич — доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки Московской области, заведующий отделом научно-информационного обеспечения инновационного развития АПК ФГБНУ «Росинформагротех»
ЕРОХИН Михаил Никитьевич — академик РАН, заслуженный деятель науки РФ, доктор технических наук, профессор, лауреат премии Правительства РФ, профессор кафедры сопротивление материалов и детали машин РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева
ЖАЛНИН Эдуард Викторович — доктор технических наук, профессор, лауреат Государственной премии РФ в области науки и техники, заведующий отделом механизации уборки зерновых и послеуборочной обработки зерна и семян ФГБНУ ФНАЦ ВИМ
ЗАВРАЖНОВ Анатолий Иванович — академик РАН, доктор технических наук, профессор, главный научный консультант ФГБОУ ВО МичГАУ
КНЯЗЕВА Лариса Геннадьевна— доктор химических наук, доцент, главный научный сотрудник с возложением обязанностей Ученого секретаря ФГБНУ ВНИИТиН
КОВАЛЕВ Михаил Михайлович — доктор технических наук, заслуженный изобретатель РСФСР, академик РАЕН, лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники, научный руководитель ФГБНУ ВНИИМЛ
ЛАРЮШИН Николай Петрович — доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, заслуженный работник сельского хозяйства, профессор кафедры «Механизация технологических процессов в АПК» ФГБОУ ВПО «Пензенский ГАУ»
ЛЯЛЯКИН Валентин Павлович — доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, ведущий научный сотрудник ФГБНУ ФНАЦ ВИМ
МИЩЕНКО Сергей Владимирович — доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники РФ, лауреат премии Правительства РФ, член Национального комитета по теплофизическим свойствам веществ РАН, член Международной академии информатизации и Международной инженерной академии, профессор кафедры "Управление качеством и сертификация" ФГБОУ ВО ТГТУ
ПОПОВ Владимир Дмитриевич — академик РАН, доктор технических наук, профессор, президент Региональной областной организации «Санкт-Петербургская ассоциация инженеров сельского хозяйства – СПА-ИСХ», научный руководительФГБНУ «Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства»
СТРЕБКОВ Дмитрий Семенович — академик РАН, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, заместитель председателя Российского комитета по использованию возобновляемых источников энергии, председатель рабочей группы Европейского бюро ЮНЕСКО по образованию в области солнечной энергии, главный научный сотрудник ФГБНУ ФНАЦ ВИМ
ФЕДОРЕНКО Вячеслав Филиппович — академик РАН**,** доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники РФ, директор ФГБНУ «Росинформагротех»
КАЗАКЕВИЧ Петр Петрович — член-корреспондент Национальной академии наук Беларуси, доктор технических наук, профессор, иностранный член РАН, заместитель Председателя Президиума, Национальная академия наук Беларуси, Республика Беларусь
BIANCO Vincenzo — Ph.D., Associate Professor, Department of mechanical, energy, management and transportation engineering. Associate Professor, University of Genoa, Italy.

Редакция

Журнал «Наука в Центральной России Science in the central Russia»
Учредитель: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве»
Главный редактор: Зазуля А.Н.
№ 2 (38). Дата выхода в свет 29.04.2019. Тираж - 100 экз. Свободная цена. Подписной индекс 25196.
Адрес редакции и издателя: 392022, Тамбовская область, г. Тамбов, пер. Ново-Рубежный, д. 28, тел. 8(4752) 440-241; e-mail: naukacr@yandex.ru
Отпечатано в типографии «Студия печати Галины Золотовой». Адрес типографии: 392032, Тамбовская область, г. Тамбов, ул. Кленовая, д. 24. e-mail: studiapechati@bk.ru.
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.

© «Наука в центральной России», 2019

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

Научно-производственный периодический журнал **The research-production periodic magazine**
Включен в международную базу данных Agris
№ 2 (38), 2019 г.
Основанв 2012 г. **It is based in 2012.**
Выходит 6 раз в год **There are 6 times a year**

Учредитель и издатель журнала:
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов
в сельском хозяйстве
(**ФГБНУ ВНИИТИН**)

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

Агропромышленные инновационные технологии в растениеводстве

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

Агропромышленные инновационные технологии в животноводстве

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

Эффективное использование нефтепродуктов, альтернативных энергоносителей

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

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

© «Наука в центральной России», 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

АГРОПРОМЫШЛЕННЫЕ ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ……..……6

ЗАЙЦЕВ ВЛАДИМИР ЮРЬЕВИЧ, КОНОВАЛОВ ВЛАДИМИР ВИКТОРОВИЧ, БОБЫЛЕВ АНАТОЛИЙ ИВАНОВИЧ, БОЧКАРЕВА ЮЛИЯ ГЕННАДЬЕВНА

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАГРУЗОК ОПОРНОГО РЫЧАГА МОБИЛЬНОГО ПРИЦЕПА ПРИ ПРОДОЛЬНОМ УКЛОНЕ……...……...……6

ZAITSEV VLADIMIR, KONOVALOV VLADIMIR, BOBYLEV ANATOLY, BOCHKAREVA YULIYA

DEFINITION OF LOADS FOR SUPPORT LEVER AT A MOBILE TRAILER WITH LONGITUDINAL SLOPE……..……...……..12

КИРЕЕВ ИВАН МИХАЙЛОВИЧ, КОВАЛЬ ЗИНАИДА МИХАЙЛОВНА

МЕТОД И СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ВЕЛИЧИНЫ ЗАГЛУБЛЕНИЯ РАБОЧИХ ОРГАНОВ В ПОЧВУ……14

KIREEV IVAN, KOVAL' ZINAIDA

METHOD AND DEPTH CONTROL SYSTEM WORKING BODIES IN THE SOIL…….……22

ТИШАНИНОВ НИКОЛАЙ ПЕТРОВИЧ, АНАШКИН АЛЕКСАНДР ВИТАЛЬЕВИЧ

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЗЕРНОВОГО СЕГМЕНТА В ОВСЮЖНОМ ТРИЕРНОМ ЦИЛИНДРЕ……23

TISHANINOV NIKOLAI, ANASHKIN ALEXANDER

RESEARCH OF PARAMETERS OF THE GRAIN SEGMENT IN OVSJUZHNOM TRIERNOM CYLINDER…….……28

ТИШАНИНОВ НИКОЛАЙ ПЕТРОВИЧ, АНАШКИН АЛЕКСАНДР ВИТАЛЬЕВИЧ

ОЦЕНКА УПРАВЛЯЕМОСТИ КАЧЕСТВОМ ТРИЕРНОЙ ОЧИСТКИ ЗЕРНА ПРИ НАСТРОЙКЕ……29

TISHANINOV NIKOLAI, ANASHKIN ALEXANDER

TRIPLE QUALITY CONTROLLABILITY ASSESSMENT CLEANING OF GRAIN WHEN CONFIGURING……..33

ШУВАЛОВ АНАТОЛИЙ МИХАЙЛОВИЧ, МАШКОВ АЛЕКСЕЙ НИКОЛАЕВИЧ, ЧЕРНОВ ДЕНИС СЕРАФИМОВИЧ

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ОБРАБОТКИ СОИ КОМБИНИРОВАННЫМ ЭЛЕКТРОНАГРЕВОМ…….34

SHUVALOV ANATOLIY, MASHKOV ALEXEY, CHERNOV DENIS

RESEARCH OF THE POWER MODES OF PROCESSING OF SOY THE COMBINED ELECTROHEATING……..……37

ШЕМЯКИН АЛЕКСАНДР ВЛАДИМИРОВИЧ, ТЕРЕНТЬЕВ ВЯЧЕСЛАВ ВИКТОРОВИЧ, АНДРЕЕВ КОНСТАНТИН ПЕТРОВИЧ, ПИСКАЧЕВ ИВАН АЛЕКСАНДРОВИЧ

ПРИМЕНЕНИЕ ПНЕВМОКОНТЕЙНЕРА ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ ПЛОДООВОЩНОЙ ПРОДУКЦИИ…….38

SHEMYAKIN ALEXANDER, *TERENTYEV VYACHESLAV*, *ANDREEV KONSTANTIN, PISKACHEV IVAN*

THE USE OF PNEUMOCHAIR FOR FRUITS AND VEGETABLES…….46

ЛАРЮШИН НИКОЛАЙ ПЕТРОВИЧ, *ШУКОВ АЛЕКСАНДР ВАСИЛЬЕВИЧ*

ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КАТУШЕЧНО-ВИНТОВОГО ВЫСЕВАЮЩЕГО АППАРАТА…….……47

LARYUSHIN NIKOLAY, SHUKOV ALEXANDER

LABORATORY RESEARCHCOIL-HELIX SEED DISTRIBUTOR LABORATORY RESEARCH OF ROLLER-SCREW SEEDING DEVICES……...52

ЗАВРАЖНОВ АНАТОЛИЙ ИВАНОВИЧ, БАЛАШОВ АЛЕКСАНДР ВЛАДИМИРОВИЧ, СТРЫГИН СЕРГЕЙ ПЕТРОВИЧ, КРИЩЕНКО АНДРЕЙ ВЛАДИЛЕНОВИЧ, ПУСТОВАРОВ НИКИТА ЮРЬЕВИЧ

МОДЕРНИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ВЫСЕВА СЕМЯН……...……53

ZAVRAZHNOV ANATOLIY, BALASHOV ALEXANDER, STRYGIN SERGEI, KRISHCHENKO ANDREJ, PUSTOVAROV NIKITA

MODERNIZED CONTROL SYSTEM FOR SOWING SEEDS……...59

ХАЙЛИС ГЕДАЛЬ АБРАМОВИЧ, КОВАЛЁВ МИХАИЛ МИХАЙЛОВИЧ, КОНДРАШОВ ВИКТОР АНАТОЛЬЕВИЧ, ШЕВЧУК ВИТАЛИЙ ВЛАДИМИРОВИЧ, ТОЛСТУШКО НИКОЛАЙ НИКОЛАЕВИЧ
ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИЛ, ДЕЙСТВУЮЩИХ НА ИГЛЫ ИГОЛЬЧАТОЙ БОРОНЫ……60
HAILIS GEDAL, KOVALEV MIKHAIL, KONDRASHOV VICTOR, SHEVCHUK VITALY, TOLSTUSHKO NIKOLAY
DETERMINATION OF FORCES ACTING ON THE NEEDLE NEEDLE HARROWS……64
ВЕДИЩЕВ СЕРГЕЙ МИХАЙЛОВИЧ, ХОЛЬШЕВ НИКОЛАЙ ВАСИЛЬЕВИЧ, ПРОХОРОВ АЛЕКСЕЙ ВЛАДИМИРОВИЧ, КАЖИЯХМЕТОВА АИНУР АРОНОВНА, БРАЛИЕВ МАЙДАН КАБАТАЕВИЧ
АНАЛИТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ КОМБИНИРОВАННЫХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ СМЕСИТЕЛЯ……..65
VEDISHCHEV SERGEI, HALSHAW NIKOLAI, PROKHOROV ALEXEY, KAZHIYAKHMETOVA AINUR, BRALIEV MAIDAN
ANALYTICAL STUDY OF THE OPTIMUM FREQUENCY OF ROTATION OF THE COMBINED WORKING BODY OF THE MIXER…….70
МИТРОФАНОВ СЕРГЕЙ ВЛАДИМИРОВИЧ, НОВИКОВ НИКОЛАЙ НИКОЛАЕВИЧ, НИКИТИН ВАСИЛИЙ СТЕПАНОВИЧ, БЛАГОВ ДМИТРИЙ АНДРЕЕВИЧ, ПАНФЕРОВ НИКОЛАЙ СЕРГЕЕВИЧ, БЕЛЫХ СЕРГЕЙ АНЕМПОДИСТОВИЧ
МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПО РАЦИОНАЛЬНОМУ РАСЧЕТУ ДОЗ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ…….71
MITROFANOV SERGEY, NOVIKOV NIKOLAY, NIKITIN VASILY, BLAGOV DMITRY, PANFEROV NIKOLAY, BELYKH SERGEY
MATHEMATICAL MODELS ON RATIONAL CALCULATION OF DOSE OF MINERAL FERTILIZERS……...……..76
ИВАНОВА ЭЛЬВИРА СЕРГЕЕВНА, СКОМОРОХОВА АНАСТАСИЯ ИГОРЕВНА, КОЛЬЦОВ ВЛАДИМИР АЛЕКСАНДРОВИЧ, РОДИОНОВ ЮРИЙ ВИКТОРОВИЧ, КАПУСТИН ВАСИЛИЙ ПЕТРОВИЧ, НИКИТИН ДМИТРИЙ ВЯЧЕСЛАВОВИЧ
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СУШКИ ТОПИНАМБУРА…….…….77
IVANOVA ELVIRA, SKOMOROKHOVA ANASTASIA, KOLTSOV VLADIMIR, RODIONOV YURY, KAPUSTIN VASILY, NIKITIN DMITRY
STUDY OF THE DRYING TOPINAMBUR PROCESS……..…….84
РОМАНОВ ВЯЧЕСЛАВ АНАТОЛЬЕВИЧ, НОВИКОВ ЭДУАРД ВАЛЕРЬЕВИЧ
МОДЕРНИЗАЦИЯ МАШИНЫ ДЛЯ УТОНЕНИЯ СЛОЯ ЛЬНОТРЕСТЫ…….……...85
ROMANOV VYACHESLAV, NOVIKOV EDWARD
MODERNIZATION OF THE DEVICE FOR THINNING OF THE LAYER OF FLAX STRAW IN THE PROCESSING LINE……...90
БРУСЕНКОВ АЛЕКСЕЙ ВЛАДИМИРОВИЧ, ИЛЬИНА ИРИНА ЕВГЕНЬЕВНА
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИГОТОВЛЕНИЯ КОРНЕКЛУБНЕПЛОДОВ……...….91
BRUSENKOV ALEXEY, ILINA IRINA
IMPROVING COOKING EFFICIENCY STOREHOUSES……...…….97
АГРОПРОМЫШЛЕННЫЕ ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ……...98
ФИЛИППОВА ОЛЬГА БОРИСОВНА, *САРАНЧИНА ЕКАТЕРИНА ФЁДОРОВНА*
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ МОЛОЧНЫХ КОРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФИТОДОБАВОК……....98
FILIPPOVA OLGA, *SARANCHINA EKATERINA*
TECHNOLOGICAL METHODS OF INCREASING THE PRODUCTIVITY OF DAIRY COWS WITH THE USE OF PHYTO-ADDITIVES…….102
ДОРОВСКИХ ВЛАДИМИР ИВАНОВИЧ, ЖАРИКОВ ВАДИМ СЕРГЕЕВИЧ
ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВОЗДЕЙСТВИЯ СОСКОВОЙ РЕЗИНЫ НА СОСОК ВО ВРЕМЯ ТАКТА СЖАТИЯ…….……...103
DOROVSKIKH VLADIMIR, ZHARIKOV VADIM
THEORETICAL INVESTIGATION OF THE IMPACT PROCESS OF SOCKET RUBBER FOR SOSOK DURING THE COMPRESSION TACT……..……107

ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕФТЕПРОДУКТОВ, АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ……108

УХАНОВ АЛЕКСАНДР ПЕТРОВИЧ, РОТАНОВ ЕВГЕНИЙ ГЕННАДЬЕВИЧ, ХОХЛОВ АЛЕКСЕЙ ЛЕОНИДОВИЧ, МАРЬИН ДМИТРИЙ МИХАЙЛОВИЧ, ХОХЛОВ АНТОН АЛЕКСЕЕВИЧ

МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ ТРИБОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СМЕСЕВОГО РЫЖИКО-МИНЕРАЛЬНОГО ТОПЛИВА……..……..108

UKHANOV ALEXANDER, MACHNEV VALENTIN, ROTANOV EVGENIY, KHOKHLOV ALEXEY, MARYIN DMITRY, KHOKHLOV ANTON

THE METHODOLOGY AND RESULTS OF TRIBOLOGICAL RESEARCH FOR MIXED CAMELINA-MINERAL FUELS……...……...114

ЗАЗУЛЯ АЛЕКСАНДР НИКОЛАЕВИЧ, ГЛУЩЕНКО АНДРЕЙ АНАТОЛЬЕВИЧ, МОЛОЧНИКОВ ДЕНИС ЕВГЕНЬЕВИЧ, КАРПЕНКО МИХАИЛ АЛЕКСАНДРОВИЧ, КАРПЕНКО ГАЛИНА ВЛАДИМИРОВНА

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЦИЛИНДРО-КОНИЧЕСКОГО ГИДРОЦИКЛОНА НА СТЕПЕНЬ ОЧИСТКИ ОТРАБОТАННЫХ СМАЗОЧНЫХ МАСЕЛ ОТ НЕРАСТВОРИМЫХ ПРИМЕСЕЙ……116

ZAZULYA ALEXANDER, GLUSHCHENKO ANDEY, *MOLOCHNIKOV DENIS, KARPENKO MIHAIL, KARPENKO GALINA*

THEORETICAL JUSTIFICATION OF INFLUENCE OF GEOMETRIC PARAMETERS OF CYLINDRICAL-CONICAL HYDROCYCLONE ON THE DEGREE OF PURIFICATION OF WASTE LUBRICATING OILS FROM INSOLUBLE IMPURITIES……121

БУСИН ИГОРЬ ВЯЧЕСЛАВОВИЧ, КОРНЕВ АЛЕКСЕЙ ЮРЬЕВИЧ

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭФФЕКТОВ МЕХАНОАКТИВАЦИИ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА……..…123

BUSIN IGOR, KORNEV ALEKSEY

RESEARCH OF THE EFFECT OF MECHANOACTIVATION EFFECTS ON DIESEL FUEL CHARACTERISTICS……...128

УДК 629.028

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАГРУЗОК ОПОРНОГО РЫЧАГА МОБИЛЬНОГО ПРИЦЕПА ПРИ ПРОДОЛЬНОМ УКЛОНЕ

Зайцев Владимир Юрьевич,
кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология машиностроения»,
e-mail: vluzai@gmail.com
Коновалов Владимир Викторович
доктор технических наук, профессор кафедры «Технология машиностроения»,
e-mail: konovalov-penza@rambler.ru
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пензенский государственный технологический университет», г. Пенза
Бобылев Анатолий Иванович,
доцент кафедры «Физика и математика», e-mail: bobylev.anatoly@mail.ru
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пензенский государственный аграрный университет», г. Пенза
Бочкарева Юлия Геннадьевна,
кандидат технических наук, преподаватель кафедры «Общепрофессиональных дисциплин»,
e-mail: bochaj@mail.ru
Федеральное государственное казённое военное образовательное учреждение высшего образования «Военная академия материально-технического обеспечения им. генерала армии А.В. Хрулёва» «Пензенский филиал Военной академии материально-технического обеспечения им. генерала армии А.В. Хрулева», г. Пенза

Реферат. *Одной из основных причин отказов колесных прицепов является потеря прочности опорного элемента. Изучали вопросы, связанные с определением внешних силовых факторов, действующих на опорный элемент – поворотный рычаг. Рассмотрен случай нагружения опорного рычага мобильного прицепа при продольном уклоне. Для определения численных значений внешних силовых факторов, воспринимаемых опорными элементами мобильного прицепа при продольном уклоне, использовали компьютерную систему математических расчетов MathCAD. Получены аналитические зависимости и проведено численное моделирование внешних силовых факторов на нагрузки, действующие на опорный рычаг в зависимости от величины угла продольного уклона. Составлены аналитические выражения и получены численные значения силовых факторов, действующих на опорный рычаг колесного прицепа, предназначенного для транспортирования сыпучих материалов. Проведен сравнительный анализ силовых факторов, действующих на опорный рычаг, для возможных вариантов расположения колесного прицепа на опорной поверхности. Определено, что наиболее нагруженной (22 кН) точкой опоры для опорного рычага прицепа является место крепления гидроцилиндра при угле уклона* γ *= 0,13 рад. Построенная математическая модель, реализованная в программе MathCAD, позволила выявить синусоидальный характер изменения величины сил.*

Ключевые слова: *продольный уклон, опорный рычаг, схема статического нагружения, внешние и внутренние нагрузки, математическая модель.*

Введение. В настоящее время в народном хозяйстве используются разнообразные прицепные транспортные средства, позволяющие транспортировать разнообразные грузы. Подобные изделия позволяют повышать уровень механизации выполняемых работ и производительность труда, а также снижать затраты на производство продукции. При этом различные фирмы - производители используют разные технические решения, материалы и технологии, для достижения поставленных задач. Несмотря на многообразие представленных технических решений в процессе эксплуатации происходит отказ машин, связанный с поломкой узлов и деталей, приводящий к простою техники и увеличению издержек при производстве сельскохозяйственной продукции. В частности, для транспортирования продукции широко применяются различного рода колесные прицепы с изменяемым клиренсом [1], обеспечивающим удобство погрузочно-разгрузочных работ и безопасность перевозок. Подобное устройство имеют сеялки для загрузки семян, трап-тележки для перевозки животных.

Одной из основных причин отказов колесных прицепов является потеря прочности опорного элемента. В связи с этим вопросы, связанные с определением внешних силовых факторов, действующий на опорный элемент – поворотный рычаг являются актуальными.

Скорость машин с колесными прицепами с изменяемым клиренсом при эксплуатации, как правило, не превышает 40 км/ч [2, 3]. При этом техническое состояние прицепа влияют на работу всего агрегата [4-6].

Для построения математической модели нагружения опорного рычага составим статическую схему его силового нагружения. Далее за счет коэффициентов запаса ее можно перевести в кинетостатическую расчетную схему.

В работах [7, 8] рассматривается прочностной расчет рычага колесного прицепа, когда колесный прицеп расположен на горизонтальной поверхности, в результате которого определены внешние и внутренние силовые факторы и эквивалентные напряжения, возникающие в рычаге.

В работе [9] определяются нагрузки, действующие на силовой элемент мобильного прицепа при поперечном уклоне.

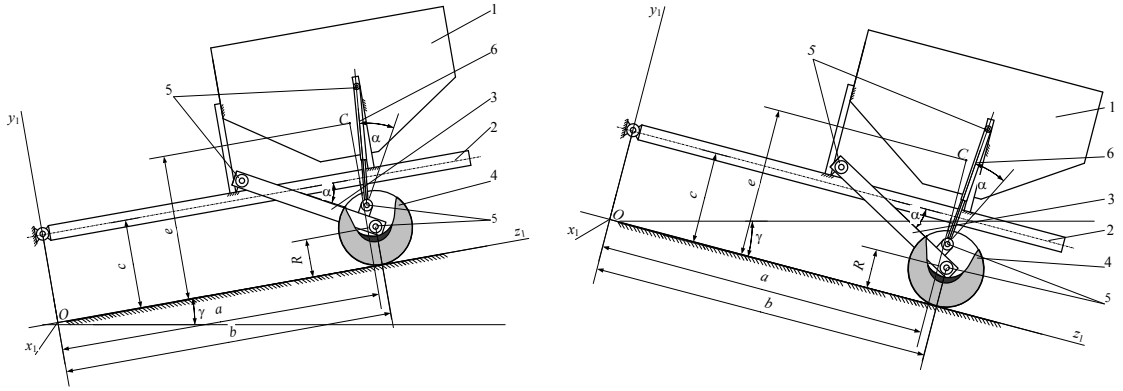
Однако, влияние продольного уклона на нагружение опорного рычага не рассматривалось.

Цель исследований – определение характера изменения внешних силовых факторов опорного рычага мобильного прицепа при продольном уклоне.

Задачи исследования – определить силовое воздействие на опорный элемент колесного прицепа с изменяемым клиренсом при наличии продольного уклона и построить математическую модель для определения действующей нагрузки на элементы опорного элемента, выявить угол уклона, наиболее опасный для опорного рычага.

Материалы и методы исследований. Для определения численных значений внешних силовых факторов, воспринимаемых опорными элементами мобильного прицепа при продольном уклоне, применяем компьютерную систему математических расчетов MathCAD [10].

Рассмотрим случай, когда колесный прицеп расположен на плоскости, повернутой относительно оси Ox_1 на некоторый угол продольного уклона γ, (рад.). Схема расположения и устройства колесного прицепа с изменяемым клиренсом для двух возможных вариантов продольного угла наклона приведена на рисунке 1, где буквами *a*, *b, c*, *e*, *R* обозначены линейные размеры прицепа (в метрах), точка *C* - центр тяжести всего колесного прицепа, α – угол между опорным элементом и жесткой рамой. Вид колесного прицепа с направления оси Oz_1 подробно рассмотрен в работе [7] и на данном рисунке не приводится.



а – движение под уклон; б – движение в гору; 1– бункер; 2 – жесткая рама; 3 – опорный элемент; 4 – газобаллонное колесо; 5 – опора качения;6 – гидроцилиндр; *C* – центр тяжести бункера.

Рисунок 1 – Схема колесного прицепа при продольном уклоне

Для определения внешних сил, действующих на опорный элемент - рычаг 3-х колесного прицепа, составим расчетную схему для вариантов наклона, приведенных на рисунке 1.а и 1.б, позволяющую определить величины статических нагрузок.

Составим схему статического нагружения прицепа, на которой точками *A*, *B*, *D*, *E*, *F* обозначим связи изделия, точками *K*, *L* начало ответвлений участков рычага (рисунок 2). Точка *A* -

неподвижный сферический шарнир, точка *B* - скользящая заделка, точки *D*, *E*, *F* – неподвижные цилиндрические шарниры [9].

Ограничения, накладываемые неподвижной поверхностью, учтем нормальными реакциями опор N_1 ,N_2, действующими на левое и правое колесо, соответственно. Так как, колеса с рычагами расположены симметрично центру тяжести изделия, то реакции N_1 *и* N_2 и равны друг другу, т.е. $N = N_1 = N_2$ Неподвижный сферический шарнир (точка *A*) заменим проекциями реакций (X_A , Y_A и Z_A) на оси координат $Ox_1y_1z_1$. Сила тяжести бункера колесного прицепа *P* приложена в центре тяжести прицепа (точка *C*) и направлена вертикально вниз. Так как активные силы действуют в плоскости Oy_1z_1, то проекции реактивных сил на ось Ox_1 равны нулю, т.е. $X_A = 0$ и на расчетной схеме не изображается. Таким образом, получим расчетную схему, приведенную на рисунке 2. Буквами *d* и, *f* обозначены расстояния между нормальными реакциями опор и силой тяжести бункера.

Анализ расчетных схем (рисунки 2.а и 2.б) показывает, что на механизм колесного прицепа действует произвольная плоская система сил, под действием которой колесный прицеп находится в равновесии. Для определения неизвестных сил составим три уравнения равновесия механической системы, согласно которым, суммы проекций всех действующих сил на оси координат Oy_1z_1 должны быть равны нулю, а также сумма моментов всех действующих сил относительно любой точки плоскости должна быть равна нулю.

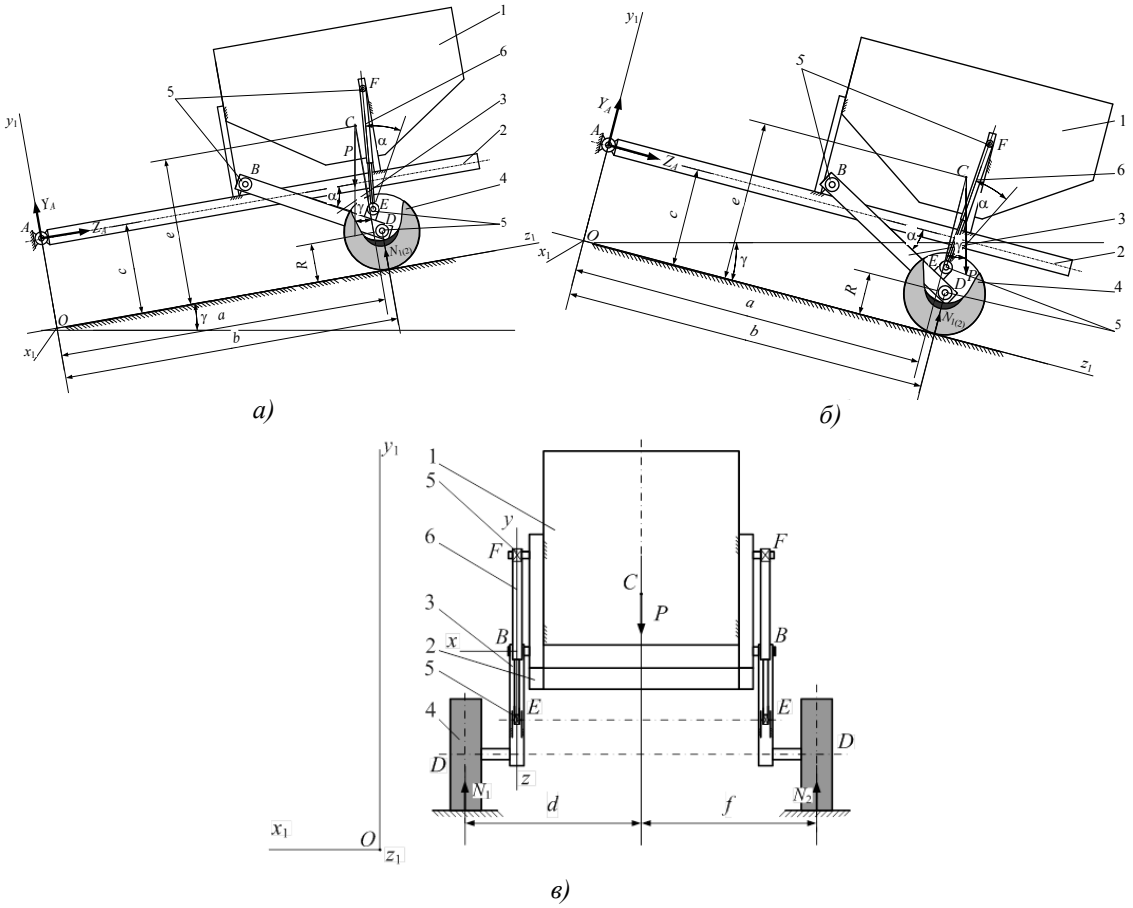


Рисунок 2 - Схема нагружения прицепа

В результате для схемы нагружения (рисунок 2.а) получим

$$\sum F_{kz_1} = 0; Z_A - P \cdot \sin(\gamma) = 0 \quad (1)$$

$$\sum F_{ky_1} = 0; Y_A + N_1 + N_2 - P \cdot \cos(\gamma) = 0, \quad (2)$$

$$\sum M_A(F_k) = 0; N_1 \cdot b + N_2 \cdot b - P \cdot \cos(\gamma) \cdot a + P \cdot \sin(\gamma) \cdot (e - c) = 0 \cdot \quad (3)$$

Для схемы нагружения (рисунок 2.б)

$$\sum F_{kz_1} = 0; Z_A + P \cdot \sin(\gamma) = 0 \quad (4)$$

$$\sum F_{ky_1} = 0; Y_A + N_1 + N_2 - P \cdot \cos(\gamma) = 0, \quad (5)$$

$$\sum M_A(F_k) = 0; N_1 \cdot b + N_2 \cdot b - P \cdot \cos(\gamma) \cdot a - P \cdot \sin(\gamma) \cdot (e - c) = 0 \cdot \quad (6)$$

Учитывая равенства, $N = N_1 = N_2$,перепишем системы уравнений в следующем виде:
для рисунка 2.а

$$Z_A + P \cdot \sin(\gamma) = 0, \quad (7)$$

$$Y_A + 2 \cdot N - P \cdot \cos(\gamma) = 0, \quad (8)$$

$$2 \cdot N \cdot b - P \cdot (\cos(\gamma) \cdot a - \sin(\gamma) \cdot (e - c)) = 0 \cdot, \quad (9)$$

для рисунка 2.б

$$Z_A + P \cdot \sin(\gamma) = 0 \quad (10)$$

$$Y_A + 2 \cdot N - P \cdot \cos(\gamma) = 0, \quad (11)$$

$$2 \cdot N \cdot b - P \cdot (\cos(\gamma) \cdot a + \sin(\gamma) \cdot (e - c)) = 0 \cdot \quad (12)$$

Решая системы уравнений (7) - (9) получим

$$N = \frac{P \cdot (\cos(\gamma) \cdot a - \sin(\gamma) \cdot (e - c))}{2 \cdot b}, \quad (13)$$

$$Y_A = -2 \cdot N + P \cdot \cos(\gamma), \quad (14)$$

$$Z_A = P \cdot \sin(\gamma) = 0 \cdot \quad (15)$$

Решая системы уравнений (10) - (12) получим

$$N = \frac{P \cdot (\cos(\gamma) \cdot a + \sin(\gamma) \cdot (e - c))}{2 \cdot b}, \quad (16)$$

$$Y_A = -2 \cdot N + P \cdot \cos(\gamma), \quad (17)$$

$$Z_A = -P \cdot \sin(\gamma) = 0 \cdot \quad (18)$$

Системы уравнений (13) - (15) и (16) - (18) являются аналитическими выражениями нагрузок, необходимых для определения сил, действующих на опорный рычаг 3.

Проведем численное моделирование внешних нагрузок, вычисленных по выражениям (13) - (15), для различных углов продольного уклона γ с помощью пакета прикладных программ MathCAD [9]. Выражения (16) - (18) дают такие же результаты, только реакция Z_A имеет противоположное направление. Результаты моделирования, в зависимости от угла γ (рад.) приведены на рисунке 3.

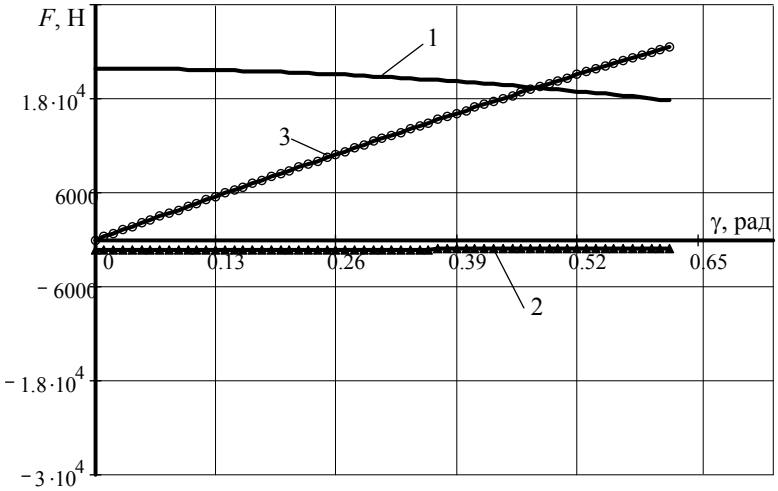


Рисунок 3 – Зависимости сил реакций от угла наклона опорной поверхности γ (рад.) для нагружения в соответствие с рисунком 2.а.

В варианте нагружения по рисунку 2.а с ростом продольного угла γ нагрузка на опорный рычаг уменьшается до двух третей, однако при этом резко возрастает продольное крюковое усилие Z_A, подталкивающее движитель. В вертикальной плоскости Y_A усилие незначительно и меняет знак (вначале опирается на крюк трактора, а затем его поднимает).

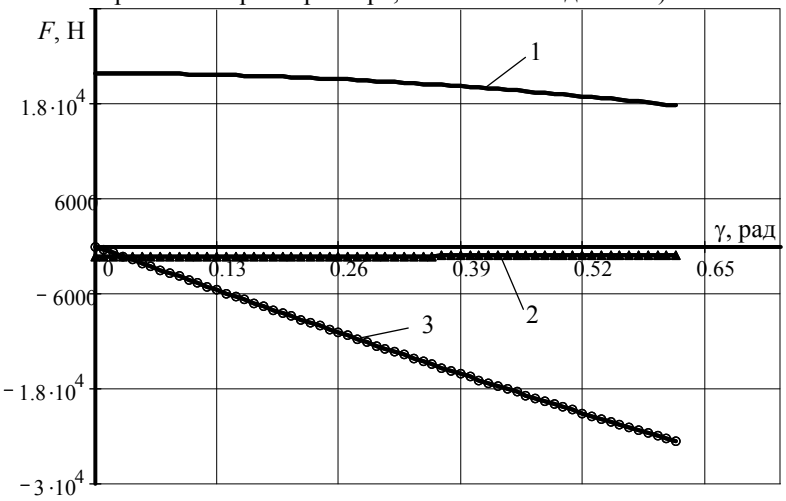


Рисунок 4 – Зависимости сил реакций от угла наклона опорной поверхности γ (рад.) для нагружения в соответствие с рисунком 2.б.

В варианте нагружения по рисунку 2.б с ростом продольного угла γ от нагрузки на опорный рычаг меняется также как в варианте нагружения по рисунку 2.а. С ростом угла γ резко возрастает продольное крюковое усилие Z_A , как и в варианте нагружения по рисунку 2.а, однако, имеет противоположное направление, тормозящее движитель. В вертикальной плоскости усилие (как и в предыдущем случае) незначительно и меняет знак (вначале опирается на крюк трактора, а затем его поднимает).

Анализ численных результатов моделирования (рисунки 3 и 4) показывает, что изменения реакций опор левого и правого колес носит нелинейный характер и с увеличением угла наклона уменьшается. Изменение реакция Z_A носит линейный характер, и с увеличением угла наклона опорной поверхности возрастает по модулю. Величина реакции Y_A изменяется по нелинейному закону одинаково в обоих случаях. Таким образом, внешние нагрузки при продольном уклоне колесного прицепа могут быть описаны выражениями (13) - (15) либо выражениями (16) - (18).

Определим силы, действующие на опорный элемент – рычаг прицепа. Для этого отбросим связи в точках *B*, *E*, *D* (рисунок 2), заменив их действие реакциями связей. Проведем через точку *B* координатные оси *Bxyz*, ось *z* совместим с осью рычага 3, сам рычаг на схеме изобразим ломаным стержнем (рисунок 5). Связь в точке *B* заменим проекциями реакции на оси координат Z_B, Y_B, X_B, и реактивными моментами относительно координатных осей M_{By}, M_{Bz}. Связью в точке *E* является гидроцилиндр, реакция которого N_E приложена в точке *E* и направлена к точке *F* [9]. Размеры участков силового элемента на расчетной схеме обозначены через l_{1z}, l_{2z}, l_{3y}, l_{4x}. Внешним силовым фактором, действующим на опорный элемент, является нормальная реакция опоры, приложенная в точке *D* и обозначенная силой *N*. Таким образом, получим схему статического нагружения опорного элемента, изображенную на рисунке 5. Ее анализ показывает, что опорный элемент бункера нагружен произвольной пространственной системой сил. Условия равновесия опорного элемента запишутся в виде

$$\sum F_{kz} = 0;\ Z_B + N_E \sin(\alpha) - N \sin(\alpha) = 0, \tag{19}$$

$$\sum F_{ky} = 0;\ Y_B - N_E \cos(\alpha) + N \cos(\alpha) = 0, \tag{20}$$

$$\sum M_z\left(\vec{F}_k\right) = 0; M_{Bz} - N \cdot \cos(\alpha) \cdot l_{4x} = 0, \tag{21}$$

$$\sum M_y\left(\vec{F}_k\right) = 0; M_{By} - N \cdot \sin(\alpha) \cdot l_{4x} = 0, \tag{22}$$

$$\sum M_x\left(\vec{F}_k\right) = 0; -N_E \cdot \cos(\alpha) \cdot l_{1z} - N_E \cdot \sin(\alpha) \cdot l_{3y} + N \cdot \cos(\alpha) \cdot \left(l_{1z} + l_{2z}\right) = 0. \tag{23}$$

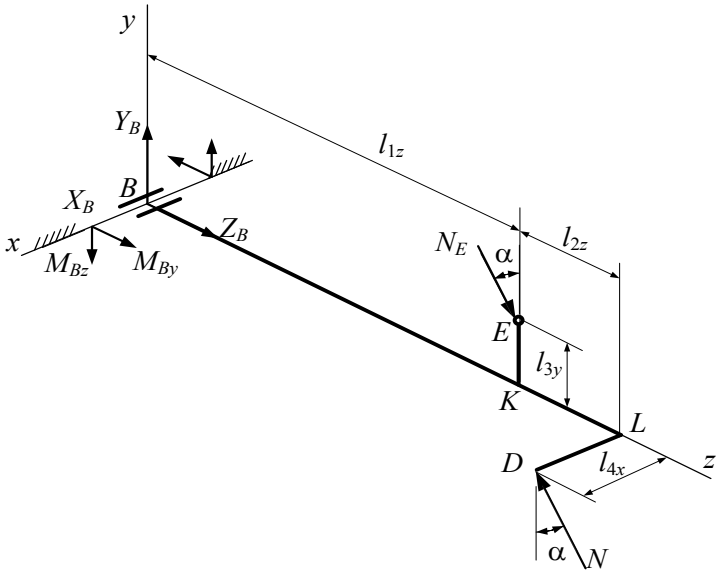


Рисунок 5 – Схема нагружения рычага 3 по рисунку 1.

Из системы уравнений (19) - (23) получим аналитические выражения для определения неизвестных сил, действующих на опорный элемент прицепа

$$N_E = \frac{N \cdot \cos(\alpha) \cdot (l_{1z} + l_{2z})}{\cos(\alpha) \cdot (l_{1z}) + \sin(\alpha) \cdot (l_{3y})}. \quad (24)$$

$$M_{Bz} = N \cdot \cos(\alpha) \cdot l_{4x}. \quad (25)$$

$$M_{By} = N \cdot \sin(\alpha) \cdot l_{4x}. \quad (26)$$

$$Y_B = N_E \cos(\alpha) - N \cos(\alpha). \quad (27)$$

$$Z_B = -N_E \sin(\alpha) + N \sin(\alpha). \quad (28)$$

Результаты численного моделирования, в автоматизированной системе математических расчетов MathCAD [10], по выражениям (19) - (23), для различных значений угла наклона γ опорной поверхности относительно оси Ox_1 представлены на рисунке 6.

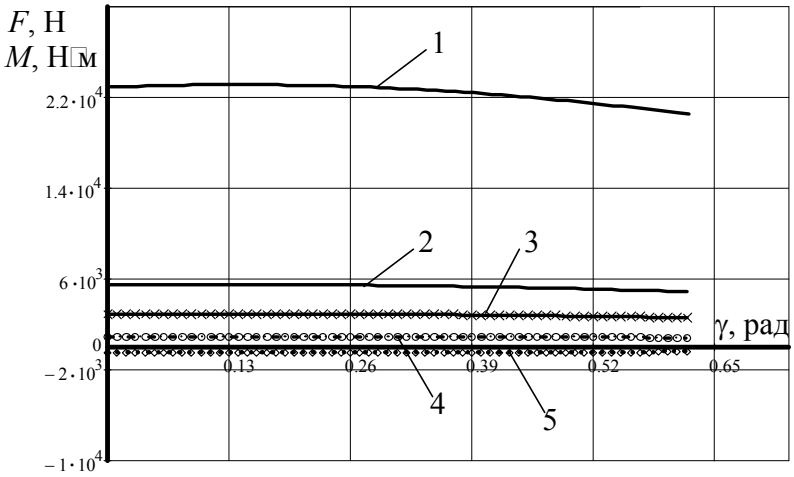


Рисунок 6 – Результаты численного моделирования реакций опор силового элемента в зависимости от угла продольного уклона γ (рад)

Анализ полученных результатов, показывает, что внутренние реакции опор силового элемента колесного прицепа в случае расположения на поверхности под продольным уклоном мало отличаются от максимальных значений, полученных в работе [7]. Сравнение новых результатов с результатами, полученными в работе [9], показывает, что наиболее тяжелым вариантом нагружения рычага колесного прицепа является вариант, рассмотренный в работе [9] – при поперечном уклоне.

Таким образом, наиболее нагруженной (22 кН) точкой опоры для опорного рычага прицепа является место крепления гидроцилиндра (т. Е) при угле уклона γ = 0,13 рад. Построенная математическая модель, реализованная в программе MathCAD, позволила выявить синусоидальный характер изменения величины сил. Сопоставляя результаты расчета с величинами нагрузки при поперечном нагружении, следует рекомендовать проверочный расчет при боковом уклоне проведении проверочных расчетов как наиболее опасном.

Список литературы

1. Хазанов, Е.Е. Технология и механизация молочного животноводства / Е.Е. Хазанов, В.В. Гордеев, В.Е. Хазанов. – СПб., 2016. – 592 с.

2. Стрельцов, С.В. Сельскохозяйственные машины / С.В. Стрельцов, В.П. Зайцев, А. В. Павлушин. – Ульяновск, 2013. – 508 с.

3. Баранов, Ю.Н. Эксплуатация машинно-тракторного парка и технологического оборудования / Ю.Н. Баранов. – Воронеж: ВГАУ. – 2010. – 159 с.

4. Стасилевич, А.Г. Управляемость колесного трактора с навесками сельскохозяйственных машин / А.Г. Стасилевич // Вестник Белорусско-Российского университета. – 2013. –№ 4 (41). – С. 95-101.

5. Рехлицкий, О.В. Математическое описание механизма поворота колес самоходной сельскохозяйственной машины / О.В. Рехлицкий, Ю.В. Чупрынин, Д.В. Джасов // Механика машин, механизмов и материалов. – 2014. –№ 2 (27). – С. 23-29.

6. Гаппоев, Т.Т. Частичное уравновешивание механизмов, применяемых в транспортных и сельскохозяйственных машинах / Т.Т. Гаппоев, М.Г. Голобоков // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2014. – Т. 51, №2. – С. 161-164.

7. Зайцев, В.Ю. Определение реакций в креплениях опорного рычага колесного прицепа / В.Ю.Зайцев, М.И.Вольников, В.В.Коновалов, А.М.Петров // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – Т. 2, Вып. 4. – С. 50-57.

8. Zaitsev, V. Mobiletrailersupportarm: modeling and analysis of breakage / V. Zaitsev, V. Konovalov, G. Gumarov, Y. Rodionov // Journal of Physics: Conference Series. –2018. – №1084. – 012009.

9. Зайцев, В.Ю. Особенности расчета нагрузок силового элемента мобильного прицепа при поперечном уклоне / В.Ю. Зайцев, В.В. Коновалов, С.С. Петрова // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. - 2018. - Т. 3. -№4. - С. 76-85.

10. Синельщиков, А.В. Компьютерные технологии в инженерных расчётах (на базе системы MATHCAD) / А.В. Синельщиков.– Астрахань: Астраханский ГТУ. – 2013. – 128 с.

DEFINITION OF LOADS FOR SUPPORT LEVER AT A MOBILE TRAILER WITH LONGITUDINAL SLOPE

Zaitsev Vladimir,
Candidate of technical Sciences, associate Professor of Department «Engineering Technology»,
e-mail:vluzai@gmail.com
Konovalov Vladimir,
Doctor of technical Sciences, Professor of Department «Engineering Technology»,
e-mail: konovalov-penza@rambler.ru
Penza State Technological University, Penza
Bobylev Anatoly,
associate Professor of Department « Physics and mathematics»,
e-mail: bobylev.anatoly@mail.ru
Penza state agrarian University, Penza

Bochkareva Yuliya
Candidate of technical Sciences, associate Professor of Department «General professional disciplines»,
e-mail: bochaj@mail.ru
Penza branch of the military Academy of logistics. army General A. V. Khrulev, Penza

Abstract. *One of the main causes of failure of wheeled trailers is the loss of strength of the support element. Issues related to the determination of external force factors acting on the supporting element - the pivot arm, were studied. The case of loading the support arm of a mobile trailer with a longitudinal slope is considered. The computer system of mathematical calculations MathCAD was used to determine the numerical values of external force factors perceived by the supporting elements of the mobile trailer with a longitudinal slope. Analytical dependences were obtained and a numerical simulation of external force factors on the loads acting on the support arm depending on the magnitude of the pitch angle was carried out. Analytical expressions have been compiled and the numerical values of the force factors acting on the support arm of a wheeled trailer designed to transport bulk materials are obtained. A comparative analysis of the force factors acting on the support arm for the possible options for the location of the wheel trailer on the support surface was carried out. It was determined that the most loaded (22 kN) point of support for the trailer support arm is the mounting point of the hydraulic cylinder at a slope angle* $\gamma = 0.13$ *rad. The constructed mathematical model implemented in the MathCAD program allowed us to reveal the sinusoidal nature of the change in the magnitude of the forces.*

Key words: *longitudinal slope, support arm, static loading scheme, external and internal loads, mathematical model.*

References

1. Hazanov, E.E. Tekhnologiya i mekhanizaciya molochnogo zhivotnovodstva / E.E. Hazanov, V.V. Gordeev, V.E. Hazanov. – SPb., 2016. – 592 s.
2. Strel'cov, S.V. Sel'skohozyajstvennye mashiny / S.V. Strel'cov, V.P. Zajcev, A. V. Pavlushin. – Ul'yanovsk, 2013. – 508 s.
3. Baranov, YU.N. EHkspluataciya mashinno-traktornogo parka i tekhnologicheskogo oborudovaniya / YU.N. Baranov. – Voronezh: VGAU. – 2010. – 159 s.
4. Stasilevich, A.G. Upravlyaemost' kolesnogo traktora s naveskami sel'skohozyajstvennyh mashin / A.G. Stasilevich // Vestnik Belorussko-Rossijskogo universiteta. – 2013. –№ 4 (41). – S. 95-101.
5. Rekhlickij, O.V. Matematicheskoe opisanie mekhanizma povorota koles samohodnoj sel'skohozyajstvennoj mashiny / O.V. Rekhlickij, YU.V. CHuprynin, D.V. Dzhasov // Mekhanika mashin, mekhanizmov i materialov. – 2014. –№ 2 (27). – S. 23-29.
6. Gappoev, T.T. CHastichnoe uravnoveshivanie mekhanizmov, primenyaemyh v transportnyh i sel'skohozyajstvennyh mashinah / T.T. Gappoev, M.G. Golobokov // Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2014. – T. 51, № 2. – S. 161-164.
7. Zajcev, V.YU. Opredelenie reakcij v krepleniyah opornogo rychaga kolesnogo pricepa / V.YU. Zajcev, M.I. Vol'nikov, V.V. Konovalov, A.M. Petrov // Izvestiya Samarskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. – 2017. – T. 2, Vyp. 4. – C. 50-57.
8. Zaitsev, V. Mobiletrailersupportarm: modeling and analysis of breakage / V. Zaitsev, V. Konovalov, G. Gumarov, Y. Rodionov// Journal of Physics: Conference Series. –2018. – №1084. – 012009.
9. Zajcev, V.YU. Osobennosti rascheta nagruzok silovogo ehlementa mobil'nogo pricepa pri poperechnom uklone / V.YU.Zajcev, V.V.Konovalov, S.S. Petrova // Izvestiya Samarskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. - 2018. T. 3. № 4. S. 76-85.
10. Sinel'shchikov, A.V. Komp'yuternye tekhnologii v inzhenernyh raschyotah (na baze sistemy MATHCAD) / A.V. Sinel'shchikov.– Astrahan': Astrahanskij GTU. – 2013. – 128 s.

УДК 631. 312/317.05 (047.31)

МЕТОД И СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ВЕЛИЧИНЫ ЗАГЛУБЛЕНИЯ РАБОЧИХ ОРГАНОВ В ПОЧВУ

Киреев Иван Михайлович
доктор технических наук, заведующий лабораторией, ведущий научный сотрудник,
e-mail*: zinakoval@mail.ru*
Коваль Зинаида Михайловна
кандидат технических наук, главный научный сотрудник,
e-mail: *zinakoval@mail.ru*
Новокубанский филиал ФГБНУ «Росинформагротех», г. Новокубанск

Реферат. *Разрабатывали измерительное средство для определения глубины обработки почвы на основе применения бесконтактного измерителя расстояния, позволяющего определять необходимое число измерений на учетном участке применительно к типу испытываемого почвообрабатывающего орудия с оперативным получением достоверных сведений о качестве его работы. Использовали метод контроля глубины обработки почвы лазерным измерителем расстояний, установленным на раму почвообрабатывающей машины. Предложена схема системы контроля глубины обработки почвы при испытании почвообрабатывающих машин, включающая лазерный дальномер «Leica DISTO D8», комплект зеркал, электромагнитные реле, микропроцессорный электронный распределитель напряжения и Noutbook. Измерения величины заглубления в почву почвообрабатывающих рабочих органов осуществляются в соответствии с характеристиками машин равномерно на принятой учетной ширине захвата. Проведенные сравнительные исследования в одних и тех же точках поля с помощью линейки и лазерного измерителя показали одинаковые средние значения глубины обработки почвы. Коэффициент корреляции равен 0,816, что свидетельствует об удовлетворительной сходимости данных показателей. Предлагаемая система контроля глубины обработки при испытаниях почвообрабатывающих машин и орудий обеспечивает исключение систематических ошибок, присущих ручному методу измерения, приводит к сокращению затрат ручного труда и исключению влияния человеческого фактора; совмещению времени получения измерительной информации и её математической обработки, повышению точности получаемых результатов измерения расстояний лазером с погрешностью ± 1,5 мм.*

Ключевые слова: *глубина, обработка почвы, система контроля*

Введение. Существующая и разрабатываемая почвообрабатывающая техника имеет различное конструктивное исполнение. На раме почвообрабатывающих средств рабочие элементы имеют неподвижное или подвижное относительно нее крепления и располагаются на определенном расстоянии друг от друга, как в ряду, так и по различной ширине захвата орудия. Высота между рамой и основанием рабочих органов почвообрабатывающих орудий также различна. Глубина обработки почвы определяется эксплуатационно-технологическими параметрами машины (агрегата), характеристиками почвы и ее микрорельефом. Поэтому она имеет переменные значения по ходу почвообрабатывающей техники и по ширине ее захвата. Уменьшение глубины обработки почвы от заданной агротребованиями величины приводит к снижению урожайности, а увеличение обуславливают дополнительные энергозатраты. Глубина обработки почвы влияет на урожайность как прямо (непосредственно), так и опосредованно, путем одновременного изменения целой совокупности параметров, характеризующих состояние обрабатываемого горизонта (плотности, крошения, гребнистости, влажности, заделки растительных остатков).

Факторы, участвующие в формировании глубины обработки почвы, имеют различную физическую природу, являются функциями расстояния, времени или скорости [1]. Некоторые затруднительно описать и оценить вклад каждого из них в результирующий показатель, поэтому сведение их в единую математическую модель практически невозможно.

Материалы и методы. Глубину поверхностной и мелкой обработки почвы при испытании машин и орудий определяют ручным методом при помощи линейки [2]. Измерения глубины обработки почвы проводят по следу рабочего органа с интервалом 1,0 м по ходу движения агрегата. Количество измерений составляет не менее 25 по каждому рабочему органу в каждой повторности. Повторность опыта четырехкратная (две по ходу движения, две по ходу обратно).

При испытании почвообрабатывающих машин и орудий для пропашных культур ручные средства измерения глубины обработки почвы включают линейку (щуп). Измерения проводят по каждому рабочему органу с равномерным интервалом по ходу движения машины, орудия. Общее число измерений на каждой учетной делянке должно быть не менее 50 [3].

Глубину обработки почвы при испытании борон (машин для сплошной обработки всходов) определяют путем измерения расстояния от основания зуба бороны до линии погружения его в почву. Для этого на каждой учетной делянке при остановках машины на участке с ровным микрорельефом мелом отмечают границу погружения в почву 10 зубьев переднего, среднего и заднего рядов бороны. Затем агрегат выглубляют из почвы и проводят измерения глубины погружения зубьев бороны в почву.

При испытании машин и орудий для глубокой обработки почвы средства измерения включают бороздомер и линейку [4]. Бороздомером глубину обработки почвы измеряют по двум учетным проходам плуга по борозде, образованной задним корпусом. В местах измерения борозду очищают от насыпи (валика). Количество измерений по каждому проходу не менее 50.

Глубину обработки почвы чизельными плугами, плугами-рыхлителями, плоскорезами-щелевателями и плоскорезами-щелерезами, машинами для борьбы с ветровой и водной эрозией почвы измеряют по следу прохода стоек рабочих органов линейкой.

Данные измерений записывают в учетные ведомости, которые обрабатывают методом математической статистики и определяют среднюю глубину хода рабочих органов, стандартное отклонение и коэффициент вариации по машине в каждой повторности за опыт.

Недостатком таких методов и средств является трудоемкость процесса измерения и получения информационных сведений о глубине обработки почвы рабочими органами почвообрабатывающих машин или орудий на основе статистических данных количества измерений, получаемых с применением ручных средств на площади учетных делянок. На достоверность результатов измерений сказывается присутствие человеческого фактора.

При механическом взаимодействии средств измерения с почвой возникают трудности в установлении и определении уровней отсчета верхней и нижней границ глубины взрыхленного слоя почвы, образованного в результате влияния различного типа рабочих органов на ее структуру.

Цель исследования – разработка измерительного средства для определения глубины обработки почвы на основе применения бесконтактного измерителя расстояния, позволяющего определять необходимое число измерений на учетном участке применительно к типу испытываемого почвообрабатывающего орудия с оперативным получением достоверных сведений о качестве его работы. Для реализации этой цели предлагается метод контроля глубины обработки почвы с использованием лазерного измерителя расстояний. Принципиальная схема проведения измерений классическим методом и с пользованием лазерного измерителя расстояния приведена на рисунке 1.

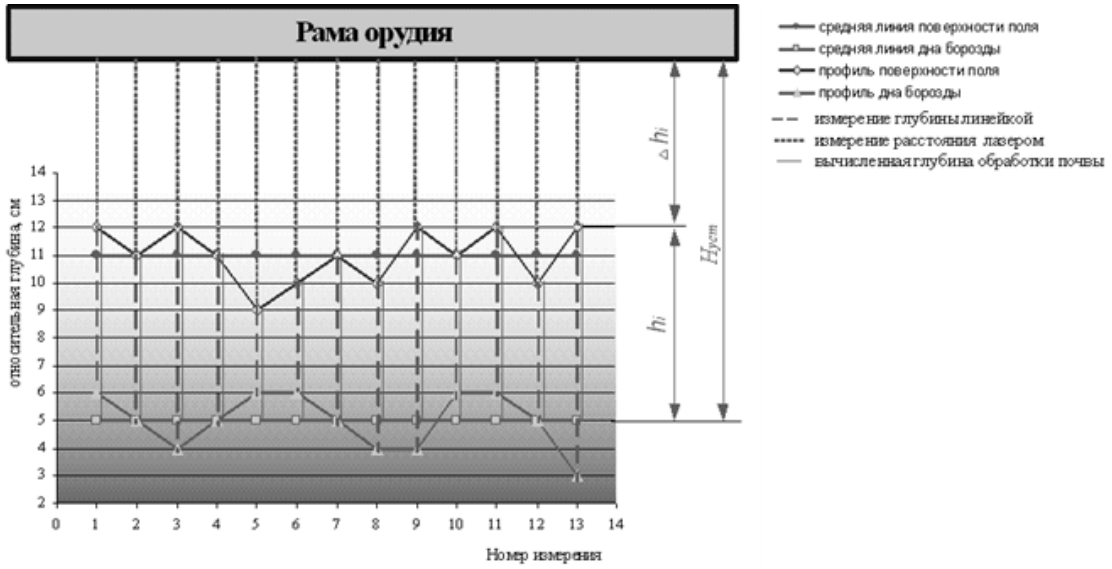


Рисунок 1 – Схема определения глубины обработки почвы

Прерывистые линии, расположенные выше линии поверхности поля – измеренные лазером расстояния от рамы орудия до поверхности поля. Вычисляемое значение глубины обработки почвы есть разница расстояний между высотой рабочих органов и этим измеренным расстоянием.

На рисунке 1 – ломаные линии – это сечение поверхности поля и дна борозды соответственно, а горизонтальные сплошные линии – это средние линии этих поверхностей.

Прерывистые линии между ломаными – измеренная линейкой глубина обработки почвы (фактическое расстояние от дна до поверхности). В таблице 1 приведены данные обработки результатов измерений, в соответствии со схемой (рисунок 1).

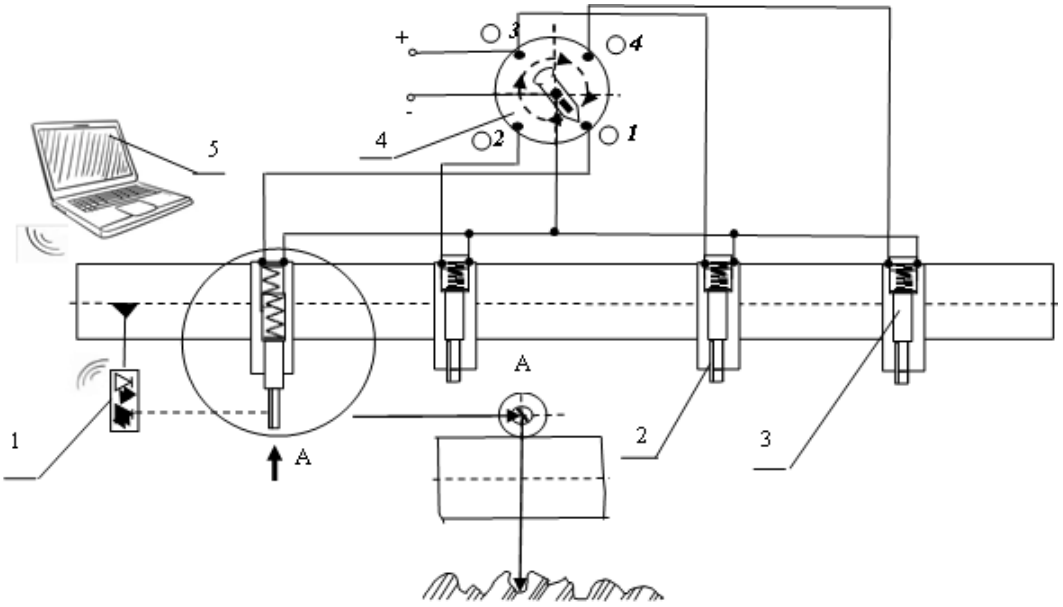
Таблица 1 – Расчетные данные к схеме проведения измерений

Наименование показателя	Среднее значение, см	Стандартное отклонение, ± см	Коэффициент вариации, %
Глубина обработки, измеренная линейкой, см	6	1,5	26,2
Расстояние от рамы до поверхности, см	17	3,1	18,3
Вычисленное значение глубины обработки почвы, см	6	1,1	18,4

Из данных таблицы 1 следует, что при проведении измерений в одних и тех же точках поля при помощи линейки и лазерным измерителем расстояния фактические средние значения глубины обработки равны. Однако, во втором случае, получены несколько меньшие значения стандартного отклонения и коэффициента вариации. Очевидно, это связано с произведенной при измерениях заменой неровного дна борозды на плоскую раму орудия.

Значение коэффициента корреляции между двумя рядами вычисленных значений составляет 0,816, что свидетельствует об удовлетворительной сходимости данных показателей.

В качестве технического решения для обеспечения поставленной цели предлагается система контроля глубины обработки почвы при испытаниях сельскохозяйственных орудий, схема которой приведена на рисунке 2 [5].



1 – лазерный дальномер «Leica DISTO D8»; 2 – комплект зеркал; 3 – электромагнитные реле; 4 – микропроцессорный электронный распределитель напряжения, 5 – Noutbook

Рисунок 2 – Схема системы контроля глубины обработки почвы при испытании почвообрабатывающих машин.

Предлагаемая система контроля состоит из лазерного дальномера «Leica DISTO D8» 1 с прикладной программой для информационного соединения с Noutbook и одновременной передачи данных по каналу Bluetooth на Noutbook, комплекта зеркал 2, электромагнитных реле 3, микропроцессорного электронного распределителя напряжения 4 и Noutbooka 5.

Система контроля глубины обработки почвы при помощи присоединительных элементов (кронштейнов) устанавливается на орудие.

При помощи механических элементов возвратно-поступательного и вращательного принципа действия производится совмещение оптической оси излучения лазерного дальномера «Leica DISTO D8»1 с центральной осью наклонных зеркал 2 таким образом, чтобы от

раженное от зеркал излучение имело перпендикулярное направление к поверхности почвы [6].

Измерения величины заглубления в почву почвообрабатывающих рабочих органов должны осуществляться в соответствии с характеристиками машин (орудий) [7], приведенных в таблице 2.

Таблица 2 – Характеристики некоторых почвообрабатывающих машин и орудий

Наименование машины (орудия)	Характеристика почвообрабатывающей машины (орудия)			
	Рабочая скорость движения, км/ч (м/с)	Заданная глубина обработки, см	Рабочая ширина захвата, м	Число рабочих органов (дисков) на ширине захвата
Плуг	От 5 до 12 (От 1,39 до 3,33)	От 20 до 35	2,5	8
Культиватор для сплошной обработки почвы	До 12 (до 3,33)	От 5 до 16	От 3,9 до 22,0	От 19 до 100
Борона дисковая	До 12 (до 3,33)	До 15	До 7,0	30
Дискатор	От 8 до 25 (От 2,22 до 6,94)	От 6 до 18	От 3,0 до 8,0	От 24 до 64

В соответствии с данными таблицы 2 при испытании машин (орудий) число почвообрабатывающих рабочих органов (дисков) может отличаться от приведенных в таблице 2 данных при условии равномерного их расположении на принятой учетной ширине захвата $L_{уч.ш.з}$, м, определяемой по уравнению

$$L_{уч.\ ш.\ з.} = N_{исп.раб.орг.} \cdot \Lambda_{рас.\ м.\ раб.ор.}\ , \qquad (1)$$

где $N_{исп.раб.ор.}$ – число испытываемых рабочих органов (дисков);

$\Lambda_{рас.\ м.\ раб.ор}$ – расстояние между рабочими органами, м.

При заданной глубине погружения в почву $L_{зад.гл.}$ рабочих органов машины с учетом промежутков времени, τ_i, с, установленных таймером лазерного дальномера, режимом работы микропроцессорного электронного распределителя напряжения обеспечивается поочередное функционирование электромагнитных реле с зеркалами и измерения расстояний до оснований расположения рабочих органов $L_{осн.раб.орг.}$, м, по ширине учетного участка.

Такой режим работы измерительного средства используется и в технологическом процессе почвообрабатывающей машины при измерениях расстояний до поверхности почвы $L_{пов.поч.}$, м.

Длина учетного участка l, м, при измерении расстояний до почвы на учет-

ной ширине захвата с рабочими органами равна

$$l = \upsilon \cdot \sum_{\tau=1}^{n} \tau_i\ , \qquad (2)$$

где υ – рабочая скорость движения почвообрабатывающей машины, м/с;

τ_i – промежуток времени τ_i единичного измерения, с;

n – число промежутков между рабочими органами на ширине захвата учетного участка.

Площадь участка с единичными измерениями величины заглубления в почву испытываемых рабочих органов, $S_{ед.\ уч.}$, м^2, равна произведению длины учетного участка l, м, на учетную ширину захвата $L_{уч.ш.з.}$, м, (обработки).

$$S_{ед.уч.} = l\, L_{уч.ш.з}\,. \tag{3}$$

Результаты измерений сохраняются памятью лазера и передаются на компьютер через Bluetooth для программного расчета доли величин заглубления рабочих органов в почву x %. (глубина погружения рабочих органов в почву $h_{гл}$, см, равна разности измеренных в статике расстояний до оснований рабочих органов $L_{осн.раб.орг.}$, м, и расстояний до поверхности почвы $L_{пов.поч.}$, м, в технологическом процессе машин), соответствующих заданной глубине обработки $x_{зад}$, %, и отклонений измеренных значений от заданной глубины обработки с меньшими $x_{<зад}$, % и большими $x_{>зад}$, % значениями соответственно.

Программно определяется: суммарное число измерений $n_{сум.}$

$$n_{сум} = \sum_{i=1}^{n} n_i\,. \tag{4}$$

где n_i – единичное измерение величины заглубления в почву рабочих органов.

Доля измеренных величин заглубления рабочих органов в почву, соответствующая заданной величине заглубления в почву рабочих органов почвообрабатывающей машины $x_{зад}$, %, вычисляется по формуле:

$$x_{зад} = \frac{\sum_{i=1}^{n_{зад}} n_{iзад}}{\sum_{i=1}^{n_{сум}} n_{iсум}} 100\,. \tag{5}$$

Расчет доли измеренных величин заглубления рабочих органов в почву, с меньшими значениями от заданной $x_{<зад}$, %, вычисляется по формуле:

$$x_{<} \quad \frac{\sum_{i=1}^{n_{<}} n_{i<}}{\sum_{i=1}^{n_{сум}} n_{iсум}} 100\,. \tag{6}$$

Расчет доли измеренных величин заглубления рабочих органов в почву, с большими значениями от заданной $x_{>\ зад}$, %, вычисляется по формуле:

$$x_{>} \quad \frac{\sum_{i=1}^{n_{>}} n_{i>}}{\sum_{i=1}^{n_{сум}} n_{iсум}} \cdot 100\,. \tag{7}$$

Отклонение средней глубины заглубления в почву рабочих органов от заданной не должно превышать 2 см. Равномерность глубины заглубления в почву рабочих органов определяется путем сравнения средней глубины заглубления в почву рабочих органов от заданной с глубиной в отдельных точках. Средняя арифметическая глубина заглубления в почву рабочих органов, $\bar{h}_{гл}$, см, вычисляется по формуле:

$$\bar{h}_{гл} = \frac{\sum_{i=1}^{n_{сум}} h_{iэксп.}}{n_{сум}}\,, \tag{8}$$

где $\sum_{i=1}^{n_{сум}} h_{iэксп}$ − сумма измеренных единичных заглублений рабочих органов в почву на учетной ширине захвата, м;

$h_{iэксп.}$ = $L_{iосн.раб.орг.эксп.}$−$L_{iпов.поч.эксп.}$ − единичное экспериментальное заглубление рабочих органов в почву на учетной ширине захвата;

$n_{сум}$ − суммарное число измерений глубины погружения рабочих органов в почву.

Далее программно вычислялось среднее квадратичное отклонение *S*, см, глубины заглубления в почву рабочих органов от заданной глубины заглубления в почву рабочих органов:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_{сум}} (h_{iэксп} - \overline{h_{гл}})^2}{n_{сум}}}, \quad (9)$$

Коэффициент вариации (*v*,%) вычислялся по формуле:

$$v = S / \overline{h}_{гл} \cdot 100, \quad (10)$$

Материалы и их обсуждение. Результаты компьютерной обработки программой «ГЛУБИНА», на примере измерений глубины погружения корпусов плуга ПЛН-5-35 на учетных участках пути длиной 50 м по двум учетным проходам (ход прямо и ход обратно) в двух повторностях [4], приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты глубины погружения в почву корпусов плуга ПЛН-5-35

Ход прямо, повторность 1	
Агротехнический фон	После уборки пшеницы
Наименование МТА	Т–150+ПЛН–5–35
Продолжительность опыта, сек	24
Заданная глубина погружения в почву, см	24
Пройденный учётный участок пути, м	**50,33**
Средняя скорость прохождения учётного участка, км/ч	7,55
Средняя глубина погружения рабочих органов, см	**26,10**
Доля обработанного участка в соответствии с нормативами качества, %	24,38
Доля обработанного участка на меньшую глубину, %	0,00
Доля обработанного участка на большую глубину, %	75,62
Ход прямо, повторность 2	
Продолжительность опыта, сек	24
Заданная глубина погружения в почву, см	24
Пройденный учётный участок пути, м	**51,33**
Средняя скорость прохождения учётного участка, км/ч	7,70
Средняя глубина погружения рабочих органов, см	**26,62**
Доля обработанного участка в соответствии с нормативами качества, %	11,22
Доля обработанного участка на меньшую глубину, %	0,00
Доля обработанного участка на большую глубину, %	88,78
Ход обратно, повторность 1	
Продолжительность опыта, сек	28
Заданная глубина погружения в почву, см	24
Пройденный учётный участок пути, м	**50,83**
Средняя скорость прохождения учётного участка, км/ч	6,54
Средняя глубина погружения рабочих органов, см	**23,73**

Доля обработанного участка в соответствии с нормативами качества, %	68,97
Доля обработанного участка на меньшую глубину, %	6,40
Доля обработанного участка на большую глубину, %	24,63
Ход обратно, повторность 2	
Продолжительность опыта, сек	31
Заданная глубина погружения в почву, см	24
Пройденный учётный участок пути, м	**53,84**
Средняя скорость прохождения учётного участка, км/ч	6,25
Средняя глубина погружения рабочих органов, см	**24,73**
Доля обработанного участка в соответствии с нормативами качества, %	47,91
Доля обработанного участка на меньшую глубину, %	4,19
Доля обработанного участка на большую глубину, %	47,91

Приведенные в таблице 3 данные характеризуют, что доля обработанного участка на меньшую глубину с отклонениями от нормативов качества обработки, может влиять на снижение урожайности. Доля обработанного участка с отклонениями от нормативов качества обработки почвы на учетном участке пути в сторону больших значений, нежелательна, так как увеличение глубины вспашки всего на 1 см приводит к повышению расхода топлива примерно на 5 % [8]. Увеличение глубины вспашки экономически оправдано лишь в том случае, если прирост расхода топлива компенсируется ростом урожайности.

Следует отметить также, что опытные данные, полученные с помощью системы для контроля глубины хода рабочих органов, свидетельствуют о стабильном качестве почвообработки машинотракторным агрегатом (МТА) с отклонением глубины обработки почвы, не превышающем 6 % нормативных и больших значений по глубине от них. При этом данные измерений свидетельствуют о том, что установочная глубина требует регулировки.

Сравнительные показатели измерений глубины погружения корпусов плуга ПЛН-5-35 в почву бороздомером [4] и системой контроля глубины хода рабочих органов почвообрабатывающих машин приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Сравнительные показатели измерений глубины погружения корпусов плуга ПЛН-5-35 в почву бороздомером [4] и системой контроля глубины хода рабочих органов почвообрабатывающих машин.

Наименование показателя	Результаты статистических данных измерений							
	бороздомером				системой контроля глубины погружения в почву рабочих органов машин (орудий)			
	Опыт 1		Опыт 2		Опыт 1	Опыт 2		
	Ход прямо	Ход обратно	Ход прямо	Ход обратно	Ход прямо	Ход обратно	Ход прямо	Ход обратно
Заданная глубина хода рабочих органов, см	24							
Среднее арифметическое значение фактической глубины хода рабочих органов, см	20,25	20,21	20,72	20,52	26,10	26,62	23,73	24,73
Стандартное отклонение, см	2,148	3,098	1,850	1,780	0,498	1,928	1,150	0,970
Коэффициент вариации, %	10,450	15,330	8,925	8,701	0,259	1,004	0,513	0,391
Погрешность средней	0,399	0,575	0,343	0,332	0,036	0,139	0,077	0,062

Приведенные в таблице 4 сравнительные результаты статистических данных измерений глубины погружения рабочих органов бороздомером и системой контроля глубины погружения рабочих органов почвообрабатывающих машин свидетельствуют о преимуществе применения системы контроля глубины погружения рабочих органов почвообрабатывающих машин. Высокая точность измерения расстояний лазером с погрешностью ± 1,5 мм выгоднее, чем измерения бороздомером, погрешность которого находится в пределах от ±0,5 см до ± 1 см. При измерениях расстояний лазером устраняется влияние человеческого фактора на достоверность информационных сведений о глубине погружения рабочих органов и сокращается их статистическое количество.

Выводы.

1 Система контроля глубины обработки почвы позволит определить наиболее рациональный способ распределения необходимого числа измерений и размер учетного участка применительно к типу испытываемого почвообрабатывающего орудия для оперативного получения достоверных сведений о качестве его работы.

2 Система контроля глубины обработки при испытаниях почвообрабатывающих машин и орудий обеспечит:

– исключение систематических ошибок, присущих ручному методу измерения;

– сокращение затрат ручного труда и исключения влияния человеческого фактора;

– совмещение времени получения измерительной информации и её математической обработки (автоматизация);

– повышение точности получаемых результатов;

– возможность монтажа системы на раму орудий (мобильность).

3 Система контроля глубины обработки почвы может стать основным структурным элементом при создании:

– приборов, созданных на новой элементной базе и принципах измерения, предназначенных для испытаний сельскохозяйственных машин (профилографов, гребнемеров, приборов для определения выравненности поверхности поля и т. д.);

– серийных автоматических средств контроля и регулирования глубины обработки почвы почвообрабатывающими машинами, применяемыми в современном сельскохозяйственном производстве.

4. Измерительная система может быть также применена в различных строительных областях (конструкций сооружений, мостостроении и т.п.).

Список литературы

1. Лурье А.Б. Статистическая динамика сельскохозяйственных агрегатов / А.Б. Лурье. – М., 1981,-384 с.

2. ГОСТ 33687 – 2015 Машины и орудия для поверхностной обработки почвы. Методы испытаний. – Введ. 2017–07–01. – М.: Межгосударственный стандарт: Стандартинформ. 2016. – 42 с.

3. ГОСТ 33677 – 2015 Машины и орудия для междурядной и рядной обработки почвы. Методы испытаний. – Введ. 2017–07–01. – М.: Межгосударственный стандарт: Стандартинформ. 2016. – 43 с.

4. ГОСТ 33736–2016 Техника сельскохозяйственная. Машины для глубокой обработки

почвы. Методы испытаний. – Введ. 2018–01–01. – М.: Межгосударственный стандарт: Стандартинформ. 2017. – 35 с.

5. Пат. на полезную модель 111630, МПК G 01 B 13/00 Система контроля глубины обработки почвы для испытания почвообрабатывающих машин и орудий/ Киреев И.М., Коваль З.М., Назаров А.Н., Скорляков В.И.; заявитель и патентообладатель ФГБНУ «Росинформагротех». – № 2011119362; заявл. 13.05.2011; опубл. 20.12.2011, Бюл. № 35. – 3 с.: ил.

6. Трофимова Т.И. Курс физики: учебники и учебные пособия для студентов вузов / Т.И. Трофимова. изд.– М.: Высш. шк., 2002.–542 с.

7. Киреев И.М., Федоренко В.Ф., Буклагин Д.С., Ерохин М.Н., Табашников А.Т. Технические и технологические требования к перспективной сельскохозяйственной технике / В.Ф.Федоренко, Д.С.

Буклагин, М.Н. Ерохин, А.Т. Табашников, И. М Киреев и [др.]: науч. издание. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2011. – 248 с.

8. Темников, В.Н., Нилов, Н.И., Новиков, В.С. Основные направления развития машинно-технологических станций: инструктивно-метод. изд. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2010. – 60 с.

METHOD AND DEPTH CONTROL SYSTEM WORKING BODIES IN THE SOIL

Kireev Ivan,
Doctor of technical Sciences, head of laboratory, leading researcher,
e-mail: zinakoval@mail.ru
Koval' Zinaida,
Candidate of technical Sciences, chief scientific officer, e-mail: zinakoval@mail.ru
Novokubansk branch FGBNU "Rosinformagrotekh", Novokubansk,

Abstract. *Measuring tool for determining the depth of tillage based on the use of a contactless distance meter, which allows you to determine the required number of measurements at the reference site in relation to the type of soil tillage tool being tested and to obtain reliable information about the quality of its work, being developed. The method of controlling the depth of tillage with a laser distance meter installed on the frame of the tillage machine was used. The scheme of the control system of the soil tillage when testing soil-cultivating machines, including a laser rangefinder "Leica DISTO D8", a set of mirrors, electromagnetic relays, a microprocessor-based electronic voltage distributor and a Noutbook was proposed. Measurements of the amount of penetration into the soil of the soil-cultivating working bodies are carried out in accordance with the characteristics of the machines evenly at the adopted accounting width. Comparative studies at the same points of the field using a ruler and a laser meter showed the same average depth of tillage. The correlation coefficient is equal to 0.816, which indicates a satisfactory convergence of these indicators. The proposed system for controlling the depth of processing when testing soil-cultivating machines and tools ensures the elimination of systematic errors inherent in the manual method of measurement, leads to a reduction in the cost of manual labor and the elimination of the influence of the human factor; combining the time of obtaining measurement information and its mathematical processing, increasing the accuracy of the obtained results of measuring distances with a laser with an error of ± 1.5 mm.*

Keywords: *depth, working soil, the system of the control*

References

1. Lurie A.B. Statistical dynamics of agricultural aggregates / A.B. Lurie. - M., 1981, -384 p.

2. GOST 33687-2015. Machines and tools for surface treatment of soil. Test methods. – Introduction. 01.07.2017. –M: International Standard: «Standartinform». 2016. – 42 p. ill.

3. GOST 33677 – 2015. Machines and instruments for inter-row and row tillage. Test methods. – Introduction. 01.07.2017. –M: International Standard: «Standartinform». 20016. – 43 p. ill.

4. GOST 33736–2016. Agricultural machinery. Machines for deep tillage. Test methods. – Introduction. 01.01.2018. –M: International Standard: «Standartinform». 2017. – 35 p. ill.

5. Pat. for the useful model 111630, MPK G 01 B 13/00 The system for monitoring the depth of soil cultivation for testing of soil-cultivating machines and tools. / Kireev I.M., Koval' Z.M., Nazarov A.N., Skorlyakov V.I.; the applicant and the patent holder of the FGBNU "Rosinformagrotekh". - No. 2011119362; claimed. 05/13/2011; publ. 20.12.2011, Bul. № 35. - 3 p .: ill.

6. Trofimova T. I. Course of physics: textbooks and manuals for University students / T. I. Trofimova. ed.- M.: Higher. SHK., 2002. - 542 p.

7. Kireev I.M., Fedorenko V.F., Buklagin D.S., Erokhin M.N., Tabashnikov A.T. Technical and technological requirements for advanced agricultural machinery / V.F. Fedorenko, D.S. Buklagin, M.N. Erokhin, A.T. Tabashnikov, I.M. Kireev and [others]: scientific. edition. - Moscow: FGBNU "Rosinformagrotekh", 2011. - 248 p.

8. Temnikov V. N., Nilov N. A, Novikov V. S. Main directions of development of machine-technological stations: instructive method. ed. – Moscow: FGNU "Rosinformagrotekh", 2010. - 60 p.

УДК 631.303

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЗЕРНОВОГО СЕГМЕНТА В ОВСЮЖНОМ ТРИЕРНОМ ЦИЛИНДРЕ

Тишанинов Николай Петрович,
доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник
Анашкин Александр Витальевич,
кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник,
e-mail: av-anashkin@mail.ru
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», г. Тамбов

Реферат. *Известно, что качество триерной очистки зерна во многом зависит от параметров слоя зерносмеси внутри ячеистого цилиндра. Наличие свободной ячеистой поверхности в овсюжном триере приводит к снижению эффективности очистки по показателю остаточного содержания длинных примесей. Для установления взаимосвязей качества процесса триерной очистки с параметрами зернового слоя необходимо знать угол охвата сегмента, его высоту и число циркулирующих слоев в любой момент протекания процесса. Разработан специальный стенд для исследования параметров циркулирующего зернового сегмента во взаимосвязи со скоростными режимами работы триера и величиной его загрузки. Установлены необходимые условия для формирования полноценного циркулирующего сегмента внутри овсюжного цилиндра при разных скоростных режимах. Для овсюжного цилиндра диаметром D = 600 мм, длиной L = 0,35 м при скорости вращения цилиндра n = 30-35 об/мин минимальная масса зерна в цилиндре должна составлять* m_{min} *= 250 г, что соответствует удельной загрузке ячеистой поверхности 0,71 кг/м; при скорости вращения n = 40-45 об/мин −* m_{min} *= 300 г или 0,86 кг/м. Установлены значения угла охвата зернового сегмента в динамике и после отключения привода, число слоев в сегменте и его высота при массе навески зерносмеси в цилиндре стенда* $m_н$ *= 0,6-7,7 кг, и скорости вращения цилиндра n = 30-45 об/мин. Установлены эмпирические закономерности изменения угловых размеров циркулирующего зернового сегмента от количества зерносмеси в цилиндре для разных скоростных режимов. Обозначены новые возможности в исследовании процессов разделения компонентов зерносмесей ячеистыми поверхностями.*

Ключевые слова: *овсюжный триер, зерносмесь, параметры, угол охвата зернового сегмента.*

Введение. Высота слоя зерносмеси внутри цилиндра оказывает существенное влияние на качество технологического процесса триерной очистки зерна. В кукольном цилиндре от высоты слоя зависит вероятность контакта частиц короткой примеси с ячеистой поверхностью и их остаточное содержание в очищенном зерне [1-5]. В овсюжном триерном цилиндре по мере продвижения зерносмеси от загрузочной горловины вдоль цилиндра высота слоя непрерывно уменьшается в связи с захватом ячеистой поверхностью частиц основной культуры и последующим их выносом в выводной лоток [6-8]. При этом, если в конце цилиндра остается некоторый слой зерносмеси, то неизбежны потери полноценного зерна в отходы. В случае образования некоторой длины свободной ячеистой поверхности будет наблюдаться снижение качества процесса по показателю остаточного содержания длинных примесей. Кроме того, параметры сегмента необходимо знать при оценке качественных показателей в любой момент времени в ходе экспериментальных исследований процесса очистки пшеницы от овсюга. Для расчета значений числа слоев $n_{слi}$ в циркулирующем сегменте и его высоты h_{ci} на основе ранее установленных зависимостей [9] для каждого интервала времени замеров необходимы значения угла охвата γ_{ox}, для чего необходимо установить закономерности $\gamma_{ox} = f(m)$. В научной литературе данные о значениях угловых параметров циркулирующего сегмента на любом участке триерного цилиндра в процессе его работы отсутствуют, поэтому необходимы исследования, направленные на установление закономерностей изменения параметров циркулирующего сегмента от величины загрузки зерносмеси и скоростного режима работы триера.

Материалы и методы. Для экспериментальных исследований взаимосвязей параметров циркулирующего сегмента с режимами работы триера нами разработан и изготовлен специальный стенд, рисунок 1.

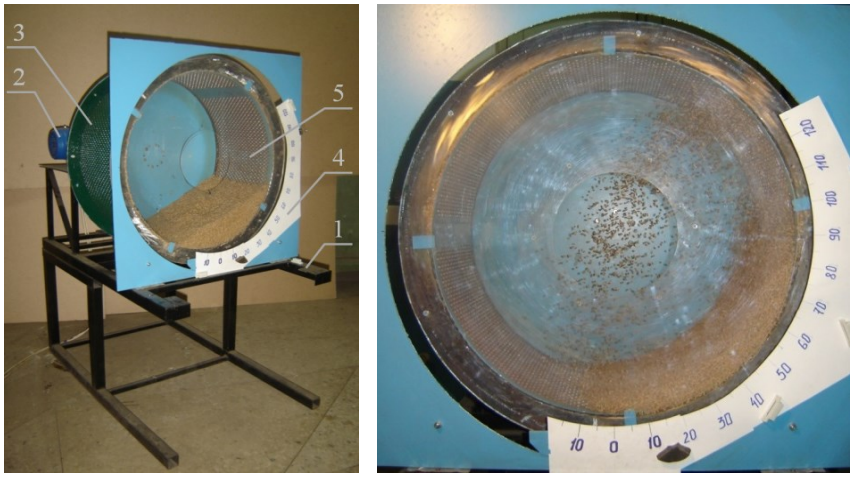


Рисунок 1 – Общий вид стенда для исследований параметров сегмента зерносмеси

Стенд содержит раму 1, электропривод 2 с возможностью регулировки скорости вращения, ячеистый цилиндр 3, шкалу 4, позволяющую контролировать угловое положение верхней и нижней границ зернового сегмента относительно вертикали, прозрачную стенку 5, выполненную из оргстекла с круглым окном в центре для загрузки зерна. Между ячеистым цилиндром и прозрачной стенкой установлена цилиндрическая обечайка с четырьмя фиксаторами для исключения пристенного эффекта.

Опыт по определению параметров сегмента проводили в следующей последовательности. В ячеистый цилиндр стенда через окно в центре передней прозрачной стенки засыпали навеску сыпучего материала. Включали привод. С помощью частотного преобразователя устанавливали необходимую скорость вращения ячеистого цилиндра. Визуально по шкале определяли положение верхней и нижней кромок сегмента, результаты заносили в форму регистрации. Выключали привод. Далее определяли угол охвата сегмента, изменяли режимные параметры стенда и опыт повторяли в той же последовательности.

При малых значениях массы навесок зерносмеси (50 – 600 г), для повышения точности, определение величины углов охвата производили с помощью фотосъемки, рисунок 2.

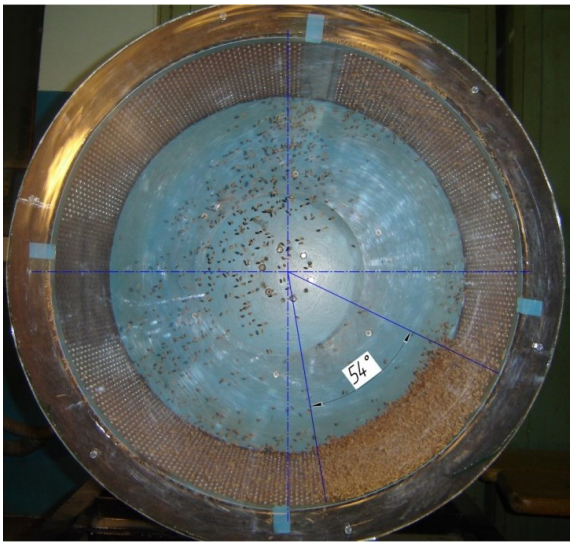


Рисунок 2 – Определение угла $\gamma_{ох}$ охвата сегмента при $m_н$ = 400 г; n = 40 об/мин

Фотокамера располагалась таким образом, чтобы на изображении окружности сопряжения ячеистого цилиндра с передней прозрачной стенкой и задней металлической стенкой были концентричны. При помощи компьютера на изображение накладывались осевые линии и линии, обозначающие границы сегмента зерносмеси. После этого определялось значение угла охвата γ_{ox} сегмента зерносмеси в ячеистом цилиндре.

Результаты и обсуждение. Для анализа качественных показателей процесса очистки пшеницы от овсюга ячеистой поверхностью во взаимосвязи с количеством зерносмеси в цилиндре необходимо определить минимальное количество зерносмеси в цилиндре, достаточное для формирования полноценного сегмента (для каждого исследуемого скоростного режима). Это позволяет утверждать о стабильности процесса выделения частиц основной культуры из зерносмеси при наличии в цилиндре массы, превышающей минимально необходимую.

Для определения минимальной массы зерносмеси в цилиндре, необходимой для формирования циркулирующего сегмента была проведена серия опытов.

В ячеистый цилиндр стенда помещена навеска зерна массой 50 г, включен привод, установлена скорость вращения 30 об/мин. Визуально установлено, что при этих условиях сегмент не формируется, зерновки хаотично двигаются в правой нижней четверти ячеистого цилиндра (по ходу вращения), захват зерновок ячеями незначительный.

Далее увеличивалась скорость вращения ячеистого цилиндра до 45 об/мин с интервалом 5 об/мин, и увеличивалась масса навески с интервалом 50 г. В каждом опыте визуально оценивалось наличие сформированного циркулирующего сегмента зерносмеси. При наличии сегмента проводилась фотосъемка, определялся угол охвата γ_{ox}. Полученные результаты представлены в таблице 1.

Установлено, что при скорости вращения ячеистого цилиндра n = 30 – 35 об/мин полноценный сегмент начинает формироваться уже при наличии в цилиндре 250 г зерна, что соответствует удельной загрузке 0,71 кг на 1 м длины ячеистой поверхности.

Таблица 1 – Определение начала (по минимальной массе навески) формирования зернового сегмента

Скорость вращения цилиндра n, об/мин	Наличие зернового сегмента при $m_н$(г) / γ_{ox}, град									
	50	100	150	200	250	300	350	400	500	600
30	–	–	–	–	+/43	+/46	+/43	+/48	+/57	+/61
35	–	–	–	–	+/42	+/47	+/44	+/51	+/50	+/56
40	–	–	–	–	–	+/45	+/53	+/54	+/54	+/62
45	–	–	–	–	–	+/56	+/58	+/52	+/61	+/63

При увеличении скорости вращения до 40-45 об/мин для формирования зернового сегмента необходимо наличие в цилиндре не менее 300 г (0,86 кг/м) зерносмеси. При невыполнении указанных условий движение частиц имеет хаотичный характер с непредсказуемой вероятностью захвата их ячеями, что делает бессмысленным анализ соответствующих интервалов с точки зрения определения числа слоев в сегменте и его толщины. Масса навески интервально увеличивалась до 7,7 кг, скорость вращения цилиндра от 30 до 45 об/мин. При работе стенда по шкале фиксировались значения отклонений левой и правой границ сегмента от вертикали по которым определялся угол охвата сегмента в динамике. После этого отключался электропривод стенда, определялись угловые параметры сегмента в покое, рассчитывались значения числа слоев и высота сегмента. Полученные результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Параметры зернового сегмента при изменении скоростного режима работы и величины загрузки

№ п/п	Масса навески $m_н$, кг	Скорость вращения цилиндра n, об/мин	Отклонение границ сегмента от вертикали, град		Угол охвата в динамике $\gamma_{ох}$, град	Число слоев в сегменте $n_{сл}$, шт.	Высота сегмента $h_с$, мм	Отклонение границ сегмента от вертикали, град		Угол охвата в покое, $\gamma_{ох.п}$ град
			Лев*	Прав				Лев*	Прав	
1	0,6	30	+5	70	65	1,67	5,3	0	48	48
2	0,6	35	+10	73	63	1,72	5,5	+7	45	38
3	0,6	40	+10	75	65	1,67	5,3	+7	48	41
4	0,6	45	+10	77	67	1,62	5,2	+7	47	40
5	0,7	30	+5	72	67	1,88	6,1	+6	48	42
6	0,7	35	+7	75	68	1,86	6,0	+5	52	47
7	0,7	40	+10	78	68	1,86	6,0	+5	48	43
8	0,7	45	+8	80	72	1,75	5,6	+7	50	43
9	2,1	30	-5	80	85	4,46	14,3	0	57	57
10	2,1	35	0	85	85	4,46	14,3	0	57	57
11	2,1	40	0	88	88	4,31	13,8	0	58	58
12	2,1	45	0	90	90	4,21	13,5	0	59	59
13	3,5	30	-10	85	95	6,65	21,3	-5	62	67
14	3,5	35	-7	90	97	6,51	20,9	-7	62	69
15	3,5	40	-5	95	100	6,31	20,3	-7	63	70
16	3,5	45	-7	98	105	6,01	19,3	-6	64	70
17	4,9	30	-14	90	104	8,50	27,3	-12	64	76
18	4,9	35	-13	95	108	8,18	26,3	-13	65	78
19	4,9	40	-10	100	110	8,04	25,8	-12	66	78
20	4,9	45	-10	105	115	7,69	24,7	-11	67	78
21	6,3	30	-15	92	107	10,62	34,1	-15	68	83
22	6,3	35	-15	98	113	10,06	32,3	-16	70	86
23	6,3	40	-13	102	115	9,88	31,7	-15	70	85
24	6,3	45	-14	110	124	9,17	29,4	-17	70	87
25	7,7	30	-20	96	116	11,97	38,4	-20	72	92
26	7,7	35	-21	100	121	11,48	36,9	-21	71	92
27	7,7	40	-20	108	128	10,85	34,8	-21	72	93
28	7,7	45	-18	115	133	10,44	33,5	-21	74	95

*положительные значения соответствуют отклонению левой границы от вертикали в сторону вращения ячеистого цилиндра; отрицательные - в противоположную.

На рисунке 3 представлен характер изменения угла охвата циркулирующего сегмента от массы зерносмеси в цилиндре $m_{ост}$ (с учетом данных таблицы 1).

Путем аппроксимации полученных значений угла охвата $\gamma_{ох}$ в динамике для соответствующих скоростей вращения ячеистого цилиндра установлены выражения для определения $\gamma_{ох}$ в любом интервале протекания процесса.

Для n= 30 об/мин функция имеет вид:

$$\gamma_{ох}=20,949\ln(m_{ост})+70,646. \quad (1)$$

Для n= 35 об/мин: $$\gamma_{ох}=22,625\ln(m_{ост})+71,541. \quad (2)$$

Для n= 40 об/мин: $$\gamma_{ох}=23,152\ln(m_{ост})+74,244. \quad (3)$$

Для n= 45 об/мин: $$\gamma_{ох}=23,49\ln(m_{ост})+78,978. \quad (4)$$

Величина достоверности аппроксимации в этих случаях составляет $R^2=0,9808 – 0,9874$.

Уточненные формулы для определения числа слоев в сегменте и высоты зернового сегмента применительно к параметрам используемого исследовательского стенда имеют вид:

$$n_{сл} = 180,4\ m_н/\ \gamma_{ох} \quad (5)$$

$$h_{сл} = 0,00321\ n_{сл} \quad (6)$$

Подставляя в выражения (5) и (6) значения угла охвата γ_{ox}, определенные по соответствующим условиям процесса зависимостям (1) – (4), определяем параметры зернового сегмента на любой момент протекания процесса.

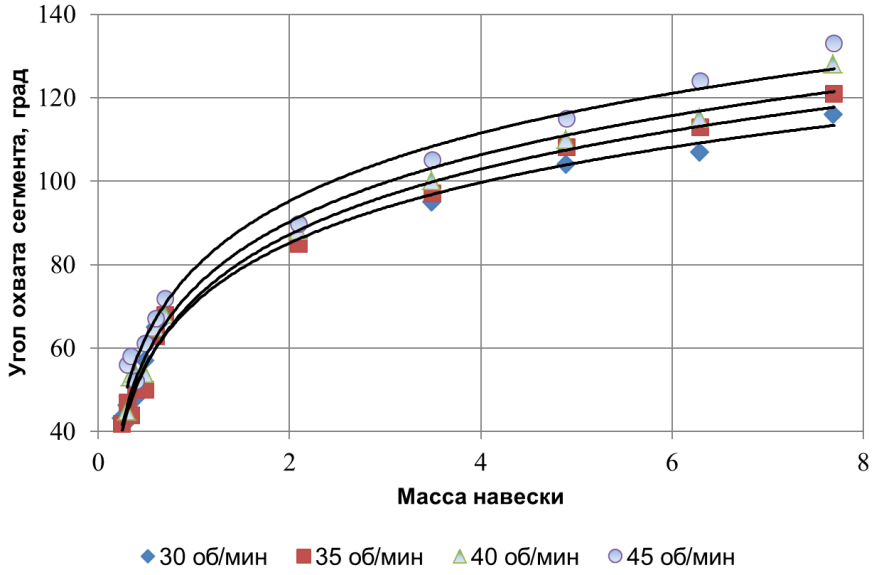


Рисунок 3 – Влияние массы зерносмеси в цилиндре на угловой размер сегмента

Заключение. Полученные с помощью нового стендового оборудования зависимости изменения величины угла охвата зернового сегмента внутри триерного цилиндра от массы зерна предоставляет возможность расчета значений высоты циркулирующего сегмента и числа слоев в нем для любого интервала времени замеров в экспериментальных исследованиях процесса триерной очистки зерна от длинных примесей, что эквивалентно возможности определения параметров сегмента на любом участке длины ячеистой поверхности стандартного триера в условиях эксплуатации. С другой стороны при интервальной оценке качества процесса можно для любого момента его протекания установить величину остаточной засоренности зерносмеси, характеризующую качество очистки от длинных примесей, и степень выделения основной культуры, характеризующую предполагаемые потери полноценного зерна в отходы, что переводит анализ взаимосвязей качественных показателей процесса с количеством зерна в цилиндре на новый качественный уровень и открывает новые возможности для обоснования оптимальной загрузки овсюжного триера с учетом скоростных режимов работы на основе компромисса качества очистки зерна и предполагаемых его потерь в отходы.

Список литературы

1. Урханов, Н.А. Интенсификация технологического процесса очистки зерна от примесей по их длине: дис. … доктора техн. наук: 05.20.01. – Улан-Удэ, 1998. – 472 с.

2. Ивлиева, Н.М. Исследование влияния нагрузки цилиндра и угла его наклона к горизонту на производительность и качество работы цилиндрического триера: дис. … канд. техн. наук: 05.20.01. – Челябинск, 1952.

3. Тишанинов, Н.П. Теоретический анализ динамики выделения коротких примесей из зерносмесей ячеистой поверхностью / Н.П. Тишанинов, А.В. Анашкин // Наука в центральной России. − 2015. − № 1 (13). − С. 46-58.

4. Тишанинов, Н.П. Результаты поисковых исследований прибора для разделения зерносмесей / Н.П. Тишанинов, А.В. Анашкин // Наука в центральной России. − 2016. − № 5 (23). − С. 37-44.

5. Тишанинов, Н.П. Закономерности выделения семян льна и гречишки вьюнковой из зерносмеси / Н.П. Тишанинов, А.В. Анашкин // Наука в центральной России. − 2017. − № 5 (29). − С. 5-12.

6. Анашкин, А.В. Влияние величины подачи зерна на работу овсюжного триера / А.В. Анашкин // Наука в центральной России. − 2016. − № 1 (19). − С. 23-28.

7. Летошнев, М.Н. Сельскохозяйственные машины, теория, расчет, проектирование и испытание. – М.: Л.: Сельхозгиз, 1955. – 856 с.

8. Тишанинов, Н.П., Оценка взаимосвязи степени заполнения ячей триерного цилиндра с режимами работы и настроечными параметрами / Н.П. Тишанинов, А.В Анашкин // Наука в центральной России. − 2018. − № 4 (34). − С. 24-33.

9. Тишанинов, Н.П. Динамические параметры сегмента зерносмеси в триерных цилиндрах // Н.П. Тишанинов, А.В. Анашкин / Наука в центральной России. − 2018. − № 2 (32). − С. 20-27.

RESEARCH OF PARAMETERS OF THE GRAIN SEGMENT IN OVSJUZHNOM TRIERNOM CYLINDER

Tishaninov Nikolai,
Full Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Researcher
Anashkin Alexander,
Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher, e-mail: av-anashkin@mail.ru
Federal State Budgetary Scientific Institution «All-Russian Scientific Research Institute of Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture», Tambov

Abstract. *It is known that the quality of grain trimer cleaning largely depends on the parameters of the grain mixture layer inside a cellular cylinder. The presence of a free cellular surface in an ox grain cellular cylinder leads to a decrease in the cleaning efficiency in terms of the residual content of long impurities. To establish the relationship between the quality of the trimeric cleaning process and the parameters of the grain layer, it is necessary to know the angle of coverage of the segment, its height and the number of circulating layers at any time during the process. A special stand for the study of parameters of the circulating grain segment in conjunction with the high-speed modes of operation of the Trier and the size of its load has been developed. The necessary conditions for the formation of a full-fledged circulating segment inside an cellular cylinder for cleaning of long impurities at different speed conditions are established. For an oily cylinder with a diameter of D = 600 mm, a length of L = 0.35 m at a cylinder rotational speed of n = 30-35 rp/m, the minimum grain mass in the cylinder should be* m_{min} *= 250 g, which corresponds to a specific loading of a cellular surface of 0.71 kg / m; at rotational speed n = 40-45 /rpm -* m_{min} *= 300 g or 0.86 kg/m. The values of the angle of coverage of the grain segment in the dynamics and after turning off the drive, the number of layers in the segment and its height with the weight of the suspension in the cylinder of the stand* m_n *= 0.6-7.7 kg, and the speed of rotation of the cylinder. Empirical patterns of change in the angular dimensions of the circulating grain segment as a function of the number of grain mixtures in the cylinder for different speeds are established. New features in the study of the separation of components of grain mixtures with cellular surfaces are indicated.*

Keywords. *cellular cylinder for cleaning of long impurities, grain mixture, parameters, angle of coverage of the grain segment.*

References

1. Urxanov, N.A. Intensifikaciya tehnologicheskogo processa ochistki zerna ot primesej po ih dline: dis. doktora texn. nauk: 05.20.01. – Ulan-Ude', 1998. – 472 s.

2. Ivlieva, N.M. Issledovanie vliyaniya nagruzki cilindra i ugla ego naklona k gorizontu na proizvoditel'nost' i kachestvo raboty' cilindricheskogo triera: dis. … kand. texn. nauk: 05.20.01. – Chelyabinsk, 1952.

3. Tishaninov, N.P. Teoreticheskij analiz dinamiki vy'deleniya korotkih prime-sej iz zernosmesej yacheistoj poverhnost'yu / N.P. Tishaninov, A.V. Anashkin // Nauka v central'noj Rossii. − 2015. − № 1 (13). − S. 46-58.

4. Tishaninov, N.P. Rezul'taty' poiskovy'h issledovanij pribora dlya razdeleniya zernosmesej / N.P. Tishaninov, A.V. Anashkin // Nauka v central'noj Rossii. − 2016. − № 5 (23). − S. 37-44.

5. Tishaninov, N.P. Zakonomernosti vy'deleniya semyan l'na i grechishki v'yunkovoj iz zernosmesi / N.P. Tishaninov, A.V. Anashkin // Nauka v central'noj Rossii. − 2017. − № 5 (29). − S. 5-12.

6. Anashkin, A.V. Vliyanie velichiny' podachi zerna na rabotu ovsyuzhnogo triera / A.V. Anashkin //

Nauka v central'noj Rossii. − 2016. − № 1 (19). − S. 23-28.

7. Letoshnev, M.N. Sel'skohozyajstvenny'e mashiny', teoriya, raschet, proektirovanie i ispy'tanie. – M.: L.: Sel'hozgiz, 1955. – 856 s.

8. Tishaninov, N.P., Ocenka vzaimosvyazi stepeni zapolneniya yachej triernogo ci-lindra s rezhimami raboty' i nastroechny'mi parametrami / N.P. Tishaninov, A.V Anashkin // Nauka v central'noj Rossii. − 2018. − № 4 (34). − S. 24-33.

9. Tishaninov, N.P. Dinamicheskie parametry' segmenta zernosmesi v trierny'x cilindrax // N.P. Tishaninov, A.V. Anashkin / Nauka v central'noj Rossii. − 2018. − № 2 (32). − S. 20-27.

УДК 631.303

ОЦЕНКА УПРАВЛЯЕМОСТИ КАЧЕСТВОМ ТРИЕРНОЙ ОЧИСТКИ ЗЕРНА ПРИ НАСТРОЙКЕ

Тишанинов Николай Петрович,
доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник
Анашкин Александр Витальевич,
кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник
e-mail: av-anashkin@mail.ru
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», г. Тамбов

Реферат. *Известно, что качество триерной очистки зерна существенно зависит от режимных и настроечных параметров триера. Остаточное содержание коротких и длинных примесных компонентов в очищенном зерне и величина его потерь в отходы напрямую связаны с угловым положением верхней кромки передней стенки выводного лотка. Существующих знаний для эффективного управления качеством технологического процесса очистки зерна ячеистыми поверхностями с помощью регулировки положения выводного лотка недостаточно. Исследована воспроизводимость расходных характеристик при выделении зерна основной культуры ячеистой поверхностью овсюжного цилиндра. Расчетные значения коэффициента вариации выделенных масс за равные промежутки времени при разных условиях опыта составили 0,25-1,65%. Установлено, что изменение углового положения верхней кромки передней стенки выводного лотка позволяет управлять интенсивностью процесса выделения зерна основной культуры овсюжным триером. Изменение радиального зазора между верхней кромкой передней стенки выводного лотка и внутренней поверхностью ячеистого цилиндра такой возможности не дает. Установлено, что в качестве управляющего воздействия при автоматизированном управлении процессом триерной очистки зерна с помощью изменения углового положения выгрузного лотка может быть использован совокупный сход зерна и длинной примеси после овсюжного цилиндра. Допустимая величина потерь полноценного зерна в отходы в этом случае может быть определена по разности положительного и отрицательного технологических эффектов, связанных с уменьшением остаточного содержания длинных примесей и неизбежными потерями полноценного зерна.*

Ключевые слова: *триерная очистка зерна, качество, управляемость, автоматизация, параметры, положение выводного лотка.*

Введение. Производители зерноочистительных машин и оборудования в руководствах по эксплуатации триерных блоков отмечают [1-4], что качество работы триерных цилиндров зависит от положения рабочей кромки выводного лотка. Рассматриваются отрицательные эффекты при высокой и низкой установке верхней кромки передней стенки выводного лотка в овсюжном и кукольном триерных цилиндрах.

Оптимальную загрузку триерного блока рекомендуется определять по выходу длинных примесей из овсюжного цилиндра. Подачу зерна необходимо увеличивать до появления зерна основной культуры в отходах, затем уменьшить ее до исключения попадания зерна в отходы. Никаких рекомендаций по скоростным режимам работы и настроечным параметрам, определяющим качество очистки зерна от коротких и длинных примесей, для различных культур и исходной засоренности не приводится. В таких условиях эффективное использование триерного

блока невозможно. В связи с этим необходимы исследования, направленные на установление новых возможностей управления процессом триерной очистки зерна на основе взаимосвязей качественных показателей и эксплуатационных параметров.

Материалы и методы. Исследования управляемости качеством процесса триерной очистки от длинных примесей проводили с помощью разработанного стенда [5-8] для исследований ячеистых поверхностей.

Диаметр ячеистого цилиндра стенда составляет 600 мм, его длина – 500 мм. Захваченные ячеями частицы основной культуры направляются в выводной лоток, откуда непрерывным потоком выгружается в сменные емкости. Скорость вращения (n) ячеистого цилиндра варьировалась в диапазоне 30-45 об/мин с помощью частотного преобразователя TOSHIBA VF–S11. Угол (γ_n) подъема верхней кромки передней стенки выгрузного лотка относительно горизонта изменялся от 30ºдо 40º; величина радиального зазора ($З_p$) между верхней кромкой передней стенки лотка и внутренней поверхностью ячеистого цилиндра изменялась в пределах 10-28 мм. Величину загрузки ($m_н$) стендового ячеистого цилиндра изменяли на двух уровнях – 7 и 9 кг.

Результаты и обсуждения. Оценку управляемости качеством процесса выделения зерновок основной культуры проводили по воспроизводимости расходных характеристик (W) с расчетом коэффициента вариации выделенных масс за равные промежутки времени при каждом сочетании условий опытов. Результаты при загрузке стенда $m_н$ = 7 кг представлены на рисунке 1.

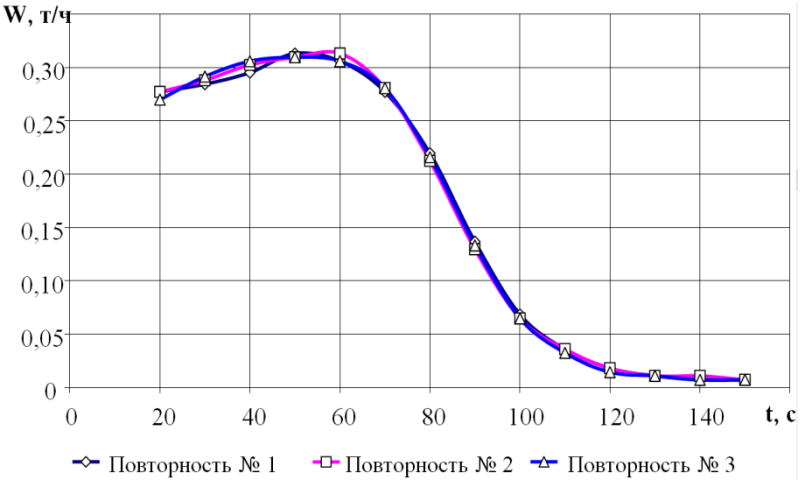


Рисунок 1 − Воспроизводимость расходных характеристик
при $m_н$ = 7 кг; n = 30 об/мин; γ_n = 40º; $З_p$ = 28 мм

Из рисунка 1 видно, что уровень воспроизводимости расходных характеристик очень высокий. Расчетное значение коэффициента вариации выделенных масс составляет 0,25%, что в 23,2 раза ниже (показатель с желательным снижением) результата, полученного профессором Лурье А.Б. [9, с. 353]. Причем производительность по чистому зерну в его опытах составляла 0,609 т/ч, а в наших величина эквивалентной производительности – 1,015 т/ч. Кроме того, в опытах профессора Лурье А.Б. использовался стандартный триерный блок с $З_p$= 20 мм, а в наших опытах величина радиального зазора ($З_p$) между верхней кромкой передней стенки отводного лотка и ячеистой поверхностью составляла 28 мм. Это менее благоприятные условия, так как нижняя часть отбираемого факела выброшенных частиц наименее стабильна.

Увеличение скоростного режима до n = 45 об/мин и γ_n до 40º при $m_н$ = 9кг повысило коэффициент вариации до v = 1,65%. Наиболее нестабильным участком расходных характеристик является начальный – 0-20 с. Для этого режима работы угол γ_n = 40º является избыточным. Снижение γ_n до 35º позволило повысить стабильность расходных характеристик до v = 0,29%. При этом эквивалентная производительность стандартного ячеистого цилиндра составила 2,538 т/ч.

Таким образом, изменение углового положения верхней кромки передней стенки выгрузного лотка позволяет управлять процессом в широком диапазоне расходных характеристик триера и высокой стабильностью выделенных масс.

Изменение величины радиального зазора между рабочей кромкой выводного лотка и ячеистой поверхностью $З_р$ не обеспечивает необходимую вариативность расходных характеристик для сбалансирования качества процесса триерной очистки зерносмеси от длинных и коротких примесей, рисунок 2.

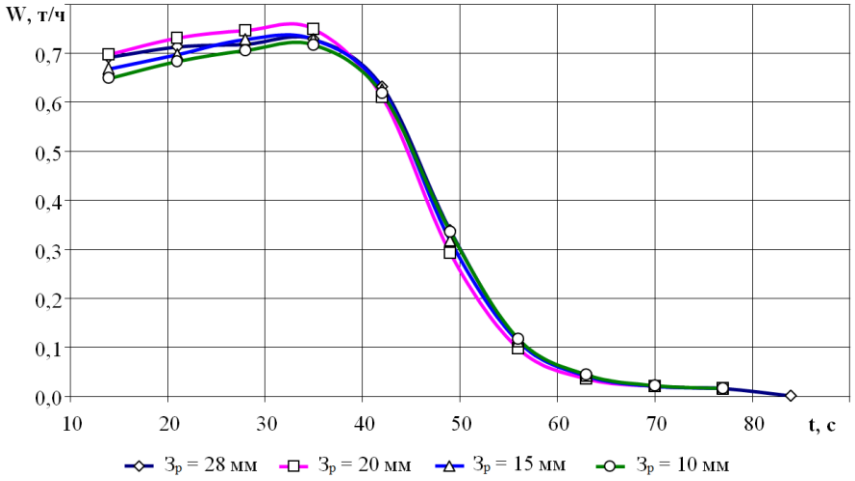


Рисунок 2 − Влияние величины $З_р$ на W при $m_н$ = 9 кг; n = 35 об/мин; γ_n = 35º

Из рисунка 2 видно, что с увеличением величины $З_р$ от 10 до 28 мм при идентичных режимах работы и γ_n = 35º расходные характеристики изменяются несущественно − в пределах 7-7,5% на начальных участках. Снижение $З_р$ до 10 мм повышает стабильность расходных характеристик до v = 0,07%.

Полученные результаты исследований являются важной базой знаний для совершенствования зерноочистительных технологий. Они свидетельствуют о сложности управления технологическим процессом подработки зерна и больших технологических потерях в реальных условиях производства без решения задач управления на основе новых научных знаний.

В мировой практике используется широкий спектр триерных блоков и приставок, отличающихся многообразием компоновочных решений, режимов работы, конструктивных исполнений и размерных параметров. Они расширяют технологические возможности, но база знаний для обоснованного выбора технологий потребителем и эффективного управления в эксплуатации отсутствует. В паспортах и инструкциях по эксплуатации триерных блоков, которые являются составной частью конструкторской документации, нет рекомендаций по выбору режимов работы и настроечных параметров во взаимосвязи со свойствами рабочей среды, загрузкой оборудования и качеством технологического процесса.

При отсутствии заводских регламентов потребитель не может эффективно эксплуатировать технологии. В результате потребитель выводит из эксплуатации триерные блоки.

Нами восполнены недостатки в базе знаний, необходимых для эффективной эксплуатации технологий триерной очистки зерносмесей. Созданная база знаний и разработок позволяет ставить и успешно решать задачи автоматизированного управления процессом триерной очистки зерна.

Частный случай работы ячеистого цилиндра при γ_n = 30º, n = 45 об/мин и подаче в диапазоне 2,64 - 4,98 т/ч позволил установить, что при выделении 97% начальной массы зерновок из зерносмеси используется 52,2 - 68,2% ячеистой поверхности стандартного цилиндра. На остальной длине вероятность захвата зерновок ячеями составляет < 0,7%. Это критическая зона ячеистой поверхности, где неизбежен захват и вынос длинных примесей в чистое зерно.

Следовательно, существенные потери зерна сходом необходимы для сбалансирования качества работы овсюжного триера по прямым потерям зерна и остаточной засоренности очищенного зерна длинными примесями. Совокупный сход зерна и примесей возможно использовать в качестве управляющего воздействия на информационную систему при решении задачи автоматизированного управления процессом триерной очистки зерна корректировкой угловым положением выгрузного лотка.

При оценке этой возможности сход длинных примесей и зерновок основной культуры можно считать эквивалентом некоторого динамического воздействия на информационную систему:

для нижнего позиционного срабатывания – $W_{cx_{\min}}$ (1 + d);

для верхнего позиционного срабатывания - $W_{cx_{\max}}$ (1 + d);

где d – долевое содержание длинных примесей в зерносмеси.

Разница ($W_{cx_{\max}} - W_{cx_{\min}}$) должна быть достаточной для преодоления инерционности регулируемой системы и исполнительного механизма. В то же время эта разница определяет дополнительный отрицательный технологический эффект:

$$\Delta Э_{T(-)} = (W_{cx_{\max}} - W_{cx_{\min}})\, Ц_{зс}, \text{ руб/ч}, \quad (1)$$

где $Ц_{зс}$– цена реализации очищенного зерна (семян) руб/т.

Увеличение W_{cx} с целью обеспечения работоспособности системы автоматизированного управления процессом триерной очистки зерна сопровождается получением и положительного эффекта ($\Delta Э_{T(+)}$), который связан со снижением остаточной засоренности ($\Delta З_o$) очищенного зерна. При увеличении W_{cx} вероятность захвата зерновок основной культуры ячеями увеличивается, а длинных примесей – уменьшается. Поэтому:

$$\Delta З_o = f_1(W_{cx_{\max}} - W_{cx_{\min}}). \quad (2)$$

Функция (2) является предметом исследований качества триерной очистки зерносмесей. Она определяет величину ценовой надбавки:

$$\Delta Ц_{зс} = f_2(\Delta З_o) = f_2\,(W_{cx_{\max}} - W_{cx_{\min}}). \quad (3)$$

Тогда положительный технологический эффект определяется с учетом выделенного зерна $W_в$ по формуле:

$$\Delta Э_{T(+)} = W_в\, \Delta Ц_{зс}. \quad (4)$$

Решение о допустимых потерях зерна сходом, обеспечивающих работоспособность системы автоматизированного управления процессом триерной очистки зерна и технологический выигрыш, принимается из условия:

$$\Delta Э_{T(+)} - \Delta Э_{T(-)} > 0. \quad (5)$$

Для ручной настройки триерных блоков по критериям качества технологического процесса необходимо обеспечить доступность визуального (при необходимости приборного) контроля схода продуктов.

Заключение. Результаты проведенных исследований взаимосвязей расходных характеристик овсюжного триера с его настроечными параметрами позволили установить возможность автоматического управления качеством процесса триерной очистки зерна от длинных примесей путем непрерывного регулирования углового положения выводного лотка. Исключение свободной ячеистой поверхности при работе овсюжного триера обеспечивает высокое качество триерной очистки по показателю остаточного содержания длинных примесей. Управляющее воздействие на исполнительный механизм автоматизированного регулирования положения выводного лотка может оказывать сход длинных примесей и зерна основной культуры, допустимая величина которого может быть обоснована разностью положительного и отрицательного технологических эффектов.

Список литературы

1. Сепараторы триерные серии СТ. Руководство по эксплуатации Воронежсельмаш. [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://vselmash.ru/newsite/zo/stacionarnie2 /Seporatory+ST/

2. Приставка триерная ПТ-600. Руководство по эксплуатации. Воронежсельмаш. [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://vselmash.ru/images/content/pt600.pdf

3. Блок триерный БТМ-800-8Б. Описание. Руководство по эксплуатации. Техника-Сервис. [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://www.tese.ru/manual/btm_manual.pdf

4. Триерный блок АЗТБ 07.800. Паспорт. Руководство по эксплуатации. Агрострой. [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://agrosplus.ru /images/catalog/vtorichnaja/atb07/titul_nyj_list_triernyj_blok_aztb_07_800_pasport.pdf

5. Пат. 2616201 Российская Федерация, МПК B 07 B 13/02. Стенд для испытаний ячеистых поверхностей / Н.П. Тишанинов, А.В. Анашкин; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве (ФГБНУ ВНИИТиН). – № 2016108182; заявл. 09.03.2016; опубл. 13.04.2017, Бюл. № 11.

6. Пат. 2647526 Российская Федерация, МПК B 07 B 13/02, A 01 F 12/44. Прибор для выделения примесей из зерносмесей / Тишанинов Н.П., Анашкин А.В.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве (ФГБНУ ВНИИТиН). – № 2017114302; заявл. 24.04.2017; опубл. 16.03.2018, Бюл. № 8.

7. Тишанинов Н.П., Анашкин А.В., Альшинайиин Х.Д.Д. Обоснование параметров стенда циклического действия для исследований ячеистых поверхностей // Наука в центральной России. − 2016. − № 4 (22). − С. 90-98.

8. Тишанинов Н.П., Анашкин А.В. Стенд для выделения длинных примесей из зерносмесей // Наука в центральной России. − 2018. − № 4 (34). − С. 12-24.

9. Лурье А.Б., Громбчевский А.А. Расчет и конструирование сельскохозяйственных машин. – Л., «Машиностроение». − 1977. – 528 с.

TRIPLE QUALITY CONTROLLABILITY ASSESSMENT CLEANING OF GRAIN WHEN CONFIGURING

Tishaninov Nikolai,
Full Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Researcher
Anashkin Alexander,
Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher, e-mail: av-anashkin@mail.ru

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

Abstract. *It is known that the quality of cleaning grain from long impurities significantly depends on the mode and tuning parameters of the Trier. The residual content of short and long impurity components in the cleaned grain and the amount of grain loss to waste are directly related to the angular position of the upper edge of the front wall of the exit tray. Existing knowledge to effectively manage the quality of the technological process of cleaning grain with cellular surfaces by adjusting the position of the output tray is not enough. The reproducibility of the expenditure characteristics in the selection of grain of the main culture by the cellular surface of the cylinder of a research stand was investigated. The calculated values of the coefficient of variation of the selected masses for equal periods of time under different conditions of experience amounted to 0.25-1.65%. It is established that the change in the angular position of the output tray allows you to control the intensity of the process of extracting the grain of the main culture with a cellular surface. The change of the radial gap between the upper edge of the front wall of the output tray and the inner surface of the cellular cylinder does not provide such an opportunity. It has been established that as a control action with automated control of the process of cleaning the grain by changing the angular position of the discharge chute, grain flow and a long impurity after the cylinder can be used. The permissible loss of valuable grain to waste in this case can be determined by the difference between positive and negative technological effects associated with a decrease in the residual content of long impurities and the inevitable loss of full grain.*

Keywords: *grain cleaning, quality, controllability, automation, parameters, position of the exit tray.*

References

1. Separatory triernyeserii ST. Rukovodstvo po ehkspluatacii Voronezhsel'mash. [EHlektronnyj resurs] / Rezhim dostupa: http://vselmash.ru/newsite/zo/stacionarnie2/Seporatory+ST/

2. Pristavka triernaya PT-600. Rukovodstvopoehkspluatacii. Voronezhsel'mash. [EHlektronnyj resurs] / Rezhim dostupa: http://vselmash.ru/images/content/pt600.pdf

3. Blok triernyj BTM-800-8B. Opisanie. Rukovodstvo po ehkspluatacii. Tekhnika-Servis. [EHlektronnyj resurs] / Rezhim dostupa: http://www.tese.ru/manual/btm_manual.pdf

4. Triernyj blok AZTB 07.800. Pasport. Rukovodstvo po ehkspluatacii. Agrostroj. [EHlektronnyj resurs] / Rezhim dostupa: http: // agrosplus.ru/images/catalog/vtorichnaja/atb07/titul_nyj_list_triernyj_blok_aztb_07_800_pasport.pdf.

5. Pat. 2616201 Rossijskaya Federaciya, MPK V 07 V 13/02. Stend dlya ispytanij yacheistyh poverhnostej / N.P. Tishaninov, A.V. Anashkin; zayavitel' i patentoobladatel' Federal'noe gosudarstvennoe byudzhetnoe nauchnoe uchrezhdenie Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij institut ispol'zovaniya tekhniki i nefteproduktov v sel'skom hozyajstve (FGBNU VNIITiN). – № 2016108182; zayavl. 09.03.2016; opubl. 13.04.2017, Byul. № 11.

6. Pat. 2647526 Rossijskaya Federaciya, MPK V 07 V 13/02, A 01 F 12/44. Pribor dlya vydeleniya primesej iz zernosmesej / Tishaninov N.P., Anashkin A.V.; zayavitel' i patentoobladatel' Federal'noe gosudarstvennoe byudzhetnoe nauchnoe uchrezhdenie Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij institut ispol'zovaniya tekhniki i nefteproduktov v sel'skom hozyajstve (FGBNU VNIITiN). – № 2017114302; zayavl. 24.04.2017; opubl. 16.03.2018, Byul. № 8.

7. Tishaninov N.P., Anashkin A.V., Al'shinajiin H.D.D. Obosnovanie parametrov stenda ciklicheskogo dejstviya dlya issledovanij yacheistyh poverhnostej // Nauka v central'noj Rossii. − 2016. − № 4 (22). − S. 90-98.

8. Tishaninov N.P., Anashkin A.V. Stend dlya vydeleniya dlinnyh primesej iz zernosmesej // Nauka v central'noj Rossii. − 2018. − № 4 (34). − S. 12-24.

9. Lur'e A.B., Grombchevskij A.A. Raschet i konstruirovanie sel'skohozyajstvennyh mashin. – L., «Mashinostroenie». − 1977. – 528 s.

УДК 631.017.3: 621.181

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ОБРАБОТКИ СОИ КОМБИНИРОВАННЫМ ЭЛЕКТРОНАГРЕВОМ

Шувалов Анатолий Михайлович,
доктор технических наук, профессор, e-mail: vniti@mail.ru
Машков Алексей Николаевич,
кандидат технических наук, e-mail: vniiti@mail.ru
Чернов Денис Серафимович,
кандидат технических наук.
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», г. Тамбов

Реферат. *Одной и наиболее ценных кормовых культур является соя, содержащая 38-45 % протеина, до 20 % жира, витамины А, В, С, D, Е, РР,К и минеральные вещества являющаяся незаменимым источником белка в производстве кормов для животных. Сою нельзя скармливатьв сыром виде из-за антипитательных веществ, вредных для организма животных.Разработан макетный образец устройства для термической обработки сои. Для снижения антипитательных веществ и повышения равномерности прогрева зерна использовали комбинированный нагрев:сверху инфракрасными источниками излучения, снизу – электронагревательной поверхностью. По данным экспериментальных исследований подобраны следующие энергетические параметры обработки: мощность ИК-излучения в диапозоне 1,75 – 2,2 кВт, мощность электронагревательной поверхности в диапозоне 0,3 – 0,75 кВт. Для плавного регулирования мощности ИК-излучателей и электронагревательной поверхности применены симисторные регуляторы мощности.Установлено, что при мощности ИК-излучателей 1,75 кВт и электронагревательной поверхности 0,75 кВт обеспечивается равномерный прогрев по всему объему зерна.Комбинированный нагрев за счет перераспределения тепловых потоков 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, повысить качество обработанного зерна и снизить энергозатраты за счет сокращения времени нагрева до допустимой температуры на 29,3 %.*

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

Введение. Эффективное развитие животноводства обеспечивает надежная кормовая база. При использовании полноценных кормов можно получать максимальные количества продукции животноводства высокого качества с минимальными затратами и в более короткие сроки. Удовлетворить запросы животноводства и птицеводства могут только корма, содержащие в достаточном количестве белки. При дефиците белка в организме животных происходят нарушения со стороны нервной, эндокринной и сердечно-сосудистой системы, сдвиги обмена веществ, остановка роста, истощение и т.д. Особенно тяжелые отклонения развиваются в молодом возрасте. Белок, получаемый из корма, должен содержать все аминокислоты, особенно незаменимые, быть по составу близок аминокислотному составу белков организма и легко перевариваться в желудочно-кишечном тракте.

Основной источник кормового белка — это бобовые культуры (преимущественно, соя). Преимуществом зерна сои перед другими источниками кормового белка являются ее качественные показатели, включая высокую питательную ценность и усвояемость протеина при переваривании [1-3]. В составе сои содержится до 50 % белка, и она является единственным растительным продуктом с повышенным содержанием незаменимых аминокислот, таких как лизин (до 5,3 %) и триптофан (до 1%). Соевое зерно несколько обеднено целлюлозой, крахмалом и безазотистыми экстрактивными веществами, но это с избытком компенсируется повышенным содержанием жира и полноценного белка.

Мировое производство сои в сезоне 2017/2018 составило около 350 млн т. Более 80 % мирового объема производства этой культуры приходится всего на три страны: США (35 %), Бразилию (33 %) и Аргентину (14%) [4]. В России же, по данным Росстата [5], посевные площади сои в 2018 году составили около 2,9 млн га, а средняя урожайность — всего 1,4 т/га. Это, безусловно, недостаточный для нашей страны показатель. В Бразилии, например, средняя урожайность составляет 3 т/га, а в США — 3,8-4 т/га. На данный момент в России производится около 3,5-4 млн т сои, а потребляется — около 6-6,5 млн т. Соответственно, импорт составляет около 45% от общего объема потребления.

Важно не только произвести зерно сои, но и правильно его подготовить к включению в комбикорма. Наиболее проста в использовании и доступна тепловая обработка. [6,7].

Проведенными в ФГБНУ ВНИИТиН исследованиями установлено, что для снижения количества антипитательных веществ до безопасного уровня необходимо выдерживать определенные условия обработки зерна сои. Одним из таких условий является температура нагрева. Этот показатель обработки является наиболее важным, и наряду с другими показателями оказывает влияние на снижение количества антипитательных веществ.

При термической обработке происходит снижение уровня не только антипитательных веществ, но и водорастворимого протеина. Для успешной обработки зерна сои необходимо соблюдать баланс, при котором уровень антипитательных веществ снизится при максимальном сохранении питательного водорастворимого протеина, а также витаминов и минералов.

С целью более эффективного удаления антипитательных веществ и повышения равномерности прогрева зерна сои комбинированным нагревом были проведены исследования энергетических параметров обработки.

Методика экспериментальных исследований. Для проведения экспериментальных исследований использовался макетный образец устройства для термической обработки сои [8].Нагрев зерна обеспечивается сверху инфракрасными лампами, снизу – электронагревательной поверхностью.

Для получения данных о температуре в верхней, нижней и центральной части зерна использовали мини датчики температуры.Исходя из результатов ранее проведенных экспериментальных исследований были выбраны следующие энергетические параметры для проведения эксперимента:

1. Мощность ИК-излучателей 2,2 кВт, мощность электронагревательной поверхности 0,3 кВт;
2. Мощность ИК-излучателей 2,0 кВт, мощность электронагревательной поверхности 0,5 кВт;
3. Мощность ИК-излучателей 1,5 кВт, мощность электронагревательной поверхности 1 кВт;
4. Мощность ИК-излучателей 1,75 кВт, мощность электронагревательной поверхности 0,75 кВт;

Для плавного регулирования мощности ИК-излучателей и электронагревательной поверхности применены симисторные регуляторы мощности. Контроль и динамические показатели температуры записывались с интервалом в 5 секунд от начала отсчета до достижения температуры зерна 110 – 150°С. После тепловой обработки зерно сои ссыпалось в термоизолированную емкость, где выдерживалось в течение 15 минут. После проведения эксперимента образцы зерна сдавались в химическую лабораторию для определения активности уреазы и индекса дисперсности протеина.

Результаты и их обсуждение.

Исследования показали, что при мощности ИК-излучателей 2,2 кВт и электронагревательной поверхности 0,3 кВт температура зерна за 55сек достигает значения: сверху – 143 ºС, снизу - 115 ºС, в центре – 126 ºС. Разброс температуры центр-верх, центр-низ и верх-низ составляет 17 ºС, 11 ºС и 28 ºС соответственно. Эти данные говорят о том, что мощность электронагревательной поверхности недостаточна, а ИК-излучателей –избыточна. Температура в центре зерна достигла необходимого уровня для удаления антипитательных веществ, но при этом верхняя часть зерна перегрета, а нижняя недогрета. Это значит, что в верхней части зерна при температуре 143 ºС уровень антипитательных веществ стремится к нулю, но и количество полезного белка, определяемого индексом дисперсности протеина, также снижается (рисунок 1).

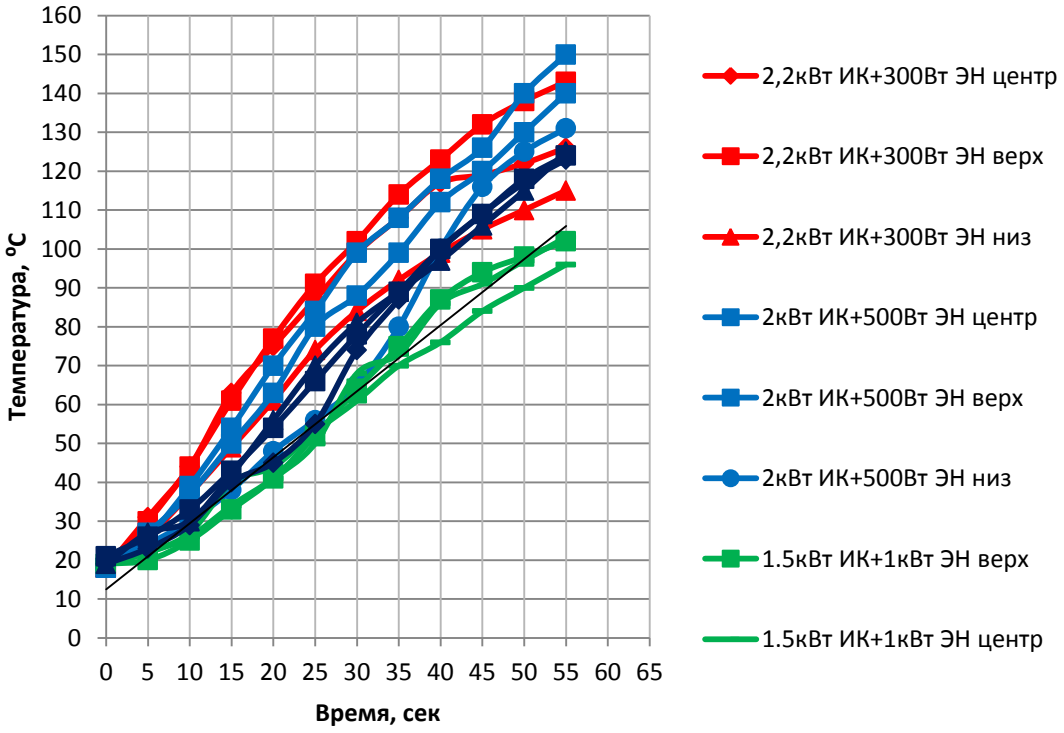


Рисунок 1 - Динамика разогрева зерна сои при различных энергетических параметрах нагрева

В нижней части зерна происходит обратный процесс: при температуре 115 ºС уровень антипитательных веществ снижается недостаточно для безопасного скармливания зерна, при высоком индексе дисперсности протеина [9].

В результате зерно, обработанное при мощности ИК-излучателей 2,2 кВт и электронагревательной поверхности 0,3 кВт подходит для скармливания, так как средневзвешенный уровень антипитательных веществ не превышает допустимых значений, однако уровень питательного протеина необоснованно снижен ввиду перегрева верхней части зерна.

Аналогичные данные получены при мощности ИК-излучателей 2,0 кВт и электронагревательной поверхности 0,5 кВт. Температура зерна через 55сек. нагрева достигает значения: сверху – 150 ºС, снизу - 131 ºС, в центре – 140 ºС. Разброс температуры центр-верх, центр-низ и верх-низ составляет 19 ºС, 9 ºС и 19 ºС соответственно. Как видно из рисунка 1

разброс температуры уменьшился по сравнению с предыдущим экспериментом, что говорит о большей равномерности прогрева. Однако уровень температуры стал выше, что снижает питательную ценность зерна сои [9].

Данные, полученные при мощности ИК-излучателей 1,5 кВт и электронагревательной поверхности 1 кВт показаны на рисунке 1. Температура зерна через 55сек. нагрева достигает значения: сверху – 102 ºС, снизу - 103 ºС, в центре – 96 ºС. Разброс температуры центр-верх, центр-низ и верх-низ составляет 6 ºС, 7 ºС и 1 ºС соответственно. Из полученных данных следует, что прогрев зерна происходил равномерно, но не была достигнута необходимая температура для удаления антипитательных веществ.

При мощности ИК-излучателей 1,75 кВт и электронагревательной поверхности 0,75 кВт температура зерна через 55сек. нагрева достигает значения: сверху – 124 ºС, снизу - 125 ºС, в центре – 123 ºС. Разброс температуры центр-верх, центр-низ и верх-низ составляет 1 ºС, 1 ºС и 1 ºС соответственно. По данным эксперимента нагрев происходил наиболее равномерно сверху и снизу. Это говорит о равномерном удалении антипитательных веществ по всему объему зерна.

Выводы. Таким образом при мощности ИК-излучателей 1,75 кВт и электронагревательной поверхности 0,75 кВт обеспечивается равномерный прогрев по всему объему зерна, улучшается качество обработки, снижается средняя температура зерна и повышаетсяпитательная ценность зерна.

Список литературы.

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

2. Шувалов, А.М. Технические средства для обработки сои. /А.М. Шувалов, А.Н. Зазуля, Г.М. Шулаев, Н.А. Вотановская, Д.С. Чернов // Наука в центральной России. – 2014, №1(7). – С. 55-60.

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

4. https://www.agroinvestor.ru/technologies/article/30768-alternativnyy-podkhod/. Дата обращения 09.04.2019.

5. https://www.agroinvestor.ru/companies/a-z/rosstat/ Дата обращения 09.04.2019.

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

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

8. Шувалов, А.М. Влияние способов термообработки на равномерность прогрева зерна сои / Шувалов А.М., Машков А.Н., Чернов Д.С., Шулаев Г.М., Вотановская Н.А. // Наука в центральной России. –2017. –№1(25). С. 69-75.

9. 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.

RESEARCH OF THE POWER MODES OF PROCESSING OF SOY THE COMBINED ELECTROHEATING

ShuvalovAnatoliy,
Full Doctor of Technical Sciences, professor, e-mail:vniiti@mail.ru
Mashkov Alexey,
Candidate of Technical Sciences, e-mail: vniiti@mail.ru
Chernov Denis,
Candidate of Technical Sciences
Federal State Budgetary Scientific Institution «All-Russian Scientific Research Institute of Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture», Tambov

Abstract. *One of the most valuable forage crops is soy, containing 38-45% protein, up to 20% fat, vitamins A, B, C, D, E, PP, K and minerals being an irreplaceable source of protein in the production of animal feed.Soy cannot be fed raw because of anti-nutritional substances harmful to animals.A prototype of a soybean heat treatment device was developed.Combined heating: on top of infrared radiation*

sources, on the bottom - an electric heating surface was used to reduce anti-nutritional substances and improve the uniformity of heating of the grain. The following energy processing parameters are selected: the power of infrared radiation in the range of 1.75 - 2.2 kW, the power of the electrical heating surface in the range of 0.3 - 0.75 kW according to experimental studies. Triac power regulators are used for smooth power control of infrared emitters and electric heating surface.It has been established that uniform heating is ensured over the entire volume of grain with a power of infrared emitters of 1.75 kW and an electrical heating surface of 0.75 kW.The combined heating due to the redistribution of heat flux reduces the heating time of soybeans to a given temperature by 40%, in the same proportion to increase processing performance, uniformly heat the grain, reduce the upper limit of the allowable temperature, improve the quality of the processed grain and reduce energy costs by reducing heating time to permissible temperature by 29.3%.

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

References

1. Shuvalov, A.M. Perspektivy primeneniya kombinirovannogo ehlektronagreva zerna soi dlya udaleniya antipitatel'nyh veshchestv. / A.M. SHuvalov, D.S. CHernov, A.N. Mashkov, V.F. Kalinin. // Vestnik VIEHSKH. – 2014. – №3(16). – S. 75–77.
2. Shuvalov, A.M. Tekhnicheskie sredstva dlya obrabotki soi. / A.M. Shuvalov, A.N. Zazulya, G.M. Shulaev, N.A. Votanovskaya, D.S. Chernov // Nauka v central'noj Rossii. – 2014, №1(7). – S. 55-60.
3. SHuvalov, A.M. Opredelenie racional'nyh parametrov gidrotermicheskoj obrabotki polnozhirnoj soi n osnove haraktera raspredeleniya tepla v zerne. / A.M. Shuvalov, G.M. Shulaev, N.A. Votanovskaya, D.S. Chernov. // Trudy 9-oj mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoj konferencii «Ehnergoobespechenie i ehnergosberezhenie v sel'skom hozyajstve». – Moskva, GNU VIEHSKH, ch.2. – 2014. –S. 181–185.
4. https://www.agroinvestor.ru/technologies/article/30768-alternativnyy-podkhod/. Data obrashcheniya 09.04.2019.
5. https://www.agroinvestor.ru/companies/a-z/rosstat/ Data obrashcheniya 09.04.2019.
6. Shuvalov, A.M. Tekhnicheskie sredstva transportirovaniya soi v processe mikronizacii. / A.M. Shuvalov, D.S. Chernov. // Nauka v central'noj Rossii. – 2014. – №1(7). – S. 60-63.
7. Shuvalov, A.M. Mnogocelevoj termoagregat. / A.M. Shuvalov, A.N. Mashkov, K.A. Nabatov, D.S. Chernov. // Sel'skij mekhanizator. – 2014. – №3(16). – S. 10–11.
8. Shuvalov, A.M. Vliyanie sposobov termoobrabotki na ravnomernost' progreva zerna soi / Shuvalov A.M., Mashkov A.N., Chernov D.S., Shulaev G.M., Votanovskaya N.A. // Nauka v central'noj Rossii. –2017. –№1(25). S. 69-75.
9. Shuvalov, A.M. Issledovanie kachestvennyh 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.

УДК 631.373

ПРИМЕНЕНИЕ ПНЕВМОКОНТЕЙНЕРА ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ ПЛОДООВОЩНОЙ ПРОДУКЦИИ

Шемякин Александр Владимирович,
доктор технических наук, доцент, e-mail: shem.alex62@yandex.ru
Терентьев Вячеслав Викторович,
кандидат технических наук, доцент, e-mail: vvt62@ryazanyandex.ru
Андреев Константин Петрович,
кандидат технических наук, доцент, e-mail: kosta066@yandex.ru
Пискачев Иван Александрович,
аспирант, e-mail: e_pochta15@mail.ru
ФГБОУ ВО Рязанский государственный агротехнологический университет,
г. Рязань

Реферат. *Изучали возможность снижения повреждений картофеля в кузове транспортных средств при его размещении в контейнерах на внутрихозяйственных перевозках. Теоретические исследования выполнены на основе положений, законов и методов теоретической механики. При проведении лабораторных испытаний повреждаемость картофеля определяли на вибростенде, имитирующем движение транспортного средства. Вибростенд представляет собой блок управления, установку, генерирующую возвратно-поступательные движения и платформу,*

закрепленную к установке, которая производит колебательные движения заданных параметров. При имитации движении транспортного средства были заданы следующие параметры: частота колебания платформы от 6 Гц до 10 Гц, с шагом 2 Гц; скорость колебаний грузовой платформы от 1,8 м/с до 3,0 м/с, с шагом в 0,6 м/с; амплитуда колебаний платформы 20 мм. Каждый этап эксперимента проводился длительностью 2 минуты. По итогам проведенного эксперимента и анализа были получены значения повреждаемости картофеля, которые не выходят за предельно допустимые по агротехническим требованиям 5%, при максимально заданных показателях вибрации. Результаты эксперимента свидетельствуют о том, что использование пневмоконтейнера приводит к снижению повреждаемости картофеля при движении транспортного средства по микропрофилю полевых дорог. При применении данного пневмоконтейнера, доля поврежденной продукции уменьшается на 0,6-1,1 % при увеличении скорости движения транспортного средства в 1,7 раза.

Ключевые слова: *Пневмоконтейнер, перевозка плодоовощной продукции, повреждаемость продукции, контейнерные перевозки.*

Введение. Современное сельское хозяйство неразрывно связано с технологичными транспортными средствами, использующимися при возделывании, уборке и транспортировке плодовоовощной продукции [1,2]. Развитие сельскохозяйственного производства повлечет за собой увеличение перевозок и грузооборота [3,4]. При транспортировке сельскохозяйственной продукции, так же следует учитывать потери продукции, которые связаны с повреждение перевозимой продукции. Ежегодный ущерб от потерь при транспортировке составляет 8 млрд. руб. При этом транспортные издержки достигают 30-40% себестоимости продукции [5]. Одним из вариантов снижения транспортных издержек это использование специализированного подвижного состава. Однако специализация приводит к увеличению стоимости, усложнению конструкции и не возможности использования транспортные средства вне специализации. В настоящее время на сельскохозяйственных предприятиях по производству плодоовощной продукции отмечается недостаток в обеспечении специализированным подвижным составом, а техника, имеющаяся в наличии либо технически морально устарела, либо ее эксплуатация сопряжена с повышенными материальными затратами на техническое обслуживание и ремонт. Приобретение современного подвижного состава для транспортировки продукции ограничено высокой стоимостью техники и практически не приемлемо для большинства производителей сельскохозяйственной продукции. Следовательно, целесообразно искать пути усовершенствования технологий перевозок при использовании универсальных транспортных средств, к которым относятся автомобильный и тракторный транспорт.

Как было отмечено ранее, при транспортировке возникают значительные потери плодовоовощной продукции, причинами которых являются механические повреждения, например, трещины, нарушение целостности оболочки, нажимы и проколы, реже возникают внутренние нарушения в виде смягчения тканей и раздавливания. Механические повреждения влекут к потере внешнего (товарного) вида, снижают сортность продукции и приводят к ее порче в процессе хранения. Данные обстоятельства существенно снижают стоимость произведенной продукции и, как следствие, снижают экономический эффект от ее реализации конечному потребителю.

Механические повреждения плодоовощной продукции возникают при колебаниях (вибрации) кузова транспортного средства. Колебания возникают как по внутренним, так и по внешним причинам и могут достигать значения до 3,5g (g – ускорение свободного падения). К внутренним причинам можно отнести неуравновешенность деталей и неравномерность их вращения. Такие причины приводят к высокочастотным колебаниям. К внешним же причинам относятся неравномерность скоростного режима и неровная поверхность дорожного полотна. Внешние причины разделяются на единичные и постоянно действующие. Ярким примером единичных являются колебания, возникающие при разгоне, повороте или торможении транспортного средства, при попадании в глубокие выбоины. Постоянно или непрерывно действующие колебания обусловлены движением по неровной поверхности дорожного полотна, особенно актуальны при движении по дорогам без асфальтового покрытия в полевых условиях. Основными источниками колебаний являются неровности, непостоянная твердость и влажность дорожного полотна. Под воздействием внешних причин колебания имеют довольно большую амплитуду.

В сельском хозяйстве часто используется контейнерный способ перевозки плодоовощной продукции. При таком способе не только снижается риск потери плодоовощной продукции,

вызванный большим количеством слоев как при способе навалом, но и решает проблему по оптимизации складских площадей при хранении. При использовании контейнерного способа перевозки плодоовощной продукции снижается время на погрузочно-разгрузочные работы, а возможность установки друг на друга контейнеров в ярусы, увеличивает полезный объем складских помещений. Следует отметить, что применение контейнеров не позволяет полностью исключить появление механических повреждений. Как правило, стенки контейнеров выполнены из дерева или других твердых материалов и, следовательно, избежать появления повреждений продукции при транспортировке, вследствие колебаний (вибрации) кузова транспортного средства практически невозможно.

Создание новых научно-обоснованных решений в конструкциях транспортных средств для внутрихозяйственных перевозок, направленных на снижение механических повреждений плодоовощной продукции в условиях АПК РФ, являются актуальными научно-техническими задачами, решение которых вносит значительный вклад в увеличение производительности и эффективности аграрного сектора.

Цель исследования – снижение повреждений картофеля в кузове транспортных средств при размещении в контейнерах на внутрихозяйственных перевозках за счет разработки новых научно-обоснованных технических решений.

Материалы и методы. Растет разнообразие технологий производства сельскохозяйственных продуктов и увеличивается число применяемых в них видов и типов машин и оборудования, создаваемых на основе современных материалов и широкой номенклатуры комплектующих изделий, вызванное дальнейшим расширением и углублением исследований свойств сельскохозяйственных культур, их плодов, особенностей условий выращивания и расширением использования сельскохозяйственной техники [6-9].

Наиболее сложный вопрос в сохранении качества легкоповреждаемой сельскохозяйственной продукции – это повреждения, которые портят их внешний вид, снижают сортность и повышают опасность порчи. Испорченная продукция повышает общую экологическую напряженность, поскольку такую продукцию необходимо утилизировать, а также она может вызвать отравления при потреблении, что, в свою очередь, увеличивает расходы на медицинское обслуживание и, следовательно, увеличивает нагрузку на экономику страны в целом. Таким образом, повреждения и последующая порча легкоповреждаемой сельскохозяйственной продукции критичны как для экологической, так и продовольственной безопасности любого государства.

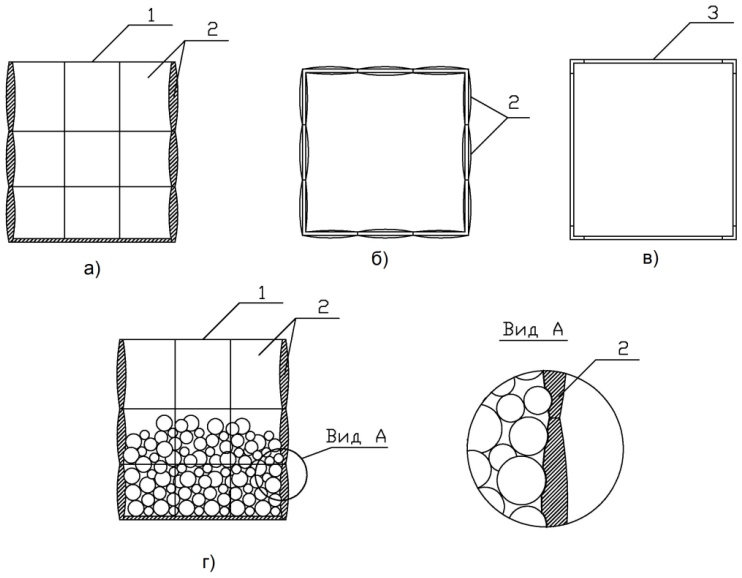
Особое влияние на качество продукции оказывают условия перевозки. Для обеспечения сохранности урожая при транспортировке автомобильным и тракторным подвижным составом следует учитывать ряд особенностей плодов и овощей: сезонность производства и заготовки; неравномерность созревания; сжатые сроки вывоза продукции с полей и плантаций после завершения сбора урожая; применение различных схем доставки в зависимости от назначения продукции.

В целях снижения повреждаемости продукции при транспортировке ее с поля в хранилище авторами предложена конструкция пневмоконтейнера, стенки которого изготовлены из мягкого полимерного материала и имеют полости, заполненные воздухом, а дно покрыто мягким демпфирующим материалом (рисунок 1).

Рисунок 1 – Внешний вид пневмоконтейнера.

Пневмоконтейнер предназначен для перевозки некалиброванной плодоовощной продукции. Габаритные размеры пневмоконтейнера 1200x800x900 мм, что соответствует европейскому стандарту поддона 1200x800. Такие габаритные размеры позволяют оптимизировать погрузочно-разгрузочные работы на складах с использование механизированных средств, что, в свою очередь, значительно снижает затраты времени на складскую логистику.

Устройство контейнера представлено на рисунке 2. Пневмоконтейнер состоит из каркаса 3, на который устанавливаются секции 1, состоящие из отдельных, заполненных воздухом, камер 2, сообщающихся между собой, и образующих стенки пневмоконтейнера. Давление внутри камер регулируется в зависимости от вида сельскохозяйственной культуры перевозимой при помощи пневмоконтейнера.



а - вид сбоку; б - вид сверху; в - каркас пневмоконтейнера; г - пневмоконтейнер, заполненный плодоовощной продукцией, вид сбоку

Рисунок 2 – Устройство пневмоконтейнера

Применение пневмоконтейнера позволит снизить количество механических повреждений, и, как следствие, уменьшить повреждаемость плодоовощной продукции при транспортировке.

Для подтверждения теории о снижении повреждаемости плодоовощной продукции при использовании пневмоконтейнера были проведены экспериментальные исследования на базе АО «Корпорация «Фазотрон-НИИР» с использованием вибростенда ВСВ-250-445 (рисунок 3), имитирующего колебания кузова транспортного средства во время движения [10].

Рисунок 3 – Экспериментальные исследования пневмоконтейнера на вибростенде

Как правило, экспериментальные исследования для анализа повреждаемости плодоовощной продукции проводятся натурно. При проверке теории основанной на применении какого-либо изобретения или предложенного процесса испытания проводятся в полевых условиях. При этом применяется транспортное средство, движущееся по запланированному маршруту, после чего проводится оценка повреждаемости плодоовощной продукции. В ходе такого эксперимента ряд параметров являются контролируемыми, такие как скорость движения транспортного средства, объем или масса плодоовощной продукции и т.д. При этом ряд параметров нет возможности контролировать, хотя их воздействие является ключевым. К этим параметрам относятся частота вибрации, скорость вибрации, вибрационное ускорение и амплитуда (перемещение). Данные по этим параметрам снимают с измерительных приборов, установленных на транспортное средство, определяют максимальные и минимальные значения и вычисляют среднее. При использовании ранее упомянутого вибростенда, эти параметры можно контролировать и получить реальную картину зависимости их изменения к повреждаемости плодоовощной продукции. Испытания проводились на примере картофеля.

В результатах исследований определены максимальные показатели ускорения и частоты вертикальных колебаний кузова автомобиля, при которых вероятно появление механических повреждений. Они составляют следующие значения: частота колебаний (вибрации) 8 Гц; скорость движения колебаний (вибрации) 2,4 м/с.

В ходе проведения эксперимента пневмоконтейнер был установлен и жестко закреплен на вибростенде ВСВ-250-445 (рис. 3). При помощи данного вибростенда было эмитировано движение транспортного средства с заданными параметрами частоты вибрации платформы вибростенда в диапазоне от 6 Гц до 10 Гц, с шагом 2 Гц; скорости движения платформы вибростенда по вертикали в диапазоне от 1,8 м/с до 3,0м/с, с шагом 0,6 м/с; амплитуды колебания платформы вибростенда равной 20 мм. Были произведены различные вариации этих параметров, после каждой из которых была взята выборка картофеля для анализа повреждаемости [21]. Перед началом каждой из вариаций в пневмоконтейнер закладывался не поврежденный картофель. Длительность каждого цикла вариации составлял 120 секунд. Данные по длительности цикла, были взяты из научной работы Пустовалова В.С. [11]. Длительность испытаний (цикла), на основании его исследований, достаточна 30 секунд. Длительность цикла была увеличена для достоверности полученных результатов.

Для сравнительного анализа повреждаемости, аналогичный цикл испытаний с теми же параметрами был произведен с установкой в пневмоконтейнер стенок и днища, изготовленных из фанеры, с целью имитации воздействия твердых стенок и днища деревянного контейнера на картофель.

Результаты и обсуждение. После проведения исследований на вибростенде и анализа повреждаемости картофеля в соответствии с методикой были получены результаты, отображенные в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты оценки повреждаемости картофеля при использовании пневмоконтейнера

Частота вибрации платформы вибростенда, Гц	Скорость движения платформы вибростенда, м/с		
	1,8	2,4	3,0
Повреждаемость образцов, взятых из пневмоконтейнера с мягкими стенками, %			
6	2,9	3,7	4,4
8	3,4	4,2	4,7
10	4,1	4,5	4,9
Повреждаемость образцов, взятых из пневмоконтейнера с установленными твердыми стенками из фанеры, %			
6	3,9	4,8	5,5
8	4,5	5,1	5,6
10	4,7	5,3	5,9

Допустимый процент повреждаемости картофеля составляет 5%. Как видно, из таблицы 1, при использовании пневмоконтейнера, допустимый предел повреждаемости не превышен и полученный при проведении испытаний результат, значительно улучшает показатели, ранее полученные ведущими учеными в этой области. При проведении анализа полученных данных мы видим, что применение пневмоконтейнера, имеющего мягкие стенки и днище, позволяет снизить повреждаемость клубней картофеля на 15-20 % в сравнении с пневмоконтейнером, имеющим твердые стенки и днище из фанеры. Данные по предельным величинам, которые были взяты за основу, были получены в ходе научных исследований при применении либо кузова транспортного средства, либо контейнера, используемых для транспортировки продукции в настоящее время. Результаты исследований, полученные при использовании пневмоконтейнера с установленными стенками и днищем из фанеры, подтверждают предельные значения, полученные ранее. Это говорит о значительном преимуществе экспериментального пневмоконтейнера перед используемыми на данный момент контейнерами.

Возможность регулировки давления в стенках пневмоконтейнера позволяет говорить об его универсальности для транспортировки растениеводческой продукции. Предлагаемая конструкция подходит для различного вида культур, сохраняя, при этом, свою эффективность по снижению повреждаемости. Применение данного пневмоконтейнера на предприятии обеспечит снижение вероятности повреждения при транспортировке всего объема выращиваемой плодоовощной продукции. Универсальность конструкции исключает необходимость в приобретение большого количества различного вида контейнеров или тары, что существенно снижает затраты на их хранение в межсезонный период.

Экспериментальные исследования проводились на примере картофеля не случайно. Процесс транспортировки картофеля, это один из наименее изученных процессов, но не менее остальных требующий внимания.

Рассмотрим возможность применения и внедрения пневмоконтейнера в действующий процесс уборки и хранения картофеля. Изучив и проанализировав процесс уборки и хранения урожая картофеля, применяемый на данный момент в сельском хозяйстве мы видим следующее. Картофель выкапывают с помощью комбайнов или другой специализированной техники. Данная техника оборудована транспортерной лентой, по которой картофель подается в транспортное средство. Для ускорения процесса уборки картофель вывозят с поля на самосвальном транспорте, реже - на бортовом. После доставки на место хранения картофель, перегружают в контейнеры, описанные ранее. Данная перегрузка позволяет обеспечить рациональное использование складских помещений. Перегрузку осуществляют, как правило, с помощью сортировочных механизмов. Из этих сортировочных машин картофель подается по транспортерной ленте в контейнеры. Далее контейнеры перемещают в картофелехранилище [12, 13].

Пневмоконтейнер может быть использован на любом этапе технологического процесса уборки картофеля. Более перспективно, конечно, использование непосредственно при транспортировке с поля, но даже при внедрении в уже сложившуюся схему на этапе хранения, также принесет значительный экономический эффект. Хранение картофеля по технологическим требованиям необходимо производить в помещениях со значением влажности выше средней. Это необходимо для того, что бы клубни картофеля не потеряли влагу и сохранили товарный вид. Деревянные контейнеры, применяемые в таких условиях, в течение нескольких сезонов теряют свои технические характеристики, разрушаются, что приводит к увеличению повреждаемости продукции в процессе хранения. Применение для изготовления пневмоконтейнера полимерного материала и каркаса из нержавеющей стали, позволяет увеличить срок эксплуатации в несколько раз по сравнению с деревянным аналогом.

Обратим внимание на повышение экономической эффективности производства сельскохозяйственной продукции при использовании пневмоконтейнера. Применение предлагаемой конструкции в реальных условиях повлечет снижение доли поврежденной продукции при транспортировке и хранении, что обеспечит увеличение ликвидной продукции и, как следствие, рост объемов реализуемой продукции без привлечения дополнительных мощностей. При этом сами контейнеры, как уже отмечалось выше, могут эксплуатироваться значительно больший срок и соответственно реже придется затрачивать материальные ресурсы на приобретение новых контейнеров, что повлечет снижение эксплуатационных затрат. Кроме того

уменьшится себестоимость продукции, так как при увеличении объема производимой продукции, затраты на ее уборку, транспортировку и хранение снизятся.

Применение предлагаемого пневмоконтейнера позволяет также рассуждать об экологической составляющей от его использования. Как отмечалось ранее повреждение и последующая порча легкоповреждаемой продукции, повышает общую экологическую напряженность и приводит к негативным последствиям. Снижая повреждаемость плодоовощной продукции, пневмоконтейнер вносит вклад в решение этой общемировой проблемы. Использование пневмоконтейнера влечет снижение повреждаемости плодоовощной продукции. Следовательно, испорченной плодоовощной продукции становится значительно меньше, и утилизировать соответственно нужно меньше продукции. Если говорить о негативных последствиях применения испорченной плодоовощной продукции, то в первую очередь следует отметить, что чем меньше самой испорченной продукции, тем меньше вероятность ее использования. Чем меньше произведено, при использовании испорченной плодоовощной продукции, продуктов или поставлено для потребления населению, той самой испорченной плодоовощной продукции, тем ниже риск отравлений и чем меньше доля испорченной продукции, тем меньше соблазн для недобросовестных производителей ее использования, так как общий процент потерь в экономическом выражении будет снижен.

Не стоит забывать и о еще одной общемировой экологической проблеме, которую затрагивает пневмоконтейнер. Как видно из описания применяемых, на данный момент, пневмоконтейнеров, наибольшее распространение для изготовления получила древесина. При этом в общемировом экологическом сообществе с не меньшей степенью озабоченности говорится о вырубке лесов. Предлагаемый пневмоконтейнер не имеет в своей конструкции элементов из дерева. Соответственно его повсеместное применение не только не ухудшит сложившуюся ситуацию, но и позволит, хоть и в незначительной мере, снизить потребление древесины и, как следствие, уменьшить объем вырубки лесов.

Поиск новых научно-обоснованных технических решений во всех секторах агропромышленного комплекса ведется довольно успешно, особенно в последнее время. Совершенствуются и применяются все новые технологии. Однако если обратить внимание на процесс перевозки плодоовощной продукции, то можно заметить, что технологии и приспособления, которые используются в этом направлении неизменны уже длительный период времени. Доля потерь при перевозках плодоовощной продукции при этом все также велика и это говорит о том, что в данном направлении есть к чему стремиться и что улучшать [14]. Внимание научного сообщества в большей степени направлено на другие направления и технологии, такие как получения новых сортов сельскохозяйственных культур, процесса уборки урожая и обработки почвы, процесса переработки плодоовощной продукции и так далее, но процесс перевозки имеет место быть в каждом из перечисленных направлений и во многом от него может зависеть успешность всего комплекса [15].

Перспективы развития перевозок в агропромышленном комплексе на данный момент довольно значительные, так как есть что совершенствовать и добиваться положительных результатов. Так как в процессе транспортировки одним из основных критериев является потеря произведенной продукции, соответственно, совершенствование перевозочного процесса должно быть направлено на снижение повреждаемости плодоовощной продукции.

Выводы

В результате проведенного эксперимента получено подтверждение теории о снижении повреждаемости плодоовощной продукции при применении пневмоконтейнера и, как следствие, уменьшение негативного воздействия, возникающего при контакте твердых бортов и днища с плодоовощной продукцией за счет использования надувных стенок и демпфирующего материала на днище пневмоконтейнера. Использование пневмоконтейнера при транспортировке плодоовощной продукции является перспективным направление контейнерных перевозок в сельском хозяйстве и в АПК в целом, не только в России, но и мире.

Также использование пневмоконтейнера может отрыть новые горизонты в проектировании и использовании контейнеров в перевозках в сельском хозяйстве. Отсутствие аналогов, как на рынке данной продукции, так в научных разработках, говорит о недооцененном потенциале данного вида контейнеров.

В ходе, более всестороннего анализа полученных результатов можно утверждать, что пневмоконтейнер позволяет увеличить скорость движения подвижного состава при транспортировке без потери и повреждений плодоовощной продукции, или, говоря иными словами, приближенными к реальности - позволит снизить долю поврежденной продукции при той же интенсивности транспортировки.

При этом внедрение пневмоконтейнера в имеющиеся схемы перевозки и хранения плодоовощной продукции не потребует, каких либо изменений. Конструкция пневмоконтейнера и его габаритные размеры полностью совпадают с применяемыми контейнерами, но при этом, по остальным характеристикам значительно превосходят аналоги. Материалы, из которых исполнен пневмоконтейнер также позволяют сделать вывод об экономической и экологической целесообразности его использования.

Все вышесказанное позволяет с уверенностью сказать, что одним из перспективных направлений развития перевозок в агропромышленном комплексе и решения вопроса по снижению повреждаемости плодоовощной продукции является усовершенствование контейнерных перевозок, путем внедрения и использования пенвмоконтейнеров.

В настоящее время, авторами ведутся патентные исследования, направленные на реализацию идеи создания данного вида контейнеров, что позволит в дальнейшем утверждать о должной научной новизне предлагаемой конструкции пневмоконтейнера.

Список литературы

1. Бышов Н.В., Борычев С.Н., Колчини Н.Н., Успенский И.А., Юхин И.А. Зарубежные транспортные средства для современного сельскохозяйственного производства / // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2012. – № 4 (16). – С. 84-87.

2. Успенский И.А., Юхин И.А., Колупаев С.В., Жуков К.А. Алгоритм сохранения качества плодоовощной продукции при уборочно-транспортных работах // Техника и оборудование для села. – 2013. – № 12. – С. 12-15.

3. Юхин И.А. Предпосылки к разработке универсальных транспортных средств для внутрихозяйственных перевозок плодоовощной продукции // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2013. – № 4 (20). – С. 88-90.

4. Юхин И.А., Кулик С.Н., Рябчиков Д.С. Погрузочно-разгрузочное устройство // Сельский механизатор. – 2009. – № 10. – С. 30-31.

5. Бычков В.В., Успенский И.А., Юхин И.А. Анализ исследований влияния различных факторов на сохранность овощей и фруктов при внутрихозяйственных перевозках // Плодоводство и ягодоводство России. – 2012. – Т. 30. – С. 463-469.

6. James P. Yanta and Cindy B. Tong. Commercial Postharvest Handling of Potatoes (Solanum tuberosum) - Regents of the University of Minnesota, 2013

7. Bridgette Matzinger and Cindy Tong. Commercial Postharvest Handling of Fresh Market Apples (Malus sp.) - Regents of the University of Minnesota, 2013

8. K.I. Tomlins, G.T. Ndunguru, E. Rwiza and A. Westby. Postharvest handling, transport and quality of sweet potato in Tanzania. Journal of Horticultural Science and Biotechnology (2000) 75(5) pp.586-590

9. Kiran Shetty, Mark Casada, Hua Zhu, Mike Thornton, Philip Nolte. Fresh-Pack Potatoes: Handling, Packaging, and Transportation in Refrigerated Railcars - Idaho Agricultural Experiment Station, 1998 – 16 p.

10. Успенский И.А., Юхин И.А., Шемякин А.В., Латышенок М.Б., Терентьев В.В., Пискачев И.А. Снижение повреждаемости сельскохозяйственной продукции (на примере картофеля) при использовании пневмоконтейнера // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2018. – № 1 (37). – С. 104-108.

11. Пустовалов В.С. Совершенствование технологического процесса вывозки яблок из сада и обоснование параметоров вибрационной установки для уплотнения их в контейнерах: дисс... канд. техн. наук / В.С. Пустовалов. – Мичуринск, 1984. – 90 с.

12. Пискачев И.А., Ваулина О.А., ., Терентьев В.В., Шемякин А.В. Перевозка плодоовощной продукции с использованием контейнеров в сельском хозяйстве // В сб.: Актуальные проблемы

науки в агропромышленном комплексе Сборник статей 69-й международной научно-практической конференции. – Кострома, 2018. – С. 117-121.

13. Шемякин А.В. Прогнозирование качества работы картофелеуборочной машины / А.В. Шемякин, М.Ю. Костенко, В.В. Терентьев, Н.А. Костенко // Сельский механизатор. – 2013. – № 5 (51). – С. 6-7.

14. Пискачев И.А., Терентьев В.В., Шемякин А.В. Перевозка грузов в сельском хозяйстве // Сб.: Инновационное развитие современного агропромышленного комплекса России: Материалы нац. науч.-практ. конф.. – Рязань, 2016. – С. 175-178.

15. Пискачев И.А., Терентьев В.В., Шемякин А.В. Проблемы оценки повреждаемости при проведении полевых испытаний плодоовощной продукции // Сб.: Тенденции развития агропромышленного комплекса глазами молодых ученых: Материалы науч.-практ. конф. с международным участием 2 марта 2018 года. – Рязань, 2018.– С. 96-99.

THE USE OF PNEUMOCHAIR FOR FRUITS AND VEGETABLES

Shemyakin Alexander,
Doctor of Engineering Sciences, associate professor, e-mail: shem.alex62@yandex.ru
Terentyev Vyacheslav,
Candidate of engineering sciences, associate professor,
e-mail: vvt62@ryazanyandex.ru
Andreev Konstantin,
Candidate of engineering sciences, associate professor, e-mail: kosta066@yandex.ru
Piskachev Ivan,
graduate student, e-mail: e_pochta15@mail.ru
Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Ryazan state agrotechnological University", Ryazan

Abstract. *The possibility of reducing damage to potatoes in the back of a vehicle when it is placed in containers for intra economic transportation was studied. Theoretical studies were carried out on the basis of the provisions, laws, and methods of theoretical mechanics. Potato damage was determined on the vibrating table, simulating vehicle movement, during laboratory studies. The vibrating table is a control unit, installation, generating reciprocating movements and a platform fixed to the installation, which produces oscillatory movements of the specified parameters. The following parameters: the frequency of oscillation of the platform from 6 Hz to 10 Hz, in increments of 2 Hz; the oscillation speed of the cargo platform from 1.8 m / s to 3.0 m / s, in 0.6 m / s increments; 20 mm platform oscillation amplitudes were set when simulating movement for a vehicle. Each stage of the experiment was conducted with a duration of 2 minutes. According to the results of the experiment and the analysis of damage to potatoes, the values of damage were obtained, which do not exceed the maximum permissible for agrotechnical requirements of 5%, with the maximum specified vibration indicators. The results of the experiment indicate that the use of a pneumatic container leads to a decrease in the damageability of potatoes when the vehicle is moving along the microprofile of field roads. The share of damaged products is reduced by 0.6-1.1% with an increase in the speed of the vehicle by 1.7 times when using this air container,*

Keywords: *air Container, transportation of fruits and vegetables, product damage, container transportation.*

References

1. Byshov N.V., Borychev S.N., Kolchini N.N., Uspenskij I.A., Yuhin I.A. Zarubezhnye transportnye sredstva dlya sovremennogo sel'skohozyajstvennogo proizvodstva / // Vest-nik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva. – 2012. – № 4 (16). – S. 84-87.

2. Uspenskij I.A., Yuhin I.A., Kolupaev S.V., Zhukov K.A. Algoritm sohraneniya kachestva plodoovoshchnoj produkcii pri uborochno-transportnyh rabotah // Tekhnika i oborudova-nie dlya sela. – 2013. – № 12. – S. 12-15.

3. Yuhin I.A. Predposylki k razrabotke universal'nyh transportnyh sredstv dlya vnutri-hozyajstvennyh perevozok plodoovoshchnoj produkcii // Vestnik Ryazanskogo gosudarst-vennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva. – 2013. – № 4 (20). – S. 88-90.

4. Yuhin I.A., Kulik S.N., Ryabchikov D.S. Pogruzochno-razgruzochnoe ustrojstvo // Sel'skij mekhanizator. – 2009. – № 10. – S. 30-31.

5. Bychkov V.V., Uspenskij I.A., Yuhin I.A. Analiz issledovanij vliyaniya razlichnyh fak-torov na sohrannost' ovoshchej i fruktov pri vnutrihozyajstvennyh perevozkah // Plodo-vodstvo i yagodovodstvo Rossii. – 2012. – T. 30. – S. 463-469.

6. James P. Yanta and Cindy B. Tong. Commercial Postharvest Handling of Potatoes (Solanum tuberosum) - Regents of the University of Minnesota, 2013

7. Bridgette Matzinger and Cindy Tong. Commercial Postharvest Handling of Fresh Market Apples (Malus sp.) - Regents of the University of Minnesota, 2013

8. K.I. Tomlins, G.T. Ndunguru, E. Rwiza and A. Westby. Postharvest handling, transport and quality of sweet potato in Tanzania. Journal of Horticultural Science and Biotechnology (2000) 75(5) pp.586-590

9. Kiran Shetty, Mark Casada, Hua Zhu, Mike Thornton, Philip Nolte. Fresh-Pack Potatoes: Handling, Packaging, and Transportation in Refrigerated Railcars - Idaho Agricultural Experiment Station, 1998 – 16 p.

10. Uspenskij I.A., Yuhin I.A., Shemyakin A.V., Latyshenok M.B., Terent'ev V.V., Piskachev I.A. Snizhenie povrezhdaemosti sel'skohozyajstvennoj produkcii (na primere kartofe-lya) pri ispol'zovanii pnevmokontejnera // Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva. – 2018. – № 1 (37). – S. 104-108.

11. Pustovalov V.S. Sovershenstvovanie tekhnologicheskogo processa vyvozki yablok iz sada i obosnovanie parametorov vibracionnoj ustanovki dlya uplotneniya ih v kontejnerah: diss... kand. tekhn. nauk / V.S. Pustovalov. – Michurinsk, 1984. – 90 s.

12. Piskachev I.A., Vaulina O.A., Terent'ev V.V., Shemyakin A.V. Perevozka plodoovoshchnoj produkcii s ispol'zovaniem kontejnerov v sel'skom hozyajstve // V sb.: Aktual'nye problemy nauki v agropromyshlennom komplekse Sbornik statej 69-j mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. – Kostroma, 2018. – S. 117-121.

13. Shemyakin A.V. Prognozirovanie kachestva raboty kartofeleuborochnoj mashiny / A.V. SHemyakin, M.YU. Kostenko, V.V. Terent'ev, N.A. Kostenko // Sel'skij mekhanizator. – 2013. – № 5 (51). – S. 6-7.

14. Piskachev I.A., Terent'ev V.V., Shemyakin A.V. Perevozka gruzov v sel'skom hozyajstve // Sb.: Innovacionnoe razvitie sovremennogo agropromyshlennogo kompleksa Rossii: Materialy nac. nauch.-prakt. konf.. – Ryazan', 2016. – S. 175-178.

15. Piskachev I.A., Terent'ev V.V., Shemyakin A.V. Problemy ocenki povrezhdaemosti pri provedenii polevyh ispytanij plodoovoshchnoj produkcii // Sb.: Tendencii razvitiya agropromyshlennogo kompleksa glazami molodyh uchenyh: Materialy nauch.-prakt. konf. s mezhdunarodnym uchastiem 2 marta 2018 goda. – Ryazan', 2018.– S. 96-99.

УДК 631.33.022.6

ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КАТУШЕЧНО-ВИНТОВОГО ВЫСЕВАЮЩЕГО АППАРАТА

***Ларюшин Николай Петрович*,**
доктор технических наук, профессор, e-mail: larushinnp@mail.ru
***Шуков Александр Васильевич*,**
кандидат технических наук, доцент, e-mail: Sashka-shukov@yandex.ru
ФГБОУ ВО «Пензенский государственный аграрный университет», г. Пенза

Реферат. *Для получения высоких и устойчивых урожаев высевающие аппараты должны обеспечивать: непрерывный и равномерный поток семян различных культур, минимальное повреждение семян, легкую и удобную установку на заданную норму высева, устойчивость установленной нормы высева. Изучали вопросы повышения качества посева семян зерновых культур при различных режимах работы экспериментального катушечно-винтового высевающего аппарата. Для проведения лабораторных исследований в ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ была разработана экспериментальная лабораторная установка, установленная на почвенном канале. Исследования проводили на озимой пшенице сорта «Безенчукская». Использовали методику планирования многофакторного эксперимента. Результаты обрабатывали на ПЭВМ в программе «Statistika 6.0». Изучали поверхность отклика в зоне оптимальных значений факторов с помощью способа двухмерных сечений. Получена адекватная математическая модель второго порядка. В результате эксперимента были установлены*

зависимости неустойчивости общего высева при работе экспериментального катушечно-винтового высевающего аппарата от угла наклона торцевой части клапана, угла наклона желобков катушки, высоты расположения обреза торцевой части клапана.Определены оптимальные параметры, оказывающие наибольшее влияние на неустойчивость общего высева: угол наклона торцевой части клапана 85-94^0, угол наклона желобков катушки 17,9-20^0, высота расположения обреза торцевой части клапана 14,2 – 16,0 мм.

Ключевые слова: *катушечно-винтовой высевающий аппарат, неустойчивость общего высева, посев, зерновые культуры*

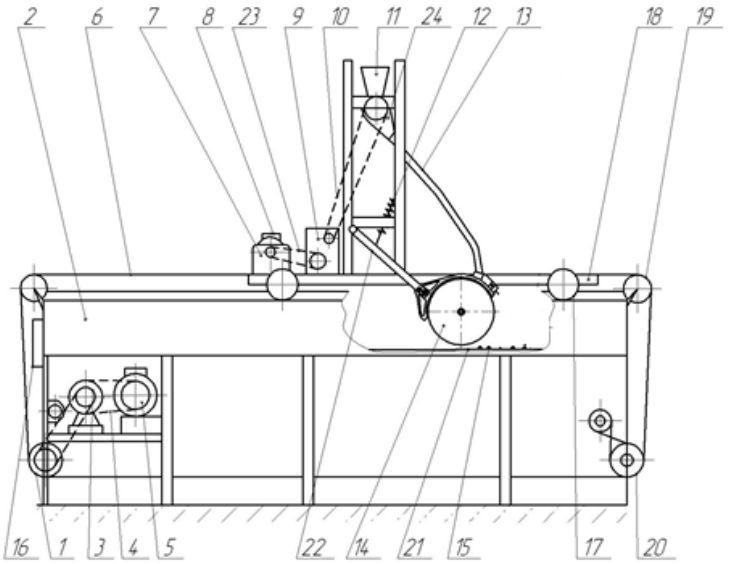
Введение. При возделывании зерновых культур посев является одной из ответственных операций, так как правильно выбранные способ посева, норма высева семян каждой культуры, в зависимости от сложившихся климатических и конкретных почвенных условий, определяет будущий урожай. Кроме того, высококачественный посев позволяет окупить высокие затраты труда и денежных средств[1-3].

Для получения высоких и устойчивых урожаев высевающие аппараты должны обеспечивать: непрерывный и равномерный поток семян, устойчивость установленной нормы высева, возможность высева семян различных культур, минимальное повреждение высеваемых семян, легкую и удобную установку на заданную норму высева.

Для решения этой проблемы в Пензенском ГАУ был разработан, изготовлен и испытан катушечно-винтовой высевающий аппарат (патент № 2384040 от 20.03.2010).

Материалы и методы. Для проведения лабораторных исследований в ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ была применена экспериментальная лабораторная установка, установленная на почвенном канале (рисунок1).

При лабораторных исследованиях была применена методика планирования многофакторного эксперимента, согласно ГОСТ 31345-2007 «Сеялки тракторные» СТО АИСТ 5.6-2010 «Машины посевные и посадочные», так как неустойчивость общего высева семян зависит от множества факторов[4-7].



1, 20 – система полиспастов; 2 – почвенный канал; 3 – мотор-редуктор; 4, 10, 23 – цепи привода; 5, 8 – электродвигатели; 6 – трос; 7 – контрпривод; 9 – рычажно-кулачковый вариатор; 11 – бункер; 12 – пружина; 13 – семяпровод; 14 – дисковый сошник; 15 – семена; 16 – пульт управления; 17 – опорный ролик; 18 – тележка; 19 – огибающий шкив, 21 – противень; 22 – поводок.

Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки на почвенном канале для определения неустойчивости общего высева семян

Лабораторная установка (рисунок 1) состоит из почвенного канала 2 и тележки 18, на которую монтируются бункер для семян 11, высевающий аппарат 24, семяпровод 13 и дисковый сошник 14 с механизмом навески, состоящий из поводка 22 и пружины 12, мотор-редуктора 8, контрпривода 7, вариатора 9, звездочки с цепями привода 10, 23. Привод тележки осуществляется с пульта управления 16 с помощью электродвигателя 5 через мотор-редуктор 3, систему полиспастов 1, 20, троса 6, натянутого через огибающие ролики 19. На почвенном канале под дисковым сошником 14 установлен противень 21 размером 1,0х0,5м.

На рисунке 2 представлен общий вид катушечно-винтового высевающего аппарата.

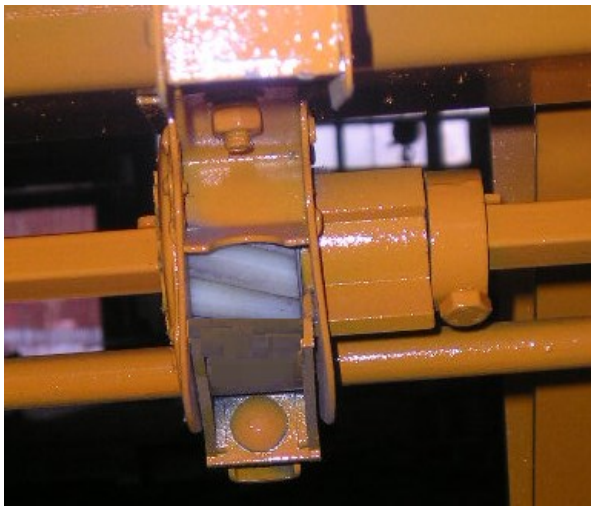


Рисунок 2 – Общий вид катушечно-винтового высевающего аппарата

Перед началом исследований устанавливаем необходимую норму высева 225 кг/га озимой пшеницы сорта «Безенчукская 380», засыпаем семенной материал в бункер (не менее 3/4 от его общего объема) и включаем привод высевающих аппаратов, с целью заполнения их семенами. Далее устанавливаем противень размером 1,0х0,5 м для сбора семенного материала на почву почвенного канала, при этом зазор между противнем для семян и сошником равен 0,05 м. Включаем с пульта управления электродвигатель привода тележки, при движении тележки с заданной скоростью по почвенному каналу, высевающий аппарат, через семяпровод подает семена в сошник и далее в противень для сбора семенного материала. Собранный материал на одном метре (массой m) емкости взвешиваем на весах ACCULABALC-210 d4 с точностью до 0,001 г. Повторность опытов трехкратная. Согласно общепринятым методикам рассчитываем норму высева на 1 га. Например, для сеялки СЗ-5.4 норма высева будет равна

$$Q = m \cdot l \text{ кг/га},$$

где m – масса высеянных семян дисковым сошником на одномметре, кг;l – расстояние, пройденное всеми сошниками экспериментальной сеялки СЗ-5.4-06 на одном гектаре, м.

Полученные значения нормы высева сравниваем с заданной нормой высева, при этом неустойчивость общего высева *(v')* не должна превышать 3 %.

Результаты и их обсуждение. После обработки результатов многофакторного эксперимента на ПЭВМ в программе «Statistika 6.0» получили адекватную математическую модель второго порядка, описывающую зависимость $y = f(\beta, \alpha, h)$ в закодированном виде.

$$y=1,01-0,018x_1-0,028x_2+0,046x_3+0,082x_1^2+0,077x_2^2+ \\ +0,096x_3^2-0,027x_1x_2-0,037x_1x_3+0,039x_2x_3. \quad (1)$$

После получения значения факторов необходимо изучить поверхности отклика в зоне оптимальных значений факторов с помощью способа двухмерных сечений. Строим двухмерное сечение, характеризующее зависимость неустойчивости общего высева, от угла наклона торцевой части клапана (β) и высоты расположения обреза торцевой части клапана (h).

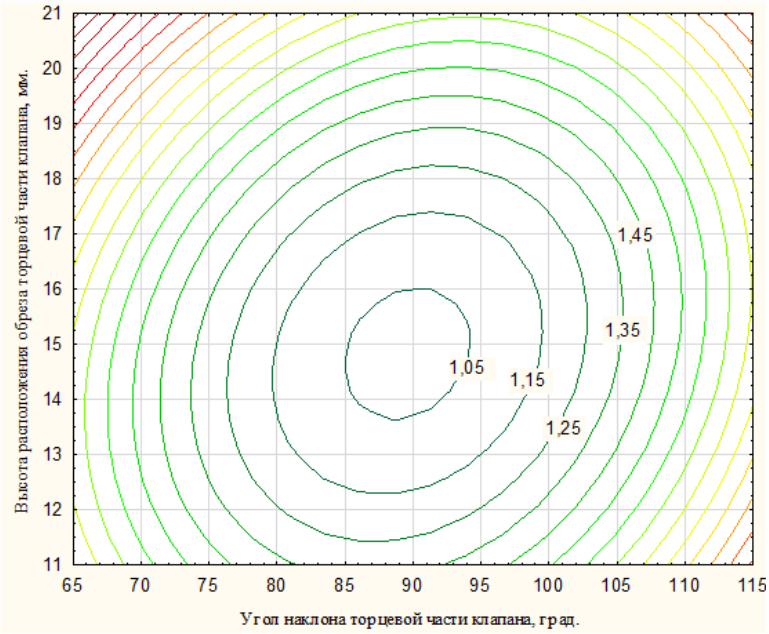


Рисунок 3 – Двухмерное сечение, характеризующее зависимость неустойчивости общего высева, от угла наклона торцевой части клапана (β) и высоты расположения обреза торцевой части клапана (h).

Анализируя графическое изображение двухмерного сечения (рисунок3), можно сделать вывод, что оптимальные значения исследуемых факторов находятся в интервалах: β = 85 - 94 град., h = 13,8 -16,0 мм, при этом неустойчивость общего высева (ν) соответственно будет составлять 1,05 %.

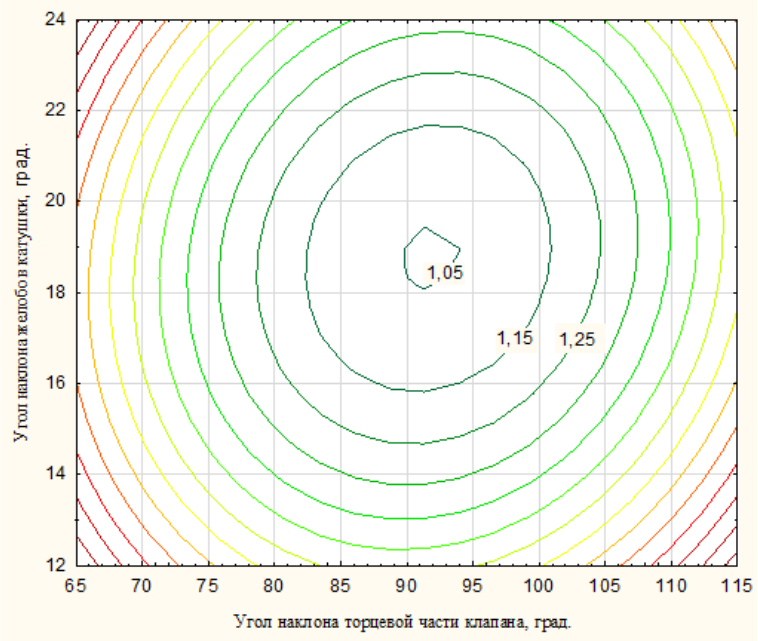


Рисунок 4 – Двухмерное сечение, характеризующее зависимость неустойчивости общего высева, от угла наклона торцевой части клапана (β) и угла наклона желобков катушки (α).

Строим двухмерное сечение, характеризующее зависимость неустойчивости общего высева от угла наклона желобков катушки (α) и высоты расположения обреза торцевой части клапана (h) (рисунок 5).

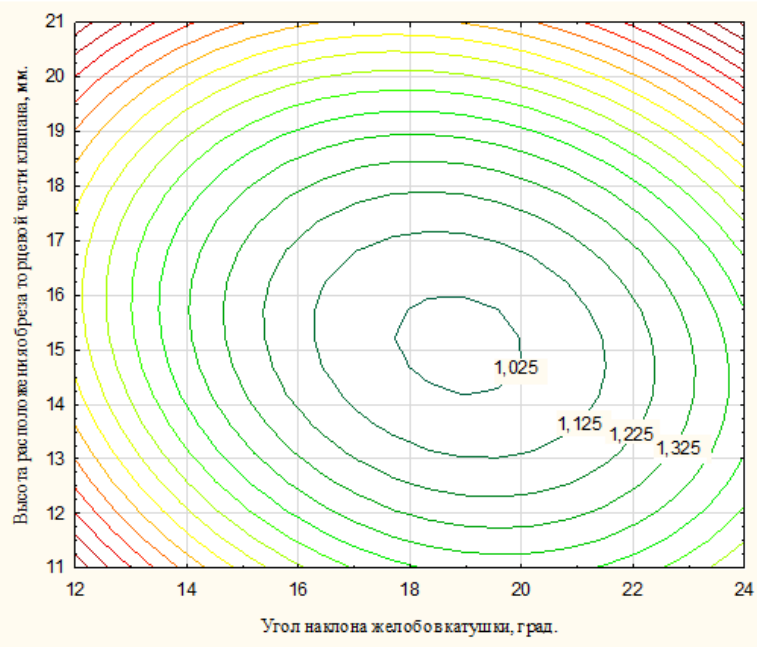


Рисунок 5 – Двухмерное сечение, характеризующее зависимость неустойчивости общего высева от угла наклона желобков катушки (α) и высоты расположения обреза торцевой части клапана (h)

Анализируя графическое изображение двухмерного сечения (рисунок 4),можно сделать вывод, что оптимальные значения исследуемых факторов находятся в пределах β =89- 94 град., α = 18,00 - 19,05 град., при этом неустойчивость общего высева (ν) соответственно будет составлять 1,05 %.

Анализируя графическое изображение двухмерного сечения (рисунок 5), можно сделать вывод, что оптимальные значения исследуемых факторов находятся в пределах α = 17,9 - 20,0 град, h = 14,2 - 16,0 мм., при этом неустойчивость общего высева (ν) соответственно будет составлять 1,025 %.

Для использования уравнения (1) при инженерных расчетах удобнее представить его в раскодированном виде. С учетом значимости коэффициентов регрессии уравнение можно представить следующим выражением:

$$Y = 4,684 - 0,025\beta - 0,124\alpha - 0,175h + 0,001\beta^2 + 0,003\alpha^2 + \\ + 0,006h^2 - 0,001\,\beta\alpha - 0,001\,\beta h + 0,002\,\alpha h\,. \qquad (2)$$

Заключение. В результате проведения лабораторных исследований определены факторы, оказывающие наибольшее влияние на неустойчивость общего высева: угол наклона торцевой части клапана $\beta = 85...94$ град., угол наклона желобков катушки $\alpha = 17,9...20,0$ град., высота расположения обреза торцевой части клапана $h = 14,2...16,0$ мм.

Список литературы

1. Ларюшин, Н.П. Посевные машины. Теория, конструкция, расчёт / Н.П. Ларюшин, А.В. Мачнев, В.В. Шумаев [и др.] – Москва: Росинформагротех, 2010.- 292 с.

2. Петухов, Д.А. Современные посевные машины / Д.А. Петухов, В.В. Сердюк // Техника и оборудования для села. – 2012. – № 1. – С. 18–21.

3. Ларюшин, Н.П. Основные факторы, влияющие на качественные показатели работы высевающих аппаратов сеялок/ Н.П. Ларюшин, А.В. Шуков, А.В. Абакумов// Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы: сборник научных трудов международной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Ф. Х. Бурумкулова. Институт механики и энергетики, 2016. – С. 484-488.

4. ГОСТ Р 52778-2007. Испытания сельскохозяйственной техники. Методы эксплуатационно-технологической оценки. – Москва: Изд-во стандартов, 2007. – 28 с.

5. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической об-работки результатов исследований). – 5-е изд., доп. и перераб. – Москва: Агропромиздат, 1985. – 351 с

6. Халафян, А.А. STATISTIC A 6: статистический анализ данных: учебник / А.А. Халафян. – Москва: ООО «Бином-Пресс», 2007. – 512 с.: ил.

7. Ларин, М.А. Экспериментальные исследования сошника с направителем-распределителем семян пневматической сеялки / Мачнев А.В., Шуков А.В., Мачнева В.В. // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной

LABORATORY RESEARCHCOIL-HELIX SEED DISTRIBUTOR LABORATORY RESEARCH OF ROLLER - SCREW SEEDING DEVICES

Laryushin Nikolay,
doctor of technical Sciences, Professor, e-mail: larushinnp@mail.ru
Shukov Alexander,
candidate of technical Sciences, associate Professor,
e-mail: Sashka-shukov@yandex.ru
FSBEI HE "Penza state agrarian University", Penza

Abstract. *Sowing devices must ensure: a continuous and uniform flow of seeds from different crops, minimal damage to seeds, easy and convenient installation at a given seed rate, stability of the established seed rate for obtaining high and stable yields. The issues of improving the quality of sowing seeds of grain crops under various modes of operation of an experimental bobbin-screw sowing apparatus were studied. An experimental laboratory facility installed on a soil channel was developed at FSBEI HE Penza State Agrarian University for laboratory research. Studies were performed on winter wheat varieties "Bezenchukskaya". Methodology planning multivariate experiment was used. The results were processed on a PC in the program "Statistika 6.0". The surface response in the zone of optimal values of the factors using the method of two-dimensional sections studied. An adequate second-order mathematical model was obtained. The dependencies of the total seeding instability during the operation of the experimental bobbin-screw sowing apparatus on the angle of inclination of the valve end, angle of inclination of the coil grooves, height of the cutout of the valve end part were established as a result of the experiment. The optimal parameters that have the greatest influence on the instability of the total seeding: the angle of inclination of the end portion of the valve 85-940, the angle of inclination of the grooves of the coil 17.9-200, the height of the cutout of the end portion of the valve 14.2 - 16.0 mm, are determined.*

Keywords: *reel to reel-screw seeding apparatus, instability of the General sowing, planting, crops*

References

1. Laryushin, N.P. Sowing cars. The theory, a design, calculation / N.P. Laryushin, A.V. Machnev, V.V. Shumayev [etc.] – Moscow: Rosinformagrotekh, 2010. - 292 pages.

2. Roosters, D.A. Modern sowing cars/. A. Petukhov, V.V. Ser-dyuk//Equipment and equipment for the village. – 2012. – No. 1. – Page 18-21.

3. Laryushin, N.P. The major factors influencing quality indicators of operation of the sowing devices of seeders / N.P. Laryushin, A.V. Shukov, A.V. Abakumov//Energy efficient and resource-saving technologies and systems: the collection of scientific works of the international scientific and practical conference devoted to memory of the Doctor of Engineering, professor F.H. Burumkulov. Institute of mechanics and power, 2016. – Page 484-488.

4. GOST P 52778-2007. Tests of agricultural machinery. Methods of ekspluata-tsionno-technological assessment. – Moscow: Publishing house of standards, 2007. – 28 pages.

5. An armor, B.A. Metodik of field experiment (with bases of statistical processing of results of researches). – the 5th prod., additional and reslave. – Moscow: Agropromizdat, 1985. – 351 with

6. Halafyan, A.A. STATISTIC A 6: statistical analysis of data: textbook / A.A. Hala-fyan. – Moscow: LLC Bingom-Press, 2007. – 512 pages: silt.

7. Larin, M.A. Pilot studies of a soshnik with the napravitelem-distributor of seeds of the pneumatic seeder / Machnev A.V., Shukov A.V., Machneva V.V.//the Messenger of the Ulyanovsk state agricultural

УДК 681.5.017: 631.331

МОДЕРНИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ВЫСЕВА СЕМЯН

Завражнов Анатолий Иванович,
доктор технических наук, профессор, академик Российской академии наук,
гл. научный сотрудник, e-mail: president@mgau.ru
ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ. г. Мичуринск
Балашов Александр Владимирович,
кандидат технических наук, доцент, e-mail: ntc.agro@yandex.ru
Стрыгин Сергей Петрович,
кандидат технических наук, e-mail: sew1982@gmail.com
Крищенко Андрей Владиленович,
инженер, e-mail: vitin@mail.ru
Пустоваров Никита Юрьевич,
аспирант, e-mail: vitin@mail.ru
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», г. Тамбов

Реферат*: Системы контроля высева семян, позволяют оперативно информировать механизатора о возникающих при работе посевного агрегата технологических и технических отказах. Была изучена работа пневматической сеялки ТС-М 8000А с электронной системой МК-8/12 с оптическими датчиками для контроля процесса высева семян. Выявлены недостатки в ее работе при производственных испытаниях и причины их возникновения: установка на значительной (более 0,5 м) высоте относительно поверхности почвы; нестабильность работа из-за повышенной их чувствительности на осаждаемую на пластины пыль; необходимость периодических остановок посевного агрегата и порожних бункеров высевающих аппаратов для очистки от пыли. Для улучшения информирования механизатора о качестве посева и о технологических или технических отказах сеялки выполнена модернизация сеялки, которая заключалась в установке датчика скорости и блока сопряжения с датчиками высева, замене блока индикации, замене оптического датчика высева на емкостный датчик с высокой разрешающей способностью, чувствительностью и работоспособностью в условиях сильной запыленности. Теоретически обоснованы размеры емкостного датчика высева семян и его расположение на высевающем аппарате. Установлено, что при высоте установки датчика в 50 мм, длина чувствительной зоны должна составлять не менее 30 мм, при этом расхождение расчетных и экспериментальных данных находится в пределах погрешности эксперимента. Разработана программа для ЭВМ, на систему контроля высева семян. Производственное использование модернизированной системы контроля высева семян позволит значительно сократить затраты труда, повысить качество работы (уменьшение пропусков и двойников на 5 и 4,2 % соответственно), производительность посевных агрегатов за счет постоянного информирования механизатора о процессе посева, технологических и технических отказах сеялок сеялки, а также повысить эффективность контроля оператором процесса посева.*

Ключевые слова: *сеялка, система контроля, датчик, модернизация.*

Введение. Посев пропашных культур должен проводиться в агротехнические сроки в соответствии с заданной нормой высева при равномерном распределении семян по площади поля

на установленной глубине заделки. Качество и своевременность посева в значительной степени определяет развитие растений и формирование урожая. Несоблюдение установленных требований приводит к ухудшению качества посева и невосполнимым потерям урожая.

Автоматический контроль работы посевных машин является одним из основных резервов повышения производительности труда, улучшения качества посева и увеличения урожайности сельскохозяйственных культур. Поддержание заданных параметров высева семян является сложной задачей ввиду воздействия ряда случайных факторов на посевной агрегат, что требует от оператора постоянного повышенного внимания, которое вызывает утомление. По мере усложнения конструкций сеялок, увеличения ширины захвата и рабочих скоростей движения посевного агрегата визуальный контроль протекания технологического процесса становится не эффективным, а в большинстве случаях неосуществимым.

При отсутствии системы контроля высева семян, технологические и технические отказы обнаруживаются и устраняются механизатором только при остановках посевного агрегата на разворотных полосах поля и при условии внимательного осмотра основных узлов сеялки. Не выявленные и не устраненные во время посева отказы в работе сеялок приводят к просевам, составляющим от 1,5 до 8% площади засеянного поля [1, 2]. Своевременно обнаружить отказы сеялки помогают устанавливаемые системы контроля высева семян [3].

Результаты и обсуждение. Была изучена работа пневматической сеялки точного высева ТС-М 8000А, которая предназначена для посева кукурузы, сахарной свёклы, подсолнечника, и других пропашных культур, рисунок 1 [4].

Для контроля процесса высева семян на сеялке установлена электронная система МК-8/12, которая позволяет только информировать механизатора звуковым сигналом и появлением красного цвета на световом индикаторе соответствующего высевающего аппарата при отклонении от минимальной заданной нормы высева.

При использовании этой сеялки на посеве подсолнечника и кукурузы в фермерском хозяйстве были выявлены недостатки в работе системы контроля высева семян. В рассматриваемой системе не предусмотрена функция контроля скорости посевного агрегата. Блок индикации системы контроля выполнен в виде световых индикаторов, который не позволяет получить в цифровом виде информацию о количестве высеянных семян на одном метре рядка. Поэтому невозможно определить качество высева семян при колебаниях скорости посевного агрегата. Кроме того, были выявлена недостаточная толщина пластины сбрасывателя «двойников» высевающего аппарата, которая приводила к нестабильному сбрасыванию лишних семян.

а) посевной агрегат

б) высевающие секции сеялки

Рисунок 1 – Сеялка точного высева ТС-М 8000А

Существенным недостатком оптических датчиков высева, применяемых в системе МК-8/12, является их установка на значительной (более 0,5 м) высоте относительно поверхности почвы, что отрицатель сказывается на достоверности регистрируемых параметров высева семян. При работе посевного агрегата была отмечена нестабильная работа оптических датчиков высева из-за повышенной их чувствительности на осаждаемую на пластины пыль. Поэтому для восстановления работоспособности системы контроля необходимо очищать чувствительные элементы датчика от пыли при периодических остановках посевного агрегата и порожних бункерах высевающих аппаратов.

Для устранения отмеченных недостатков, по просьбе руководства хозяйства, была проведена модернизация системы контроля высева семян сеялки, которая заключалась в установке датчика скорости и блока сопряжения с оптическими датчиками высева, замене блока индикации. Кроме того, было предложена замена оптического датчика высева на емкостный датчик, который имеет высокую разрешающую способность, чувствительность и работоспособность в условиях сильной запыленности. Чувствительная зона датчика находится в пространстве между параллельно расположенными пластинами. Семя, пролетая через чувствительную зону, изменяет свойство поля и появляется электрический сигнал, который индицируется кратковременным загоранием светодиода на контроллере. При этом датчики не реагируют на пыль, осаждаемую на них, и на помехи, возникающие при работе посевного агрегата.

Модернизация системы контроля высева семян, установленная на сеялке ТС-М 8000А осуществлена на основании результатов, проведенных теоретических и экспериментальных исследований.

При обосновании необходимых размеров емкостного датчика высева семян и определения места его расположения на высевающем аппарате, была изучена траектория падения семян до чувствительной зоны после их отрыва от высевающего диска.

Для определения чувствительной зоны датчика, характеризуемой длиной пластин, в зависимости от траектории семян при падении из высевающего диска при различной частоте вращения и пролета между пластинами были проведены аналитические исследования, в результаты которых было получено уравнение теоретической траектории полета семени:

$$y = \frac{\left(\sqrt{m^2 \cdot \frac{\omega^2 \cdot r^2 \cdot \pi^2}{900} - C_x \cdot m \cdot \rho \cdot V_x^{\,2} \cdot S_{мид} \cdot x} - \frac{m^2 \cdot \omega \cdot r \cdot \pi}{15}\right)^2 \left(C_x \cdot \rho \cdot V_y^{\,2} \cdot S_{мид} - 4 \cdot m \cdot g\right)}{128 m^3},$$

где m – масса семени, кг; C_x - коэффициент лобового сопротивления ($C_x=0,4$ - для семян шарообразной формы); ρ – плотность воздуха, кг/м^3; V – скорость полета семени, м/с; $S_{мид}$ – площадь поперечного сечения семени, м; ω - частота вращения высевающего диска, с$^{-1}$; r – радиус диска, м; g – ускорение свободного падения, м/с^2.

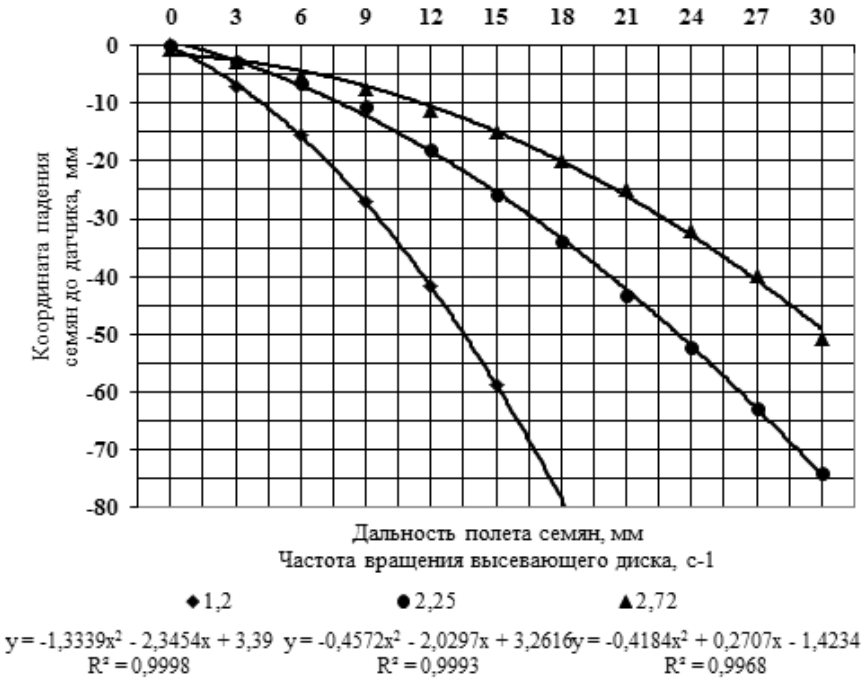


Рисунок 2 – Экспериментальные траектории полета семян сои при различных частотах вращения высевающего диска и высоте установки датчика

Анализируя полученные траектории полета семян, рисунок 2, можно заключить следующее. Длина чувствительной зоны датчика высева в большей степени зависит от частоты вращения диска. Так, при высоте установки датчика в сошнике на расстоянии от высевающего диска в 50 мм, длина его чувствительной зоны составляет не более 12 мм при частоте вращения диска 1,20 $с^{-1}$, при увеличении частоты вращения диска до 2,72 $с^{-1}$ при той же высоте установке датчика, длина его чувствительной зоны увеличивается до 28 мм. Таким образом, при высоте установки датчика в 50 мм, длина чувствительной зоны должна составлять не менее 30 мм. При этом расхождение расчетных и экспериментальных данных составляет не более 6-8%, что находится в пределах погрешности эксперимента.

Для надежной регистрации пролета семян, между чувствительными пластинами и отсеивания ложных срабатываний датчика на пыль и вибрацию, необходимо обеспечить изменение емкости при пролете семян самой маленькой фракции, минимум на 10% от емкости конденсатора без увеличения напряжения на нем. Исходя из этого, расстояние между чувствительными пластинами датчика высева семян должно не превышать 20 мм.

Исследованиями установлено, изменение емкости, происходящее при пролете мелких семян моркови, составляет 0,008 пФ, а изменение емкости будет составлять 6,6%, что является достаточным для надежной регистрации пролета семян через пластины датчика.

В результате проведенных теоретических и экспериментальных исследований была определена чувствительная зона емкостного датчика высева семян, устанавливаемого на высевающий аппарат пропашной сеялки точного высева, длина которой должна быть не менее 30 мм, расстояние между пластинами не менее 15 мм, а датчик должен быть установлен на расстоянии не ниже 50 мм от точки отрыва семени от высевающего диска.

При модернизации системы контроля высева семян на существующей сеялке необходима установка бесконтактного индуктивного датчика скорости, с лицевой стороны корпуса которого расположена чувствительная зона, а на противоположной стороне смонтирован светодиод для визуального наблюдения за работой датчика.

Место установки датчика на кронштейне определяется из условия, что его торец должен располагаться на траектории окружности размещения головок болтов крепления обода опорно-приводного колеса, рисунок 3.

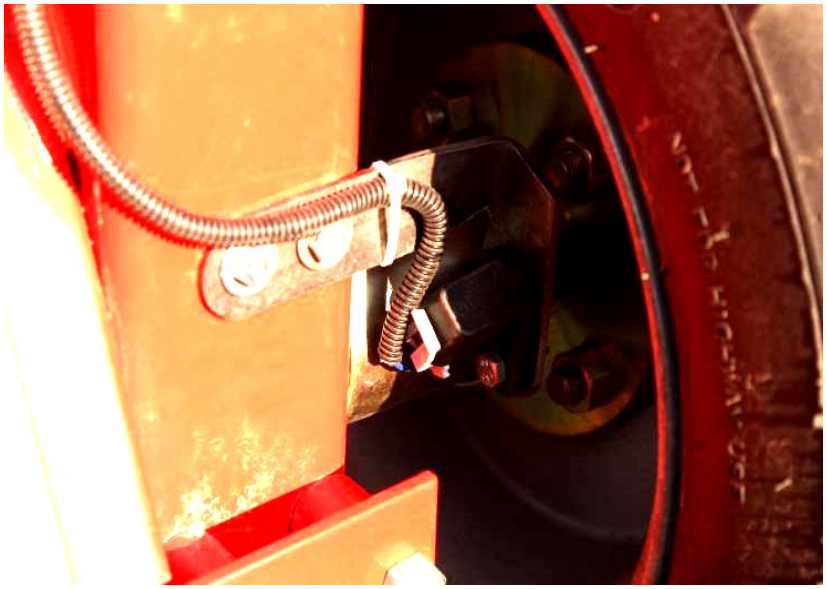


Рисунок 3 – Кронштейн с датчиком скорости

При этом расстояние между торцами головки болта и чувствительной зоной датчика не должно превышать 1-4 мм. При таком расположении датчика обеспечивается равномерное поступление электрических сигналов.

Контроллер предназначен для сбора и передачи на монитор информации о текущей норме высева по каждому высевающему аппарату, скорости движения посевного агрегата на запрограммированной длине участка, его производительности и размере засеянной площади.

Нами предложена замена существующего блока индикации, используемого в существующей системе контроля, на контроллер от системы контроля высева семян «РИТМ», который показал высокую информативность и надежную работу в процессе использования пропашных сеялок, на которых он установлен, рисунок 4 [5, 6].

Рисунок 4 – Контроллер СКВС «РИТМ».

Система контроля высева семян настраивается по разработанной и запатентованной программе, в которую заложены следующие параметры: ширина захвата сеялки; диаметр приводного колеса; минимальная и максимальная норма высева семян; количество головок болтов крепления диска приводного колеса; количество оборотов приводного колеса; включение/выключение звукового сигнала при отклонениях нормы высева; выключение/включение световой индикации каналов, где норма высева находится в установленных пределах; включение/выключение звукового и светового сигнала при отклонениях скорости посевного агрегата от установленных значений; включение/выключение автостарт; включение/выключение датчиков высева [7].

Разработана программа для ЭВМ, на систему контроля высева семян предусматривает её работу в автоматическом режиме, самоконтроль датчиков высева и пути, контроль напряжения бортовой сети трактора, меню на русском языке вместо символов, вывод на экран контроллера нормы высева семян разноцветными светодиодами с однорядным расположением, скорости и производительности посевного агрегата.

Контроллер должен быть установлен в кабине трактора в удобном для зрительного восприятия месте в нижней части лобового стекла трактора под необходимым углом наклона.

С точки зрения эргономики замена цвета светодиодов и двухрядного расположения индикаторов на мониторе контроллера на однорядное позволит снизить зрительное напряжение [8].

Наличие большого количества проводов от датчиков к контроллеру приводит к неудобствам при эксплуатации системы. Поэтому при модернизации системы контроля был дополнительно смонтирован переходный кабель, рисунок 5, и разработан блок сопряжения, который позволяет совместить оптические датчики высева с контроллером от системы контроля «РИТМ».

При работе посевного агрегата необходимо придерживаться такой скорости движения, при которой отсутствует непрерывный звуковой сигнал и визуальный контроль об отклонении от заданной скорости. Через определенное количество оборотов колеса, происходит изменение показаний на мониторе контроллера нормы высева семян в штуках на 1 метре рядка.

Рисунок 5 – Переходный кабель от блока обработки сигналов датчиков высева.

Заключение. Производственное использование модернизированной системы контроля высева семян позволит значительно сократить затраты труда, повысить качество работы (уменьшение пропусков и двойников на 5 и 4,2% соответственно), производительность посевных агрегатов за счет постоянного информирования механизатора о процессе посева, технологических и технических отказах сеялок сеялки, а также повысить эффективность контроля оператором процесса посева. Контролируемый посев обеспечивает проведение полевых работ качественно в оптимальные агротехнические сроки, что положительно влияет на урожайность возделываемых культур.

Список литературы

1. Лаврухин, П.В. Расширение понятия точности посева /П.В. Лаврухин// Вестник Российской Академии сельскохозяйственных наук. – 2002.– №5 – С. 17.
2. Бузенков, Г.М. Автоматизация посевных агрегатов /Г.М. Бузенков, В. К. Хорошенков, М. Л. Тамиров – М.: Россельхозиздат, 1979. – 88с.
3. Балашов А.В. Повышение качества посева пропашных культур пневматическими сеялками / А.В. Балашов, А.В. Крищенко, С.П. Стрыгин // Повышение эффективности использования ресурсов при производстве сельскохозяйственной продукции – новые для растениеводства и животноводства технологии и техника нового поколения. Сборник научных докладов XVIII международной научно-практической конференции (23-24 сентября 2015 г., Тамбов). – Тамбов: «Издательство Першина Р.В.», 2015. – С.63-67.
4. Сеялка точного высева ТС-М 8000А [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://www.tese.ru/manual/tcm8000a.pdf (дата обращения: 10.07.2018).
5. Завражнов, А.И. Система контроля высева семян / А.И. Завражнов, А.В. Балашов, С.П. Стрыгин, А.В. Крищенко, Н.Ю. Пустоваров // Сельский механизатор. – 2017. - № 12. – С. 18 – 21.
6. Балашов, А.В. Контроль высева семян на пропашных сеялках / А.В. Балашов, Н.Ю. Пустоваров // Интеллектуальные технологии и техника в АПК: материалы Международной научно-практической конференции 18-20 октября 2016 года. – Мичуринск: ООО «БИС», 2016. – С.217-225.
7. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2017614821 «Контроль за 12-ти рядной сеялкой» / А.В. Крищенко, Н.Ю. Пустоваров; правоообладатель ФГБНУ ВНИИТиН. – № 2016664130, заяв. 20.12.2016; опубл. 27.04.2017, Бюл. №5. 2017– 2 с.
8. Патент №2681570 Российская Федерация, МПК A01C 7/00. A01C 7/208 Система контроля высева семян / А.В. Крищенко, А.И. Завражнов, А.Н. Зазуля, А.В. Балашов, С.П. Стрыгин, Н.Ю. Пустоваров; заявитель и патентообладатель ФГБНУ ВНИИТиН. – № 2017132542, заяв.13.02.2017; опубл. 11.03.2019, Бюл. №8. – 7 с.

MODERNIZED CONTROL SYSTEM FOR SOWING SEEDS

Zavrazhnov Anatoliy,
Doctor of technical Sciences., Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences,
e-mail: president@mgau.ru
Balashov Alexander,
Candidate of technical sciences, associate professor,
e-mail: ntc.agro@yandex.ru
Strygin Sergei,
Candidate of technical sciences, e-mail: sew1982@gmail.com
Krishchenko Andrej,
Engineer, e-mail: vitin@mail.ru
Pustovarov Nikita,
Graduate student, e-mail: vitin@mail.ru
Federal State Budgetary Scientific Institution "All-Russian Research Institute for Use machinery and Petroleum products in Agriculture", Tambov

Abstract. *Seed control systems make it possible to promptly inform the operator about technological and technical failures occurring during operation of the sowing unit. The operation of the pneumatic seed drill TC-M 8000A with the electronic system MK-8/12 with optical sensors to monitor the seeding process was studied. Disadvantages in its work during production tests and their causes: installation at a significant (more than 0.5 m) height relative to the soil surface; the instability of the work due to their increased sensitivity to the dust deposited on the plates; the need for periodic stops of the sowing unit and the empty bunkers of the sowing apparatus for cleaning from dust, were identified. The modernization of the seeder, which consisted in installing a speed sensor and an interface unit with seeding sensors, replacing the display unit, replacing the optical seeding sensor with a capacitive sensor with high resolution, sensitivity and performance in dusty conditions, was improved to improve informing the operator about the quality of seeding and on technological or technical failures of the drill. The dimensions of the capacitive sensor for seeding seeds and its location on the sowing apparatus are theoretically grounded. It has been established that with a sensor installation height of 50 mm, the length of the sensitive zone should be at least 30 mm, while the discrepancy between the calculated and experimental data is within the experimental error. A computer program for a seed control system has been developed. The production use of a modernized seeding control system will significantly reduce labor costs, improve the quality of work (reducing gaps and twins by 5 and 4.2% respectively), the productivity of sowing units by constantly informing the operator about the seeding process, technological and technical failures of the seeders, and also increase the efficiency of control by the operator of the seeding process.*

Key words: *seeder, seeding control, sensors, modernization.*

References

1. Lavrukhin, P.V. Rasshireniye ponyatiya tochnosti poseva /P.V. Lavrukhin// Vest-nik Rossiyskoy Akademii sel'skokhozyaystvennykh nauk. – 2002.– №5 – S. 17.
2. Buzenkov, G.M. Avtomatizatsiya posevnykh agregatov /G.M. Buzenkov, V. K. Kho-roshenkov, M. L. Tamirov – M.: Rossel'khozizdat, 1979. – 88s.
3. Balashov A.V. Povysheniye kachestva poseva propashnykh kul'tur pnevmatiche-skimi seyalkami /A.V. Balashov, A.V. Krishchenko, S.P. Strygin // Povysheniye effektiv-nosti ispol'zovaniya resursov pri proizvodstve sel'skokhozyaystvennoy produktsii – novyye dlya rasteniyevodstva i zhivotnovodstva tekhnologii i tekhnika novogo pokoleniya. Sbornik nauchnykh dokladov XVIII mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (23-24 sentyabrya 2015 g., Tambov). – Tambov: «Izdatel'stvo Pershina R.V.», 2015. – S.63-67.
4. Seyalka tochnogo vyseva TS-M 8000A [Elektronnyy resurs] / Rezhim dostupa: http://www.tese.ru/manual/tcm8000a.pdf (data obrashcheniya: 10.07.2018).
5. Zavrazhnov, A.I. Sistema kontrolya vyseva semyan / A.I. Zavrazhnov, A.V. Bala-shov, S.P. Strygin, A.V. Krishchenko, N.YU. Pustovarov // Sel'skiy mekhanizator. – 2017. - № 12. – S. 18 – 21.
6. Balashov, A.V. Kontrol' vyseva semyan na propashnykh seyalkakh / A.V. Balashov, N.YU. Pustovarov // Intellektual'nyye tekhnologii i tekhnika v APK: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-

prakticheskoy konferentsii 18-20 oktyabrya 2016 goda. – Michurinsk: OOO «BIS», 2016. – S.217-225.

7. Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registracii programmy dlja JeVM №2017614821 «Kontrol' za 12-ti rjadnoj sejalkoj» / A.V. Krishhenko, N.Ju. Pustovarov; pravooobladatel' FGBNU VNIITiN. – № 2016664130, zajav. 20.12.2016; opubl. 27.04.2017, Bjul. №5. 2017– 2 s.

8. Patent №2681570 Rossijskaja Federacija, MPK A01S 7/00. A01S 7/208 Sistema kontrolja vyseva semjan / A.V. Krishhenko, A.I. Zavrazhnov, A.N. Zazulja, A.V. Balashov, S.P. Strygin, N.Ju. Pustovarov; zajavitel' i patentoobladatel' FGBNU VNIITiN. – № 2017132542, zajav.13.02.2017; opubl. 11.03.2019, Bjul. №8. – 7 s.

УДК 631.358.072

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИЛ, ДЕЙСТВУЮЩИХ НА ИГЛЫ ИГОЛЬЧАТОЙ БОРОНЫ

Хайлис Гедаль Абрамович,
доктор технических наук, профессор, e-mail: vniiml1@mail.ru
Ковалёв Михаил Михайлович,
доктор технических наук, главный научный сотрудник,
e-mail: m.kovalev@vniiml.ru
Кондрашов Виктор Анатольевич,
аспирант, e-mail: vik3353@yandex.ru
ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», г. Тверь, Россия,
Шевчук Виталий Владимирович,
кандидат технических наук, e-mail: Shevchuk1611@ukr.net
Уманский национальный университет садоводства, г.Умань, Украина,
Толстушко Николай Николаевич,
кандидат технических наук, доцент, e-mail: tmmtno@gmail.com
Луцкий национальный технический университет, г.Луцк, Украина

Реферат. *Применение игольчатых борон с прямолинейными радиально закрепленными иглами и пассивным приводом для заключительной, проводимой непосредственно перед посевом, обработки почвы является наиболее рациональной, так как они малоэнергоемкие и обеспечивают приемлемые показатели качества работы. Повышение эффективности их работы может быть достигнуто созданием более совершенных рабочих органов путём проведения дальнейших исследований, в частности определения сил, действующих на иглы борон при обработке почвы. Рассмотрен процесс незначительного углубления конической части иглы при небольшой силе воздействия на почву, а также углубления в почву при большой силе воздействия на неё и одновременном заглублении нескольких игл. Разработана методика определения сил, действующих на иглы бороны при равномерном углублении их вертикально вниз без поворота диска. Определены составляющие вертикальных и горизонтальных сил реакций при углублении в почву нижних трех игл диска. Действующие на иглы бороны силы при более сложном их приложении к диску бороны и её перемещении, находятся аналогично. Однако, в этом случае, для определения отдельных сил, потребуется дополнение теоретических экспериментальными исследованиями.*

Ключевые слова: *почва, игла, диск, центр, игольчатая борона, сила, сила реакции, движение.*

Введение. Важнейшим звеном при возделывании сельскохозяйственных культур является обработка почвы, способы проведения, сроки и качество выполнения которой во многом определяют величину урожая и качество продукции.

В результате обработки почвы происходит мобилизация ее плодородия, усиливается минерализация органического вещества, улучшаются физические свойства пахотного слоя, создаются необходимые условия для посева семян и произрастания растений в течение вегетации.

Являясь мелкосеменной культурой, лён-долгунец предъявляет повышенные требования к качеству обработки почвы. Верхняя часть пахотного слоя перед посевом льна должна быть хорошо разрыхлена, умеренно уплотнена, а поверхность поля выровнена, что обеспечивается применением различных способов и приемов обработки почвы. Поэтому, после проведения

предпосевной обработки почвы под лён-долгунец проводится ещё и её заключительная обработка, непосредственно перед посевом культуры [1].

Игольчатые бороны целесообразно применять для поверхностного рыхления почвы при заключительной перед посевом её обработке. Они являются наиболее перспективными для выполнения этого технологического приема обработки [2]. Эти рабочие органы исследованы рядом авторов [2-11], вместе с тем многие вопросы их работы не рассмотрены. Повышение эффективности обработки почвы игольчатыми боронами может быть обеспечено созданием более совершенных рабочих органов на основе проведения дальнейших исследований, представляющих значительный интерес.

Цель исследования – определение сил, действующих на иглы борон при взаимодействии с почвой.

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

Результаты и обсуждение. Рассматриваемая игольчатая борона представляет собой ведомые звенья, совершающие качение по почве в продольно-вертикальной плоскости. При этом иглы 1 дисков 2 (рисунок 1) углубляются в почву, прокалывая её и производя рыхление без перемещения слоёв на новое место. Иглы 1 радиально закрепляются на дисках 2. Каждая игла представляет собой прямолинейный стержень, в средней части он цилиндрический, а в нижней части выполнен коническим.

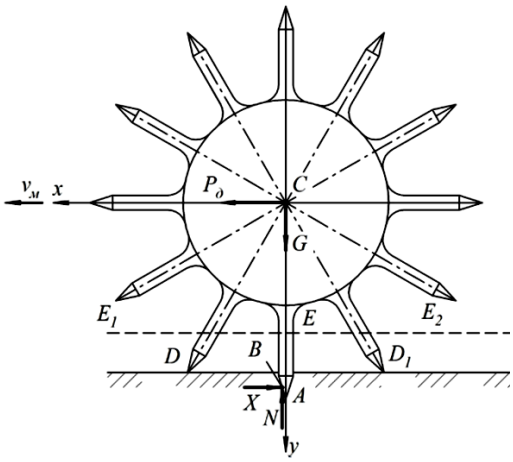


Рисунок 1 – Схема движения игольчатого диска по почве.

Движение игольчатого диска 2 бороны, являющегося ведомым рабочим органом, происходит со скоростью V_M и с угловой скоростью ω вокруг оси C под действием движущей силы $P_д$. Заглубление игл 1 осуществляется под действием силы тяжести G дисков, приложенной в центре C и направленной вертикально вниз. Если сила тяжести G небольшая, то имеет место незначительное заглубление конической части иглы 1. При большой силе тяжести G будет заглубление трех игл в почву ниже её поверхности E_1EE_2.

Сила реакции N, возникающая от действия силы G, приложена в некоторой точке B, расположенной левее оси CA и направлена вверх. Под действием силы $P_д$ возникает сила реакции Q, которая также приложена в точке B и направлена по горизонтали вправо.

Момент сопротивления M_c образуется действием сил G и N с плечом, равным примерно половине толщины иглы. Для преодоления этого момента при движении диска в точке B действует сила реакции Q, которая вместе с движущей силой $P_д$ образует движущий момент $M_д$ диска, при плече их действия от точки B до линии Cx действия силы $P_д$.

Проведём анализ работы иглы при её небольшом углублении. Будем считать, что центр C диска движется равномерно и прямолинейно. Спроектировав силы $P_д$, Q, G и N на оси x и y и приравняв их нулю, имеем:

$$\left.\begin{aligned} \sum x = P_д - Q = 0; \\ \sum y = G - N = 0. \end{aligned}\right\} \qquad (1)$$

Из уравнений (1) следует, что $Q = P_д$, а $N = G$.

Так как диск движется равномерно, то $M_д = M_c$.

Момент $M_д = P_д \cdot l_p$, а момент $M_c = G \cdot l_N$, где l_p – плечо действия сил $P_д$ и Q, а $\boldsymbol{l_N}$ – плечо действия сил N и G или расстояние от точки B до оси $\boldsymbol{y}$. Так как $M_д = M_c$, то

$$P_д = G\frac{l_N}{l_p}. \quad (2)$$

Расстояние $\boldsymbol{l_N}$ меньше или равно половине толщины цилиндрической части иглы, а плечо $\boldsymbol{l_p}$ меньше радиуса диска $r_д$. Обозначив толщину цилиндрической части иглы через $\delta_и$, можно записать, что

$$\left.\begin{aligned} l_N &= \kappa_1 \cdot \delta_и; \\ l_p &= \kappa_2 \cdot r_д, \end{aligned}\right\} \quad (3)$$

где $\boldsymbol{\kappa_1}$ и $\boldsymbol{\kappa_2}$ –коэффициенты, которые определяются экспериментально.

Коэффициент $\kappa_1 = 0{,}40...0{,}45$, а коэффициент $\kappa_2 = 0{,}96...0{,}99$ [12].

С учетом (3) уравнение (2) запишется следующим образом:

$$P_д = G\frac{\kappa_1 \cdot \delta_и}{\kappa_2 \cdot r_д}. \quad (4)$$

Определим силы, действующие на иглы при достаточно большом их углублении в почву.

Ввиду сложности задачи будем решать её с рядом допущений.

На рисунке 2 показана схема углубления в почву трех игл диска под действием значительной силы G, причем центральная игла СА углубилась на достаточно большую глубину h_1, а иглы CD и CD_1 расположенные сбоку от неё, углубились на меньшую глубину, соответственно h_2 и h_3. Сила $P_д$ принимается равной нулю.

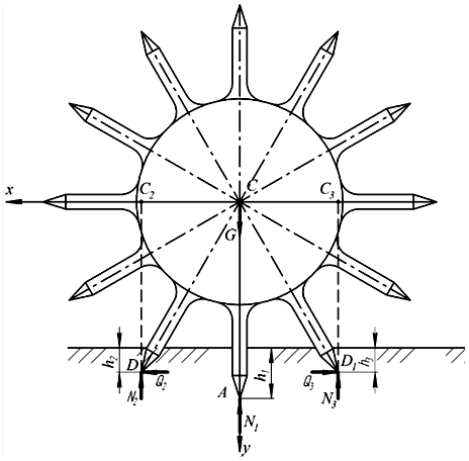


Рисунок 2 – Схема углубления в почву игл диска при достаточно большой силе тяжести бороны.

Систему координат xCy проведем через точку C так, как показано на рис. 2.

От действия силы тяжести G возникают вертикальные N_1, N_2, N_3 и горизонтальные Q_2 и Q_3 составляющие сил реакции почвы, причем составляющая N_1 действует по оси $\boldsymbol{y}$, составляющая N_2, действует на конец D иглы CD, составляющая N_3 действует вверх на конец D_1 иглы CD_1. Составляющие Q_2 и Q_3 действуют ниже уровня почвы, причем составляющая Q_2 действует влево на конец D иглы CD, а составляющая Q_3 действует вправо на конец D_1 иглы CD_1. При углублении игл в почву составляющие N_1, N_2, N_3 направлены вверх, причем составляющая N_1 направлена противоположно силе тяжести G по оси $\boldsymbol{y}$. Однако в зависимости от соотношения составляющих Q_2 и Q_3 составляющая N_1 может быть отклонена от оси Cy влево или вправо.

При равномерном углублении игл в почву без поворота диска суммы проекций сил на оси x и y равны нулю.

Исходя из этого, получим:

$$\left.\begin{aligned} \sum x &= Q_1 - Q_2 = 0; \\ \sum y &= G - N_1 - N_2 - N_3 = 0; \\ \sum M_c &= N_3 \cdot l_1 - N_2 \cdot l_2 = 0, \end{aligned}\right\} \quad (5)$$

где l_1 – расстояние CC_3; l_2 – расстояние CC_2.

При $l_1 = l_2$ из третьего равенства (5) следует, что

$$N_2 = N_3. \quad (6)$$

Аналогично из первого равенства (5) получим

$$Q_2 = Q_3 \quad (7)$$

а из второго равенства (5) имеем:

$$N_1 = G - N_2 - N_3 = G - 2N_2. \quad (8)$$

Определим неизвестные силы N_1и N_2 в уравнении (8). Для этого будем рассматривать почву как сыпучую среду, а явление, имеющее место около точек D и D_1, как боковой распор [12]. Тогда

$$Q_2 \approx \xi N_2 \approx Q_3, \quad (9)$$

где ξ - коэффициент бокового распора (он меньше 1), определяется экспериментально.

Из (9) следует, что

$$N_2 \approx \frac{Q_2}{\xi} \approx N_3, \quad (10)$$

а из (8) получим

$$N_1 = G - 2\frac{Q_2}{\xi}. \quad (11)$$

Аналогично определяются силы, действующие на иглы при более сложном приложении сил к диску бороны и её движении. Возможно и экспериментально-теоретическое определение отдельных сил.

Заключение.

Проведен расчет сил, действующих на иглы при равномерном движении дисков игольчатой бороны по почве, незначительном углублении конической части игл, а также при значительном их углублении в почву.

Получена формула (4) для расчета движущей силы бороны при незначительном углублении игл в почву в зависимости от силы тяжести бороны, диаметра цилиндрической части игл и радиуса дисков.

Определены вертикальные и горизонтальные составляющие сил реакций, действующие со стороны почвы на иглы при большом их углублении в почву без учёта поворота дисков (формулы 8 – 11). На эти силы влияют силы тяжести игольчатых дисков и положение игл в почве.

Список литературы

1. Шиндин, А.П. Лен. Технологии возделывания и защиты от вредных организмов/А.П. Шиндин, Л.М. Захарова, В.Я. Тихомирова, Л.Н. Павлова, Т.А. Рожмина. – М.: ООО НПО «РосАгроХим», 2012. – 144 с.

2. Шевчук, В.В. Обгрунтування параметрів та режимів работи голчатоі борони: Дис….канд.техн.наук:05.05.11/Шевчук Віталій Вікторович. – Дослідницьке, 2015. – 132с.

3. Клетченко, В.Т. Исследование процесса механизации поверхностных противоэрозионных обработок почв игольчатыми дисками в условиях Нечерноземной зоны: Дис. …канд.техн.наук:05.20.01/Клетченко Владимир Тихонович. – Минск, 1981. – 147с.

4. Смирнов, П.А.Обоснование параметров игольчатой бороны с кинематическим соединением между эшелонированными батареями: Дис. …канд. техн. наук: 05.20.01/Смирнов Петр Алексеевич. – Чебоксары,2002. – 140с.

5. 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.

6. Голубев, В.В. Совершенствование технологических процессов и технических средств для предпосевной обработки почвы, посева льна и других мелкосеменных культур: автореф. Дис. …докт. техн. наук: 05.20.01/Голубев Вячеслав Викторович. – М., 2017. – 40 с.

7. 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.

8. Пономарёв, А.В. Параметры ротационной бороны для поверхностной обработки почвы в приствольных зонах плодовых деревьев: Дис.…канд.техн. наук: 05.20.01/Пономарёв Артем Васильевич. – Зерноград, 2018. – 105с.

9. Хайлис, Г.А. Анализ работы игольчатой бороны/ Г.А. Хайлис, М.М. Ковалев, В.А. Кондрашов, Г.А. Перов// Наука в Центральной России. – 2018. – №5. – С.41-49.

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

11. Кондрашов, В.А. Исследование работы игольчатой бороны при движении по почве/ В.А. Кондрашов, М.М. Ковалев, Г.А. Перов//Агротехника и энергообеспечение. – 2018. – №3. – С.107-115.

12. Хайлис, Г.А. К расчету сил, действующих на иглы игольчатой бороны/Г.А.Хайлис, В.В. Шевчук, Н.Н. Толстушко: зб. наукових ст.//Сільського сподарські машини. – Вип. 23. –Луцьк. – 2012. – С.136-141.

DETERMINATION OF FORCES ACTING ON THE NEEDLE NEEDLE HARROWS

Hailis Gedal.,
Full Doctor of technical Sciences, Professor, e-mail: vniiml1@mail.ru
Kovalev Mikhail M.,
Full Doctor of technical Sciences, chief researcher, e-mail: m.kovalev@vniiml.ru
Kondrashov Victor A.,
postgraduate, e-mail: vik3353@yandex.ru
Fsbi "Federal scientific center for fiber crops", Tver,
Shevchuk Vitaly.,
candidate of technical Sciences, e-mail: Shevchuk1611@ukr.net
Uman national University of horticulture, Uman, Ukraine,
Tolstushko Nikolay,
candidate of technical Sciences, associate Professor, e-mail: tmmtno@gmail.com
Lutsk national technical University,Lutsk, Ukraine

Abstract. *The use of needle harrows with rectilinear radially fixed needles and passive drive for the final, carried out immediately before sowing, tillage is the most rational, since they are low-energy and provide acceptable performance indicators. Improving the efficiency of their work can be achieved by creating better working bodies through further research, in particular the determination of the forces acting on the needles of harrows in soil cultivation. The process of a slight deepening of the conical part of the needle with a small force of impact on the soil, as well as deepening into the soil with a large force of impact on it and simultaneous deepening of several needles is considered. The formula for calculating the driving force with a small deepening of the needle into the soil, which is directly proportional to the force of gravity and half of the cylindrical part of the needle, and inversely proportional to the radius of the disk is obtained.The method of determining the forces acting on the needles of the harrow with a uniform deepening them vertically down without turning the disk was developed. The components of the vertical and horizontal forces of reactions during the deepening of the lower three needles of the disc into the soil are determined. The forces acting on the harrow needles, when applied more complexly to the disc of the harrow and its movement, are similar. However, in this case, to determine the individual forces will need to Supplement the theoretical experimental studies.*

Key words: *soil, needle, disc, center, needle harrow, force, reaction force, movement.*

References

1. SHindin, A.P. Len. Tekhnologii vozdelyvaniya i zashchity ot vrednyh organizmov/A.P. SHindin, L.M. Zaharova, V.YA. Tihomirova, L.N. Pavlova, T.A. Rozhmina. – M.: OOO NPO «RosAgroHim», 2012. – 144 s.

2. SHevchuk, V.V. Obgruntuvaniya parametriv ta rezhimiv raboti golchatoi boroni: Dis….kand.tekhn.nauk:05.05.11/SHevchuk Vitalij Viktorovich. – Doslidnic'ke, 2015. – 132s.

3. Kletchenko, V.T. Issledovanie processa mekhanizacii poverhnostnyh protivoehrozionnyh obrabotok pochv igol'chatymi diskami v usloviyah Nechernozemnoj zony: Dis. …kand.tekhn.nauk:05.20.01/Kletchenko Vladimir Tihonovich. – Minsk, 1981. – 147s.

4. Smirnov, P.A.Obosnovanie parametrov igol'chatoj borony s kinematicheskim soedineniem mezhdu ehshelonirovannymi batareyami: Dis. …kand. tekhn. nauk: 05.20.01/Smirnov Petr Alekseevich. – CHeboksary,2002. – 140s.

5. Hajlis, G.A. O rabote igl igol'chatoj borony pri eyo kachenii po pochve/G.A. Hajlis, M.M. Kovalev, N.N. Tolstushko, V.V. SHevchuk/ Traktory i sel'hozmashiny. – 2014. - №5. – S.25-29.
6. Golubev, V.V. Sovershenstvovanie tekhnologicheskih processov i tekhnicheskih sredstv dlya predposevnoj obrabotki pochvy, poseva l'na i drugih melkosemennyh kul'tur: avtoref. Dis. …dokt. tekhn. nauk: 05.20.01/Golubev Vyacheslav Viktorovich. – M., 2017. – 40 s.
7. M.M Opredelenie zavisimosti dvizhushchej sily igol'chatoj borony ot soprotivleniya pochvy prokolu i chisla odnovremenno zaglublyayushchihsya igl/M.M.Kovalev, V.A. Kondrashov// Tekhnika i oborudovanie dlya sela. – 2017. – №6.–S.22-25.
8. Ponomaryov, A.V. Parametry rotacionnoj borony dlya poverhnostnoj obrabotki pochvy v pristvol'nyh zonah plodovyh derev'ev: Dis.…kand.tekhn. nauk: 05.20.01/Ponomaryov Artem Vasil'evich. – Zernograd, 2018. – 105s.
9. Hajlis, G.A. Analiz raboty igol'chatoj borony/ G.A. Hajlis, M.M. Kovalev, V.A. Kondrashov, G.A. Perov// Nauka v Central'noj Rossii. – 2018. – №5. – S.41-49.
10. Kovalev, M.M. Obosnovanie rasstanovki diskov v igol'chatoj borone dlya poverhnostnoj predposevnoj obrabotki pochvy/ M.M. Kovalev, V.A. Kondrashov, I.V. Sizov, G.A. Perov// Nauka v central'noj Rossii. – 2018. – №4. – S. 33-43.
11. Kondrashov, V.A. Issledovanie raboty igol'chatoj borony pri dvizhenii po pochve/ V.A. Kondrashov, M.M. Kovalev, G.A. Perov//Agrotekhnika i ehnergoobespechenie. – 2018. – №3. – S.107-115.
12. Hajlis, G.A. K raschetu sil, dejstvuyushchih na igly igol'chatoj borony/G.A. Hajlis, V.V. SHevchuk, N.N. Tolstushko: zb. naukovih st.//Sil's'kogo spodars'ki mashini. – Vip. 23. –Luc'k. – 2012. – S.136-141.

УДК 631.363

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ КОМБИНИРОВАННЫХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ СМЕСИТЕЛЯ

Ведищев Сергей Михайлович,
кандидат технических наук, доцент кафедры «Агроинженерия»,
e-mail: serg666_65@mail.ru
Хольшев Николай Васильевич,
кандидат технических наук, доцент кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта и автосервис», e-mail: xhb@live.ru
Прохоров Алексей Владимирович,
кандидат технических наук, доцент кафедры «Агроинженерия»,
e-mail: pav1981@bk.ru
Кажияхметова Аинур Ароновна,
аспирант, e-mail: aiioka@mail.ru
ФГБОУ ВО "Тамбовский государственный технический университет», г. Тамбов
Бралиев Майдан Кабатаевич,
кандидат технических наук, доцент ВАК кафедры «Аграрная техника и технологии», e-mail: aisheva.laura@mail.ru
Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана, г. Уральск

Реферат. *Применение смесителей с комбинированными рабочими органами, состоящими из шнековых и лопастных участков, позволяют получать смесь в соответствии с зоотехническими требованиями при пониженных затратах энергии. Процесс смесеобразования с применением лопастных рабочих органов требует дополнительных исследований. Его осуществляли на лопастном участке при установке лопастей как под углом к валу, так и параллельно. Процесс взаимодействия лопасти с кормом рассматривали как взаимодействие частиц. Установлено, что соотношение величин центробежной силы и сил тяжести и трения, в зависимости от конкретного положения лопасти и угла ее поворота, будет определяющим при перемещении частицы, а величина радиуса в зависимости от коэффициента заполнения объема корпуса будет различной. Из уравнения покоя частицы относительно поверхности лопасти определяли условие, при котором будет происходить перебрасывание смеси через вал. Анализ неравенства в виде графика показывает, что при коэффициенте трения, характерном для комбикорма и заданном*

радиусе лопасти, можно определить перемещение смеси под действием лопасти в зависимости от частоты вращения и угла поворота лопасти. Определена система уравнений для определения границ изменения оптимальной угловой скорости вращения. Графический анализ выражения изменения оптимальной частоты вращения лопасти с учетом рекомендуемой окружной скорости позволил определить численные значения частоты вращения рабочего органа.

***Ключевые слова**: коэффициент трения, лопасть, окружная скорость, сила, угол, частота вращения.*

Введение. Применение смесителей с комбинированными рабочими органами, состоящими из шнековых и лопастных участков, позволяют получать смесь в соответствии с зоотехническими требованиями при пониженных затратах энергии. С точки зрения исследования процесса смешивания и механизмов перераспределения частиц наиболее полно изучен шнековый смеситель. Что же касается лопастного, то данный тип смесителей изучен недостаточно. Имеется ряд исследований в данном направлении, но они носят узконаправленный характер с точки зрения определения затрат энергии и т.д. [1 - 4]. Детальные теоретические и экспериментальные исследования механизмов, протекающих внутри лопастного смесителя, практически не проводились [1-3].

Материалы и методы. Для моделирования процессов, реализуемых в смесителе с лопастными и шнековыми участками, и последующего расчета режимных и геометрических параметров машины необходимо знать характер взаимодействия рабочих органов с сыпучим материалом, то есть движение пластины в слое сыпучего материала или обтекание пластины потоком сыпучего материала [1, 5-8].

Лопасти располагаются по винтовой линии. В этом случае, возможна аналогия движения частиц по поверхности лопастей с движением их по винтовой поверхности [3]. В этом случае возникает еще сход частиц с боковой поверхности лопастей [1- 3, 5].

Рассмотрим силы, действующие на частицу - силу трения, силу тяжести и центробежную силу отдельно в двух плоскостях – параллельной относительно оси вала и перпендикулярной оси вала и проходящих через центр тяжести частицы (рисунок 1). В случае постановки стойки лопатки перпендикулярно оси вала частица не будет прижиматься к лопасти не силой тяжести, не центробежной силой, а, следовательно, не будет подвергаться воздействию силы трения. Такой вариант возможен только в случае нахождения лопасти строго в вертикальном положении при угле поворота 270° и 90° при отсчитывании угла против хода часовой стрелки от положительного направления горизонтальной оси. В этих положения на частичку корма будет действовать сила тяжести и центробежная сила. Соотношение этих сил определит перемещение частички корма на этих углах. При верхнем положении частички корма при преобладании силы инерции будет перемещаться вверх иначе – вниз. При крайнем нижнем положении будет происходить в любом случае опускание частицы вниз, так как силы тяжести и центробежная сила действуют в одном направлении [1, 5-7].

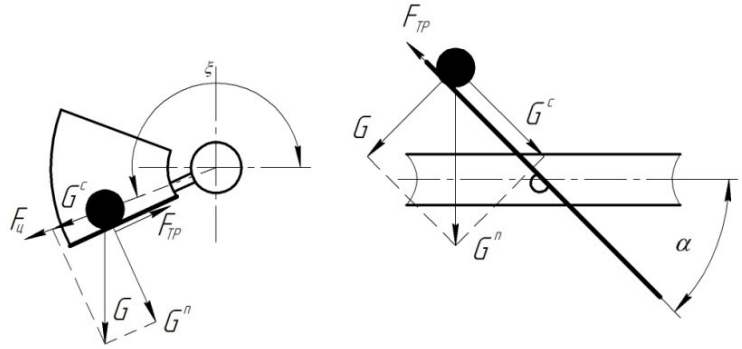


Рисунок 1 – Силы, действующие на частицу при нахождении ее на участке лопаток

Во всех других положениях частица будет прижиматься нормальной составляющей силы тяжести к лопатке, тем самым, обуславливая появление силы трения, которая будет препятствовать перемещению частицы под действием центробежной силы вдоль радиуса. Вторая

составляющая силы тяжести будет стремиться сместить частицу по кратчайшему направлению по поверхности лопатки вниз. Соотношение величин центробежной силы и сил тяжести и трения, в зависимости от конкретного положения лопасти и угла ее поворота, будет определяющим при перемещении частицы [1, 5 - 7].

Рассмотрим случай при установке лопастей параллельно валу. Возьмем частицу смеси, находящую на лопасти на некотором радиусе R_i^B (рисунок 2). Величина радиуса в зависимости от коэффициента заполнения и объема смеси, достигающей участок, будет различной и изменяется в пределах от d/2 до R. На частицу будут действовать сила тяжести *G*, сила трения F_{TP}, центробежная сила $F_Ц$ [1, 3 - 5].

Запишем уравнение покоя частицы относительно поверхности лопасти (рисунок 2):

$$G^C \sin\xi + F_Ц \cos\xi = F_{TP} \cos\xi,$$

или

$$mg \sin\xi + \frac{mV^2}{R_i^B} \cos\xi = fmg \cos\xi, \quad (1)$$

где $G^C = mg \sin\xi$ - величина составляющей силы тяжести, стягивающей частицу, Н;

$F_Ц^C = \frac{mV^2}{R_i^B} \cos\xi$ - величина проекции центробежной силы на плоскость, проходящую через лопасть, Н;

$F_{TP} = fmg \cos\xi$ - величина силы трения, Н.

Преобразуя, получим:

$$tg\xi + \frac{V^2}{gR_i^B} = f, \quad (2)$$

где *f* – коэффициент трения корма о лопасть; *V* – окружная скорость лопасти, м/с; *ξ* - угол поворота лопасти, град; R_i^B - расстояние от центра вращения до частички корма на лопасти, м.

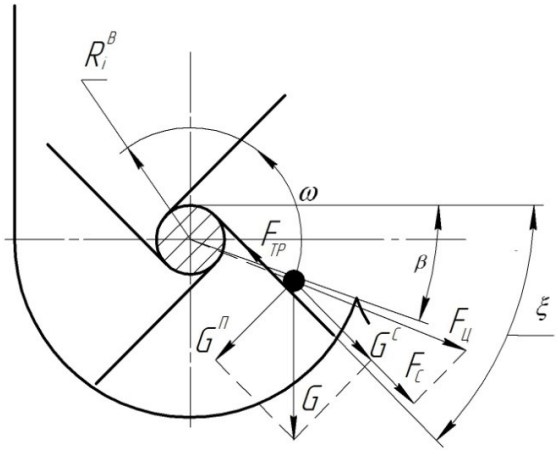


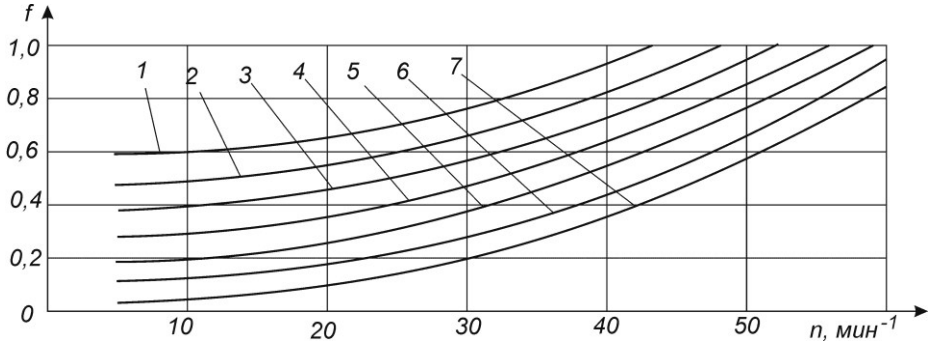
Рисунок 2 – Схема сил действующих на частицу корма при установке лопастей вдоль вала

В случае выполнения этого уравнения частица будет неподвижна, лопасти не будут перебрасывать корм, следовательно, необходимо чтобы выполнялось неравенство:

$$tg\xi + \frac{V^2}{gR_i^B} \geq f. \quad (3)$$

Проведем анализ данного неравенства. Угол поворота лопасти будем отсчитывать от горизонтальной плоскости, для нас представляет наибольший интерес угол, на котором будет происходить перебрасывание смеси через вал - *β*. Для нашей конструкции смесителя он составляет примерно 30°. Величина коэффициента трения различна для комбикормов, в среднем находится в пределах от 0,6 до 0,8 [2, 4, 5, 6]. Как было установлено ранее, частота вращения рабочих органов

для смесителей периодического действия находится в пределах от 1 до 120 мин$^{-1}$. Рассчитаем значения суммы $tg\xi + \frac{V^2}{gR_i^B}$ при наибольшем значении радиуса лопастей $R_i^B = 0{,}25м$ и построим зависимости (рисунок 3) [2].



1 - tgξ = 330°; 2 - tgξ = 335°; 3 - tgξ = 340°; 4 - tgξ = 345°; 5 - tgξ = 350°;
6 - tgξ = 355°; 7 - tgξ = 0°

Рисунок 3 – Зависимости частоты вращения лопасти смесителя и коэффициента трения при условии неподвижности частицы корма

Результаты и обсуждение. Анализ данных, приведенных на рисунке 3, показывает, что при коэффициенте трения 0,7 перемещение смеси вдоль лопасти будет происходить на всем интересующем нас интервале. Частота вращения в (рис. 3), при которой начинается перемещение смеси, начинается с 32 мин$^{-1}$. При угле поворота 330°, перемещение смеси будет происходить на всей величине исследуемого угла при частоте вращения более 60 мин$^{-1}$.

Перемещение частицы при установке под углом будет подчиняться неравенству (3). Но здесь будет добавляться дополнительное условие, вызванное переменным углом наклона лопастей относительно оси вала. Данное условие можно записать в виде неравенства:

$$tg\alpha \geq f\,, \tag{4}$$

где α - угол поворота лопасти, град.

Выражение (4) позволяет при известном значении коэффициента трения установить предварительное минимальное значение угла поворота лопасти относительно оси вала. Так, при значении коэффициента трения 0,7 минимальный угол установки лопастей будет равен 35°.

В силу конструктивных особенностей угловая скорость вращения при установке лопастей под углом к валу и шнековой навивки должны быть одинаковы [4, 5, 6, 7].

Оптимальное значение угловой скорости в общем случае должно удовлетворять системе неравенств:

$$\begin{cases} \omega_{ш}^{min} \leq \omega_{опт1} \leq \omega_{ш}^{max} \\ \omega_{нт1}^{min} \leq \omega_{опт1} \leq \omega_{нт1}^{max} \end{cases} \tag{5}$$

где $\omega_{нт1}^{max}, \omega_{ш}^{max}, \omega_{л}^{max}$ - максимально допустимое значение угловой скорости лопастей, шнековой навивки, соответственно, с$^{-1}$;

$\omega_{нт1}^{min}, \omega_{ш}^{min}, \omega_{л}^{min}$ - минимально допустимое значение угловой скорости лопастей, шнековой навивки, соответственно, с$^{-1}$;

$\omega_{опт1}$ - оптимальное значение угловой скорости рабочего органа, с$^{-1}$.

Так как при установке лопастей под углом происходит частичное перебрасывание смеси, как и при установке лопастей параллельно валу, то частота вращения, удовлетворяющая установке лопастей под углом удовлетворяет варианту установки лопастей параллельно валу, т.е. выполняется система неравенств (5).

В результате исследования шнекового участка было установлено [4, 6, 7, 9], что происходит перемещение смеси при любом значении угловой скорости, то задавать оптимальное значение угловой скорости рабочего органа будет участок лопастей. На этом участке граничным условием частоты вращения является неперебрасывание смеси. Условием, определяющим отрыв частицы от лопатки, является выражение [6-8]:

$$m\omega R \le mg \text{ или } n_{max}^{л} = \frac{30}{\pi}\sqrt{\frac{g}{R}}, \quad (6)$$

где m – масса материала, перемещаемого лопастью, кг; R – наибольший радиус лопасти, м; n_{max} - максимально допустимая частота вращения вала, с$^{-1}$.

Если превысить угловую скорость, определяемую выражением (6), то частицы будут слетать с лопастей с некоторой скоростью.

При вертикальном положении лопасти высота подъема частицы может быть определена по выражению:

$$H_{подъема} = \frac{V_{отр}}{2g}, \quad (7)$$

где $V_{отр}$ - значение скорости частицы при сходе с лопасти, м/с.

Определение этой скорости, а, следовательно, и высоты подъема, является затруднительным. С учетом рекомендаций максимальная оптимальная окружная скорость для лопастного смесителя достигает $V_{рек} = 2$ м/с [7]. В таком случае запишем:

$$n_{опт1} = \frac{30V_{рек}}{\pi \cdot R_{пт1}}. \quad (8)$$

Графический анализ выражения (8), представлен на рисунке 4.

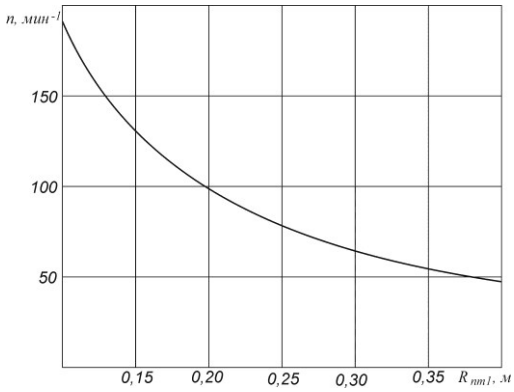


Рисунок 4 – Влияние величины радиуса лопасти на значение оптимальной частоты вращения рабочего органа при $V_{рек}$ = 2 м/с.

Как видно из данных рисунка 6, при максимальном рекомендуемом значении окружной скорости частота вращения достигает максимального значения при минимальном радиусе, а минимального - при максимальном радиусе лопаток. При радиусе лопаток, равном 0,25 м, частота вращения первой части рабочего органа будет достигать 76 мин$^{-1}$.Частота вращения лопастей будет зависеть от радиуса и в соответствии с рекомендациями по выражению (8) и (4). Полученное значение угловой скорости будет удовлетворять системе (5). Теоретические значения угловых скоростей рабочих органов необходимо будет проверить экспериментально и при необходимости скорректировать.

Заключение. В результате проведения теоретических исследований были определены:

- рациональные значения взаимосвязи коэффициента трения и угловой скорости;
- получена зависимость частоты вращения рабочего органа от радиуса лопасти при оптимальной окружной скорости.

Список литературы

1. Дёмин, О.В. Совершенствование методов расчета и конструкций лопастных смесителей: Дис. канд. техн. наук по спец. 05.02.13: - Тамбов, 2003. - 240 с.
2. Ведищев, С.М. Компьютерная программа для расчета теоретических значений показателей работы шнеколопастного смесителя кормов / С.М. Ведищев, Н.В. Хольшев // Цифровизация агропромышленного комплекса [Электронный ресурс] : сборник научных статей I Международной научно-практической конференции. В 2-х т. Тамбов, 10 – 12 октября 2018 г. – Тамбов: Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2018. - Т. II. – С. 69-72.
3. Ведищев, С.М. Теоретическое исследование влияния конструктивно-режимных параметров шнеколопастного смесителя на его производительность / С.М. Ведищев, Н.В. Хольшев // Вестник Мичуринского аграрного университета. Научно-производственный журнал. - Мичуринск: Изд-во Мичуринского госагроуниверситета. - №2, Ч. 2 – 2011 - С. 23–26.
4. Ведищев, С.М. Смеситель сухих рассыпных кормосмесей / С.М. Ведищев, А.В. Прохоров, Н.В. Хольшев // Вопросы современной науки и практики Университет им. В.И. Вернадского. 2012, №4 (42). С.326-328.
5. Ведищев, С.М. Методика и результаты определения удельного сопротивления перемещению лопатки и лопасти шнеколопастного смесителя / С.М. Ведищев, Н.В. Хольшев, А.В. Прохоров // Методика и результаты определения удельного сопротивления перемещению лопатки и лопасти шнеколопастного смесителя / Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы : межвузов. сб. науч. тр. / редкол.: П. В. Сенин [и др.]; отв. за вып. А. В. Безруков. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2017. – С. 174-179.
6. Ведищев, С.М. Механизация приготовления кормов [Электронный ресурс]: учебное пособие для бакалавров и магистров направления "Агроинженерия": в двух частях. Часть 1, Часть 2 / С.М. Ведищев, В.П. Капустин, Ю.Е. Глазков, А.В. Милованов, А.В. Прохоров, Н.В. Хольшев. - Тамбов: ФГБОУ ВПО "ТГТУ", 2015. - 2 электрон. опт. диска (CD-ROM). - 109,1 Мб.
7. Кулаковский, И.В. Машины и оборудование для приготовления кормов / И.В. Кулаковский, Ф.С. Кирпичников, Е.И. Резник / Ч.2. Справочник. - М.: Россельхозиздат, 1987. - 285 с.
8. Григорьев, А.М. Винтовые конвейеры / А.М. Григорьев. - М.: Машиностроение, 1972. - 184 с.
9. Ведищев, С.М. Шнековый дозатор с каналом обратного хода / С.М. Ведищев, Д.Н. Балахонова, В.В. Сорокин, М.А. Гарина, А.В. Козлов // Наука в центральной России. - 5(17). - 2015. - С. 29-33.

ANALYTICAL STUDY OF THE OPTIMUM FREQUENCY OF ROTATION OF THE COMBINED WORKING BODY OF THE MIXER

Vedishchev Sergei,
candidate of technical Sciences, associate Professor of «Agroengineering»,
e-mail: serg666_65@mail.ru
Halshaw Nikolai,
candidate of technical Sciences, associate Professor of the Department «Operation of road transport and auto repair», e-mail: xhb@live.ru
Prokhorov Alexey,
candidate of technical Sciences, associate Professor of «Agroengineering»,
e-mail: pav1981@bk.ru
Kazhiyakhmetova Ainur,
postgraduate, e-mail: aiioka@mail.ru
Tambov state technical University, Tambov
Braliev Maidan,
candidate of technical Sciences, associate Professor of VAK «Agricultural machinery and technology», e-mail: aisheva.laura@mail.ru
West-Kazakhstan Agrarian Technical University named after Zhangir Khan, Uralsk

Abstract. *The use of mixers with combined working bodies consisting of auger and blade sections, allows to obtain a mixture in accordance with the zootechnical requirements at low energy costs. The process of mixing with the use of vane working bodies requires additional research. It was carried out on*

the blade section when installing the blades at an angle to the shaft, and in parallel. The process of interaction of the blade with the feed was considered as the interaction of particles. It is established that the ratio of the magnitudes of the centrifugal force and the forces of gravity and friction, depending on the specific position of the blade and its angle of rotation, will be decisive when the particle moves, and the radius value, depending on the fill factor of the body volume, will be different. The condition under which the mixture will be thrown over the shaft was determined from the equation of rest of the particle relative to the surface of the blade. Analysis of the inequality in the form of a graph shows that with the friction coefficient characteristic of the compound feed and the specified radius of the blade, it is possible to determine the mixture movement under the action of the blade depending on the rotation frequency and the angle of rotation of the blade. The system of equations for determining the boundaries of the change in the optimal angular velocity of rotation is determined. A graphical analysis of the expression of the change in the optimal rotational speed of the blade, taking into account the recommended peripheral speed, made it possible to determine the numerical values of the rotational speed of the working member.

Keywords: *coefficient of friction, blade, circumferential speed, force, angle, speed.*

References

1. Dyomin, O.V. Sovershenstvovanie metodov rascheta i konstrukcij lopastnyh smesite-lej: Dis. kand. tekhn. nauk po spec. 05.02.13: - Tambov, 2003. - 240 s.

2. Vedishchev, S.M. Komp'yuternaya programma dlya rascheta teoreticheskih znachenij pokazatelej raboty shnekolopastnogo smesitelya kormov / S.M. Vedishchev, N.V. Hol'shev // Cifrovizaciya agropromyshlennogo kompleksa [Ehlektronnyj resurs] : sbornik nauchnyh statej I Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. V 2-h t. Tambov, 10 – 12 oktyabrya 2018 g. – Tambov: Izdatel'skij centr FGBOU VO «TGTU», 2018. - T. II. – S. 69-72.

3. Vedishchev, S.M. Teoreticheskoe issledovanie vliyaniya konstruktivno-rezhimnyh parametrov shnekolopastnogo smesitelya na ego proizvoditel'nost' / S.M. Vedishchev, N.V. Hol'shev // Vestnik Michurinskogo agrarnogo universiteta. Nauchno-proizvodstvennyj zhurnal. - Michurinsk: Izd-vo Michurinskogo gosagrouniversiteta. - №2, CH. 2 – 2011 - S. 23–26.

4. Vedishchev, S.M. Smesitel' suhih rassypnyh kormosmesej / S.M. Vedishchev, A.V. Prohorov, N.V. Hol'shev // Voprosy sovremennoj nauki i praktiki Universitet im. V.I. Ver-nadskogo. 2012, №4 (42). S.326-328.

5. Vedishchev, S.M. Metodika i rezul'taty opredeleniya udel'nogo soprotivleniya pere-meshcheniyu lopatki i lopasti shnekolopastnogo smesitelya / S.M. Vedishchev, N.V. Hol'shev, A.V. Prohorov // Metodika i rezul'taty opredeleniya udel'nogo soprotivleniya peremeshcheniyu lopatki i lopasti shnekolopastnogo smesitelya / Ehnergoehffektivnye i resursosberegayushchie tekhnologii i sistemy : mezhvuzov. sb. nauch. tr. / redkol.: P. V. Senin [i dr.]; otv. za vyp. A. V. Bezrukov. – Saransk : Izd-vo Mordov. un-ta, 2017. – S. 174-179.

6. Vedishchev, S.M. Mekhanizaciya prigotovleniya kormov [Ehlektronnyj resurs]: uchebnoe posobie dlya bakalavrov i magistrov napravleniya "Agroinzheneriya": v dvuh chastyah. CHast' 1, CHast' 2 / S.M. Vedishchev, V.P. Kapustin, YU.E. Glazkov, A.V. Milovanov, A.V. Prohorov, N.V. Hol'shev. - Tambov: FGBOU VPO "TGTU", 2015. - 2 ehlektron. opt. diska (CD-ROM). - 109,1 Mb.

7. Kulakovskij, I.V. Mashiny i oborudovanie dlya prigotovleniya kormov / I.V. Kula-kovskij, F.S. Kirpichnikov, E.I. Reznik / CH.2. Spravochnik. - M.: Rossel'hozizdat, 1987. - 285 s.

8. Grigor'ev, A.M. Vintovye konvejery / A.M. Grigor'ev. - M.: Mashinostroenie, 1972. - 184 s.

9. Vedishchev, S.M. SHnekovyj dozator s kanalom obratnogo hoda / S.M. Vedishchev, D.N. Balahonova, V.V. Sorokin, M.A. Garina, A.V. Kozlov // Nauka v central'noj Rossii. - 5(17). - 2015. - S. 29-33.

УДК:001.573:631.81.095.337

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПО РАЦИОНАЛЬНОМУ РАСЧЕТУ ДОЗ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

Митрофанов Сергей Владимирович,
кандидат с.-х. наук, заместитель директора по научной работе,
e-mail: f-mitrofanoff2015@yandex.ru
Новиков Николай Николаевич,
кандидат с.-х. наук, доцент, врио директора,
e-mail: Novikov-NN.vnims@yandex.ru

Никитин Василий Степанович,
специалист первой категории, e-mail: nikitin.vnims@yandex.ru
Благов Дмитрий Андреевич,
кандидат биол. наук, ст. науч. сотр., e-mail: aspirantyra2013@gmail
Панферов Николай Сергеевич,
кандидат тех. наук, заведующий отделом, e-mail: nikolaj-panfyorov@yandex.ru
Белых Сергей Анемподистович,
кандидат техн. наук, ведущий специалист, e-mail: belyh.vnims@yandex.ru
Институт технического обеспечения сельского хозяйства – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», г. Рязань

Реферат. *Питание – важнейший фактор в жизни растений, который с успехом поддается искусственному регулированию, поэтому знание его особенностей – залог получения оптимальных урожаев с хорошими потребительскими качествами. Изучали методы расчета доз элементов питания для сельскохозяйственных культур. Анализ существующих методов расчета показал следующие недостатки: отсутствие учета предшественников в севообороте, степени окультуренности почвы, расчет доз элементов питания по усредненным агрохимическим показателям почв сельскохозяйственных предприятий. Учеными ИТОСХ – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ на основе многолетних опытных данных ФГБНУ «Московский НИИСХ «Немчиновка» и полевых опытов Географической сети ФГБНУ «ВНИИ агрохимии» разработаны математические модели расчета доз элементов питания основных сельскохозяйственных культур Центрального региона России. В данных моделях учитываются все известные источники поступления элементов питания в почвенный раствор, а на их основе сформированы агрегированные переменные для расчета доз удобрений под планируемую урожайность сельскохозяйственных культур. Разработанная методика расчета доз элементов питания базируется на определении прогнозируемой урожайности сельскохозяйственных культур, учитывает пролонгированное действие удобрений. Установлено, что если предшествующие культуры возделывали на удобренных почвах, то к питательным элементам данных почв необходимо прибавить последействие ранее внесенных удобрений из расчета 10 – 15% исходного количества в них действующего вещества. Отличие разработанных математических моделей от традиционных заключается в том, что в них учтены все известные источники поступления макроэлементов в почвенный раствор, а на их основе сформированы агрегированные переменные (алгебраические суммы переменных) для определения параметров азотного, фосфорного и калийного питания сельскохозяйственных растений.*

Ключевые слова: *минеральное питание растений, математические модели, расчеты доз удобрений.*

Введение. Питание – важнейший фактор в жизни растений, который с успехом поддается искусственному регулированию, поэтому знание его особенностей – залог получения оптимальных урожаев с хорошими потребительскими качествами. Однако почти половина энергетических затрат на производство сельскохозяйственной продукции приходится на удобрения, в первую очередь минеральные. Проблема эффективного использования удобрений всегда была актуальной, а в условиях трансформации земельных отношений, одной из характеристик которой стал диспаритет цен, она приобрела особую значимость [1, 2].

На практике аграрии, занимающиеся возделыванием различных сельскохозяйственных культур, не всегда могут получить запланированную урожайность, так как очень сложно учесть ряд критических факторов. Поэтому при разработке систем удобрения в хозяйстве необходимо внедрять технологии, позволяющие обеспечивать планируемые урожаи хорошего качества, при одновременном повышении или сохранении достигнутого уровня плодородия почв [3].

Для формирования высоких и устойчивых урожаев, сохранения физико-химических свойств и биогенности почв необходимо поддерживать бездефицитный баланс гумуса. На сегодняшний день в агрохимической и агрономической науках разработано множество методов, применяемых для расчета элементов питания сельскохозяйственных культур, направленных на сохранение плодородия почв. Однако их анализ выявил ряд недостатков: отсутствие учета предшественников в севообороте, степени окультуренности почвы, расчет доз элементов питания по усредненным агрохимическим показателям почв сельскохозяйственных предприятий, что существенно влияет на коэффициент использования питательных элементов растениями из почвы и удобрений, а

также ряда других показателей. Поэтому их нужно рассматривать как ориентировочные, особенно если они берутся из справочных источников.

Материалы и методы. Объектом исследований являются методы расчета доз элементов питания для сельскохозяйственных культур.

Цель работы – повысить эффективность продукционных процессов в растениеводстве за счет проектирования рациональных систем удобрения в сельскохозяйственных предприятиях путем использования инновационных цифровых технологий.

Исследования проводились с использованием аналитического, математического и статистического методов.

Результаты исследований. Оптимизация применения удобрений в процессе вегетации растений является одним из ключевых факторов научного земледелия, позволяющим реализовать продуктивность, заложенную в данном виде или сорте растения. По данным исследований половина прироста сельскохозяйственной продукции на сегодняшний день зависит от применения удобрений. При этом одной из основных задач является использование всевозрастающих объемов удобрений с точки зрения агрономии, экологии и экономики с максимальной отдачей [6].

На сегодняшний день в арсенале агрохимической и агрономической науки существует множество применяемых методов по расчету элементов питания сельскохозяйственных культур. Однако при расчете доз удобрений на планируемый урожай культуры чаще всего используется ***метод балансового расчета.*** Данный метод имеет широкое распространение. При его использовании всегда можно уточнить коэффициенты использования питательных веществ из почвы, органических и минеральных удобрений, перевод содержания подвижных питательных элементов [1].

Рассматриваемый метод часто используется с различными модификациями и дополнениями, но суть его не меняется – определяется потребность растений в питательных элементах, содержание их в почве в доступной для растений форме, коэффициенты использования веществ из почвы и удобрений. Точность данного метода зависит от точности вышеперечисленных данных. Они существенно варьируются в зависимости от свойств почв, погодных условий, доз и форм удобрений, срока и способа внесения и прочих факторов.

Ряд исследователей считают более лучшим балансовый расчет потребности в удобрениях с учетом планируемой прибавки урожая. При данном расчете необходимо знать урожай культуры, получаемый на данном поле без внесения удобрений, то есть, исходя из естественного плодородия почвы. Данный расчет также является ориентировочным, так как для его применения не требуется знать коэффициент использования питательных элементов из почвы, однако данный коэффициент может также существенно варьироваться в зависимости от многих условий, описанных выше.

При расчёте доз удобрений на планируемый урожай или его прибавку необходимо учитывать степень удобренности предшествующей культуры, с целью учета пролонгированного действия удобрений. Если предшествующие культуры возделывали на удобренных почвах, то к питательным элементам данных почв необходимо прибавить последействие ранее внесенных удобрений из расчета 10 – 15% исходного количества в них действующего вещества.

В описанных выше методах расчет доз удобрений производится с опорой на естественное плодородие почв, удобрения при этом лишь восполняет то количество питательных элементов, которое невозможно получить из почвы. В данных методах не предусматривается не только возможность систематического повышения уровня плодородия почвы, но и восполнения питательных веществ, ранее израсходованных на формирование урожая элементов почвы.

Существуют также ряд других методов, например метод Михайлова Н.Н., ***метод определения действительно возможного урожая*** (ДВУ) по содержанию питательных веществ в почве, комплексный метод аналитической листовой диагностики (КМАЛД) Болдырева Н.К. и др. [1, 6].

На практике в работе станций агрохимических служб используются балансовые методы. Их недостатками являются: отсутствие учета предшественников в севообороте, степени окультуренности почвы, расчет доз удобрений по усредненным агрохимическим показателям почв сельскохозяйственных предприятий, что существенно влияет на коэффициент использования питательных элементов растениями из почвы и удобрений, а также ряда других показателей. В связи с чем, их необходимо оценивать как ориентировочные, если они берутся из справочных источников.

Использование же методов аналитической листовой диагностики Н.К. Болдырева сложно применить с практической точки зрения.

Ввиду этого учеными ИТОСХ – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ на основе многолетних опытных данных ФГБНУ «Московский НИИСХ «Немчиновка» и полевых опытов Географической сети ФГБНУ «ВНИИ агрохимии» разработаны математических модели расчета доз элементов питания

основных сельскохозяйственных культур Центрального региона России. В отличие от представленных выше методов, в данных моделях учитываются все известные источники поступления элементов питания в почвенный раствор, а на их основе сформированы агрегированные переменные для расчета доз удобрений под планируемую урожайность сельскохозяйственных культур.

Разработанная методика расчета доз элементов питания базируется на определении прогнозируемой урожайности сельскохозяйственных культур. Для анализа урожайности в сельскохозяйственных предприятиях используется временной экспоненциальный тренд, рассчитываемый по статистическим данным фактических урожаев за 15–20 **лет**.

Однако эти статистические данные не дают объективных данных по прогнозу урожайности, так как являются зависимыми от ряда факторов, в первую очередь климатических.

Сотрудниками ИТОСХ – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ собран массив данных агрохимических полевых опытов на разных типах (подтипах) почв, на основе которого сформирована методика прогноза урожайности, основными элементами которой выступили элементы питания, оказывающие наибольшее влияние на урожайность: азот, фосфор, калий, кислотность.

Расчет прогноза по содержанию азота, фосфора, калия осуществляются по уравнению:

$$Y_{N,P,K} = \frac{A_1X_1(1+X_2)}{1+A_2X_1+A_3X_1X_2}, \quad (1)$$

где $Y_{N,P,K}$– прогноз урожайности, ц/га; X_1 – гумус почвы (из данных агрохимического обследования), т/га; X_2 – агрегированная переменная, включающая все основные источники поступления азота, фосфора, калия в почву (из нормативно-справочной информации); A_1, A_2, A_3 – коэффициенты уравнения.

Расчет прогноза урожайности по pH солевой вытяжки:

$$Y_{pH} = \frac{Y_{\max}}{1 + Ae^{-B \cdot pH}}, \quad (2)$$

где Y_{pH} – прогноз урожайности, ц/га; Y_{max}– максимально возможная урожайность с.-х. культуры, ц/га; е – основание натурального логарифма; А, В – коэффициенты уравнения, полученные в процессе оценки параметров; pH – кислотность почвы (из данных агрохимического обследования).

В итоге за прогноз урожайности в соответствии с законом минимума принимается наименьшая из рассчитанных урожайностей.

Используя данную методику можно рассчитать прогноз урожайности для основных сельскохозяйственных культур, учитывая производственные и экономические условия конкретного хозяйства, его специфику. Расчеты производятся по четырем вариантам:без внесения удобрений; с внесением только удобрений; с внесением минеральных удобрений; с внесением органических и минеральных удобрений.При этом учитываются коэффициенты влияния предшествующих культур в севообороте на урожайность сельскохозяйственной культуры.

Для расчета доз минеральных удобрений были выделены источники поступления макроэлементов, которые в последующем послужили основой агрегированных переменных.

Адаптивная производственная модель почвенного питания растений представляет аппроксимирующее уравнение:

$$Y = \frac{A_1X_1(1+X_2)}{1+A_2X_2+A_3X_1X_2}, \quad (3)$$

где Y – урожайность, ц/га; X_1 – гумус почвы (из данных агрохимического обследования), т/га; X_2– агрегированная переменная, сумма элементов питания, поступающих в почву, учитывающая все известные источники (из нормативно-справочной информации); A_1, A_2, A_3 – коэффициенты уравнения, полученные в процессе оценки параметров аппроксимирующей функции.

Расчет почвенного питания по азоту, фосфору и калию использовался для 3-х категорий почв: дерново-подзолистые супесчаные, светло-серые лесные супесчаные,серые лесные супесчаные;дерново-подзолистые суглинистые, светло-серые лесные суглинистые, серые лесные суглинистые;черноземы и темно-серые лесные суглинистые с гумусом более 3%.

В основе математической модели азотного питания лежит метод регрессионного анализа. Исследовалась зависимость изменения урожайности сельскохозяйственных культур от полого фактического запаса биологического азота почвы в виде экспоненциального уравнения:

$$LnN = LnN_{max}[l - e^{-(a_0 + a_1 LnY}], \quad (4)$$

где Y – урожайность сельскохозяйственной культуры, ц/га;N_{max}– максимальное содержание азота, кг/га;a_0,a_1,– коэффициенты уравнения;Ln– натуральный логарифм;e – основание натурального логарифма;N– азот фактический, который включает в себя перечисленные источники поступления азота для питания сельскохозяйственных культур, кг/га: азот гумуса; азот почвенного раствора; азот свободноживущих бактерий; азот соломы (ботвы), сидерата предшественника; азот пожнивно-корневых остатков предшественника; азот клубеньковых бактерий; азот семян; азот осадков.

Азот гумуса вычисляется на основе уравнения баланса гумуса и коэффициентов K_5, K_{11}, K_{12}, определяющих минерализацию гумуса. Минерализация гумуса устанавливается не только в год выращивания сельскохозяйственной культуры: часть минерализованного гумуса учитывается от предшествующего года.

Количество минерализованного гумуса для культур сплошного сева определяется следующим образом:

$$N_q = 25K_5 + 25K_{5\ предш.}/2. \quad (5)$$

Для пропашных культур и чистого пара формула имеет вид:

$$N_q = 25K_{11} + 25K_{11,12\ предш.}/2, \quad (6)$$

где N_q– азот, минерализуемый из гумуса, кг/га;

K_5, $K_{5\ предш.}$, K_{11}, $K_{12\ предш.}$– коэффициенты уравнения баланса гумуса.

Азот почвенного раствора определяется с помощью уравнения:

$$A_n = a_n + b_n(VSHR), \quad (7)$$

где A_n– азот почвенного раствора, кг/га;V – объемная масса почвы, т/м^3;S–площадь га пашни, м^2;H – глубина пахотного горизонта, м;R–содержание гумуса в пахотном горизонте, %;a_n, b_n - коэффициенты уравнения, для каждой n-й группы почв.

Содержание азота в навозе определяется по формуле:

$$N_{орг.} = 10NP \quad (8)$$

где $N_{орг}$– азот органического вещества (навоза), кг/га;N – содержание азота в органическом удобрении, %;P– вес органического удобрения, т; 10 – коэффициент пропорциональности.

Азот свободноживущих бактерий рассчитывается основе уравнения:

$$LnN_{св.жив.} = 0{,}5LnN_{max}[l - e^{-(a+bLnS_g}], \quad (9)$$

где S_g– запас гумуса в пахотном горизонте, т/га; N_{max}– максимальное значение азота свободноживущих бактерий –100 кг/га;a, b– коэффициенты уравнения для каждой группы почв;Ln– натуральный логарифм; e – основание натурального логарифма.

Азот соломы предшественника определяется по формуле:

$$N_c = 0{,}425UR_s K_{s1} K_{s2}/100, \quad (10)$$

где N_c– азот соломы предшественника, кг/га; UR_S– урожай основной продукции предшественника, ц/га; K_{s1} – масса соломы или ботвы на 1 ц основной продукции, кг;K_{s2} – содержание азота в соломе, ботве, %; 0,425 – коэффициент использования азота, накопленного предшественником.

Азот сидерата предшественника рассчитывается по формуле:

$$N_{сидерата} = 0{,}5UR_s K_{s2}/100, \quad (11)$$

где $N_{сидерата}$– азот сидерата предшественника, кг/га;UR_s– урожай зеленой массы сидерата, ц/га; K_{s2} – содержание азота в зеленой массе, %;0,5 – коэффициент использования азота сидерата для растений в течение сезона.

Азот пожнивно-корневых остатков предшественника определяется по формуле:

$$N_к = 0{,}5UR_p K_{p1} K_{p2}/100, \quad (12)$$

где N_k– азот пожнивно-корневых остатков предшественника; UR_p– урожай основной продукции предшественника, кг/га; K_{p1} – масса пожнивно-корневых остатков на 1 ц- основной продукции, кг;K_{p2} – содержание азота в сухом веществе, %; 0,5 – коэффициент использования азота пожнивно-корневых остатков для возделываемой культуры.

Чтобы определить азот клубеньковых бактерий (предшественника), вначале вычисляется его содержание в соломе (ботве) и пожнивно-корневых остатках.

Для однолетних бобовых культур:

$$N_{одн.} = 0{,}45(N_{сол.} + N_{корн.}), \quad (13)$$

для многолетних бобовых культур:

$$N_{мн.} = 0{,}55(N_{сол.} + N_{корн.}), \quad (14)$$

где $N_{одн.}$ – азот однолетних бобовых клубеньковых бактерий (предшественника), кг/га; $N_{мн.}$ – азот многолетних бобовых клубеньковых бактерий (предшественника), кг/га;$N_{сол.}$ – азот соломы, кг; $N_{корн.}$ – азот пожнивно-корневых остатков,

Азот, синтезируемый клубеньковыми бактериями (основной культуры) вычисляется с использованием уравнений (23) и (24).

Азот семян (N_c) рассчитывается по формуле:

$$N_c = HN_{сц}, \quad (15)$$

где Н–норма высева, ц/га;$N_{сц}$ – содержание азота в семенах.

Азот осадков N_O – 9 кг/га.

Расчет потребности в минеральных удобрениях по основным сельскохозяйственным культурам производится под планируемую урожайность культуры (Y) на основе уравнения (5) вычисляется расчетный запас азота (N_P).

На следующем этапе вычисляется доза минеральных удобрений как разность между запасом азота расчетным (N_p) и ом азота фактическим ($N_ф$) включающим в себя все перечисленные выше известные источники поступления азота:

$$N_{мин.уд.} = N_p - N_ф, \quad (16)$$

где $N_{мин.уд.}$–доза удобрений действующего вещества, кг/га;

N_p– азот расчетный, кг/га;$N_ф$– азот фактический, кг/га.

Расчет доз элементов питания для других культур, которые относятся к тем же группам, что и основные сельскохозяйственной культуры, производится следующим образом: вычисляется доза азотных удобрений (D_1) для 1ц продукции основной сельскохозяйственной культуры по формуле:

$$D_1 = N_{мин.уд.}/Y, \quad (17)$$

где Y– урожайность, ц/га.

Доза азота (D) под конкретную культуру вычисляется по формуле:

$$D = D_1 K_0 Y, \quad (18)$$

где K_0 – соотношение выноса азота в расчете на 1ц рассчитываемой продукции и выноса азота в расчете на 1ц основной рассчитываемой культуры.

Расчет почвенного фосфорного и калийного питания производится аналогично, как и азотного, с учетом замены отдельных показателей содержания фосфора и калия в различных средах.

Заключение. Разработанные математические модели позволят специалистам сельскохозяйственных предприятий при планировании урожайности сельскохозяйственных культур рационально формировать систему удобрения, что обеспечит оптимальное питание выращиваемых культур в хозяйствах Центрального, Северо-Западного, Волго-Вятского экономических районов, а также в северных районах ЦЧО и западных районов Приуралья.

Список литературы

1. Агрохимия: Классический университетский учебник для стран СНГ. Под. Ред. В.Г. Минеева. – М.: Изд-во ВНИИА имени Д.Н. Прянишникова, 2017. – 854 с.
2. Вильдфлуш И.Р. Рациональное применение удобрений: Пособие // Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2002, – 324 с.
3. Минеев В.Г. Агрохимия: учеб. пособ. – 2-е изд., перераб. и доп. –М.: МГУ, 2004. – 720 с.
4. Митрофанов С.В. Программный комплекс по прогнозированию урожайности основных сельскохозяйственных культур центрального региона России / С.В. Митрофанов, В.С. Никитин, С.А. Белых, Д.А. Благов, В.Б. Любченко // Техника и оборудование для села. - 2018. - № 8. - С. 41-43.
5. Никитин В.С. Математическая модель динамики гумуса почв Нечерноземной зоны Центрального региона РФ / В.С. Никитин, В.Б.Любченко // Проблемы механизации агрохимического обеспечения сельского хозяйства. - 2015. - № 7. - С. 134-138.
6. Романенко Г.А. Удобрения. Значение, эффективность применения: справоч. пособие. – М.: ЦИНАО, 1998. – 376 с.

MATHEMATICAL MODELS ON RATIONAL CALCULATION OF DOSE OF MINERAL FERTILIZERS

Mitrofanov Sergey,
Candidate of Agricultural Sciences Deputy Director for Research,
e-mail: f-mitrofanoff2015@yandex.ru
Novikov Nikolay,
Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Acting Director,

e-mail: Novikov-NN.vnims @ yandex.ru
Nikitin Vasily,
First Category Specialist, e-mail: nikitin.vnims@yandex.ru
Blagov Dmitry,
Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, e-mail: aspirantyra2013 @ gmail
Panferov Nikolay S.,
candidate of those. Sciences, Head of Department,e-mail: nikolaj-panfyorov@yandex.ru
Belykh Sergey A.,
Candidate of Technical Sciences, Leading Specialist, e-mail: belyh.vnims@yandex.ru
Institute for Technical Support of Agriculture - a branch of the Federal State budget scientific institution "Federal Scientific Agroengineering Center VIM", Ryazan

Abstract. *Nutrition is the most important factor in plant life, which is amenable to artificial regulation, therefore knowledge of its features is a guarantee of obtaining optimal yields with good consumer qualities.. Methods for calculating nutrient doses for crops have been studied. The analysis of the existing calculation methods showed the following shortcomings: the lack of accounting for predecessors in the crop rotation, the degree of soil cultivation, the calculation of the doses of nutrients based on the average agrochemical indicators of the soils of agricultural enterprises. Scientists ITOSKH - a branch of FSBI FNATS VIM based on many years of experimental data FSBI "Moscow Research Institute of Nemchinovka" and field experiments of the Geographic Network FSBI "VNII Agrochemistry" developed a mathematical model for calculating doses of nutrients of major agricultural crops of the Central region of Russia. All known sources of nutrients in the soil solution are taken into account in these models, and on their basis, aggregated variables are formed to calculate the doses of fertilizers for the planned crop yield. The developed method of calculating the doses of batteries is based on determining the projected yield of agricultural crops, takes into account the prolonged effect of fertilizers. It was established that if the previous crops were cultivated on fertilized soils, then the nutrient elements of these soils should be added to the aftereffect of previously applied fertilizers at the rate of 10-15% of the initial amount of the active substance in them. The developed mathematical models differ from the traditional ones in that they take into account all known sources of macronutrients in the soil solution, and on their basis formed aggregated variables (algebraic sums of variables) to determine the parameters of nitrogen, phosphorus and potash nutrition of agricultural plants.*

Keywords: *mineral nutrition of plants, mathematical models, fertilizer dose calculations.*

References

1. Agrohimiya: Klassicheskij universitetskij uchebnik dlya stran SNG. Pod. Red. V.G. Mineeva. – M.: Izd-vo VNIIA imeni D.N. Pryanishnikova, 2017. – 854 s.
2. Vil'dflush I.R. Racional'noe primenenie udobrenij: Posobie // Gorki: Belorusskaya gosudarstvennaya sel'skohozyajstvennaya akademiya, 2002, – 324 s.
3. Mineev V.G. Agrohimiya: ucheb. posob. – 2-e izd., pererab. i dop. –M.: MGU, 2004. – 720 s.
4. Mitrofanov S.V. Programmnyj kompleks po prognozirovaniyu urozhajnosti osnov-nyh sel'skohozyajstvennyh kul'tur central'nogo regiona Rossii / S.V. Mitrofanov, V.S. Nikitin, S.A. Belyh, D.A. Blagov, V.B. Lyubchenko // Tekhnika i oborudovanie dlya sela. - 2018. - № 8. - S. 41-43.
5. Nikitin V.S. Matematicheskaya model' dinamiki gumusa pochv Nechernozemnoj zony Central'nogo regiona RF / V.S. Nikitin, V.B.Lyubchenko // Problemy mekhanizacii agrohi-micheskogo obespecheniya sel'skogo hozyajstva. - 2015. - № 7. - S. 134-138.
6. Romanenko G.A. Udobreniya. Znachenie, ehffektivnost' primeneniya: spravoch. posobie. – M.: CINAO, 1998. – 376 s.

УДК 664.65.05

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СУШКИ ТОПИНАМБУРА

Иванова Эльвира Сергеевна
студентка, e-mail: elvira-ivanova14@mail.ru
Скоморохова Анастасия Игоревна
студентка
Кольцов Владимир Александрович
кандидат сельскохозяйственных наук, директор МКУ «Дирекция программы»
Родионов Юрий Викторович
доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Техническая механика и детали машин», e-mail: rodionow.u.w@rambler.ru

Капустин Василий Петрович
доктор технических наук, профессор кафедры «Агроинженерия»,
Никитин Дмитрий Вячеславович
кандидат технических наук, доцент кафедры «Техническая механика и детали машин»,
e-mail: dmitryndv@gmail.com
ФГБОУ ВО Тамбовский Государственный Технический Университет

Реферат. *Изучали топинамбур сорта «Интерес», имеющий в своем составе многие макро- и микроэлементы, такие как медь, цинк, железо, натрий, калий, кальций, магний и другие. Благодаря своему химическому составу корнеплоды топинамбура выполняет ряд полезных функций: участвуют в построении тканей опорно-двигательной системы, осуществляют обменные процессы и другие. Удобство внесения топинамбура в продукты функционального питания обеспечивает процесс сушки. Изучали два вида сушки: конвективную и двухступенчатую конвективную вакуум-импульсную (ДКВИС). На первой стадии ДКВИС удаляли поверхностную влагу с высушиваемого материала в конвективной лотковой сушилке. На второй стадии использовали конвективную вакуум-импульсную сушильную установку. Исследовали несколько режимов сушки растительного материала, варьируя температуру и скорость теплоносителя-атмосферного воздуха. Измерение массы и температуры осуществляли с заданной периодичностью с помощью специального оборудования. По измеренной массе эталона определяли влагосодержание материала. По полученным в ходе экспериментов данным были построены кривые сушки и температуры. Установлено, что использование двухступенчатой конвективной вакуум-импульсной сушки позволяет снизить энергозатраты и существенно сократить продолжительность процесса, по сравнению с конвективной сушкой. Показано, что температура сушки не должна превышать 58°С для обеспечения максимального сохранения полезных компонентов корнеплодов. Рекомендовано высушенный корнеплод добавлять в продукты функционального питания в виде пластин, либо подвергать измельчению до образования порошка.*

Ключевые слова: *топинамбур сорта «Интерес», двухступенчатая конвективная вакуум-импульсная сушка, жидкостно-кольцевой вакуумный насос, влагосодержание, витамины, микро- и макроэлементы, сухие вещества.*

Введение. Топинамбур – клубнеплодное многолетнее, овощное растение из семейства астровых. Дает урожаи 360-500 ц/га для зеленой массы и 200-600 ц/га для клубней, неприхотлив, устойчив к болезням и неблагоприятным климатическим условиям. [1,2,5]

Происхождение топинамбура североамериканское. В Европе он появился в начале 17 века и начал свое распространение с территории Франции и одновременно в Южной Америке с территории Бразилии от индейцев племени Тупинамбус, найдя своё название – топинамбур. На территории России эта овощная культура появилась в 18 веке. Но до настоящего времени, обладая уникальными свойствами, топинамбур не нашел широкого применения [3].

Уникальный биохимический состав объясняет мощный лечебный и профилактический эффект клубней топинамбура. Он отличается высокими диетическими и питательными свойствами и находит применение в медицине и пищевой промышленности [8].

Корни топинамбура хорошо усваивает микро- и макроэлементы из почвы и разлагает силикаты, поэтому эта культура произрастает на различных почвах. Однако хорошие органические удобрения существенно повышают урожайность культуры. Следует отметить, наиболее благоприятным для ЦЧР с точки зрения урожайности и климатических условий является топинамбур сорта «Интерес» [4].

Топинамбур содержит железо, цинк, магний, калий, марганец, фосфор, кальций и др. микро- и макроэлементы. Благодаря своему химическому составу топинамбур обеспечивает нормальное функционирование организма человека. В построении тканей опорно-двигательной системы активно участвуют кальций магний и фосфор. Калий и натрий осуществляют обменные процессы среди клеток крови. Такие химические элементы, как медь, йод, цинк, селен, кобальт и железо принимают участие в образовании гормонов, переносчиков кислорода, витаминов и ферментов [7,8].

Рисунок 1 – Внешний вид топинамбура.

Известно, что 100 г свежих клубнеплодов топинамбура способны обеспечить 20% пищевых волокон, 30 % пектиновых веществ, 50% инулина от суточной потребности организма человека [6] (рисунок 2). Разнообразный состав топинамбура позволяет использовать его в диетическом питании и в приготовлении лекарственных средств. Клубни топинамбура содержат большое количество инулина – до 15%. Инулин – это полисахарид растительного происхождения, который находит широкое применение в борьбе с сахарным диабетом. В пищеварительном тракте молекулы инулина сорбируют значительное количество глюкозы и регулируют ее всасывание в кровь [6,9]. Важным компонентом в составе топинамбура является фруктоза – диетический сахар, который может заменить глюкозу в обменных процессах [10].

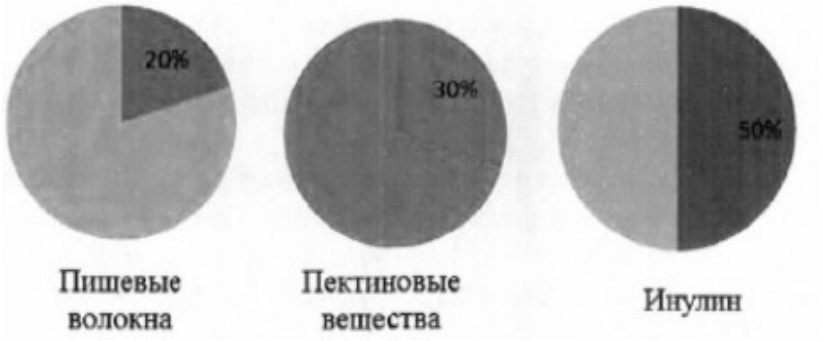


Рисунок 2 – Удовлетворение суточной потребности организма человека в пищевых волокнах и инулине клубнеплодов топинамбура.

Пектиновые вещества составляют до 11 % массы сухих веществ корнеплодов топинамбура. Они обладают студнеобразующими и адсорбирующими свойствами, благодаря которым способствуют выведению ядовитых веществ, тяжелых металлов, радионуклидов, холестерина и триглициридов. Пектин в составе топинамбура обеспечивает подавление развития атеросклероза и желчнокаменной болезни [11].

При создании функциональных продуктов питания из топинамбура важное значение имеет процесс сушки растительного материала, который обеспечивает длительность хранения и удобство использования. Наиболее эффективной является двухступенчатая конвективная вакуум-импульсная сушка, в которой используются щадящие температурные режимы, позволяющие сохранить максимальное количество полезных веществ топинамбура [12,13].

Цель исследования – нахождение рациональных режимных параметров сушки топинамбура. Физическим объектом исследования являлся топинамбур сорта «Интерес», который произрастает на территории Тамбовской области.

Материалы и методы. Топинамбур сорта «Интерес» отличается высоким содержанием цинка, натрия, магния, кальция. Содержание некоторых макро- и микроэлементов в клубнеплодах топинамбура данного сорта представлено в таблице 1 [5,6].

Таблица 1 – Содержание макро- и микроэлементов в клубнеплодах топинамбура сорта «Интерес»

Микроэлементы, мг/100 г	Медь	1,44
	Цинк	5,83
	Железо	3,6
Макроэлементы, мг/100г	Натрий	23,8
	Магний	292
	Кальций	1024
	Калий	1941,8

Перед сушкой топинамбур нарезают пластинами толщиной 2 мм.

Изучались два вида сушки: конвективная и двухступенчатая конвективная вакуум-импульсная сушка (ДКВИС). Первая ступень ДКВИС проходила на конвективной лотковой сушилке. Нарезанный топинамбур взвешивался и помещался в лоток сушильной установки ровным слоем толщиной 2-3 см. На первой ступени происходит удаление поверхностной влаги. Сушка продолжалась до критического влагосодержания, которое определялось по скачку температуры внутри материала.

Конвективная сушка топинамбура проходила при скорости теплоносителя 1; 1,5; 2 и 2,5 м/с с температурой 40°С, 50°С и 58°С. Верхний предел температуры определялся максимальной возможностью тэнов, поэтому температура в первом периоде ограничивалась возможностями данной сушилки, а во втором- температурой распада биологически активных веществ. Конвективная продувка на второй стадии осуществлялась с температурой 55°С и скоростью теплоносителя 2,5 м/с. Все параметры на второй ступени устанавливались автоматически с помощью программы «Круг» [14,15].

С помощью трубопровода и автоматического крана дополнительно подключена емкость (поз. 11 рис. 4) для создания сухих импульсов подсушенного топинамбура от двухступенчатого жидкостно-кольцевого вакуумного насоса. Объем емкости равен объему пяти лотков шкафа. Сухие импульсы можно осуществлять и в КВИ – шкафу. В этом случае расчёт объёма аппарата осуществляется по формуле:

$$V_a = V_л \cdot \varepsilon \cdot z + V_п,$$

где $V_л$ - объем лотка;ε – порозность;z – число лотков; $V_п$ – объем промежутков.

Формула определения времени импульса:

$$t_и = \frac{V_a}{S} \ln \frac{P_к}{P_н} K,$$

гдеV_a–объем аппарата;S - мощность насоса; $P_к$, $P_н$ – конечное давление и давление разряжения(вакуумирования); K-коэффициент неравномерности, К=1,1…1,5.

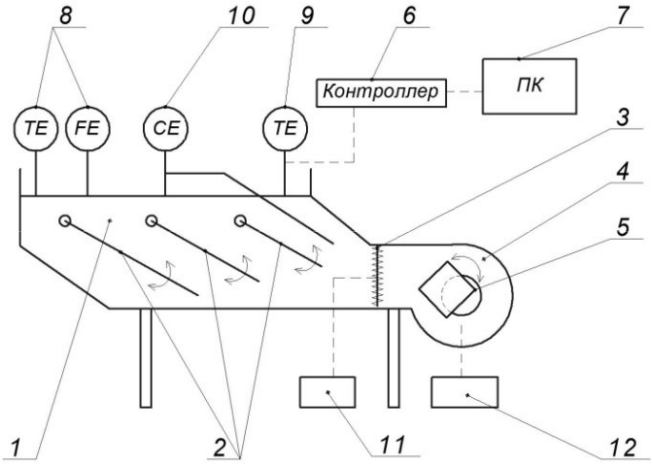
При этом объем цилиндрической емкости для создания сухих импульсов определяется по формуле:

$$V_a = V_л \cdot \varepsilon \cdot z,$$

где $V_л$ - объем лотка;ε – порозность; z – число лотков.

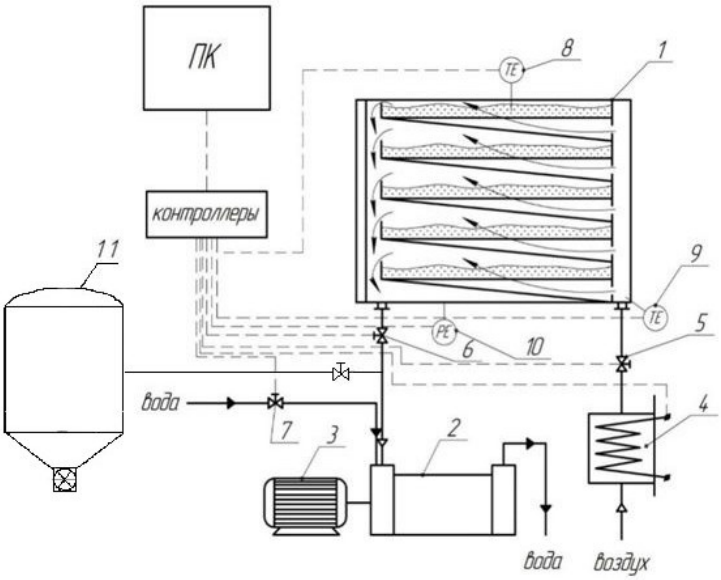
Сначала проходит стадия продувки-нагрева материала до температуры 55^0С. Затем вакуумирование с интенсивным испарением влаги и охлаждением материала до температуры окончания кипения. После это происходит чередование стадий конвективного нагрева и выдержки под вакуумом, но с удалением парогазовой смеси [16].

В качестве сушильного агента был использован атмосферный воздух, его подача осуществлялась перпендикулярно слою материала. Конечная влажность материала составила около 6%. Оценка изменения влажности материала проводилось его взвешивание с заданной периодичностью 15 минут.



1 – лоток; 2 – заслонки регулирования равномерности потока воздуха; 3 – ТЭНы; 4 – вентилятор радиальный; 5 – заслонка; 6 - контроллер; 7 – персональный компьютер; 8 – датчик скорости и температуры теплоносителя; 9 – датчик температуры материала; 10 – датчик влагосодержания; 11 – регулятор мощности; 12 – частотный преобразователь.

Рисунок 3 – Схема конвективной лотковой сушильной установки.



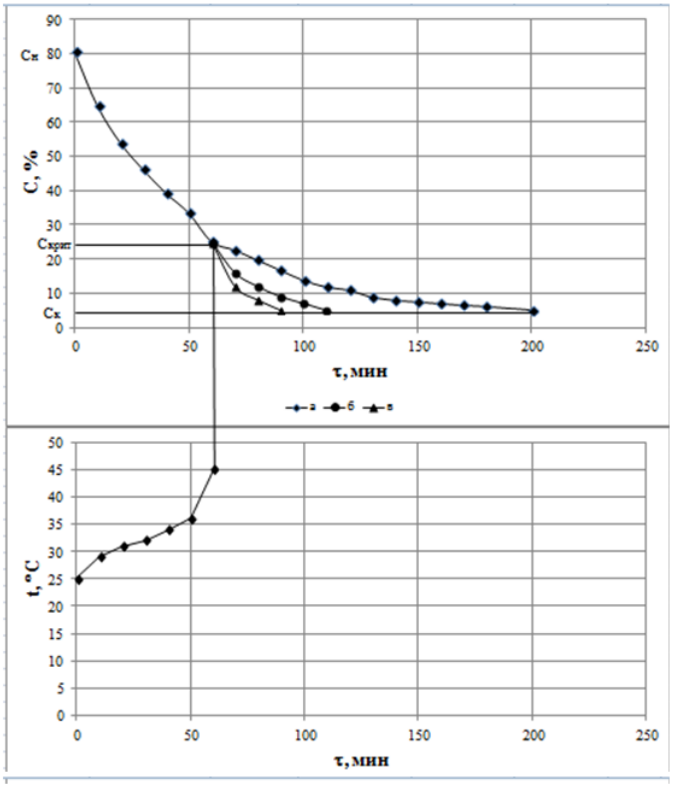
1-сушильный шкаф; 2- жидкостно-кольцевой вакуумный насос;
3- электродвигатель; 4-ТЭНы; 5,6,7 – клапаны; 8,9- термопары; 10- вакуумметр, 11 – цилиндрическая емкость для создания сухих импульсов.

Рисунок 4 – Схема конвективной вакуум-импульсной сушильной установке.

Результаты и их обсуждения. Исследовали процесс сушки топинамбура. Полученные по его результатам данные были обработаны и на их основе построены кривая сушки и температурная кривая. На рисунке 5 представлена кривая рационального режима первого периода сушки топинамбура, при котором температура и скорость теплоносителя составляли, соответственно, 58 ^{0}С и 2,5 м/с. Продолжительность первого периода 60 минут.

При продолжении конвективной сушки до конечного влагосодержания 6 % процесс занимает 200 минут. Если после первого периода материал высушивать в конвективном вакуум-импульсном шкафу при скорости и температуре теплоносителя 2,5 м/с и 58ºС, то время сушки сокращается до 108 минут. При создании между двумя периодами восьми сухих импульсов время сушки сокращается на 16 минут и составляет 92 минуты.

Из кривой сушки видно, что конец первого периода, а, значит, и произошел температурный скачок внутри материала спустя 60 минут от начала сушки. Влагосодержание конца первого периода 25 %.



а) $t_т$ = 58°С и $v_т$ = 2,5 м/с; б) $t_т$ = 58°С, $v_т$ = 3 м/с, $\tau_и$ = 12 циклов = 48мин; б) $t_т$ = 58°С, $v_т$ = 3 м/с, $\tau_и$ = 8 циклов = 32мин;

Рисунок 5 – Кривые сушки и температуры рационального режима сушки топинамбура

а

б

Рисунок 6 – Топинамбур до сушки (а) и после сушки (б).

Заключение. Определено влагосодержание конца первого периода. Проведены исследования нескольких режимов сушки и выбран рациональный. Значение влагосодержания конца первого периода 25%. Определено, что при использовании в процессе сушки емкости для создания сухих импульсов, время сушки сокращается на 4 цикла, т.е. на 16 минут.

Подобраны оптимальные режимы и параметры сушки (скорость теплоносителя 2,5 м/с, температура 58°С, режим вакуумирования/продувки 240/240) корнеплодов топинамбура. Благодаря относительно невысокой температуре сушки топинамбура сохранилось максимальное количество полезных питательных веществ.

Список литературы

1. Голубев, В.И. Топинамбур. Состав, свойства, способы переработки, области применения / В.И. Голубев, И.В. Волкова, Х.М. Кушанов.- Астрахань: Изд.-Полиграф, комплекс "Волга",1995.- 81с.

2. Ушаков, Т.В. Земляная груша в Ингушетии. - Орджоникидзе, 1932, - 57с.

3. Пасько, Н.М. Новые кормовые культуры. Топинамбур // Кн. "Резервы кормопроизводства Адыгеи". - Адыгейское отд. Краснодарского кн. изд. - Майкоп, 1976, С. 27-45.

4. Зимин, В.С. Экономическая целесообразность возделывания топинамбура/ В.С. Зимин, Г.П. Варламов // АО "ВИСХОМ". -М.: 1996 - 27 с.

5. Кольцов, В.А. Клубнеплоды топинамбура ценный источник макро и микроэлементов в питании населения / В.А. Кольцов, М.Ю. Акимов // Евразийскиий союз ученых–2015. –№16.– С. 16-18

6. Кольцов, В.А. Разработка функциональных пищевых продуктов на основе топинамбура: дис. канд. с.-х. наук: 05.18.01 – Мичуринск-наукоград, 2015 – 146 с.

7. Екутеч, Р.И. Разработка технологии получения инулина и пищевых волокон из клубней топинамбура: димм. Канд. техн.наук: 05.18.01- Краснодар, 2010, 142 с.

8. Багаутдинова, Р.И. Продуктивность и фракционный состав углеводного комплекса разных по скороспелости сортов топинамбура / Р.И. Багаутдинова, Г.П. Федосеева // Сельскохозяйственная биология. - 2000. - № 1-С. 18-20.

9. Жданов, Ю.А. Химические превращения углеродного скелета углеводов / Ю.А. Жданов, Г.Н. Дорофеенко М.: АН СССР, 1962. - С. 40.

10. Гипохолестеринемическое действие топинамбура / И.М. Мельник, А.С. Ефимов, Т.Л. Ванюрихина и др. // Топинамбур и топинсолнечник - проблемы возделывания и использования : Тезисы докладов 2-й Всесоюзной научно-производственной конференции. - Иркутск. — 1990. - С.109-110.

11. Ефимов, А.С. О топинамбуре и лечебно-диетических продуктах на его основе в терапии больных сахарным диабетом / А.С. Ефимов, И.М. Мельник, Н.А. Скробонская и др. // Топинамбур и топинсолнечник - проблемы возделывания и использования : Тезисы докладов 2-й Всесоюзной научно-производственной конференции. — Иркутск. - 1990. - с. 106-107.

12. Патент РФ №2548230 от 20.04.2015. Родионов Ю.В. [и др.] Энергосберегающая двухступенчатая сушильная установка для растительных материалов.

13. Патент РФ№ 2560116 от 09.01.2013 Щегольков А.В. [и др.] Конвективно-вакуумная сушилка

14. Родионов, Ю.В. Исследование и выбор режимных параметров процесса сушки хмеле-тыквенной закваски / Ю.В. Родионов. В.П. Капустин, Д.В. Никитин, Д.Н. Протасов, Е.П. Иванова, П.С. Платицин // Наука в центральной России, №3, 2016- с.15-24

15. Дмитриев, В.М. К решению задачи кинетического расчета процесса сушки дисперсных материалов / В.М. Дмитриев, Л.А. Харкевич, Е.А.Сергеева, А.В. Бояршинов, В.Ф. Егоров, С.П. Рудобашта // Актуальные вопросы современной науки. Изд-во: ООО «Центр развития научного сотрудничества», г. Новосибирск, №7, 2009 – с. 94-102

16. Иванова, Е.П. Разработка технологии закваски для производства хлеба функционального назначения / Е.П. Иванова, М.А. Митрохин, О.В. Перфилова, Ю.В. Родионов, Ю.Г. Скрипников // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского, №1, 2014 – с.260-264

STUDY OF THE DRYING TOPINAMBUR PROCESS

Ivanova Elvira,
student, e-mail: elvira-ivanova14@mail.ru
Skomorokhova Anastasia,
student
Koltsov Vladimir,
Candidate of Agricultural Sciences, Director of the MKU "Directorate Program"
Rodionov Yury,
Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department "Technical Mechanics and Machine Parts", e-mail: rodionow.u.w@rambler.ru
Kapustin Vasily,
Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department "Agroengineering",
Nikitin Dmitry,
candidate of technical Sciences, associate Professor of "Technical mechanics and machine parts", e-mail: dmitryndv@gmail.com
Tambov State Technical University

Abstract. *Jerusalem artichokes varieties "Interest", having in its composition many macro - and microelements, such as copper, zinc, iron, sodium, potassium, calcium, magnesium and others, were studied. The roots of Jerusalem artichoke perform a number of useful functions: they participate in the construction of tissues of the supporting motor system, carry out metabolic processes and others due to their chemical composition. The convenience of making Jerusalem artichoke in functional foods provides the drying process. Two types of drying: convective and two-stage convective vacuum-pulse (DKVIS) was studied. The surface moisture from the dried material in a convective tray dryer was removed at the first stage DKVIS. Convective vacuum impulse drying unit was used in the second stage. Several modes of drying plant material were investigated by varying the temperature and velocity of the coolant — atmospheric air. The measurement of mass and temperature was carried out at a predetermined frequency with the help of special equipment. The moisture content of the material was determined by the measured mass of the standard. The drying curves and temperatures were constructed from the data obtained during the experiments. It has been established that the use of two-stage convective vacuum-pulsed drying allows reducing energy consumption and significantly reducing the duration of the process, as compared with convective drying. It is shown that the drying temperature should not exceed 58 ° C to ensure maximum preservation of useful components of root crops. The dried root crop is recommended to be added to products of functional food in the form of plates, or to subject to crushing before formation of powder.*

Keywords: Jerusalem artichoke varieties “Interest”, two-stage convective vacuum-pulse drying, liquid-ring vacuum pump, moisture content, vitamins, micro- and macroelements, dry substances

References

1. Golubev, V.I. Topinambur. Sostav, svojstva, sposoby' pererabotki, oblasti primeneniya / V.I. Golubev, I.V. Volkova, X.M. Kushanov.- Astrahan': Izd.-Poligraf, kompleks "Volga",1995.-81s.
2. Ushakov, T.V. Zemlyanaya grusha v Ingushetii. - Ordzhonikidze, 1932, - 57s.
3. Pas'ko, N.M. Novy'e kormovy'e kul'tury'. Topinambur // Kn. "Rezervy' kormoproizvodstva Ady'gei". - Ady'gejskoe otd. Krasnodarskogo kn. izd. - Majkop, 1976, S. 27-45.
4. Zimin, B.C. E'konomicheskaya celesoobraznost' vozdely'vaniya topinambura/ B.C. Zimin, G.P. Varlamov // AO "VISXOM". -M.: 1996 - 27 s.
5. Kol'cov, V.A. Klubneplody' topinambura cenny'j istochnik makro i mikroe'lementov v pitanii naseleniya / V.A. Kol'cov, M.Yu. Akimov // Evrazijskiij soyuz ucheny'h–2015. –№16.– S. 16-18
6. Kol'cov, V.A. Razrabotka funkcional'ny'h pishhevy'h produktov na osnove topinambura: dis. kand. s.-h. nauk: 05.18.01 – Michurinsk-naukograd, 2015 – 146 s.
7. Ekutech, R.I. Razrabotka texnologii polucheniya inulina i pishhevy'h volokon iz klubnej topinambura: dimm. Kand. tehn.nauk: 05.18.01- Krasnodar, 2010, 142 s.
8. Bagautdinova, R.I. Produktivnost' i frakcionny'j sostav uglevodnogo kompleksa razny'h po skorospelosti sortov topinambura / R.I. Bagautdinova, G.P. Fedoseeva // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. - 2000. - № 1-S. 18-20.

9. Zhdanov, Yu.A. Himicheskie prevrashheniya uglerodnogo skeleta uglevodov / Yu.A. Zhdanov, G.N. Dorofeenko M.: AN SSSR, 1962. - S. 40.

10. Gipoxolesterinemicheskoe dejstvie topinambura / I.M. Mel'nik, A.S. Efimov, T.L. Vanyurixina i dr. // Topinambur i topinsolnechnik - problemy' vozdely'vaniya i ispol'zovaniya : Tezisy' dokladov 2-j Vsesoyuznoj nauchno-proizvodstvennoj konferencii. - Irkutsk. — 1990. - S.109-110.

11. Efimov, A.S. O topinambure i lechebno-dieticheskih produktah na ego osnove v terapii bol'ny'h saharny'm diabetom / A.S. Efimov, I.M. Mel'nik, N.A. Skrobonskaya i dr. // Topinambur i topinsolnechnik - problemy' vozdely'vaniya i ispol'zovaniya : Tezisy' dokladov 2-j Vsesoyuznoj nauchno-proizvodstvennoj konferencii. — Irkutsk. - 1990. - s. 106-107.

12. Patent RF №2548230 ot 20.04.2015. Rodionov Yu.V. [i dr.] E'nergosberegayushhaya dvuxstupenchataya sushil'naya ustanovka dlya rastitel'ny'h materialov.

13. Patent RF№ 2560116 ot 09.01.2013 Shhegol'kov A.V. [i dr.] Konvektivno-vakuumnaya sushilka

14. Rodionov, Yu.V. Issledovanie i vy'bor rezhimny'h parametrov processa sushki xmele-ty'kvennoj zakvaski / Yu.V. Rodionov. V.P. Kapustin, D.V. Nikitin, D.N. Protasov, E.P. Ivanova, P.S. Platicin // Nauka v central'noj Rossii, №3, 2016- s.15-24

15. Dmitriev, V.M. K resheniyu zadachi kineticheskogo rascheta processa sushki dispersny'h materialov / V.M. Dmitriev, L.A. Harkevich, E.A.Sergeeva, A.V. Boyarshinov, V.F. Egorov, S.P. Rudobashta // Aktual'ny'e voprosy' sovremennoj nauki. Izd-vo: OOO «Centr razvitiya nauchnogo sotrudnichestva», g. Novosibirsk, №7, 2009 – s. 94-102

16. Ivanova, E.P. Razrabotka tehnologii zakvaski dlya proizvodstva xleba funkcional'nogo naznacheniya / E.P. Ivanova, M.A. Mitrohin, O.V. Perfilova, Yu.V. Rodionov, Yu.G. Skripnikov // Voprosy' sovremennoj nauki i praktiki. Universitet im. V. I. Vernadskogo, №1, 2014 – s.260-264

УДК 677. 027

МОДЕРНИЗАЦИЯ МАШИНЫ ДЛЯ УТОНЕНИЯ СЛОЯ ЛЬНОТРЕСТЫ

Романов Вячеслав Анатольевич,
старший научный сотрудник, e-mail: romanoff_va@bk.ru
Новиков Эдуард Валерьевич,
кандидат технических наук, доцент, e-mail: edik1@kmtn.ru
ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», г. Тверь

Реферат. *Известно, что для подготовки к переработке льнотресты наиболее эффективно применение утонения слоя «вытяжкой». Изучали вопрос модернизации утоняющей машины СПЛ-2, наиболее благоприятной для технологических линий действующих льнозаводов, с минимальным габаритным размером по длине из-за меньших диаметров утоняющих дисков. Установили, что низкая эксплуатационная производительность машины связана с высокой вероятностью намоток волокна и забивок материала, недостаточной эффективностью работы встроенного в канал утонения устройства технологического перекоса стеблей. Для моделирования процессов утонения слоя и технологического перекоса стеблей использовался макетный образец утоняющей машины СПЛ-2 при скорости зубьев выпускных дисков канала утонения 60 м/мин, что соответствует реальной скорости зажимного транспортера мяльно-трепальных агрегатов. Исследования проводились на льнотресте двух типов: 1 – практическое отсутствие структурных пороков и доля стеблей с разрушенной конструкцией до 5 %, 2 – существенные пороки и доля разрушенных стеблей ≥ 75 %. Разработана конструктивно – технологическая схема канала утонения со свободной «фиксацией» стеблей во впадинах зубчатых дисков с усовершенствованной защитой консольных валов от намоток и совмещенным с каналом технологическим перекосом стеблей слоя. Результаты экспериментальной проверки предложенных технических решений показали, что применение новых решений обеспечивает на порядок меньший уровень намоток отдельных волокон на консольные валы, и практически исключает критические намотки, приводящие к остановке оборудования. Показана возможность технологического перекоса стеблей, совмещенного с каналом утонения. При этом обеспечивается регулирование угла перекоса стеблей относительно осей мяльных вальцов мяльной машины в диапазоне до 35^0.*

Ключевые слова: *лен-долгунец, слой льнотресты, мяльно-трепальный агрегат, канал*

утонения, защита от намоток, перекос стеблей.

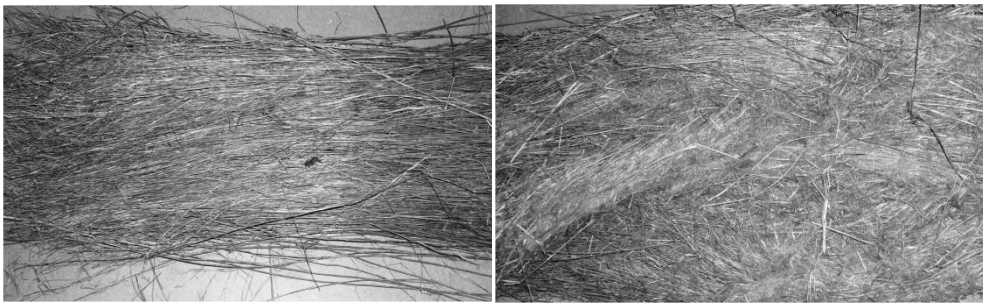
Введение. Повышение эффективности отечественных линий для выработки длинного трепаного волокна из льнотресты, которыми, в основном, оснащены льнозаводы в РФ – важнейший элемент выживания предприятий в конкурентной борьбе на глобальном рынке волокнистого сырья. Прежде всего, это касается роста эксплуатационной производительности мяльно-трепальных агрегатов (далее МТА), которая на практике существенно ниже потенциальной технической производительности, входящего в линию основного технологического оборудования – мяльных и трепальных машин.

Факторами, лимитирующими повышение эксплуатационной производительности МТА, являются пороки структуры исходного слоя льнотресты и стеблей. Разрушенная конструкция стеблей, повышенная сила связи между ними, взаимная дезориентация и другие пороки существенно затрудняют выполнение с высокой производительностью технологических процессов подготовки слоя к переработке – утонения слоя и технологического перекоса стеблей перед мяльной машиной.

Известно, что для эффективной подготовки к переработке такой льнотресты наиболее эффективно применение утонения слоя «вытяжкой» [1]. А для технологических линий действующих льнозаводов, которые, как правило, имеют лимитные ограничения габарита по длине, наиболее пригодна утоняющая машина СПЛ-2. Ее габаритный размер по длине минимален по сравнению с аналогами, что объясняется меньшим диаметром утоняющих дисков. Однако, в этом случае, возрастает вероятность намоток волокна на вращающиеся элементы верхнего ряда консольных валов, приводящие к забивкам канала утонения и остановке процесса. Кроме того, важным недостатком существующих машин данного типа является отсутствие или недостаточная эффективность встроенного в канал утонения устройства технологического перекоса стеблей [2]. Применение с машинами типа СПЛ-2 отдельных устройств перекоса стеблей слоя, применяемых ранее в слоеформирующих машинах типа СМК-1, МФС-1 и т.п. [3], не приемлемо. Так как машины, основанные на «вытяжке» слоя, имеют большую длину по сравнению с упомянутыми слоеформирующими машинами, из-за увеличенного числа зон утонения.

Цель работы – провести модернизацию утоняющей машины СПЛ-2, обеспечивающую повышение надежности процесса формирования слоя, включая технологический перекос стеблей.

Материалы и оборудование. Исследования проводились на льнотресте двух типов, отличающихся уровнем структурных пороков слоя и долей стеблей с разрушенной конструкцией. Первый тип – практическое отсутствие структурных пороков и доля стеблей с разрушенной конструкцией до 5 %, второй тип – существенные пороки и доля разрушенных стеблей ≥ 75 %. Указанные типы льнотреста, используемые для проведения экспериментов, показаны на рисунке 1.



а б

Рисунок 1– Вид льнотресты для проведения экспериментов: а – тип 1; б – тип 2

Для моделирования процессов утонения слоя и технологического перекоса стеблей использовался макетный образец утоняющей машины СПЛ-2 при скорости зубьев выпускных дисков канала утонения 60 м/мин, что соответствует реальной скорости зажимного транспортера в МТА.

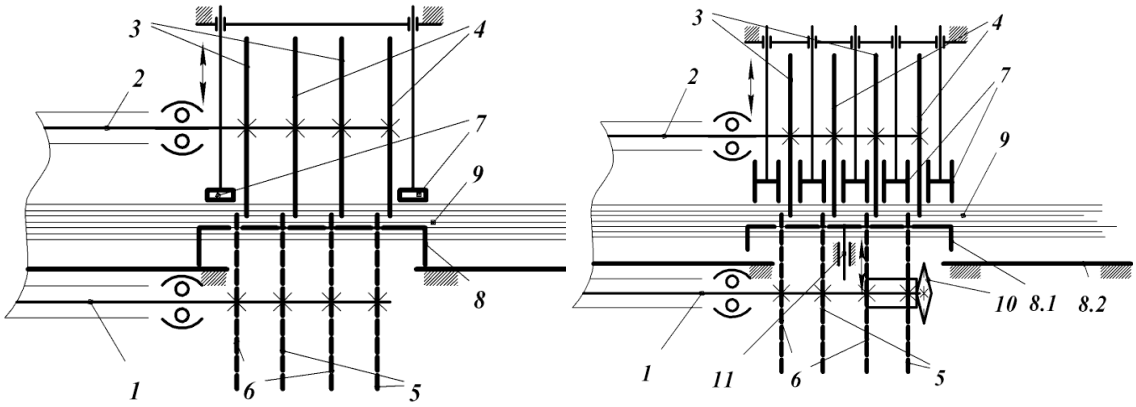
Выбор рациональных вариантов защиты верхнего ряда консольных валов от намоток и

перекоса стеблей определяли на основе оценки их эффективности.

Окончательную экспериментальную оценку защиты проводили для двух вариантов ее исполнения: существующего и нового. Для каждого варианта исполнения защиты валов от намоток количество проб льнотресты было равно 5, при массе каждой пробы 0,5 кг. Общее число пропусков проб через канал утонения в варианте составляло 50, что обеспечивалось десятикратным пропуском каждой пробы. Подачу проб в приемные диски канала утонения проводили в диапазоне линейной плотности 1,5...2,5 кг/м. В качестве оценочного критерия принято, определяемое визуально, количество выявленных намоток на валы верхнего ряда.

Исследования процесса технологического перекоса стеблей также проводились на двух вышеуказанных типах льнотресты. В опытах по перекосу применяли техническое решение, основанное на разности скоростей смежных дисков нижнего выпускного вала. Данное решение было принято с учетом анализа ранее проведенных исследований [2]. Исследования проводились при линейной плотности слоя подаваемого в канал утонения 1,5 кг/м и массе единичных проб 300 г.

Результаты и обсуждение. В машине СПЛ-2 при существующей схеме канала утонения, которая представлена на рисунке 2а, имеется высокая вероятность забивок канала на льнотресте с повышенным уровнем пороков. Это объясняется не выполнением своего назначения элементами защиты 7 верхнего ряда валов от намоток. В процессе утонения слой льнотресты 9 взаимодействует с парными зубчатыми утоняющими дисками 3, 4 и 5, 6 соответственно верхнего 2 и нижнего 1 рядов консольных валов, а также защитой от намоток – ограничителями 7 и столом 8.



а) б)

1,2 – соответственно нижний и верхний ряды консольных валов; 3,4 – смежные диски верхних валов; 5,6 – смежные диски нижних валов; 7 – ограничители;
8, 8.1, 8.2 – стол; 9 – слой льнотресты; 10 – привод выпускного диска; 11 – механизм подъема

Рисунок 2 – Схема канала утонения: а – существующая; б – новая (поперечное сечение)

Условием образования забивок является превышение суммы сил P_1, препятствующих перемещению слоя, над суммой сил P_2, действующих в направлении его движения, т.е. $\Sigma P_1 > \Sigma P_2$. Наши наблюдения показывают, что имеются две первопричины вызывающие образование забивок. Первая – незначительное наматывание волокнистой части льнотресты на вращающиеся элементы верхних консольных валов или подхватывание ими льнотресты, приводящее к ее локальному уплотнению. Вторая причина объясняется некоторым первоначальным сгруживанием слоя льнотресты, а затем в зоне сгруживания происходит постепенная концентрация льнотресты и возрастание сил ее трения о взаимодействующие поверхности ограничителей. Таким образом, в канале утонения образуется забивка, приводящая к остановке процесса.

Для снижения вероятности образования забивок необходимо с одной стороны максимально исключить возможность контакта льнотресты с нерабочими поверхностями вращающих элементов верхнего ряда утоняющих дисков, а с другой – минимизировать силы трения материала об элементы защиты. Исходя из этого и результатов предварительных исследований, нами было

предложено новое техническое решение ограничителей 7 – рисунок 2б. В данном случае ограничители 7 по форме напоминают двутавры, полки которых расположены параллельно боковым поверхностям каждого зубчатого диска. Это обеспечивает увеличение площади перекрытия зоны возможных намоток материала, снижает силу трения стеблей льна об ограничители, гарантируя, при этом, их достаточную механическую прочность. В этом случае, снижается вероятность разрушения стеблей, образования намоток и как следствие забивок канала утонения. Результаты экспериментальной проверки этого предположения представлены в таблице.

Таблица – Результаты экспериментальной проверки образования намоток

Схема канала утонения (по рисунку 2)	Льнотреста, (тип)	Количество пропусков, раз	Намотки, раз / %	*Намотки «критичные», раз / %
Существующая	1	50	0 / 0	0 / 0
	2		10 / 20	2 / 4
Новая	1		0 / 0	0 / 0
	2		1 / 2	0 / 0
* Намотки «критичные», ведущие к образованию забивок канала утонения и остановке машины				

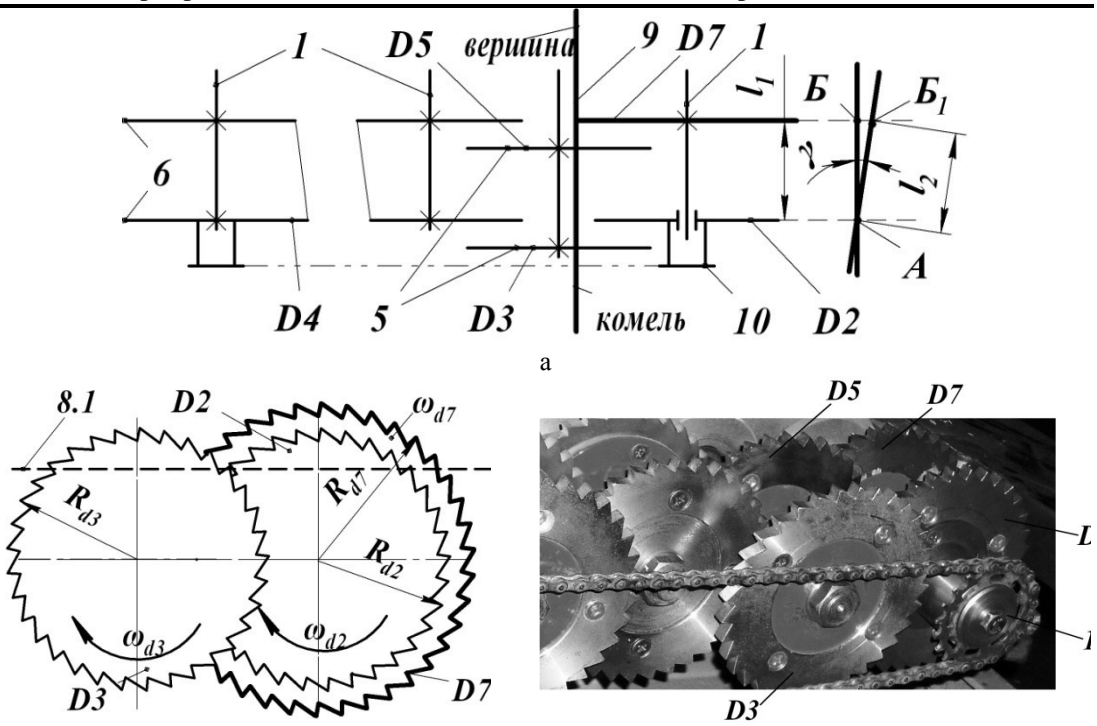
Экспериментальные данные таблицы показывают преимущество нового исполнения защиты по сравнению с существующим вариантом. Если при существующем исполнении намотки отдельных волокон на валы наблюдались в 20 % случаев, то при новой защите они проявились на порядок реже. При этом, для существующей защиты, намотки на валы имели более критичный характер. Другими словами дефекты в процессе утонения слоя, которые ведут к образованию забивок (это взаимосвязано с намотками на валы), для существующего варианта защиты были зафиксированы в 4 % случаев, а для нового варианта намоток, носящих критический характер, выявлено не было. Кроме этого в новой конструкции защиты нижний ограничитель слоя – стол выполнен из 2 отдельных элементов. Это обеспечивает с одной стороны возможность регулирования коэффициента утонения слоя [4, 5, 6], за счет перемещения механизмом подъема 11 элемента стола 8.1, а с другой стороны упрощает доступ к рабочим дискам нижнего ряда валов при эксплуатации изделия за счет демонтажа элемента стола 8.2.

Вторым важным аспектом модернизации канала утонения послужило то обстоятельство, что, для обеспечения эффективной работы значительной части мяльных машин отечественного производства, при подготовке слоя необходимо проводить технологический перекос стеблей слоя. При разработке технического решения для выполнения данной операции исходили из следующих основных требований: выполнение перекоса стеблей следует проводить утоняющими дисками; необходимо обеспечить регулирование угла перекоса.

Первое требование связано с необходимостью минимизации длины утоняющей машины, что расширяет возможности ее агрегирования в цепочки оборудования эксплуатируемых МТА. Второе требование – по изменению угла перекоса связано как с различиями наборов вальцов мяльных машин технологических линий, так и особенностями основных технологических свойств разных партий льносырья. Способ перекоса должен обеспечить минимальный угол перекоса, рациональный для особенностей свойств льнотресты и набора мяльных вальцов. Это объясняется отсутствием фиксации стеблей слоя при перекосе от взаимного продольного смещения, в отличие от импортного оборудования. На отечественном оборудовании после перекоса растянутость слоя всегда увеличивается, показатель пригодности снижается, соответственно падает выход длинного волокна.

Угол перекоса формируется при перемещении двух точек стебля А и Б (рисунок 3), разнесенных по его длине на расстояние l_1, с различными линейными скоростями $v_а \neq v_б$.

Можно предположить два варианта времени $t_а$ и $t_б$ движения точек при перекосе: $t_а = t_б$ и $t_а \neq t_б$. Значение угла перекоса обусловливает разница в пути Δs упомянутых точек. На основании анализа предшествующих технических решений, предназначенных для перекоса стеблей слоя в потоке, нами предложено техническое решение, показанное на рисунке 3.



1 – нижний ряд консольных валов; 5,6 – смежные диски нижних валов D2, D3 ….; 8.1 – стол; 9 – стебель льнотресты (слой); 10 – привод выпускного диска;

Рисунок 3 – Схема конструктивно-технологического решения перекоса стеблей:
а – нижний ряд валов канала утонения с механизмом перекоса слоя; б – вид сбоку на выпускную группу дисков нижнего ряда; в – макетный образец

Данное техническое решение можно отнести к устройствам перекоса с активным увеличением или уменьшением скорости стебля зубчатыми дисками, в какой либо точке. Рассмотрим вариант с активным торможением. Торможение стеблей в точке А совершается диском D2, т.к. $v_{d2} < v_{d7}$, где v_{d2} и v_{d7} соответственно скорости дисков D2 и D7. Разница скоростей обеспечивается не только размерами дисков $R_{d2} > R_{d2}$, но и использованием консольного вала как оси вращения диска D2 с его приводом от одного из предшествующих более тихоходных консольных валов (или от отдельного регулируемого привода). При этом различается и время взаимодействия стеблей с дисками D2 и D7, которое будет различным даже в случае одинаковой угловой скорости, что следует из разницы длин проекций взаимодействия стеблей с дисками D2 и D7 на траекторию движения слоя. Естественно, что взаимодействие стебля с диском D7 наступит раньше и будет продолжительнее, чем с диском D2.

Предлагаемая схема технического решения по перекосу стеблей слоя в потоке была реализована в макете утоняющей машины типа СПЛ-2, рисунок 3. Экспериментально установлено, что наиболее целесообразно использовать в качестве диска активного торможения выпускной диск. Изменение скорости диска торможения, за счет дискретного или плавного изменения его скорости, позволяет регулировать угол перекоса. В экспериментах наблюдалось изменение угла перекоса до 35º.

Выводы. В результате проведенных экспериментов удалось обосновать новые технические решения защиты верхнего ряда консольных валов от намоток и технологического перекоса слоя. Работоспособность и техническая эффективность данных решений подтверждена экспериментально. Разработанные решения обеспечивают снижение на порядок намоток материала на консольные валы и практически исключают вероятность образования забивок канала утонения, приводящих к остановке оборудования. При технологическом перекосе слоя обеспечивается возможность регулирования угла перекоса, максимальное значение которого в

экспериментах достигало 35º. Разработанные решения обеспечат повышение выхода длинного волокна при первичной переработке и производительности эксплуатируемых МТА.

Список литературы

1. Романов В.А. Повышение качества работы слоеформирующего механизма при обработке льноматериала // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2012. – № 6. – С. 19 – 20.

2. Романов В.А., Новиков Э.В., Безбабченко А.В. К вопросу перекоса слоя льнотресты в утоняющей машине со свободной "фиксацией" стеблей // В сборнике: Инновационные разработки для производства и переработки лубяных культур материалы Международной научно-практической конференции ФГБНУ ВНИИМЛ. 2017. – С. 338-342.

3. Дьячков В.А. Теоретические основы технологии производства лубяных волокон : монография / В.А. Дьячков. – Кострома: Изд-во Костром. гос. технол. ун-та, 2009. – 271 с.

4. Романов В.А., Новиков Э.В. Обоснование конструктивно-технологического решения слоеутоняющей машины, адаптивной к изменению параметров слоя льносырья // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2017. – № 3. – С. 122-126.

5. Пат. на полезную модель РФ № 104639 Российская Федерация, МПК D01B 1/00. Устройство для утонения слоя стеблей льносырья / Романов В. А., Ковалев М. М.; заявитель и патентообладатель Всероссийский науч.-исслед. ин-т механизации льноводства. – № 2010150732/05; заявл. 10.12.2010; опубл. 27.05.2011, Бюл. № 15.

6. Пат. на полезную модель РФ № 176038 Российская Федерация, МПК D01B 1/24. Устройство для утонения слоя стеблей льна-долгунца / Романов В. А., Ростовцев Р. А., Пучков Е. М.; заявитель и патентообладатель Всероссийский науч.-исслед. ин-т механизации льноводства. – № 2017109952 заявл. 24.03.2017; опубл. 26.12.2017, Бюл. № 36.

MODERNIZATION OF THE DEVICE FOR THINNING OF THE LAYER OF FLAX STRAW IN THE PROCESSING LINE

Romanov Vyacheslav,
Senior Researcher, e-mail: romanoff_va@bk.ru
Novikov Edward,
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, e-mail: edik1@kmtn.ru
Federal Research Center for Bast Fiber Crops, Tver

Abstract. *It is known that the use of thinning of the "stretching" layer is most effective for preparing for the processing of rotten flax straw. The question of modernizing the SPL-2 thinning machine, which is most favorable for technological lines of operating flax plants, with a minimum overall length dimension due to smaller diameters of thinning discs was studied. It was established that the low operating performance of the machine is associated with a high probability of winding the fibers and blocking the material, and the insufficient efficiency of the device for the technological skew of the stems embedded in the channel of thinning. A prototype model of a thinning machine SPL-2 at a speed of teeth of exhaust discs of the channel of thinning 60 m / min, which corresponds to the actual speed of the clamping conveyor of crumpling-disheveling unit, was used to simulate the thinning of the layer and the technological skew of the stems. Studies were conducted on flax straw rot of two types: 1 - the practical absence of structural defects and the proportion of stems with a destroyed structure up to 5%, 2 - significant defects and the proportion of destroyed stems ≥ 75%. Structurally, the technological scheme of the thinning channel with the free "fixation" of the stems in the depressions of the gear discs with the improved protection of the cantilever shafts against windings and the technological twisting of the stems of the layer combined with the channel has been developed. The results of the experimental verification of the proposed technical solutions have shown that the use of new solutions provides an order of magnitude lower level of winding of individual fibers on the cantilever shafts, and virtually eliminates critical windings leading to equipment stoppage. The possibility of technological bias of the stems, combined with the channel of thinning is shown. Regulation of the skew angle of the stems relative to the axes of the pulping rollers of the milling machine in the range of up to 350 is provided at the same time.*

Keywords: *fiber flax, the layer of flax straw rotten, breaking-scutching device, channel for thinning, protection from winding, stems misalignment.*

References

1. Romanov V.A. Povyshenie kachestva raboty sloeformiruyushchego mekhanizma pri obrabotke l'nomateriala // Mekhanizaciya i elektrifikaciya sel'skogo hozyajstva. – 2012. – № 6. – S. 19 – 20.
2. Romanov V.A., Novikov E.V., Bezbabchenko A.V. K voprosu perekosa sloya l'notresty v utonyayushchej mashine so svobodnoj \"fiksaciej\" steblej // V sbornike: Innovacionnye razra-botki dlya proizvodstva i pererabotki lubyanyh kul'tur materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii FGBNU VNIIML. 2017. – S. 338-342.
3. D'yachkov V.A. Teoreticheskie osnovy tekhnologii proizvodstva lubyanyh volokon : mono-grafiya / V.A. D'yachkov. – Kostroma: Izd-vo Kostrom. gos. tekhnol. un-ta, 2009. – 271 s.
4. Romanov V.A., Novikov E.V. Obosnovanie konstruktivno-tekhnologicheskogo resheniya sloeutonyayushchej mashiny, adaptivnoj k izmeneniyu parametrov sloya l'nosyr'ya // Izvestiya vys-shih uchebnyh zavedenij. Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti. – 2017. – № 3. – S. 122-126.
5. Pat. na poleznuyu model' RF № 104639 Rossijskaya Federaciya, MPK D01B 1/00. Ustroj-stvo dlya utoneniya sloya steblej l'nosyr'ya / Romanov V. A., Kovalev M. M.; zayavitel' i patento-obladatel' Vserossijskij nauch.-issled. in-t mekhanizacii l'novodstva. – № 2010150732/05; zayavl. 10.12.2010; opubl. 27.05.2011, Byul. № 15.
6. Pat. na poleznuyu model' RF № 176038 Rossijskaya Federaciya, MPK D01B 1/24. Ustroj-stvo dlya utoneniya sloya steblej l'na-dolgunca / Romanov V. A., Rostovcev R. A., Puchkov E. M.; zayavitel' i patentoobladatel' Vserossijskij nauch.-issled. in-t mekhanizacii l'novodstva. – № 2017109952 zayavl. 24.03.2017; opubl. 26.12.2017, Byul. № 36.

УДК 631.363

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИГОТОВЛЕНИЯ КОРНЕКЛУБНЕПЛОДОВ

Брусенков Алексей Владимирович,
кандидат технических наук, доцент, e-mail: aleksei_brusenkov@mail.ru
Ильина Ирина Евгеньевна,
кандидат технических наук, доцент, e-mail: ser_il@mail.ru
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», г. Тамбов

Реферат. *Известно, что скармливание дойным коровам полнорационных кормосмесей с примененением корнеклубнеплодов повышает их продуктивность, раздача корнеклубнеплодов вручную приводит к повышению себестоимости продукции. Научно доказано, что введение в рационы корнеклубнеплодов, подготовленных в кормоприготовительных линиях, выгодно как в зоотехническом, так и в экономическом отношениях. Анализ выпускаемых серийных машин и оборудования, предназначенных для приготовления корнеклубнеплодов на животноводческих фермах и комплексах показал, что они отличаются высокой металлоёмкостью и энергоёмкостью и требуют больших затрат при монтаже, эксплуатации и техническом обслуживании. Предложена новая модернизированная технологическая линия приготовления корнеклубнеплодов, отличающаяся тем, что применяемое оборудование является серийным, не считая изменений в их констуркции, которые могут быть самостоятельно доработаны в условиях хозяйств. Она состоит из питателя-дозатора с продольным и поперечным транспортерами, мойки-измельчителя с новым измельчающим аппаратом и отстойника. При её использовании не требуются дополнительные затраты на строительно-монтажные работы, она проста в изготовлении, более надёжна, менее энергоёмка и металлоёмка. Расход чистой воды при использовании остойника позволяет сократить расход воды с 350 - 400 до 20 - 50 л/т в зависимости от исходной загрязненности корнеклубнеплодов. Мощность установленных электродвигателей в модернизированной линии приготовления корнеклубнеплодов, по сравнению с аналогичными, снизилась в 2 - 3 раза.*

Ключевые слова*: животноводство, крупный рогатый скот, корнеклубнеплоды, приготовление, технологическая линия.*

Введение. Необходимыми и обязательными условиями интенсивного ведения животноводства являются не только обеспечение устойчивой кормовой базы, но и применение современных способов и приемов переработки и приготовления кормов, обеспечивающих их наиболее эффективное использование. Для этого в соответствии с прогрессивными технологиями для конкретных условий определяют комплекты машин и оборудования и организацию их использования [1]. На фермах и комплексах большое внимание уделяют предварительной подготовке корнеклубнеплодов перед скармливанием животным, так как в результате этого повышается их перевариваемость и питательная ценность. Известно, что животные усваивают лишь 20…25% содержащихся в корме питательных веществ, около 30% расходуется на физиологические нужды, а остальная часть выделяется с отходами, поэтому при решении задач рационального приготовления кормов необходимо добиваться снижения их непроизводительных потерь [1,2].

Резльтаты и их обсуждение. Для повышения поедаемости и усвояемости кормов большое влияние оказывают способы их подготовки и переработки. Анализируя технологии приготовления и переработки корнеклубнеплодов, следует отметить, что во всех технологических линиях присутствуют такие основные технологические операции, как накопление, хранение, очистка их от посторонних примесей, измельчение, дозирование, смешивание с другими видами кормов и выдача животным, а по энергоёмкости процесса приготовления их можно разделить на две группы – с применением тепловой обработки и без неё [3]. Однако применение запаренных кормов сдерживается высокой стоимостью источников энергии из-за постоянного роста тарифов, в результате чего их скармливают в сыром виде с предварительным измельчением в соответствии с зоотехническими требованиями. В зависимости от этого в технологические линии включаются машины, функциональное назначение которых соответствует выбранной технологической схеме.

Для механизации производственных процессов на животноводческих фермах и комплексах используют различные машины и оборудование, которые служат для приготовления, транспортировки и раздачи кормов и используются как индивидуально, так и в составе поточно-технологических линий (ПТЛ) [2]. Стационарные машины технологической линии по приготовлению корнеклубнеплодов характеризуются жесткой связью, то есть все они от первой до последней работают в ритме основной машины. Оборудование животноводческих ферм, в отличие от многих сельскохозяйственных машин, используются не сезонно, а на протяжении всего года или непосредственно работают в контакте с животными и воздействуют на их органы, поэтому каждая технологическая операция или процесс на фермах должны выполняться в строго определённое время. Несвоевременное выполнение их ведёт к нарушению функциональных процессов в организме, что оказывает влияние на продуктивность и здоровье животных [4,5].

Оборудование поточных технологических линий (рисунок 1) монтируют в помещении цеха с минимальным заглублением (не более 700 мм), оно рассчитано для работы при температуре от 5 до 35°С и относительной влажности воздуха не более 95 % [6]. Линия должна обеспечивать механизированную загрузку из транспортных средств, мойку обычных и крупных корнеплодов, их измельчение и дозированную подачу, отделение от массы загрязнений (земли, ботвы, соломы) влажным или сухим способом, а также их доставку на линию смешивания. Оборудование ПТЛ совмещают с выгрузными механизмами хранилища корнеплодов. Для мойки корнеклубнеплодов используют оборотное водоснабжение с рециркуляцией грязной воды.

Приведенное на схеме оборудование показывает, что без учёта хранилищ в состав ПТЛ входит от четырех до шести машин.

Погрузка корнеплодов из хранилищ или кагатов в транспортные средства на всех ПТЛ одинакова: она осуществляется тракторными свеклопогрузчиками (типа КСП-6,5; ППС-6; «РИТМ-MATROT», КПС-6 и другие) или грейферными погрузчиками (типа ПЭ-0,8Б; ПКУ-0,8; John Deere, MANITOU и другие), загрузка в промежуточное хранилище – самосвальным транспортом. Во избежание перебоев в работе ПТЛ из-за отсутствия корма необходим бункер-накопитель или питатель. Этот текущий запас корнеплодов в ПТЛ (операция накопления) создается в бункерах-питателях ПБ-2М (ПБ-15), ТК-5 или ТК-5Б, ТЗК-30М или ПЗМ-1,5, в которые корнеплоды выгружают опрокидыванием кузова прицепа или подачей транспортерами из хранилищ (см. рисунок 1). Операции очистки, мойки, измельчения и дозированной выдачи подготовленных корнеплодов на ПТЛ выполняют измельчителями ИКС-5М, АПК-10А, ИКМ-Ф-10, ИКМ-5, ИКУ-

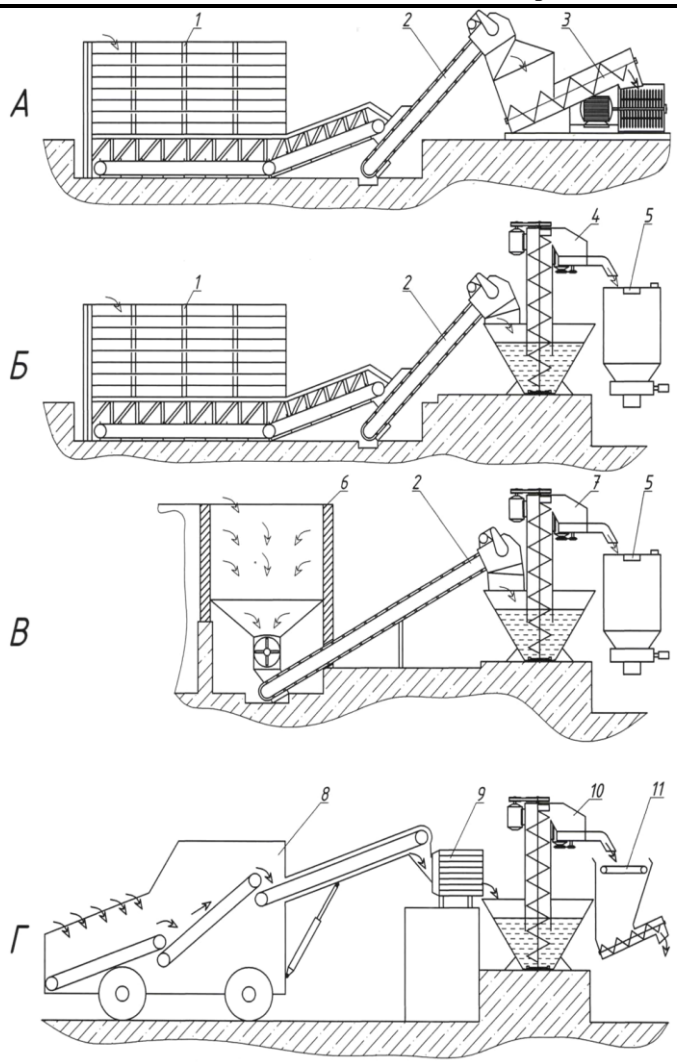
Ф-10 и другие. Для регулирования дозы выдачи корнеплодов за счет изменения частоты вращения рабочих органов применяют бункера-дозаторы различного типа.

Согласно первой *схеме А* (см. рисунок 1) доставленные транспортными средствами корнеклубнеплоды порциями по 2...4 т выгружают в приемный бункер-питатель ПБ-2М, заглубленный на 700 мм, либо на площадку цеха, откуда их периодически сталкивают в бункер ПБ-2М бульдозером. Из бункера корнеклубнеплоды транспортером ТС-40М подают в мойку-дозатор агрегата АПК-10А, где они отмываются от грязи, затем дозированно подаются в измельчитель-смеситель агрегата АПК-10А.

По *схеме Б* (см. рисунок 1) корнеклубнеплоды в той же последовательности доставляют и выгружают в приемный бункер ПБ-2М или ПБ-15 и скребковым транспортером подают в мойку-измельчитель ИКМ-Ф-10, где они отмываются от грунта и песка вихревыми потоками воды в ванне, затем подхватываются шнеком и направляются к измельчителю. Частично отмытые в ванне корнеклубнеплоды дополнительно омываются струёй воды в кожухе шнека. Камни и другие тяжелые предметы опускаются на дно ванны и отбрасываются крылачом на выгрузной транспортер. В измельчителе корнеклубнеплоды на верхнем диске измельчаются горизонтальными ножами и поступают на нижний диск, где происходит их окончательное доизмельчение вертикальными ножами. Измельченная масса выгружается в дозатор через лоток с помощью лопаток нижнего диска, далее через бункер-дозатор самотеком направляется в рабочую зону дозирующего устройства и на линию смешивания. Достоинство данной ПТЛ является малое заглубление питателя и высокая пропускная способность измельчителя, а недостатком – низкая надежность дозатора.

Согласно *схемы В* (см. рисунок 1) каждый приемный бункер шнеков-питателей ТК-5Б загружают кормами из транспортных средств. Шнеки-питатели включают в работу поочередно. При пуске линии первым включают скребковый транспортер, а затем один из шнеков-питателей. Корнеклубнеплоды подаются в мойку-измельчитель ИКМ-Ф-5, где подвергаются мойке, очистке от загрязнений и камней, измельчению, после чего поступают в дозатор КОРК-15.03.01 и далее – на ПТЛ смешивания. Недостатком данной ПТЛ является то, что в ёмкости приёмной части питателя, заглубленного на 3000 мм, во время работы ежесменно накапливается много грязи, замерзающей в зимнее время, что затрудняет очистку, вызывает перегрузку электродвигателя, обрыв цепей и тому подобное. Кроме того, основным недостатком шнеков-питателей ТК-5Б является необходимость их заглубления, что требует дополнительных затрат на строительно-монтажные работы и затрудняет техническое обслуживание. Поэтому, по мнению ряда учёных наиболее совершенным является питатель-дозатор корнеклубнеплодов ПДК-Ф-15-1, который по сравнению с питателями типа ПБ-2М или ПБ-15 обеспечивает большую равномерность подачи продукта, для его установки не требуется больших капитальных вложений, устанавливается на любой ровной горизонтальной площадке. Питатель-дозатор корнеклубнеплодов ПДК-Ф-15-1 устроен следующим образом. На раме шарнирно закреплен лоток, в который самосвальным транспортером загружаются корнеклубнеплоды. Лоток при помощи двух гидроцилиндров может подниматься на угол до 60°. Корнеклубнеплоды, перемещаясь под собственным весом, захватываются шнеком и дозированно подаются далее согласно технологии приготовления. Аналогично устроен питатель ПКЖ-Ф-15.

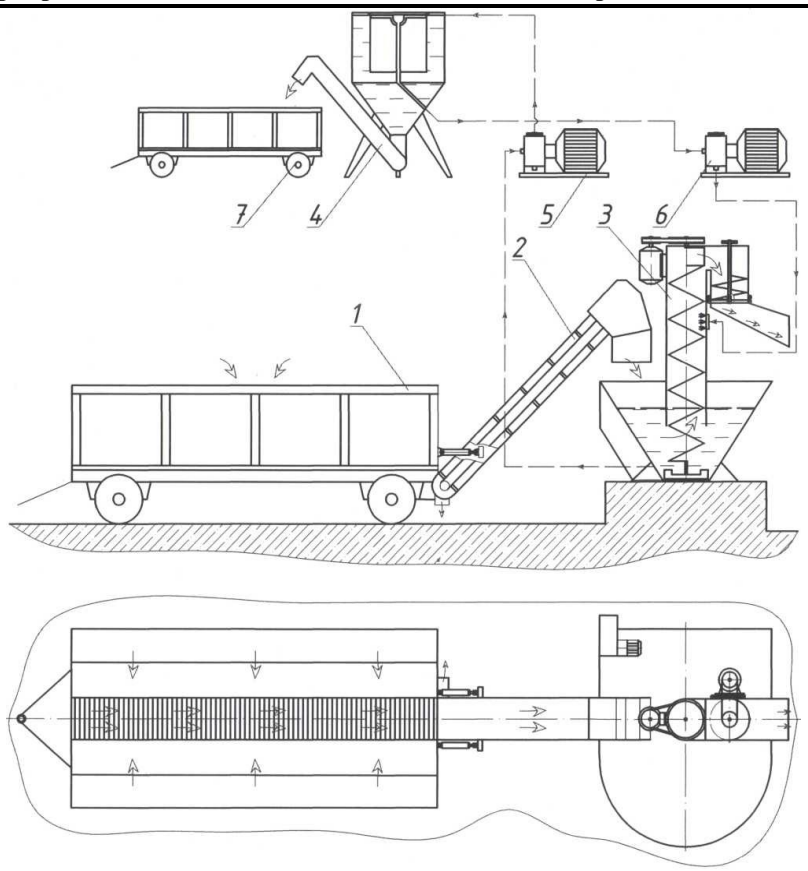
По четвертой технологической *схеме Г* (см. рисунок 1) корнеплоды, загруженные в приемный лоток питателя ТЗК-30М, ленточным скребковым транспортером подаются во вращающийся барабан сухой очистки, в котором отделяется основная масса грунта, соломы и растительных остатков. Из барабана, установленного с зазором относительно загрузочного лотка, корнеклубнеплоды попадают в ванну мойки-камнеотделителя, где потоком воды, создаваемым рабочим колесом с лопастями совместно с витками шнека, отмываются и шнеком транспортируются к измельчителю. Камни и другие тяжелые примеси коническое рабочее колесо отбрасывает к периферии и удаляет из ванны через окно на транспортер удаления примесей. Очищенные от земли, песка и камней и превращенные в стружку корнеплоды поступают в бункер-дозатор. Далее измельченная масса в дозированном количестве подается на линию смешивания. Питатель ТЗК-30М не требует заглубления, легко транспортируется и может использоваться в других технологических линиях. Основной недостаток данной машины – неравномерность подачи корнеклубнеплодов.



1 – приемный бункер (ПБ-15 или ПБ-2М); 2 – скребковый транспортер ТС-40М; 3 – шнековая мойка агрегата АПК-10А; 4 – мойка-измельчитель ИКМ-Ф-10; 5 – бункер-дозатор КОРК-15.03.01; 6 – питатель ТК-5,0Б; 7 – мойка-измельчитель ИКМ-5; 8 – транспортёр-загрузчик ТЗК-30М; 9 – барабан сухой очистки корнеплодов; 10 – мойка-измельчитель; 11 – дозатор сочных кормов ДС-15

Рисунок 1 – Схемы основных ПТЛ для приёма и обработки корнеклубнеплодов

Проведенный анализ показал, что если на животноводческих фермах и комплексах отсутствует поточно-технологическая линия, то мобильными раздатчиками раздают только силос и сенаж, а для корнеклубнеплодов такие машины не предназначены и их раздают вручную, что в результате приводит к повышению себестоимости продукции. Кроме того, в настоящее время не существует технологического оборудования для приготовления корнеклубнеплодов, которое бы эффективно выполняло процесс качественной очистки, измельчения и дозированной их выдачи, являющихся неотъемлемой составной частью кормовых рационов. Практика эксплуатации этих технологических линий показала, что они имеют существенные недостатки и не полностью отвечают современным требованиям производства. С целью устранения этих недостатков предлагается модернизированная технологическая линия приготовления корнеклубнеплодов, схема которой представлена на рисунке 2. Она состоит из питателя-дозатора 1 с продольным и поперечным 2 транспортерами, мойки-измельчителя 3 с новым измельчающим аппаратом и отстойника 4.



1 – питатель-дозатор; 2 – скребковый транспортёр (типа ТС-40К); 3 – мойка-измельчитель ИКМ-Ф-10; 4 – отстойник; 5, 6 – насосы; 7 – тракторный прицеп

Рисунок 2 – Схема модернизированной технологической линии приготовления корнеклубнеплодов

Питатель-дозатор 1 представляет собой двухосный рамный тракторный прицеп, в нижней части которого расположен продольный цепочно-планчатый продольный транспортер. К нижней части рамы шарнирно крепится поперечный скребковый транспортер 2, сотоящий из коробчатого кожуха прямоугольной формы и двухцепной транспортёрной ленты с металлическими скребками. Угол наклона транспортёра к горизонту осуществляется с помощью двух гидроцилиндров, расположенных по обе стороны кожуха. Привод транспортёров питателя-дозатора независим друг от друга и осуществляется от вала отбора мощности (ВОМ) трактора через цепные передачи.

Мойка-измельчитель 3 (на базе ИКМ-Ф-10) состоит из ванны, шнековой мойки и скребкового транспортёра для удаления камней, оросительной системы и измельчающего аппарата одноступенчатого типа с вертикальным расположением шнекового питателя и неподвижной ножевой кольцевой решёткой с плоскими пластинчатыми ножами, установленными на определённом друг от друга расстоянии.

Отстойник 4 представляет собой цилиндрическую емкость с коническим днищем, патрубком для сбора осадка и шнеком для его выгрузки. Для откачки грязной воды в отстойник предусмотрен насос 5, а для подачи осветленной воды от отстойника 4 к мойке-измельчителю 3 – насос 6. Остаток почвы из отсойника непрерывно выгружается шнеком в установленный под ним тракторный прицеп 7. Вода подаётся в мойку насосом из отстойника под большим напором, что обеспечивает высокое качество отмыва.

Технологический процесс осуществляется следующим образом. Корнеклубнеплоды загружаются в питатель-дозатор 1 и доставляются на линию приготовления. Тракторист задним ходом подъезжает к мойке-измельчителю, с помощью гидроцилиндров совмещает

выгрузное окно поперечного транспортера питателя с загрузочным окном мойки-имзельчителя и включается продольный транспортер. Корнеклубнеплоды под собственным весом перемещаются по наклонной стенке вниз, захватываются скребками продольного транспортёра и подаются в нижнюю часть поперечного транспортёра 2. Здесь они захватываются скребками поперечного транспортёра и по рабочему дну кожуха перемещаются вверх. Корнеклубнеплоды под действием сил тяжести падают вниз в загрузное окно мойки-измельчителя 3. В ней они отмываются от почвы вихревыми потоками воды, создаваемыми вращающимся крылачом и находясь во взвешенном состоянии, подхватываются шнеком и подаются вверх, дополнительно омываясь струёй воды из гребенки патрубка, расположенной в кожухе. Камни и другие тяжелые предметы опускаются на дно ванны и отбрасываются крылачом на выгрузной транспортер. Очищенные корнеклубнеплоды выбрасывателем направляются в камеру измельчителя, где под собственным весом они скатываются по стенке корпуса и захваченные навивкой вращающегося шнека, перемещаются в осевом направлении сверху вниз к блоку ножей. Наличие у шнека переменного шага, уменьшающегося по направлению движения кормовой массы, обеспечивает ей уплотнение при подходе к блоку ножей. Под действием сжатия и постоянного подпора со стороны шнека, корнеклубнеплоды продавливаются через ножевую решётку и выводятся из измельчающего аппарата по выгрузному рукаву в самоходный или прицепной кормораздатчик-смеситель с электронной системой взвешивания компонентов рациона.

Предложенная технологическая линия приготовления корнеклубнеплодов существенно отличается от известных. Применяемое оборудование является серийным, не считая небольших изменений в их конструкции, которые могут быть самостоятельно доработаны и изготовлены в условиях сельхозпредприятий. Обработка корнеклубнеплодов на данной линии полностью механизирована, и при её эксплуатации не требуется затрат ручного труда. Кроме того, данная линия не требует дополнительных затрат на строительно-монтажные работы, проста в изготовлении, надёжна, менее энергоёмка и металлоёмка.

Расход чистой воды при использовании остойника позволяет сократить расход воды с 350…400 до 20…50 л/т в зависимости от исходной загрязненности корнеклубнеплодов [6,7]. Мощность установленных электродвигателей в модернизированной линии приготовления, по сравнению с аналогичными, снизилась в 2…3 раза.

Заключение. Как показывает практика, технология приготовления корнеклубнеплодов зависит от конкретных особенностей и условий хозяйства, экономической целесообразности применяемых тех или иных способов обработки и зоотехнических требований, предъявляемых к ним. При этом число машин должно быть минимальным, но достаточным для того, чтобы процесс приготовления корнеклубнеплодов происходил технологически правильно и экономично, то есть все операции технологических процессов, выполняемых на кормоприготовительных машинах, должны быть согласованы между собой по технологическому назначению и по производительности. На каждой машине необходимо выполнять не только свою операцию, но и одновременно готовить условия для выполнения следующей операции на другой машине данной технологической линии. Поэтому разработка новых технологий и модернизация существующих технических средств, обеспечивающих необходимое качество приготовления при снижении энергоёмкости выполняемого процесса является актуальной задачей и имеет важное народнохозяйственное значение.

Список литературы

1. Боярский Л.Г. Технология кормов и полноценное кормление сельскохозяйственных животных / Л.Г. Боярский. – Ростов н/Дону: Феникс, 2001. – 416с.

2. Кукта, Г.М. Машины и оборудование для приготовления кормов / Г.М. Кукта. – М.: Агропромиздат. 1987. – 303с.

3. Сельскохозяйственная техника и технологии / И.А. Спицын, А.Н. Орлов, В.В. Ляшенко и другие; под общ. ред. И.А. Спицына. – М.: КолосС, 2006. – 647с.

4. Брусенков, А.В. Особенности эксплуатации технологического оборудования в животноводстве / А.В. Брусенков, А.В. Сенько // Современное состояние и перспективы развития научной мысли: материалы Международной научно-практической конференции 13 апреля 2017 года (г. Астана, Казахстан). – Научно-издательский центр «Мир науки», 2017. – С.41-48.

5. Стратегия машинно-технологической модернизации сельского хозяйства России на период до 2020 года / Фисинин В.И. и др. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. – 80 с.

6. Коваленко, В.П. Технологические комплексы машин для приготовления кормов: учебное пособие / В.П. Коваленко, И.М. Петренко. – Изд-во КГАУ: Краснодар, 2000. – 170с.

7. Шамов, Н.Г. Технологическая линия обработки корнеклубнеплодов / Н.Г. Шамов // Техника в сельском хозяйстве, 1985. – №8. – С.22

IMPROVING COOKING EFFICIENCY STOREHOUSES

Brusenkov Alexey,
candidate of Technical Sciences, associate Professor,
e-mail:aleksei_brusenkov@mail.ru
Ilina Irina,
candidate of Technical Sciences, associate Professor, e-mail: ser_il@mail.ru
Tambov State Technical University, Tambov

Abstract*: It is known that feeding dairy cows with full-feed fodder mixtures with the use of root and tuber crops increases their productivity, and the distribution of root-fruits by hand leads to an increase in the cost of production. It has been scientifically proven that the introduction of tuber crops prepared in feed preparation lines into rations is beneficial both in zootechnical and economic terms. Analysis of mass-produced machines and equipment intended for the preparation of root and tuber crops on livestock farms and complexes showed that they are distinguished by high metal consumption and energy intensity and are costly to install, operate and maintain. A new modernized technological line for the preparation of root-and-vegetable crops, characterized in that the equipment used is serial, not counting changes in their design, which can be independently modified under farm conditions, has been proposed. It consists of a feeder-dispenser with longitudinal and transverse conveyors, a washing-shredder with a new grinding apparatus and a settling tank. Additional costs for construction and installation work are not required when using it, it is easy to manufacture, more reliable, less energy-intensive and metal consumption. The flow of clean water using the stove can reduce water consumption from 350-400 to 20-50 l / t, depending on the initial contamination of the tubers. The power of the installed electric motors in the modernized line for the preparation of root-and-vegetable crops, as compared with the similar ones, decreased by 2-3 times.*

Keywords*: animal, cattle, root crops, trade, technological line.*

References

1. Boyar L. G. Technology of feeds and complete feeding of farm animals / G. L. Boyarsky. – Rostov-n/Donu: Feniks, 2001. – 416s.

2. Kuqta, G.M. Machines and equipment for feed preparation / G.M. Kukta, M: Agropromizdat, 1987, 303 p. (In Russ)

3. Agricultural machinery and technology / I.A. Spitsyn, A.N. Orlov, V.V. Lyashenko and others; under total ed. I.A. Spitsyna, M: KolossS, 2006, 647 p. (In Russ)

4. Brusenkov, A.V. Features of operation of technological equipment in animal husbandry / A.V. Brusenkov, A.V. Senko // Current state and prospects for the development of scientific thought: materials of the International Scientific and Practical Conference on April 13, 2017 (Astana, Kazakhstan), Scientific and Publishing Center "World of Science", 2017, p.41-48. (In Russ)

5. The strategy of machine-technological modernization of agriculture in Russia for the period up to 2020 / Fisinin V.I. and others, Moscow: FGNU "Rosinformagrotekh", 2009, 80 p. (In Russ)

6. Kovalenko, V.P. Technological complexes of machines for the preparation of feed: textbook / V.P. Kovalenko, I.M. Petrenko, Publishing house KGAU: Krasnodar, 2000, 170p. (In Russ)

7. Shamov, N. G. Technological line of processing of root-tubersn. G. Shamov // Technics in Agriculture, 1985. – № 8. – S. 22.

УДК 577.19:636.03

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ МОЛОЧНЫХ КОРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФИТОДОБАВОК

***Филиппова Ольга Борисовна*,**
кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, заведующая лабораторией технологии производства молока и говядины, e-mail: filippova1968@mail.ru
***Саранчина Екатерина Фёдоровна*,**
кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник,
e-mail: caterina.saranchina@yandex.ru
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», г. Тамбов

Реферат. *Актуальной проблемой в настоящее время является использование растительного материала в ветеринарной практике. В двух экспериментах на коровах в послеотельный период изучалось влияние полыни обыкновенной (Artemisiavulgaris L.) в чистом виде, а также в сочетании с шалфеем луговым (полевым) (SalviapratensisL.) на продуктивность и эффективность производства молока.Растения включали в рационы коров в сухом, измельченном виде в качестве кормовых добавок. В первом эксперименте животным в течение 35 дней скармливали совместно с концентрированными кормами по 35 г полыни (15 дней) и по 60 г шалфея (20 дней). Во втором эксперименте в течение 60 дней после отела была использована только полынь в количестве 100 г (10 дней) и 70 г (50 дней).Для каждого опыта были сформированы по две группы коров симментальской породы в возрасте 2-4 лактации. Показатели продуктивности учитывали в течение всего периода раздоя (120 дней). В среднем за четыре месяца наблюдений в первом эксперименте молочная продуктивность коров опытной группы была выше на 2 л (7,7 %) по отношению к контрольным животным. Доход от реализации дополнительно надоенного молока за 120 дней лактации увеличилась на 6 %. Во втором опыте среднесуточный удой коров увеличился на 8,6%, доход от реализации молока –на 6,3 %.*

Ключевые слова: *коровы, молочная продуктивность, кормовая фитодобавка, дикорастущие лекарственные растения.*

Введение. В последнее время особое внимание исследователей обращено на изучение биологически активных веществ природного происхождения, оказывающих влияние на состояние обменных процессов в организме высокопродуктивных животных, на ферментативные и микробиологические процессы в преджелудках, на молочную продуктивность и качество молока [1, 2, 3]. Ценность и эффективность этих веществ заключается в том, что они содержатся в растительном сырье в естественном виде и не является чужеродными для организма животных. Растения содержат сложный комплекс химических соединений, оказывающих различное и многостороннее действие на организм человека и животных. Чтобы правильно оценить воздействие растений, необходим анализ основных веществ, входящих в их состав. Среди соединений, синтезируемых растениями различают вещества первичного синтеза (белки, углеводы, липиды, ферменты, витамины) и вторичного (алкалоиды, гликозиды, фенолы, эфирные масла, смолы, органические кислоты и др.), количество и качество которых зависят от времени года, времени суток, ареала произрастания и т.д. [4]. В ветеринарной практике и животноводстве значимы как те, так и другие, однако, в качестве биологически активных веществ наибольшее значение имеют вещества вторичного синтеза.Имеющийся опыт применения растений в животноводческой практике и ветеринарии показывает, что рациональное их использование позволяет сохранять и увеличивать поголовье скота и птицы, сокращать расход дорогостоящих лекарственных препаратов, антибиотиков и витаминов, ферментных и других добавок и, таким образом, удешевлять животноводческую продукцию [5,6].

Природно-климатические условия Центрально-Черноземной зоны располагают большим количеством видового состава растений – свыше 1000 экземпляров, из которых 40% лекарственные [6]. Однако использование растительного материала в ветеринарной практике еще недостаточно исследовано и является актуальной проблемойв настоящее время. В течение ряда лет лаборатория технологии производства молока ФГБНУ ВНИИТиН проводит изучение влияния

некоторых видов кормовых и дикорастущих лекарственных растений на физиологические функции крупного рогатого скота. Обращено внимание на растения, которые широко распространены в зоне Центрального Черноземья, проявляющих эстрогенную и фитонцидную активность за счет содержания в них биологически активных веществ, обуславливающих оздоровление организма коров в послеотельный период [7].

Цель работы заключалась в изучении влияния полыни обыкновенной (Artemisiavulgaris L.) в чистом виде, а также в сочетании с шалфеем луговым (полевым) (SalviapratensisL.) в составе рациона на продуктивность коров в послеотельный период и эффективность производства молока.

Материал и методы исследований. Обоснование состава добавок. Полезными свойствами полыни обыкновенной (Artemisiavulgaris L.) обладают листья и соцветия с семенами. В них содержится эфирное масло (до 0,6%), в состав которого входят биологически активные вещества – цинеол, борнеол и туйон. Также в растениисодержитсякаротин, ряд витаминов (тиамин, аскорбиновая кислота, холин), инулин, дубильные вещества. Вещества, содержащиеся в полыни, стимулируют рефлекторное отделение желчи и тем самым улучшают пищеварение, а также обладают противовоспалительными свойствами[4, 6]. Данный вид полыни отличается от других видов наименьшим содержанием горечей, придающих растению горький вкус, что и предопределило выбор ее для эксперимента по кормлению животных.

Шалфей луговой (полевой) (Salviapratensis L.) – многолетнее травянистое растение, широко использующееся в медицине. В листьях шалфея содержится эфирное масло (до 2,5%), в состав которого входит большое количество различных соединений – цинеол, туйон, сальвен, борнеол, камфора, алкалоиды, флавоноиды, дубильные вещества, органические кислоты (урсоловая и олеаноловая). Биологически активные вещества шалфея оказывают выраженное антимикотическое и антибактериальное действие [4, 5].

Заготовка сырья для фитодобавок осуществлялась летом в период максимального накопления в растениях биологически активных веществ в урочищах Тамбовского иРассказовского районов Тамбовской области. Сбор проводился в сухую погоду после схода росы. Растения сушили в хорошо проветриваемом помещении, затем измельчали с помощью лабораторной мельницы и хранили в герметичных контейнерах в темном месте.

Научно-производственные опыты (I и II) по испытанию фитодобавок проведены в условиях АО учхоза-племзавода «Комсомолец» г. Мичуринска Тамбовской области. Коровы симментальской породы были подобраны в группы (опытная и контрольная) по принципу парных аналогов одинаковой продуктивности и примерно одного возраста – 2-4 лактации.

Схема первого опыта (I) представлена в таблице 1. Основной рацион состоял из силоса кукурузного (20 кг), сена злакового (6 кг), зерновой смеси (6,5 кг), патоки (1,5 кг), жмыха подсолнечникового (1,5 кг), мезги кукурузной (6 кг), а также мела кормового, поваренной соли и витаминно-минерального премикса П-60-1.С первого дня после отела в течение 15-ти дней опытной группе коров (индивидуально каждому животному) в составе концентрированных кормов скармливали полынь, затем в последующие 20 дней скармливали шалфей.

Таблица 1 – Схема I опыта по скармливанию фитодобавок

Группа (5 голов)	Продолжительность периода	Условия опыта
Контрольная	35 дней	Основной рацион (ОР)
Опытная (первый период)	первые 15 дней после отела	ОР + фитодобавка «Полынь» по 35 г/голову/сутки
Опытная(второй период)	16 – 35-й дни после отела	ОР +фитодобавка «Шалфей» по 60 г/голову/сутки

Схема второго опыта (II) представлена в таблице 2. Основной рацион состоял из сенажа разнотравного (20 кг), сена кострового (6 кг), зерновой смеси (6 кг), шрота подсолнечникового (1 кг), мезгикукурузной (6 кг), поваренной соли и витаминно-минеральных добавок (П-60-1). С первого дня после отела в течение 10-ти дней опытной группе коров также, как и в первом опыте, индивидуально в составе концентрированных кормов скармливали полынь в количестве 100 г, затем в последующие50 дней дозу фитодобавки уменьшили до 70 г.

Таблица 2– Схема II опыта по скармливанию фитодобавок

Группа (5 голов)	Продолжительность периода	Условия опыта
Контрольная	60 дней	Основной рацион (ОР)
Опытная (первый период)	первые 10 дней после отела	ОР + фитодобавка «Полынь» по 100 г/голову/сутки
Опытная (второй период)	11 – 60-й дни после отела	ОР + фитодобавка «Полынь» по 70 г/голову/сутки

В целях адаптации пищеварения к усилению лактации коровам первые 20 дней после отела в обоих опытах концентрированных кормов (зерносмеси и мезги) скармливали в меньшем количестве (на 0,5 - 1,5кг), чем в последующие дни раздоя. В целом рационы по содержанию питательных веществ и их соотношению соответствовали рекомендованным нормам кормления коров массой 600 кг и среднесуточным удоем 24-28кг [8].

Учет показателей продуктивности осуществляли в течение всего периода раздоя (120 дней).Среднесуточный удой коров на раздое рассчитывали по результатам контрольных доек. Индивидуальные пробы молока отбирались каждые 2-3 дня.

Результаты исследований. Анализ среднесуточной продуктивности коров в первом (I) опыте показал, что в первый месяц после отела она была практически одинаковой у всех животных и составила 26,16 л в опытной группе и 26,93 л в контрольной (табл.3). Однако, у коров, получавших фитодобавки в течение 35-ти дней после отела, на втором месяце лактации (уже после прекращения экспериментального скармливания) отмечалось увеличение среднесуточных надоев на 14,3 % ($p \leq 0,05$), на третьем месяце – на 8,5 % ($p > 0,05$), на четвертом – на 11,7 % ($p \leq 0,05$). Очевидно, стимулирующее действие напищеварениеспособствовало лучшему усвоению питательных веществ рациона, что оказало положительное влияние на продуктивность. В среднем за четыре месяца наблюдений молочная продуктивность коров опытной группы была выше практически на 2 л, или 7,7% ($p \leq 0,05$)по отношению к контрольным животным.

Таблица 3 – Молочная продуктивность (л)

Группа	Месяц доения				Среднее за 4 месяца
	1	2	3	4	
I опыт					
Контрольная	26,93 ± 1,44	25,60 ± 0,69	25,63 ± 0,64	23,36 ± 0,54	25,38 ± 0,52
Опытная	26,16 ± 1,38	29,26 ± 0,97*	27,82 ± 1,17	26,10 ± 0,64*	27,33 ± 0,53*
II опыт					
Контрольная	26,38±2,14	26,22±1,24	28,16±0,79	23,40±1,92	26,04±0,69
Опытная	25,34±1,56	29,34±0,62	28,60±1,62	29,80±1,13*	28,27±0,71
* $p \leq 0,05$					

Продуктивность коров во втором (II)эксперименте имела тот же характер (табл. 3). Среднесуточный удой у животных, потреблявших фитодобавку в течение 60 дней после отела, на втором месяце лактации был выше на 3,1 л, что составляет 11,9 % ($p > 0,05$) от соответствующего показателя в контрольной группе. В пик раздоя на третьем месяце лактации продуктивность коров в группах практически сравнялась, при этом на четвертом месяце у коров контрольной группы наметился ее спад – разница в среднесуточном удое составила 6,4 л (27,3 %,$p \leq 0,05$) в пользу опытной группы. В среднем за четыре месяца продуктивность коров опытной группы была выше на 2,2 л или 8,6 % ($p > 0,05$).

Наши результаты согласуются с исследованиями других авторов [9], в которых при включении в рационы дойных коров лекарственных растений (крапива двудомная, коровяк фиолетовый, цикорий обыкновенный) отмечался рост молочной продуктивности в течение последующих двух-трех месяцев.

По данным таблицы 4, в которой представлены экономические показатели, валовой надой на 1 голову в опытной группе коров за учетный период в первом опыте составил 3276 кг, что больше

аналогичного показателя контрольной группы на 228 кг. В результате прибыль от реализации молока, надоенного за четыре месяца от одной коровыопытной группы, выросла на 6,0 %. С учетом дополнительных затрат прибыль от дополнительно надоенного молока составила 1962,4 рубля.

Разница по экономическим показателям между группами по результатам второго опыта была несколько ниже – 1372,0 рубля, что, тем не менее, составило 6,3 % от прибыли, полученной в контроле. Связано это было, в большей степени, с изменившейся себестоимостью и ценой реализации произведенного молока. При этом за 4 учетных месяцав опытной группе коров было надоено молока больше на 276 кг (8,8 %), по сравнению с контрольными животными.

Таблица 4 – Экономическая эффективность производства молока по результатам 2-х опытов

Показатели	Опыт I / Группа		Опыт II / Группа	
	контрольная	опытная	контрольная	опытная
Среднесуточный удой за период, кг	25,4	27,3	26,0	28,3
Валовой надой за 120 суток, кг	3048	3276	3120	3396
Дополнительно надоено молока, кг	-	228	-	276
Себестоимость 1 кг молока, руб.	20,0	20,0	22,0	22,0
Себестоимость валового надоя, руб.	60960	65520	68640	74712
Затраты на фитодобавки (ГСМ), руб.	-	500		560
Реализационная стоимость 1 кг молока, руб.	30,8	30,8	29,0	29,0
Доход от реализации молока за период, руб.	93878,4	100900,8	90480,0	98484,0
Прибыль от реализации молока, руб.	32918,4	34880,8	21840,0	23212,0
Прибыль от дополнительного молока, руб.(%)	-	1962,4 (6,0)	-	1372,0 (6,3)

Выводы. Таким образом, установлено, что полынь обыкновенная (Artemisiavulgaris L.) и шалфей луговой (Salvia pratensisL.) обладают выраженным положительным действием на физиологические функции новотельных коров, что отражается на их продуктивности. Ежедневное включение фитодобавок в рацион животных в течение первого месяца лактации – полыни в сухом измельченном виде (в дозе 35 г на голову в сутки) совместно с шалфеем (в дозе 60 г на голову), либо только полыни (в дозе 100-75 г на голову) в течение двух месяцев, обеспечивает увеличение среднесуточного удоя и в последующие месяцы. В результате повышается эффективность производства молока в период раздоя коров (120 суток) до 6,3%.

Список литературы

1. Боголюбова Н.В., Рыков Р.А., Романов В.Н. Оценка метаболического статуса организма бычков при использовании в питании энерго-витаминно-минерального комплекса // Зоотехния. 2018. №5. С.2-4.
2. Ярован Н.И., Северинова А.В. Влияние свежей хвои в чистом виде и в сочетании с липоевой кислотой на показатели оксидантно-антиоксидантной системы коров // Молочное и мясное скотоводство.2018. №2. С. 25-28.
3. Кормовые добавки в кормлении стельных сухостойных коров / Г.Н. Вяйзенен, В.В. Головей, Ю.А. Чугунова, А.И. Токарь// Молочное и мясное скотоводство. 2018. №2. С.35-38.

4. Мазнев Н.И. Энциклопедия лекарственных растений. 3-е изд., испр. и доп. – М.: Мартин, 2004. 496 с.
5. Рабинович М.И. Лекарственные растения в ветеринарной практике. – М.: Агропромиздат,1987. 288 с.: ил.
6. Смирнов Л.А. Лекарственные растения в ветеринарии и животноводстве. – Воронеж, 1972. 360 с.: ил.
7. Филиппова О.Б., Саранчина Е.Ф. Фитодобавки как часть репродуктивной технологии в молочном скотоводстве//Наука в центральной России. 2018. № 6(36). С.43-50.
8. Рекомендации по детализированному кормлению молочного скота: справочное пособие / А.В. Головин, А.С. Аникин, Н.Г. Первов, Р.В. Некрасов, Н.И. Стрекозов, В.М. Дуборезов, М.Г. Чабаев, Ю.П. Фомичев, И.В. Гусев. – Дубровицы, ВИЖ им. Л.К. Эрнста, 2016. – 242 с.
9. Блинов В.А., Е.А. Шапулина. Действие галактогенных лекарственных растений на организм коров // Зоотехния. 2007. № 1. С. 16-18.

TECHNOLOGICAL METHODS OF INCREASING THE PRODUCTIVITY OF DAIRY COWS WITH THE USE OF PHYTO-ADDITIVES

***Filippova Olga*,**
Candidate of Biological Sciences, Leading Scientific Worker, Head of the Laboratory of Technology of Production of Milk and Beef, e -mail: filippova1968@mail.ru
***Saranchina Ekaterina*,**
Candidate of Biological Sciences, Leading Scientific Worker, e-mail: caterina.saranchina@yandex.ru
Federal State Budgetary Scientific Institution «All-Russian Scientific Research Institute of Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture», Tambov

Abstract. *Actual problem now is the use of plant material in veterinary practice. In two experiments on cows in the post-calving period, the influence of Artemisia vulgaris L. in its pure form and in combination with Salvia pratensis L. on the productivity and efficiency of milk production was studied.Plants were included in the rations of cows in dry, crushed form as feed additives. In the first experiment, the animals were fed 35 days together with concentrated feeds of 35 g of Artemisia vulgaris L. (15 days) and 60 g of Salvia pratensis L. (20 days). In the second experiment, within 60 days after calving, only 100 g (10 days) and 70 g (50 days) of Artemisia vulgaris L. was used.For each experiment, two groups of Simmental cows aged 2-4 lactations were formed. Productivity indicators were taken into account during the entire period of distribution of animals (120 days).On average, over the four months of observations in the first experiment, the milk productivity of the cows in the experimental group was higher by 2 liters (7.7%) compared to the control animals. Income from the sale of milk in addition to 120 days of lactation increased by 6%. In the second experiment, the average daily milk yield of cows increased by 8.6%, the income from the sale of milk increased by 6.3%.*

Key words: *cows, milk productivity, fodder phyto-additives, wild-growing medicinal plants.*

References

1. Bogolyubova N.V., Ry'kov R.A., Romanov V.N. Ocenka metabolicheskogo statusa organizma by'chkov pri ispol'zovanii v pitanii e'nergo-vitaminno-mineral'nogo kompleksa // Zootexniya. 2018. №5. S.2-4.
2. Yarovan N.I., Severinova A.V. Vliyanie svezhej xvoi v chistom vide i v sochetanii s lipoevoj kislotoj na pokazateli oksidantno-antioksidantnoj sistemy' korov // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo.2018. №2. S. 25-28.
3. Kormovy'e dobavki v kormlenii stel'ny'h suhostojny'h korov / G.N. Vyajzenen, V.V. Golovej, Yu.A. Chugunova, A.I. Tokar'// Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. 2018. №2. S.35-38.
4. Maznev N.I. E'nciklopediya lekarstvenny'h rastenij. 3-e izd., ispr. i dop. – M.: Martin, 2004. 496 s.
5. Rabinovich M.I. Lekarstvenny'e rasteniya v veterinarnoj praktike. – M.: Agropromizdat,1987. 288 s.: il.
6. Smirnov L.A. Lekarstvenny'e rasteniya v veterinarii i zhivotnovodstve. – Voronezh, 1972. 360 s.: il.

7. Filippova O.B., Saranchina E.F. Fitodobavki kak chast' reproduktivnoj texnologii v molochnom skotovodstve//Nauka v central'noj Rossii. 2018. № 6(36). S.43-50.
8. Rekomendacii po detalizirovannomu kormleniyu molochnogo skota: spravochnoe posobie / A.V. Golovin, A.S. Anikin, N.G. Pervov, R.V. Nekrasov, N.I. Strekozov, V.M. Duborezov, M.G. Chabaev, Yu.P. Fomichev, I.V. Gusev. – Dubrovicy', VIZh im. L.K. E'rnsta, 2016. – 242 s.
9. Blinov V.A., E.A. Shapulina. Dejstvie galaktogenny'x lekarstvenny'x rastenij na organizm korov // Zootexniya. 2007. № 1. S. 16-18.

УДК 637.116.2:636.2

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВОЗДЕЙСТВИЯ СОСКОВОЙ РЕЗИНЫ НА СОСОК ВО ВРЕМЯ ТАКТА СЖАТИЯ

Доровских Владимир Иванович,
кандидат технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник,
e-mail: dorovskih50@mail.ru
Жариков Вадим Сергеевич,
инженер, e-mail:vadim_688@bk.ru
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», г. Тамбов

Реферат. *Анализ состояния проблемы обеспечения качества процесса доения показал влияние конструктивно режимных параметров доильных аппаратов на физиологию животных. Рассмотрена априорная информация о методах и технических средствах определения и оценки процесса взаимодействия сосковой резины и соска при доении. На основе положений объединенной теории давления сосковой резины на сосок (американская модель) и классической теории оболочек получена зависимость давления сосковой резины на сосок при смыкании от толщины ее стенок, радиуса чулка сосковой резины, модуля упругости материала и рабочего вакуума. Определено, что для сосковой резины с радиусом чулка 13 мм и модулем упругости резины равным 5 мПа толщина стенки, при которой давление на сосок равно нулю при перепаде давлений между межстенной и подсосковой камерами во время такта сжатия, равном 40 кПа, составляет 3,74 мм, что примерно соответствует данным американских ученых. Установлено, что при увеличении рабочего вакуума от 40 до 48 кПа максимум функции возрастает с 16,24 кПа до 18,0 кПа, ордината максимального значения изменяется от 1,87 мм до 2,14 мм. Толщина стенки чулка сосковой резины, при которой давление на сосок становится равной нулю, с изменением рабочего вакуума возрастает от 3,74 мм до 4,28 мм.*

Ключевые слова: *аппарат, сосковая резина, давление на сосок, критическое давление, деформация*

Введение. Эффективность работы доильного аппарата определяется в основном соответствием его конструктивно-режимных параметров морфологическим и функциональным свойствам вымени животных.

Непосредственный контакт с выменем животного осуществляет сосковая резина, установленная в гильзе доильного стакана. Сжатие сосковой резины с определенной частотой и длительностью тактов определяет величину импульса воздействия вакуума на сосок.

Другой важной характеристикой качества работы доильного аппарата является давление сосковой резины на сосок животного во время такта сжатия.

Исследования, выполненные рядом ученых, показали, что величина этого давления более 12 кПа ухудшает приток артериальной крови и приводит к гиперкератозу конца соска, при давлении менее 8 кПа происходит ухудшение стимуляции молокоотдачи, что приводит к снижению интенсивности молоковыведения [1-3]. Таким образом, принято считать, что оптимальный диапазон давления на конец соска – 8…12 кПа.

Однако, теоретические исследования, выполненные отечественными и зарубежными учеными (Л.П. Карташовым, И.Н. Красновым, Э.А. Келписом, Э.А. Матисаном, Н.Н. Белянчиковым, И.В. Жиловым, Ю.С. Караваевым, А.С. Веприцким, Г. Майном, Д. Рейнеманом, М. Девисом), не дают

однозначного решения проблемы определения и оценки процесса взаимодействия сосковой резины и соска при доении и даже противоречат друг другу [1 - 4].

Материалы и методы. В работе использованы положения классической теории оболочек, методы исследования функций, положения объединенной теории давления, воздействующего на сосок со стороны сосковой резины (американская модель).

Результаты и их обсуждение. Согласно исследованиям Рейнемана, Майна, Вильямса, Дугласа, Побединского и других ученых величина сверхдавления на конец соска зависит от следующих факторов: толщины и жесткости сосковой резины, величины ее натяжения в доильном стакане, рабочего вакуума [1 - 3].

Результаты, полученные в этих исследованиях (рисунок 1), показывают, что сверхдавление (ОР-СД), оказываемое сосковой резиной на соски изменяется следующим образом:

- возрастает, прежде всего, с увеличением рабочего вакуума из-за большей разности давления, действующего поперек стенок сосковой резины;
- возрастает с увеличением натяжения при установке сосковой резины в доильном стакане;
- первоначально возрастает с увеличением глубины погружения соска в сосковую резину, но затем начинает уменьшаться почти до нуля, когда конец соска достигает основания цилиндрической части сосковой резины;
- вначале постепенно возрастает, но затем начинает уменьшаться с: 1) увеличением толщины стенок сосковой резины, 2) увеличением жесткости резины, 3) увеличивающимся сопротивлением сжатию.

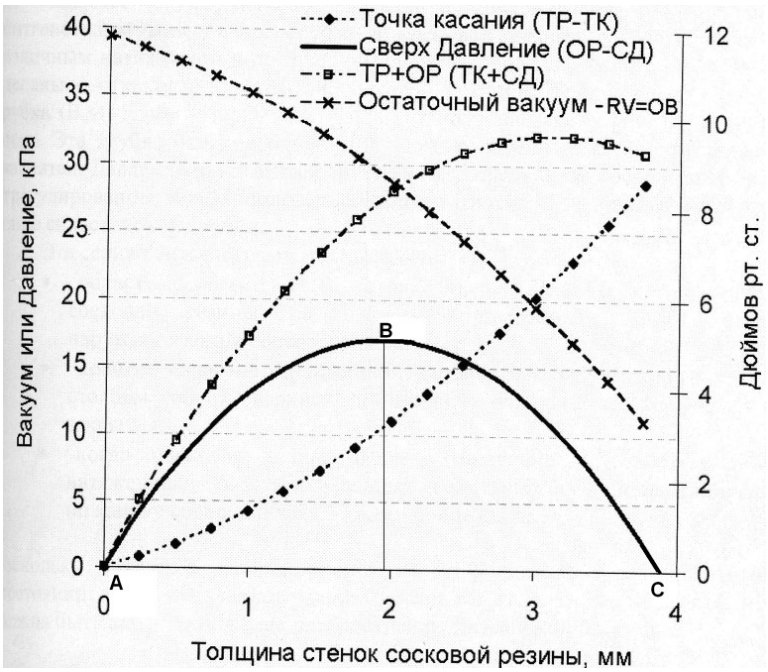


Рисунок 1 - Зависимости взаимодействия соска с 18 типами сосковых резин выпускаемых фирмами Франции, Германии, Швеции и США

Анализ зависимости (рисунок 1), демонстрирующей изменение давления сосковой резины на сосок ($P_{сд}$) от толщины стенок чулка сосковой резины (δ), показал, что эта зависимость может быть представлена уравнением второго порядка типа: $P_{сд}=a\delta^2 + в\delta + c$.

На графике можно выделить три характерные точки: «А» в которой δ = 0 и $P_{сд}$= 0; «С» в которой $\delta = \delta_к$ и $P_{сд}$= 0; «В» в которой $\delta = \delta_к/2$ и $P_{сд}$= $P_{мах}$.

Если для уравнения второго порядка известны координаты 3-х различных точек его графика (x_1; y_1), (x_2; y_2), (x_3; y_3), то его коэффициенты могут быть найдены так [5]:

$$a=\frac{y_3-\frac{x_3(y_2-y_1)+x_2y_1-x_1y_2}{x_2-x_1}}{x_3(x_3-x_1-x_2)+x_1x_2},-b=\frac{y_2-y_1}{x_2-x_1}-a(x_1+x_2),-c=\frac{x_2y_1-x_1y_2}{x_2-x_1}+ax_1x_2.$$

Для выделенных нами характерных точек коэффициенты уравнения будут равны:

$$a=-\frac{4P_{мах}}{\delta_к^2};\qquad в=\frac{4P_{мах}}{\delta_к};\qquad c=0.$$

Уравнение примет вид:

$$P_{сд}=4P_{мах}\left(\frac{\delta}{\delta_к}-\frac{\delta^2}{\delta_к^2}\right) \tag{1}$$

Величина $\delta_{кр}$ равна толщине стенки чулка сосковой резины, при которой критическое давление, соответствующее началу деформации чулка, соответствует перепаду давлений между межстенной и подсосковой камерами доильного стакана во время такта сжатия.

Критическое давление, при котором начинается деформация чулка сосковой резины, определяется из выражения [6]:

$$P_к=\frac{E\delta^3}{4(1-\mu^2)R^3}$$

где $P_к$ - критическое давление; E - модуль упругости материала; M – коэффициент Пуассона; δ – толщина стенки чулка сосковой резины; R – радиус чулка сосковой резины.

С учетом того, что для резины $\mu = 0{,}5$ выражение примет вид:

$$P_к=\frac{E\delta^3}{3R^3} \tag{2}$$

В точке «С» критическое давление равно вакууму в подсосковой камере во время такта сжатия, которое можно принять равным рабочему вакууму ($P_р$). Тогда толщина стенки чулка сосковой резины, соответствующая этому условию будет равна:

$$\delta_к=1{,}44R\sqrt[3]{\frac{P_p}{E}}\ . \tag{3}$$

Величину давления сосковой резины на сосок $P_{мах}$ в точке «В» можно определить по формуле критического давления предложенной Келписом Э.А. и Матисаном Э.А. [4]:

$$P_{мах}=qE\frac{\delta^2}{R^2}$$

где q – безразмерный параметр критической нагрузки, полученный экспериментальным путем.

С учетом того, что в точке «В» $\delta = \delta_к/2$ формула примет вид:

$$P_{мах}=qE\frac{\delta_к{}^2}{4R^2}.$$

Или с учетом выражения (3) получим:

$$P_м=0{,}5\sqrt[3]{P_p^2E}q \tag{4}$$

Тогда уравнение (1) с учетом выражений (3) и (4) примет вид:

$$P_{сд}=q\left(\frac{1{,}38\sqrt[3]{P_pE^2}}{R}\delta-\frac{E}{R^2}\delta^2\right) \tag{5}$$

Для сосковой резины с радиусом чулка 13 мм и модулем упругости резины, равным 5 мПа, толщина стенки, при которой давление на сосок равно нулю при перепаде давлений между межстенной и подсосковой камерами во время такта сжатия равном 40 кПа, в соответствии с выражением (3) равно 3,74 мм, что примерно соответствует данным американских ученых (рисунок 1).

На рисунке 2 представлены зависимости изменения давления сосковой резины на сосок при ее смыкании с радиусом чулка 13 мм от толщины чулка, изготовленного из резины с модулем упругости равным 5 мПа для рабочего вакуума 40, 44 и 48 кПа.

Из графика видно, что при увеличении рабочего вакуума от 40 до 48 кПа максимум функции возрастает с 16,24 кПа до 18,0 кПа, ордината максимального значения изменяется от 1,87 мм до

2,14 мм. Толщина стенки чулка сосковой резины, при которой давление на сосок становится равным нулю, с изменением рабочего вакуума возрастает от 3,74 мм до 4,28 мм.

Полученная математическая модель может использоваться для оптимизации конструктивных параметров сосковых резин при их проектировании, а также при разработке средств приборного контроля состояния сосковой резины в процессе ее эксплуатации [7].

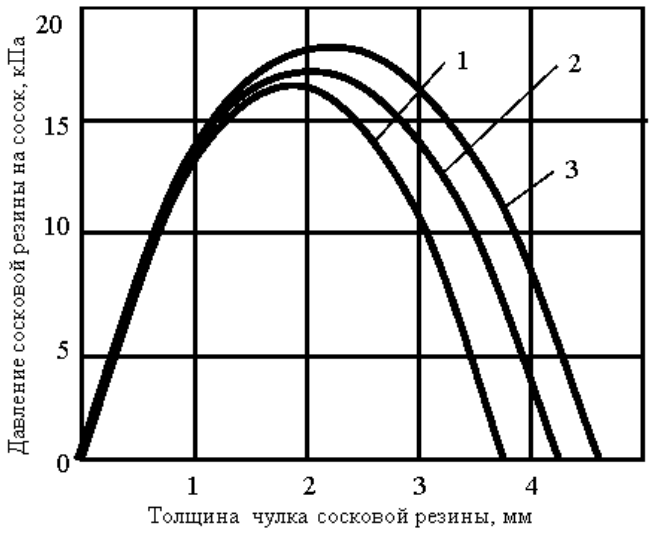


Рисунок 2 - Графики изменения давления сосковой резины на сосок от толщины стенок при рабочем вакууме: 1 – 40 кПа; 1 – 44 кПа; 1 – 48 кПа

Заключение. На основе положений объединенной теории давления сосковой резины на сосок (американская модель) и классической теории оболочек получена зависимость давления сосковой резины на сосок при смыкании от толщины ее стенок, радиуса чулка сосковой резины, модуля упругости материала и рабочего вакуума.

Характер зависимости представляет собой уравнение второго порядка, при этом давление сосковой резины на сосок с увеличением толщины стенок вначале увеличивается от нуля до максимума, а затем снижается и достигает нулевого значения в точке, где критическое давление равно рабочему вакууму.

Полученная модель позволяет прогнозировать характер взаимодействия сосковой резины и соска при различных значениях конструктивных параметров доильного аппарата и режимов процесса доения. Так для сосковой резины с радиусом чулка 13 мм и модулем упругости резины равным 5 мПа при увеличении рабочего вакуума от 40 до 48 кПа максимум функции возрастает с 16,24 кПа до 18,0 кПа, ордината максимального значения изменяется от 1,87 мм до 2,14 мм.

Список литературы

1. Mein, G.A.; Williams, D.M.D. and Reinemann, D.J. NMC. Effects of milking on teat-end hyperkeratosis: 1.Mechanical forces applied by the teatcup liner and responses of the teat / 42nd Annual Meeting of the National Mastitis Council, Fort Worth Texas, USA, January 26-29, 2003.
2. Побединский В., Гончар А., Иойшер А. Методы и приборы для оценки работоспособности доильных аппаратов // Государственный аграрный университет Молдовы, Кишинёв, 2009. – с 55 - 60.
3. Davis M.A., Reinemann D.J., and Mein G.A. Relationships between physical characteristics and milking characteristics of the aging milking liner. Written for presentation at the 2000 ASAE annual international meeting, Milwaukee, Wisconsin, July 10 -13.
4. Карташов Л.П. Машинное доение коров // - М.: Колос. -1982. – С. 104.
5. Элементарные функции и их графики. URL: http://www. econom.misis.ru›S/Hel/Matem/Para_3t.htm/(дата обращения 12.03.2019).

6. Григолюк Э. И., Кабанов В. В. Устойчивость оболочек // - М: Главная редакция физико-математической литературы издательства «Наука». - 1978.- 360 с.

7. Доровских В.И., Доровских Д.В., Хохлов И.Н. Повышение качества доения регулированием давления сосковой резины на сосок // Техника в сельском хозяйстве.- 2012. - №6.- С. 12 - 13.

THEORETICAL INVESTIGATION OF THE IMPACT PROCESS OF SOCKET RUBBER FOR SOSOK DURING THE COMPRESSION TACT

Dorovskikh Vladimir,
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Leading Researcher,
e-mail: dorovskih50@mail.ru
Zharikov Vadim,
Engineer, e-mail:vadim_688@bk.ru
Federal State Budgetary Scientific Institution «All-Russian Scientific Research Institute of Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture», Tambov

Abstract. *Analysis of the state of the problem of ensuring the quality of the milking process showed the influence of structurally operating parameters of milking machines on the physiology of animals. A priori information about the methods and technical means for determining and evaluating the process of interaction between nipple rubber and nipple during milking has been considered. The dependence of the pressure of the nipple rubber on the nipple during closure on the thickness of its walls, the radius of the nipple rubber stocking, the modulus of elasticity of the material and the working vacuum is obtained on the basis of the provisions of the combined theory of nipple rubber pressure on the nipple (American model) and the classical theory of shells. It was determined that for nipple rubber with a stocking radius of 13 mm and a modulus of elasticity of rubber equal to 5 MPa, the wall thickness at which the pressure on the nipple is zero when the pressure difference between the wall and slush chambers during the compression stroke is 40 kPa, is 3.74 mm, which roughly corresponds to the data of American scientists. It is established that with an increase in the working vacuum from 40 to 48 kPa, the maximum of the function increases from 16.24 kPa to 18.0 kPa, the ordinate of the maximum value changes from 1.87 mm to 2.14 mm. The wall thickness of the nipple rubber stocking, at which the pressure on the nipple becomes zero, increases from 3.74 mm to 4.28 mm with changes in the working vacuum.*

Keywords*: apparatus, nipple rubber, pressure on the nipple, critical pressure, deformation*

References

1. Mein, G.A.; Williams, D.M.D. and Reinemann, D.J. NMC. Effects of milking on teat-end hyperkeratosis: 1.Mechanical forces applied by the teatcup liner and responses of the teat / 42nd Annual Meeting of the National Mastitis Council, Fort Worth Texas, USA, January 26-29, 2003.

2. Pobedinskiyj V., Gonchar A., Ioyjsher A. Metodih i priborih dlya ocenki rabotosposob-nosti doiljnihkh apparatov // Gosudarstvennihyj agrarnihyj universitet Moldovih, Ki-shinyov, 2009. – s 55 - 60.

3. Davis M.A., Reinemann D.J., and Mein G.A. Relationships between physical characteristics and milking characteristics of the aging milking liner. Written for presentation at the 2000 ASAE annual international meeting, Milwaukee, Wisconsin, July 10 -13.

4. Kartashov L.P. Mashinnoe doenie korov // - M.: Kolos. -1982. – S. 104.

5. Ehlementarnihe funkcii i ikh grafiki. URL: http://www. econom.misis.ru›S/Hel/Matem/Para_3t.htm/(data obratheniya 12.03.2019).

6. Grigolyuk Eh. I., Kabanov V. V. Ustoyjchivostj obolochek // - M: Glavnaya redakciya fizi-ko-matematicheskoyj literaturih izdateljstva «Nauka». - 1978.- 360 s.

7. Dorovskikh V.I., Dorovskikh D.V., Khokhlov I.N. Povihshenie kachestva doeniya regulirovaniem davleniya soskovoyj rezinih na sosok // Tekhnika v seljskom khozyayjstve.- 2012. - №6.- S. 12 - 13.

УДК 662.767.2; 665.3

МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ ТРИБОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СМЕСЕВОГО РЫЖИКО-МИНЕРАЛЬНОГО ТОПЛИВА

Уханов Александр Петрович,
доктор технических наук, профессор, e-mail:dispgau@mail.ru
Мачнев Валентин Андреевич,
доктор технических наук, профессор, e-mail:dispgau@mail.ru
ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ, г. Пенза
Ротанов Евгений Геннадьевич,
кандидат технических наук, доцент, e-mail: evgenij-r@yandex.ru
Технологический институт-филиал ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ, г. Димитровград
Хохлов Алексей Леонидович,
доктор технических наук, профессор, e-mail:chochlov.73@mail.ru
Марьин Дмитрий Михайлович,
кандидат технических наук, доцент, e-mail:marjin25@mail.ru
Хохлов Антон Алексеевич,
кандидат технических наук, младший научный сотрудник, e-mail:khokhlov.73@mail.ru
ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ, г. Ульяновск

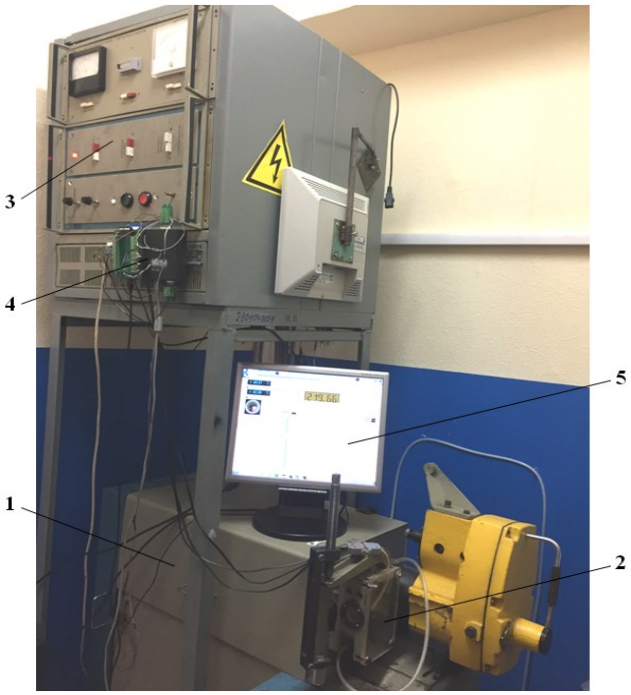
Реферат. *Надежная работа дизеля во многом зависит от степени износа плунжерных пар топливного насоса высокого давления (ТНВД). Предлагается повысить износостойкость плунжерных пар ТНВД за счет увеличения смазывающей способности моторного топлива путем введения в него растительного масла с получением дизельного смесевого топлива (ДСТ). Изучали смесевое минерально-рыжиковое топливо с различным соотношением биологического и минерального компонентов. Разработана методика трибологических исследований ДСТ на модернизированной машине трения 2070 СМТ-1 по схеме «ролик – колодка». Разработан конструктивный вариант исполнения колодки, напечатанной на 3D принтере для регистрирования данных в ходе исследований. Установлено, что максимальный суммарный массовый износ сопряжения «ролик – колодка» (0.048 г) наблюдается при использовании товарного минерального масла ДТ. При увеличении процентного содержания рыжикового масла в ДСТ до 30 % суммарный износ образцов уменьшается до 0.014 г. При дальнейшем увеличении процентного содержания рыжикового масла в ДСТ до 50 %, суммарный износ образцов практически не изменяется. Объясняется это эффектом возникновения на поверхностях деталей сопряжения демпферной пленки, состоящей из поверхностно-активных веществ органического происхождения, содержащихся в рыжиковом масле. Полученные результаты с большой долей вероятности позволяют спрогнозировать, что для снижения износа плунжерных пар ТНВД целесообразно использовать ДСТ с содержанием рыжикового масла до 30 %.*

Ключевые слова: *трение, машина трения, минеральное дизельное топливо, рыжиковое масло, смесевое рыжико-минеральное топливо, смазывающие свойства, износ.*

Введение. Надежная работа дизеля во многом зависит от степени износа плунжерных пар топливного насоса высокого давления (ТНВД). Одним из способов снижения износа плунжерных пар ТНВД является улучшение смазывающей способности товарного минерального дизельного топлива (ДТ) [1-9]. Повысить смазывающую способность моторного ДТ можно применением жидких топлив биологического происхождения или путем введения растительного масла в минеральное ДТ для приготовления дизельного смесевого топлива (ДСТ). Использование растительных масел в качестве биокомпонента ДСТ не только с целью экономии минерального ДТ и улучшения экологической безопасности автотранспортных средств, но и снижения износа плунжерных пар ТНВД, является перспективным направлением [10-20].

Материалы и методы. Лабораторные трибологические исследования по определению износа образцов проводились на экспериментальной установке, выполненной на базе модернизированной машины трения 2070 СМТ-1 (рисунок 1) по схеме «ролик - колодка» (рисунок 2а). Машина трения

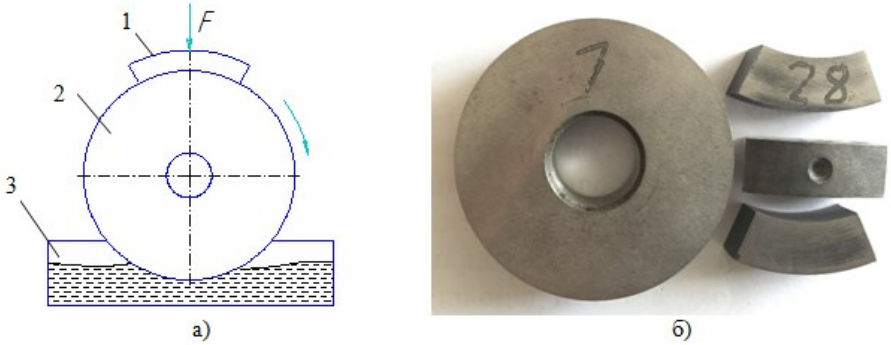
оснащалась стандартными и разработанными приборами и приспособлениями для осуществления необходимого режима исследований и обеспечения контроля за выбранными параметрами трения испытуемых смазочных материалов и образцов. В качестве смазочного материала при износе образцов использовалось ДСТ с содержанием в нем рыжикового масла до 50% с шагом 10%.



1 – машина трения 2070 СМТ-1; 2 – камера трения со смазочным материалом; 3 – приборный блок; 4 - модуль АЦП-ЦАП ZET 210 с клеммной колодкой; 5 – монитор персонального компьютера

Рисунок 1 – Испытательный комплекс

Колодки (рисунок 2б) изготавливались из кольца с наружным диаметром 70 мм, внутренним диаметром 50 мм, шириной 10 мм. Ролики (рисунок 2б) изготавливались с внутренним диаметром 16 мм, наружным диаметром 50 мм, шириной 12 мм. Твердость образцов по Бринеллю равна 240 ед., что соответствует твердости наружной поверхности плунжера ТНВД.



а) схема узла трения; 1 – колодка, 2 – ролик, 3 – масляная ванна;б) образцы ролика и колодок

Рисунок 2 – Испытание по схеме «ролик – колодка»

Шероховатость рабочих поверхностей образцов соответствовала техническим требованиям прецизионных деталей топливной аппаратуры дизелей для капитального ремонта ТНВД (Ra = 0,32 мкм). Ролики и колодки изготавливались из стали ШХ-15. Материал и соответствующая

термическая обработка исследуемых образцов выбирались исходя из технических условий для изготовления деталей плунжерных пар ТНВД.

Исследования проводились в соответствии с РД 50-662-88. «Методы экспериментальной оценки фрикционной совместимости материалов трущихся сопряжений» РД 50-662-88 в режиме трения скольжения.

Подача смазочного материала к исследуемым образцам осуществлялась через погружение ролика на глубину 5…6 мм в штатной масляной ванне объемом 60 см^3 (рисунок 3.).

Рисунок 3 – Испытательная камера машины трения 2070 СМТ-1

Эффективность действия смазочного материала оценивалась по следующим параметрам: моменту трения, температуре в зоне трения, износу поверхности трения за время испытаний.

Для обеспечения системы автоматизации проводимых исследований на машине трения использовали автоматизированную систему научных исследований (АСНИ), общая схема которой приведена на рисунке 4 [19,20].

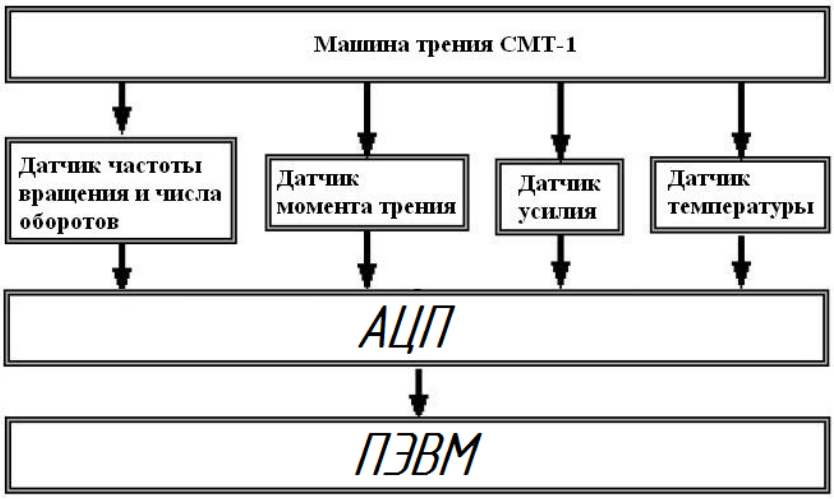
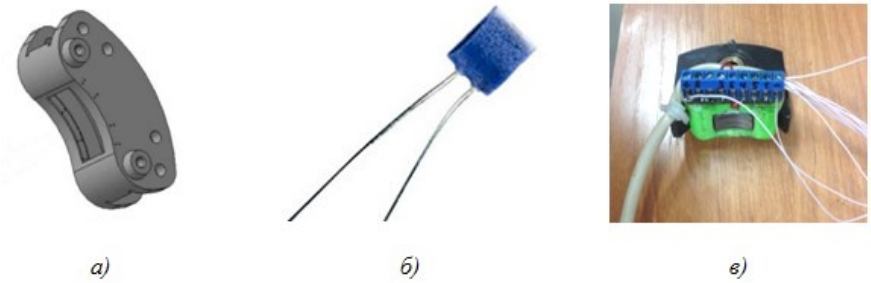


Рисунок 4 - Схема автоматизированной системы научных исследований на машине трения

Для крепления датчиков, использовали матрицу, напечатанную на 3D принтере (рисунок 5).



а) 3D модель матрицы для крепления датчиковтемпературы к колодке; б) тонкопленочный платиновый датчик температуры LN 222; в) колодка и датчики температуры в сборе с 3D матрицей

Рисунок 5 - Конструктивный вариант исполнения колодки

В качестве регистрирующего элемента температуры использовали терморегулятор ZEPAKOMP. Температуру измеряли в зоне трения образцов при помощи датчика температуры с чувствительным элементом марки LN222 PT100 фирмы Heraues Sensor Technology, выполненным из платины с диапазоном измерения температур от минус 55 °С до плюс 200 °С.

Сигналы с датчиков поступалина компьютер в модуль сбора данных АЦПZET-210 (рисунок 6.), где далее обрабатывались с помощью программного комплекса ZET Labb Zet View.

1 - модуль гальванической развязки (защита от скачка напряжения); 2 - АЦП ZET – 210; 3 - прецизионный усилитель ZET – 410; 4 - входной сигнал датчика частоты вращения; 5 - входной сигнал момента трения; 6 - входной сигнал температуры; 7 - выходной сигнал на АЦП

Рисунок 6 – Аналого-цифровой преобразователь АЦП ZET-210

Электрическая схема подключения датчиков (частоты вращения, момента трения, температуры), прецизионного усилителя ZET – 410 и АЦП ZET – 210 представлена на рисунке 7.

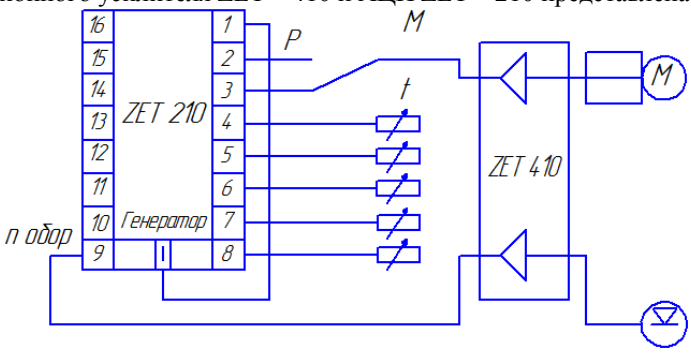


Рисунок 7 – Электрическая схема подключения датчиков

Пара трения нагружалась устройством пружинного типа, которое было смонтировано непосредственно на машине трения.

Для сравнения полученных результатов исследования проводились с каждым видом смазочного материала (смесевого минерально-рыжикового топлива с различным соотношением биологического и минерального компонентов) с одинаковой продолжительностью, характером установки образцов и величинами задаваемых нагрузок.

Исследования проводились в три этапа на следующих нагрузочно-скоростных режимах: 1 этап – частота вращения вала нижнего образца 300 мин$^{-1}$, нагрузка 300 Н, время испытания 30 мин; 2 этап – частота вращения вала нижнего образца 500 мин$^{-1}$, нагрузка 300 Н, время испытания 30 мин; 3 этап – частота вращения вала нижнего образца 700 мин$^{-1}$, нагрузка 300 Н, время испытания 30 мин.

Предварительно смесевое рыжико-минеральное топливо необходимого состава наливалось в ванну для смазывания поверхностей трения испытуемых образцов. Характер нагрузки – постоянный. Скоростной режим – переменный, что позволяло оценивать его влияние на трибологическую систему «трущаяся поверхность образца – смазочный материал». Максимальная и минимальная величина скорости вращения образцов были выбраны с учётом реальной частоты вращения кулачкового вала ТНВД.

Результаты и их обсуждение. В ходе испытаний исследовались смазывающие и противоизносные свойства следующих смазочных материалов (смесевых топлив): товарное минеральное дизельное топливо марки Л–0,2-62; смесевое рыжико-минеральное топливо №1 (90% ДТ + 10% РыжМ); смесевое рыжико-минеральное топливо №2 (80% ДТ + 20% РыжМ); смесевое рыжико-минеральное топливо №3 (70% ДТ + 30% РыжМ); смесевое рыжико-минеральное топливо №4 (60% ДТ + 40% РыжМ); смесевое рыжико-минеральное топливо №5 (50% ДТ + 50% РыжМ).

На рисунке 8 представлена зависимость суммарного массового износа сопряжения от процентного содержания рыжикового масла в ДСТ.

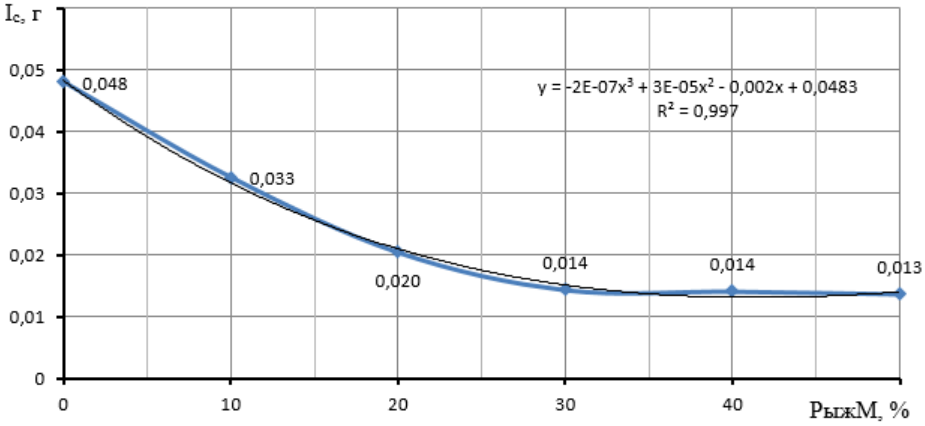


Рисунок 8 – Зависимость суммарного массового износа сопряжения «ролик–колодка» от процентного содержания рыжикового масла в смесевом рыжико-минеральном топливе

Анализ трибологических исследований товарного минерального ДТ и ДСТ показывает, что при увеличении процентного содержания рыжикового масла суммарный массовый износ сопряжения «ролик–колодка» снижается с 0,048 г (100 %ДТ) до 0,013 г (50% ДТ + 50% РыжМ). Это свидетельствует об увеличении смазывающей способности ДСТ не только за счет повышенной вязкости, но и наличия в нем поверхностно-активных веществ (линолевая, олеиновая и стеариновая кислоты).

Выводы. Максимальный массовый износ сопряжения «ролик – колодка» (0,048 г) наблюдается при использовании товарного минерального дизельного топлива (100 %ДТ). При увеличении процентного содержания рыжикового масла в ДСТ до 30 % суммарный массовый износ уменьшается до 0,014г. При дальнейшем увеличении процентного содержания рыжикового масла в ДСТ до 50% суммарный массовый износ практически не изменяется и составляет 0,013 г,

что можно объяснить эффектом возникновения на поверхностях деталей сопряжения демпферной пленки из поверхностно-активных веществ органического происхождения, содержащихся в рыжиковом масле. Полученные результаты с большой долей вероятности позволяют спрогнозировать, что для снижения износа плунжерных пар ТНВД целесообразно использовать ДСТ с содержанием рыжикового масла не более 30 %.

Список литературы

1. Ротанов, Е.Г. Влияние поверхностно-активных веществ смесевого топлива на износ плунжерных пар / Е.Г. Ротанов, А.Л. Хохлов, А.А. Хохлов // Сельский механизатор. – 2018. - № 6. – С. 36-37.

2. Уханов, А.П. Устройства для конструктивной адаптации дизелей автотракторной техники к работе на биоминеральном топливе / А.П. Уханов, Д.А. Уханов, Е.А. Хохлова, А.А. Хохлов // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2016. – Вып. 2. – С. 34-40.

3. Уханов, А.П. Испытание секций ТНВД на различных видах топлива / А.П. Уханов, Д.А. Уханов, Е.Г. Ротанов, А.Л. Хохлов, А.А. Хохлов, А.А. Гузяев // Сельский механизатор. – 2018. - № 9. – С. 34-35.

4. Уханов, А.П. Теоретическая оценка ресурса плунжерных пар ТНВД при работе на смесевом рыжико-минеральном топливе / А.П. Уханов, Е.Г. Ротанов, А.А. Хохлов // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. - №2 (42). – С. 18-22.

5. Уханов, А.П. Теоретический расчет изменения кольцевого зазора плунжерных пар ТНВД в зависимости от содержания рыжикового масла в смесевом рыжико-минеральном топливе / А.П. Уханов, Е.Г. Ротанов, А.А. Хохлов // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – Вып.4. – С. 49-56.

6. Уханов, А.П. Теоретическая оценка влияния дизельного смесевого топлива на износ плунжерных пар ТНВД / А.П. Уханов, Д.А. Уханов, Е.Г. Ротанов // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. - 2011. - № 2. - С. 115-119.

7. Уханов, Д.А. Снижение износа плунжерных пар ТНВД применением смесевого рапсово-минерального топлива: монография / Д.А. Уханов, А.П. Уханов, Е.Г. Ротанов, А.С. Аверьянов. – Пенза: ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ, 2017. - 185 с.

8. Уханов, А.П. Снижение износа плунжерных пар ТНВД в результате применения рационального состава дизельного смесевого топлива / А.П. Уханов, Д.А. Уханов, Е.Г. Ротанов // Технология колесных и гусеничных машин. - 2015. - № 2. - С. 46-50.

9. Уханов, Д.А. Влияние дизельного смесевого топлива на износ плунжерных пар ТНВД / Д.А. Уханов, А.П. Уханов, Е.Г. Ротанов, А.С. Аверьянов // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. - 2011. - № 3. - С. 105-108.

10. Уханов, А.П. Улучшение экологических показателей дизеля применением дизельного смесевого топлива на основе рыжикового масла / А.П. Уханов, Е.А. Хохлова, А.А. Хохлов // Эксплуатация автотракторной техники: опыт, проблемы, инновации, перспективы: материалы II Международной научно-практической конференции. – Пенза: Пензенская государственная сельскохозяйственная академия, 2015. – С. 130-133.

11. Зазуля А.Н., Нагорнов С.А., Романцова С.В., Малахов К.С. Получение биодизельного топлива из растительных масел // Достижения науки и техники АПК. 2009. № 12. - С. 58-59

12. Нагорнов С.А., Корнев А.Ю., Мещерякова Ю.В., Бусин И.В., Конькова Н.Г., Мещеряков А.Г. Биотопливо из нетрадиционных растительных масел Наука в центральной России. 2017. № 2 (26). - С. 53-

13. Уханов, А.П. Перспективы использования возобновляемых биологических источников энергии предприятиями АПК России / А.П. Уханов, Е.А. Хохлова, А.А. Хохлов, А.А. Гузяев // Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения: материалы VII Международной научно-практической конференции. – Ульяновск: Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия им. П.А. Столыпина, 2016. – С. 238-244.

14. Хохлова, Е.А. Эффективность использования рыжикового масла в качестве компонента смесевого дизельного топлива / Е.А. Хохлова, А.А. Хохлов, А.А. Гузяев // Эксплуатация автотракторной техники: опыт, проблемы, инновации, перспективы: материалы II Международной научно-практической конференции. – Пенза: Пензенская государственная сельскохозяйственная

академия, 2015. – С. 141-145.

15. Хохлов, А.Л. Необходимость замены минерального моторного топлива на дизельное смесевое топливо / А.Л. Хохлов, А.А. Гузяев, А.А. Хохлов // Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения: материалы VII Международной научно-практической конференции. – Ульяновск: Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия им. П.А. Столыпина, 2016. – С. 252-258.

16. Уханов, А.П. Физические свойства рыжиково-минерального топлива / А.П. Уханов, А.А. Хохлов, А.Л. Хохлов, В.А. Голубев, Е.А. Хохлова // Международный научно-исследовательский журнал International research journal. – 2017. - №05 (59). - Екатеренбург: ООО "Компания ПОЛИГРАФИСТ. - С. 124-128.

17. Уханов, А.П. Эффективность использования МТА при работе дизеля на горчично-минеральном топливе: монография / А.П. Уханов, Д.А. Уханов, В.А. Голубев, Е.Д. Година. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2017. – 224 с.

18. Уханов, Д.А. Топливоподача дизеля при работе на смесевом рапсово-минеральном топливе: монография / Д.А. Уханов, А.П. Уханов. - Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2018. – 182 с.

19. Уханов, А.П. Применение редечного масла в качестве биокомпонента дизельного смесевого топлива: монография / А.П. Уханов, Д.А. Уханов, Л.И. Сидорова. - Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2018. – 182 с.

20. Уханов, А.П. Опыт использования сурепно-минерального топлива в дизеле сельскохозяйственного трактора: монография / А.П. Уханов, Д.А. Уханов. – Пенза: Пензенская государственная сельскохозяйственная академия, 2016. – 179 с.

21. Абрамов, А.Е. Автоматизированная система триботехнических исследований на базе машины трения СМТ-1 / А.Е. Абрамов, А.Л. Хохлов, А.А. Гузяев, Ф.Ф. Зартдинов, Ф.Ф. Зартдинова, А.А. Хохлов // Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения: материалы VIII Международной научно-практической конференции. – Ульяновск: Ульяновский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, 2017. – С. 3-7.

22. Уханов, А.П. Автоматическая система подачи смесевого дизельного топлива / А.П. Уханов, Е.А. Хохлова, А.А. Хохлов // Научная мысль. – 2017. - № 3. - С. 108-112.

THE METHODOLOGY AND RESULTS OF TRIBOLOGICAL RESEARCH FOR MIXED CAMELINA-MINERAL FUELS

Ukhanov Alexander,
Full doctor of technical Sciences, Professor, e-mail:dispgau@mail.ru
Machnev Valentin,
Full doctor of technical Sciences, Professor,e-mail: dispgau@mail.ru
Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education«Penza State Agrarian University», Penza
Rotanov Evgeniy,
Candidate of technical Sciences, associate Professor,e-mail: evgenij-r@yandex.ru
Technological Institute - branch of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Ulyanovsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin», Dimitrovgrad
Khokhlov Alexey,
Full doctor of technical Sciences, Professor
e-mail:chochlov.73@mail.ru
Maryin Dmitry,
Candidate of technical Sciences, associate Professor
e-mail:marjin25@mail.ru
Khokhlov Anton,
Candidate of technical Sciences, researcher assistant
e-mail Khokhlov.73@mail.ru
Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Ulyanovsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin», Ulyanovsk

Abstract. *Reliable operation of a diesel engine largely depends on the degree of wear of plunger pairs of a high-pressure fuel pump (HPFP). Increasing the wear resistance of plunger pairs of HPFP is proposed by increasing the lubricity of motor fuel by introducing vegetable oil into it to produce diesel mixed fuel (DST). Mixed mineral- camelina fuel with different ratios of biological and mineral components was studied. The methodology of tribological studies of the DST on a modernized friction machine 2070 SMT-1 according to the "roller - block" scheme was developed. A constructive version of the pad printed on a 3D printer for recording data during research has been developed. It was established that the maximum total mass wear of the "roller-block" interface (0.048 g) is observed when using commercial mineral oil DT. Суммарный износ образцов уменьшается до 0.014 г при увеличении процентного содержания рыжикового масла в ДСТ до 30 %. The total wear of the samples remains almost unchanged with a further increase in the percentage of camelina oil in the DST to 50%. This is explained by the effect of the appearance on the surfaces of parts of the conjugation of a damping film consisting of surfactants of organic origin contained in camelina oil. The obtained results with a high degree of probability allow us to predict that in order to reduce the wear of plunger pairs of fuel injection pumps it is advisable to use DST with camelina oil content up to 30%.*

Keywords: *friction, friction machine, mineral diesel fuel, camelina oil, mixed camelina-mineral fuel, lubricating properties, wear.*

References

1. Rotanov, E.G. Vliyanie poverhnostno-aktivnyh veshchestv smesevogo topliva na iznos plunzhernyh par / E.G. Rotanov, A.L. Hohlov, A.A. Hohlov // Sel'skij mekhanizator. – 2018. - № 6. – S. 36-37.

2. Ustrojstva dlya konstruktivnoj adaptacii dizelej avtotraktornoj tekhniki k rabote nabiomineral'nom toplive / A.P. Uhanov, D.A. Uhanov, E.A. Hohlova, A.A. Hohlov // Izvestiya Samarskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. – 2016. – Vyp. 2. – S. 34-40.

3. Ispytanie sekcij TNVD na razlichnyh vidah topliva / A.P. Uhanov, D.A. Uhanov, E.G. Rotanov, A.L. Hohlov, A.A. Hohlov, A.A. Guzyaev // Sel'skij mekhanizator. – 2018. - № 9. – S. 34-35.

4. Uhanov, A.P. Teoreticheskaya ocenka resursa plunzhernyh par TNVD pri rabote na smesevom ryzhiko-mineral'nom toplive / A.P. Uhanov, E.G. Rotanov, A.A. Hohlov // Vestnik Ul'yanovskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. – 2018. - №2 (42). – S. 18-22.

5. Uhanov, A.P. Teoreticheskij raschet izmeneniya kol'cevogo zazora plunzhernyh par TNVD v zavisimosti ot soderzhaniya ryzhikovogo masla v smesevom ryzhiko-mineral'nom toplive / A.P. Uhanov, E.G. Rotanov, A.A. Hohlov // Izvestiya Samarskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. – 2018. – Vyp.4. – S. 49-56.

6. Uhanov, A.P. Teoreticheskaya ocenka vliyaniya dizel'nogo smesevogo topliva na iznos plunzhernyh par TNVD / A.P. Uhanov, D.A. Uhanov, E.G. Rotanov // Vestnik Ul'yanovskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. - 2011. - № 2. - S. 115-119.

7. Uhanov, D.A. Snizhenie iznosa plunzhernyh par TNVD primeneniem smesevogo rap-sovo-mineral'nogo topliva: monografiya / D.A. Uhanov, A.P. Uhanov, E.G. Rotanov, A.S. Aver'yanov. – Penza: FGBOU VO Penzenskij GAU, 2017. - 185 s.

8. Uhanov, A.P. Snizhenie iznosa plunzhernyh par TNVD v rezul'tate primeneniya ra-cional'nogo sostava dizel'nogo smesevogo topliva / A.P. Uhanov, D.A. Uhanov, E.G. Rotanov // Tekhnologiya kolesnyh i gusenichnyh mashin. - 2015. - № 2. - S. 46-50.

9. Uhanov, D.A. Vliyanie dizel'nogo smesevogo topliva na iznos plunzhernyh par TNVD / D.A. Uhanov, A.P. Uhanov, E.G. Rotanov, A.S. Aver'yanov // Izvestiya Samarskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. - 2011. - № 3. - S. 105-108.

10. Uhanov, A.P. Uluchshenie ehkologicheskih pokazatelej dizelya primeneniem dizel'no-go smesevogo topliva na osnove ryzhikovogo masla / A.P. Uhanov, E.A. Hohlova, A.A. Hohlov // EHkspluataciya avtotraktornoj tekhniki: opyt, problemy, innovacii, perspektivy: materialy II Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. – Penza: Penzenskaya gosudarstvennaya sel'skohozyajstvennaya akademiya, 2015. – S. 130-133.

11. Zazulya A.N., Nagornov S.A., Romancova S.V., Malahov K.S. Poluchenie biodi-zel'nogo topliva iz rastitel'nyh masel // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2009. № 12. - S. 58-59

12. Nagornov S.A., Kornev A.YU., Meshcheryakova YU.V., Busin I.V., Kon'kova N.G., Meshche-ryakov A.G. Biotoplivo iz netradicionnyh rastitel'nyh masel

Nauka v central'noj Rossii. 2017. № 2 (26). - S. 53-

13. Uhanov, A.P. Perspektivy ispol'zovaniya vozobnovlyaemyh biologicheskih istochni-kov ehnergii predpriyatiyami APK Rossii / A.P. Uhanov, E.A. Hohlova, A.A. Hohlov, A.A. Guzyaev // Agrarnaya nauka i obrazovanie na sovremennom ehtape razvitiya: opyt, problemy i puti ih resheniya: materialy VII

Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. – Ul'yanovsk: Ul'yanovskaya gosudarstvennaya sel'skohozyajstvennaya akademiya im. P.A. Stolypina, 2016. – S. 238-244.

14. Hohlova, E.A. EHffektivnost' ispol'zovaniya ryzhikovogo masla v kachestve kompo-nenta smesevogo dizel'nogo topliva / E.A. Hohlova, A.A. Hohlov, A.A. Guzyaev // EHkspluata-ciya avtotraktornoj tekhniki: opyt, problemy, innovacii, perspektivy: materialy II Mezh-dunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. – Penza: Penzenskaya gosudarstvennaya sel'-skohozyajstvennaya akademiya, 2015. – S. 141-145.

15. Hohlov, A.L. Neobhodimost' zameny mineral'nogo motornogo topliva na dizel'noe smesevoe toplivo / A.L. Hohlov, A.A. Guzyaev, A.A. Hohlov // Agrarnaya nauka i obrazovanie na sovremennom ehtape razvitiya: opyt, problemy i puti ih resheniya: materialy VII Mezhdu-narodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. – Ul'yanovsk: Ul'yanovskaya gosudarstvennaya sel'skohozyajstvennaya akademiya im. P.A. Stolypina, 2016. – S. 252-258.

16. Fizicheskie svojstva ryzhikovo-mineral'nogo topliva / A.P. Uhanov, A.A. Hohlov, A.L. Hohlov, V.A. Golubev, E.A. Hohlova // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal International research journal. – 2017. - №05 (59). - Ekaterenburg: OOO "Kompaniya POLIGRAFIST. - C. 124-128.

17. Uhanov, A.P. EHffektivnost' ispol'zovaniya MTA pri rabote dizelya na gorchichno-mineral'nom toplive: monografiya / A.P. Uhanov, D.A. Uhanov, V.A. Golubev, E.D. Godina. – Penza: Penzenskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2017. – 224 s.

18. Uhanov D.A. Toplivopodacha dizelya pri rabote na smesevom rapsovo-mineral'nom toplive: monografiya / D.A. Uhanov, A.P. Uhanov. - Penza: Penzenskij gosudarstvennyj ag-rarnyj universitet, 2018. – 182 s.

19. Uhanov, A.P. Primenenie redechnogo masla v kachestve biokomponenta dizel'nogo smesevogo topliva: monografiya / A.P. Uhanov, D.A. Uhanov, L.I. Sidorova. - Penza: Penzenskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2018. – 182 s.

20. Uhanov, A.P. Opyt ispol'zovaniya surepno-mineral'nogo topliva v dizele sel'sko-hozyajstvennogo traktora: monografiya / A.P. Uhanov, D.A. Uhanov. – Penza: Penzenskaya gosu-darstvennaya sel'skohozyajstvennaya akademiya, 2016. – 179 s.

21. Abramov, A.E. Avtomatizirovannaya sistema tribotekhnicheskih issledovanij na baze mashiny treniya SMT-1 / A.E. Abramov, A.L. Hohlov, A.A. Guzyaev, F.F. Zartdinov, F.F. Zartdinova, A.A. Hohlov // Agrarnaya nauka i obrazovanie na sovremennom ehtape razvitiya: opyt, problemy i puti ih resheniya: materialy VIII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. – Ul'yanovsk: Ul'yanovskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet im. P.A. Stolypina, 2017. – S. 3-7.

22. Uhanov, A.P. Avtomaticheskaya sistema podachi smesevogo dizel'nogo topliva / A.P. Uhanov, E.A. Hohlova, A.A. Hohlov // Nauchnaya mysl'. – 2017. - № 3. - S. 108-112.

УДК 621.43; 631.37

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЦИЛИНДРО-КОНИЧЕСКОГО ГИДРОЦИКЛОНА НА СТЕПЕНЬ ОЧИСТКИ ОТРАБОТАННЫХ СМАЗОЧНЫХ МАСЕЛ ОТ НЕРАСТВОРИМЫХ ПРИМЕСЕЙ

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
Глущенко Андрей Анатольевич,
кандидат технических наук, доцент, e-mail: oildel@yandex.ru
Молочников Денис Евгеньевич
кандидат технических наук, доцент, e-mail: denmol@yandex.ru
Карпенко Михаил Александрович,
кандидат технических наук, доцент, e-mail: mikhaillcarpenko@yandex.ru
Карпенко Галина Владимировна,
кандидат технических наук, доцент, e-mail: karpenkogalina@yandex.ru
ФГБОУ ВО Ульяновский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, г. Ульяновск

Реферат. *Востребованы экологически безопасные технологии и технические средства для очистки и восстановления свойств смазочных материалов. Изучали процесс разделения*

отработанных масел на фракции в гидроциклоне. Определены силы, действующие на частицу, находящуюся в потоке жидкости. Теоретически обосновано, что основная действующая сила – центробежная, если принять, что частица увлекается потоком во вращательное движение. При спиралеобразном движении потока жидкости в гидроциклоне наблюдается стоксовский (ламинарный) режим осаждения находящихся в потоке масла частиц, обеспечивающий разделение их по фазам. Если предположить, что отсутствует вертикальное воздействие на частицу в потоке циклона, то каждая частица будет находиться во взвешенном состоянии на определенном расстоянии от центра вращения. Более тяжелые частицы будут располагаться ближе к периферии гидроциклона, а легкие – у его центра. Во внутренней конической полости гидроциклона каждая группа частиц, находящихся в потоке масла, при движении будет создавать криволинейную поверхность. Определено, что для отделения частицы в гидроциклоне существенное значение имеют три величины: скорость сепарации, толщина слоя осаждения и время пребывания частицы в гидроциклоне. Установлено, что качество очистки масла от нерастворимых примесей будут определять геометрические параметры гидроциклона: радиус, высота цилиндро-конической части и время нахождения частицы в гидроциклоне, зависящее от режима сепарации.

Ключевые слова: *гидроциклон, очистка масла, силы, действующие на частицу, критерий сепарации, геометрические параметры*

Введение. При эксплуатации смазочных масел изменяются их физико-химические свойства [1-4]. Принцип очистки и осушки масел и различных технических жидкостей в силовых полях остается одним из самых распространенных. Из используемых в таких технологических процессах технических средств широкое применение получили различного рода центрифуги и сепараторы. Принципиальным недостатком всех центрифуг и сепараторов является ухудшение качества очистки масла при понижении его температуры, сложность самих аппаратов и низкая надежность [5]. В последнее время все чаще используют для очистки различных жидкостей гидроциклонные установки [6 - 11], где под воздействием центробежных сил происходит выделение твердых частиц из потока очищаемого масла. Гидроциклонные установки отличаются более высокой надежностью, поскольку не имеют вращающихся частей, низкой стоимостью, неприхотливостью в обслуживании. Их можно устанавливать в различных местах с отклонением от вертикали. В настоящее время во многих научно-исследовательских центрах проводятся работы по применению гидроциклонных установок для очистки различных жидкостей [12 - 14].

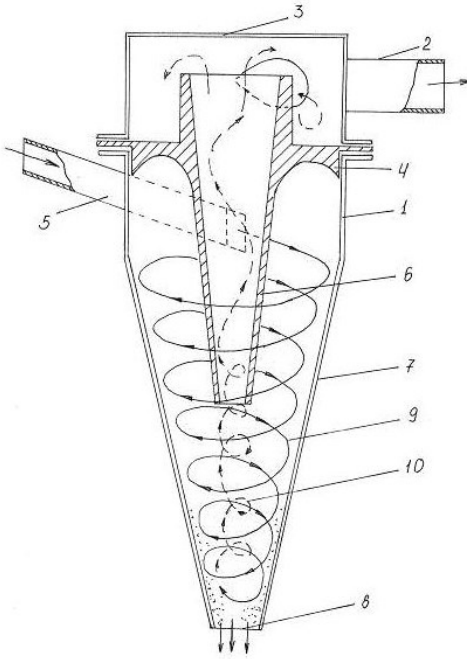


Рисунок 1 - Схема гидроциклона

Гидроциклон (рисунок 1) представляет собой аппарат, состоящий из цилиндрической части (1), к которой снизу примыкает широким основанием коническая часть (7), а сверху крепится промежуточная сливная камера (3) с патрубком для отвода верхнего продукта. Между цилиндрической частью и сливной камерой устанавливается диафрагма (6), а в нижней части конуса закрепляются сменные насадки (8).

Теоретические исследования. Процесс разделения отработанных масел на фракции в гидроциклоне может быть представлен следующим образом. На частицу, находящуюся в потоке жидкости в гидроциклоне, действуют следующие силы (рисунок 2): центробежная $P_ц$, отбрасывающая частицу к периферии; радиальная сила P_r, возникающая от действия радиального потока жидкости и направленная к оси аппарата; сила Кориолиса $P_к$, которая перемещает частицу в окружном направлении относительно потока; сила сопротивления среды P_c, препятствующая осаждению частицы; сила инерции $P_и$, образующаяся вследствие изменения скорости осаждения.

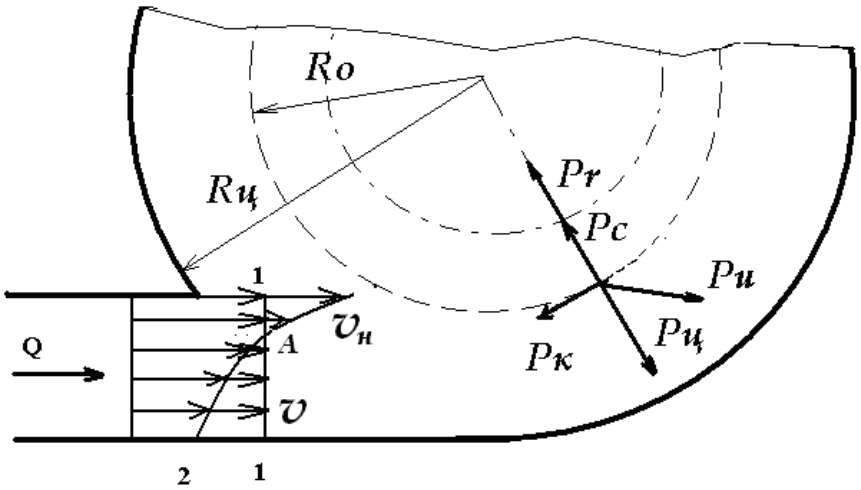


Рисунок 2 – Силы, действующие на частицу в спиральном потоке в гидроциклоне

Если вследствие малости частицы принять, что она увлекается потоком во вращательное движение с угловой скоростью ω, то основная действующая на нее сила – центробежная [4]:

$$P_ц = m_ц \omega^2 r = \frac{\pi \delta_ц^2 \rho_ц \omega^2 r}{6} = \frac{\pi \delta_ц^2 \rho_ц v^2}{6r}, \quad (1)$$

где $m_ц$ – масса частицы, кг; ω - угловая скорость вращения, с$^{-1}$; r – радиус вращения частицы, м; $\delta_ц$ - диаметр частицы, м; $\rho_ц$ - плотность частицы, кг/м^3; v – линейная локальная скорость потока, м/с.

При спиралеобразном движении потока жидкости в гидроциклоне наблюдается стоксовский (ламинарный) режим осаждения находящихся в потоке масла частиц, обеспечивающий разделение их по фазам. Поэтому, если учитывать действие центробежной силы $P_ц$ и силы сопротивления среды P_c, то из выражения (1), с учетом силы сопротивления среды, получим:

$$\frac{\pi \delta_ц^2 \rho_ц v^2}{6r} = \frac{24\mu}{v_c \delta_ц \rho_ж} \frac{\pi \delta_ц^2}{4} \frac{\rho_ж v_c^2}{2}. \quad (2)$$

Тогда

$$\frac{v^2}{r} = \frac{18 v_c \mu}{\delta_ц^2 \rho_ц}. \quad (3)$$

При условии обеспечения в гидроциклоне принятого закона изменения тангенциальной скорости от радиуса

$$v r^n = const, \quad (4)$$

где n – показатель свободы.

Распределение скорости жидкости в криволинейном канале (линия *2–2* на рисунке 2) характеризуется зависимостью:

$$v = \frac{v_н (R_2 - R_1)}{r \ln \frac{R_2}{R_1}}, \tag{5}$$

где R_2 – наружный радиус потока жидкости, равный радиусу гидроциклона $R_2 = R_ц$, м; R_1 – внутренний радиус потока жидкости в гидроциклоне, м.

Преобразуя формулу

$$\frac{v_н (R_2 - R_1)^2}{r^3 \left(\ln \frac{R_2}{R_1} \right)^2} = \frac{18 v_c \mu}{\delta_ч^2 \rho_ч}. \tag{6}$$

Приняв в качестве текущего радиуса r его среднее значение:

$$r_{ср} = \frac{R_2 + R_1}{2}, \tag{7}$$

получим обобщенную зависимость, характеризующую минимальный диаметр осаждающихся частиц:

$$\delta_{ч.\min} = \sqrt{\frac{18 \nu_c \mu D}{2,5 v_н^2 \rho_ч}}, \tag{8}$$

где D – диаметр циклона $D = 2R_2$, м.

Однако, использование среднего значения радиуса позволит определить только диаметр частиц, находящихся на данном радиусе, и не позволяет получить реальный диаметр осаждаемой частицы. Для решения этой задачи необходимо использовать значение радиуса нулевой вертикальной скорости.

Если предположить, что отсутствует вертикальное воздействие на частицу в потоке циклона, то каждая частица будет находиться во взвешенном состоянии на определенном расстоянии от центра вращения, то есть на расстоянии, где центробежная сила будет равна радиальной силе $P_ц = P_r$. Более тяжелые частицы будут располагаться ближе к периферии гидроциклона, а легкие – у его центра. Во внутренней конической полости гидроциклона каждая группа частиц, находящихся в потоке масла, при движении будет создавать криволинейную поверхность (рисунок 3).

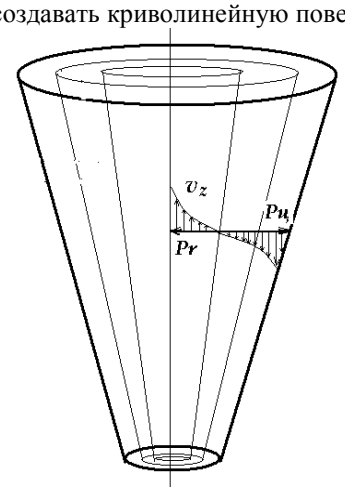


Рисунок 3 - Схема поверхностей частиц в потоке гидроциклона

Точки нулевой вертикальной скорости, то есть границы смены знаков вертикальной скорости, тоже создают криволинейную поверхность. Пересечение или совпадение плоскости вертикальной

скорости с плоскостью какой-либо группы частиц даст величину граничного зерна, причем большее зерно будет уходить в слив, а меньшее – в чистый поток.

Определив уравнение плоскости нулевой вертикальной скорости, можно рассчитать основные геометрические размеры гидроциклона, обеспечивающие заданную степень очистки.

Подставив уравнение радиуса нулевой поверхности осевой скорости в выражение (6), заменив значение диаметра гидроциклона D значением радиуса нулевой поверхности $2R_o$, получим размер частиц, отделяемых на определенном радиусе циклона:

$$\delta_{ч.\min} = \sqrt{\frac{36 v_c \mu R_o}{2,5 v_н^2 \rho_ч}} \ . \tag{9}$$

Полученная зависимость наглядно показывает связь каждой величины, входящей в подкоренное выражение, с размером частиц, сепарируемых в спиральном потоке гидроциклона. При этом, с увеличением радиуса нулевой поверхности размер отделяемых частиц будет увеличиваться. Поэтому, для улавливания мелкодисперсных частиц следует применять гидроциклоны уменьшенных диаметров. Увеличение начальной скорости потока очищаемого масла $v_н$ (во входном патрубке циклона) также способствует сепарации более мелких частиц.

Использование выражения (9) для определения минимального размера отделяемой частицы в практических целях не всегда возможно, так как оно содержит неизвестную величину - скорость сепарации $v_с$.

Для определения скорости сепарации принимаем допущение, что частица, вошедшая в циклон вблизи входного патрубка (на радиусе R_1), должна осесть на стенке циклона за время прохождения ею цилиндро-конической части циклона.

Если принять, что по характеру движения частиц гидроциклон работает в режиме идеального вытеснения, то время осаждения частицы

$$\tau = \frac{R_2 - R_1}{v_c} = \frac{V_г}{Q_г} = \pi H \frac{R_2 - R_1}{Q_г}, \tag{10}$$

где $V_г$ - объем цилиндро-конической части гидроциклона, м^3; $Q_г$ - производительность гидроциклона, м^3/ч; H – высота цилиндро-конической части гидроциклона, м.

Поскольку отделение частиц происходит на радиусе R_o, заменив R_2-R_1 на R_o, получим:

$$\tau = \pi H \frac{R_o}{Q_г}. \tag{11}$$

При этом скорость осаждения частицы

$$v_c = \frac{Q_г}{\pi H R_o}. \tag{12}$$

Для отделения частицы в гидроциклоне существенное значение имеют три величины: скорость сепарации $v_с$, толщина слоя осаждения и время пребывания частицы в гидроциклоне τ.

Из этих трех величин может быть составлен параметр – критерий сепарации, определяющий количество отделяемых частиц из потока очищаемого масла:

$$K_c = \frac{v_c \tau}{\lambda}, \tag{13}$$

где λ - толщина слоя осаждения, м.

Поскольку толщину слоя осаждения определяют граничные значения радиусов $R_ц$ - R_o, то:

$$\lambda = R_ц - R_o, \tag{14}$$

где $R_ц$ – радиус гидроциклона, м.

Так как качество очистки определяет количество осажденных примесей, заменим объем подаваемого масла на количество примесей в очищаемом масле. Выполнив замену и подставив значение $v_с$ в формулу (12), получим:

$$K_c = \frac{G_г \tau R_ц}{\pi H}, \tag{15}$$

где $G_г$ – количество примесей в очищаемом масле, кг.

В этом случае качество очистки гидроциклона можно определить как унос частиц через сливное отверстие, выраженный в процентах от общего количества частиц, поступающих в гидроциклон с очищаемым маслом:

$$\phi = \frac{G_г - K_c}{G_г} 100 \cdot \quad (16)$$

Заключение. Таким образом, качество очистки масла от нерастворимых примесей будут определять геометрические параметры гидроциклона: радиус $R_ц$, высота цилиндро-конической части H и время нахождения частицы в гидроциклоне, зависящее от режима сепарации.

Список литературы

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

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

3. Гущин, В.А. Восстановление эксплуатационных свойств моторных масел. теоретические предпосылки / В.А. Гущин, В.В. Остриков, А.И. Гущина, В.В. Паутов //Химия и технология топлив и масел. –1999. – № 1. – С. 24.

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

5. Глущенко, А.А. Методы регенерации отработанных масел./ А.А. Глущенко // Развитие АПК. Часть I.- Ульяновск.– 2006. – С 184 - 186.

6. Глущенко, А.А. Обоснование параметров гидроциклона для очистки отработанных масел. / А.А Глущенко//Вестник МГАУ, Агроинженерия, №3. – Москва, 2009. – С. 82-85.

7. Глущенко, А.А. К обоснованию критерия оптимизации процесса регенерации моторных масел /А.А. Глущенко, Р.А. Зейнетдтнов / Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии, № 1. – Ульяновск: УГСХА, –2011. – С.84-88.

8. Шестов, Р.Н. Гидроциклоны. Л.: «Машиностроение», – 1967. – С.80.

9. Исаев, Ю.М. Влияние вращения потока на процесс фильтрации / Ю.М. Исаев, С.Н. Илькин, Е.Г. Кочетков, Д.Е. Молочников // Современные наукоемкие технологии. - 2005. -№6. - С. 74-75.

10. Патент РФ 59447. Устройство для очистки диэлектрических жидкостей / В.М. Ильин, Д.Е. Молочников, Л.Г. Татаров. – № 2006108222/22; Заяв. 15.03.2006; Опубл. 27.12.2006, Бюл. № 36.

11. Патент РФ 79447. Устройство для очистки жидкостей / Ю.С. Тарасов, Д.Е. Молочников, Л.Г. Татаров. – № 2008113495/22; заяв. 21.07.2008; опубл. 10.01.2009, Бюл. № 1.

12. Молочников, Д. Е. Доочистка моторного топлива в условиях сельскохозяйственных предприятий: автореф. дис. … канд. технических наук. – Пенза, 2007. – 17 с.

13. Молочников, Д.Е. Динамическая очистка топлива и устройство для ее реализации / Д.Е.Молочников // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 2006. - № 10. - С. 39-40.

14. Молочников, Д.Е. Центробежная очистка светлых нефтепродуктов / Д.Е. Молочников, П.Н. Аюгин // Молодежь и наука XXI века. Материалы III-й Международной научно-практической конференции. - Ульяновск. – 2010. – С. 81-84.

THEORETICAL JUSTIFICATION OF INFLUENCE OF GEOMETRIC PARAMETERS OF CYLINDRICAL-CONICAL HYDROCYCLONE ON THE DEGREE OF PURIFICATION OF WASTE LUBRICATING OILS FROM INSOLUBLE IMPURITIES

Zazulya Alexander,
Full Doctor of Technical Sciences, professor, e-mail: zazulja_an@rambler.ru
Federal State Budgetary Scientific Institution «All-Russian Scientific Research Institute of Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture», Tambov

Glushchenko Andey
Candidate of technical Sciences, associate Professor, e-mail: oildel@yandex.ru
Molochnikov Denis,
Candidate of technical Sciences, associate Professor, e-mail: denmol@yandex.ru
Karpenko Mihail
Candidate of technical Sciences, associate Professor,
e-mail: mikhaillcarpenko@yandex.ru
Karpenko Galina
Candidate of technical Sciences, associate Professor,
e-mail: karpenkogalina@yandex.ru
Federal State Budget Educational Institution of Higher Professional Education "Ulyanovsk state agricultural University named after P. A. Stolypin", Ulyanovsk,

Abstract. *Ecologically safe technologies and technical means for cleaning and restoring properties of lubricants are in demand. The process of separation of waste oils into fractions in a hydrocyclone was studied. The forces acting on the particle in the fluid flow are determined. It is theoretically justified that the main acting force is centrifugal, if one accepts that the particle is carried away by the flow into rotational motion. The Stokes (laminar) mode of sedimentation of particles in the oil flow, ensuring their separation in phases, is observed with a spiral-like movement of a fluid flow in a hydrocyclone. Each particle will be in a suspended state at a certain distance from the center of rotation, assuming that there is no vertical impact on the particle in the cyclone flow. Heavier particles will be located closer to the periphery of the hydrocyclone, and light will be located at its center. It was determined that for separation of a particle in a hydrocyclone three values are essential: the separation rate, the thickness of the deposition layer and the residence time of the particle in the hydrocyclone. Each group of particles in the oil flow will create a curvilinear surface in the inner conical cavity of the hydrocyclone when moving. It was established that the quality of oil purification from insoluble impurities will determine the geometrical parameters of the hydrocyclone: the radius, the height of the cylindrical-conical part and the time the particle stays in the hydrocyclone, depending on the separation mode.*

Keywords: *hydrocyclone, oil purification, forces acting on a particle, separation criteria, geometrical parameters*

References

1. Ostrikov, V.V. Fiziko-himicheskie processy' "stareniya" motorny'h masel i sposoby' ih zamedleniya/ V.V. Ostrikov, N.N. Tupotilov //Doklady' Rossijskoj akademii sel'skohozyajstvenny'h nauk. – 2004. – № 2 – S. 47-51
2. Ostrikov, V.V., Busin I.V. Udalenie produktov stareniya iz masel V.V. Ostrikov, I.V. Busin //Sel'skij mehanizator. –2012. –№ 1. –S. 36-37.
3. Gushhin, V.A. Vosstanovlenie e'kspluatacionny'h svojstv motorny'h masel. teo-reticheskie predposy'lki / V.A. Gushhin, V.V. Ostrikov, A.I. Gushhina, V.V. Pautov //Himiya i tehnologiya topliv i masel. –1999. – № 1. – S. 24.
4. Prohorenkov, V.D. Zashhita ot atmosfernoj korrozii otrabotanny'mi maslami, ingibirovanny'mi produktami ih ochistki. Soobshhenie 1. Ocenka fiziko-himicheskih svojstv ostatochny'h produktov ochistki i regeneracii otrabotanny'h motorny'h masel/ V.D. Prohorenkov, L.G. Knyazeva, A.I. Petrashev, V.I. Vigdorovich, S.S. Epifancev //Praktika protivokorrozionnoj zashhity'. –2005.– № 4 (38).– S. 39-49.
5. Glushhenko, A.A. Metody' regeneracii otrabotanny'x masel./ A.A. Glushhenko // Razvitie APK. Chast' I.- Ul'yanovsk.– 2006. – S 184 - 186.
6. Glushhenko, A.A. Obosnovanie parametrov gidrociklona dlya ochistki otrabo-tanny'h masel. / A.A Glushhenko//Vestnik MGAU, Agroinzheneriya, №3. – Moskva, 2009. – S. 82-85.
7. Glushhenko, A.A. K obosnovaniyu kriteriya optimizacii processa regeneracii motorny'h masel /A.A. Glushhenko, R.A. Zejnetdtnov / Vestnik Ul'yanovskoj gosudar-stvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii, № 1. – Ul'yanovsk: UGSHA, –2011. – S.84-88.
8. Shestov, R.N. Gidrociklony'. L.: «Mashinostroenie», – 1967. – S.80.
9. Isaev, Yu.M. Vliyanie vrashheniya potoka na process fil'tracii / Yu.M. Isaev, S.N. Il'kin, E.G. Kochetkov, D.E. Molochnikov // Sovremenny'e naukoemkie tehnologii. - 2005. -№6. - S. 74-75.
10. Patent RF 59447. Ustrojstvo dlya ochistki die'lektricheskih zhidkostej / V.M. Il'in, D.E. Molochnikov, L.G. Tatarov. – № 2006108222/22; Zayav. 15.03.2006; Opubl. 27.12.2006, Byul. № 36.
11. Patent RF 79447. Ustrojstvo dlya ochistki zhidkostej / Yu.S. Tarasov, D.E. Molochnikov, L.G. Tatarov. – № 2008113495/22; zayav. 21.07.2008; opubl. 10.01.2009, Byul. № 1.
12. Molochnikov, D. E. Doochistka motornogo topliva v usloviyah sel'skohozyajst-venny'h predpriyatij: avtoref. dis. … kand. tehnicheskih nauk. – Penza, 2007. – 17 s.

13. Molochnikov, D.E. Dinamicheskaya ochistka topliva i ustrojstvo dlya ee realizacii / D.E.Molochnikov // Mehanizaciya i e'lektrifikaciya sel'skogo hozyajstva. - 2006. - № 10. - S. 39-40.

14. Molochnikov, D.E. Centrobezhnaya ochistka svetly'h nefteproduktov / D.E. Mo-lochnikov, P.N. Ayugin // Molodezh' i nauka XXI veka. Materialy' III-j Mezhduna-rodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. - Ul'yanovsk. – 2010. – S. 81-84.

УДК 662.75

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭФФЕКТОВ МЕХАНОАКТИВАЦИИ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА

Бусин Игорь Вячеславович

кандидат технических наук, старший научный сотрудник, e-mail vniitinlab7@yandex.ru

Корнев Алексей Юрьевич

кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, e-mail vniitinlab7@yandex.ru

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

Реферат. *Одной из приоритетных задач рационального использования нефтепродуктов в АПК России является поддержание их качества в соответствии с нормативной документацией на всем пути следования от НПЗ до непосредственного потребителя. В рамках решения этой задачи исследована возможность механоактивации жидкой среды дизельного топлива на лабораторной установке с камерой обработки особой конструкции, основанной на использовании эффекта Ранка-Хилша. Контролируемыми параметрами (факторами) воздействия служили время обработки, и давление в системе до входа в камеру. В качестве выходных данных рассматривалось изменение физико-химических свойств дизельного топлива. В ходе определения фракционного состава обнаружено, что после прохождения дизельного топлива через камеру при давлении 10 кгс/см^2 и времени обработки соответствующему 10 кратному прохождению всего обрабатываемого объема топлива имеется некоторое изменение углеводородного состава. Это подтверждается и результатами хроматографического анализа. На основании полученных данных так же можно констатировать, некоторое снижение количества общей и меркаптановой серы, снижение содержания фактических смол, температуры вспышки и плотности. Результаты проведенных исследований свидетельствуют, что механовоздействие на нефтяные углеводороды при данных значениях факторов не достаточно существенно. Зафиксированное возрастание температуры прошедшего через камеру топлива позволяет рассматривать данный способ как энергоэффективное решение для внесения в топливо необходимых присадок на местах его применения, например, депрессорно-диспергирующих, которые обычно следует вводить в топливо, подогретое до температур, превышающих температуру помутнения на 10 – 40 °С.*

Ключевые слова: *светлые нефтепродукты, дизельное топливо вихревая труба Ранка-Хилша, углеводородный состав, механоактивация.*

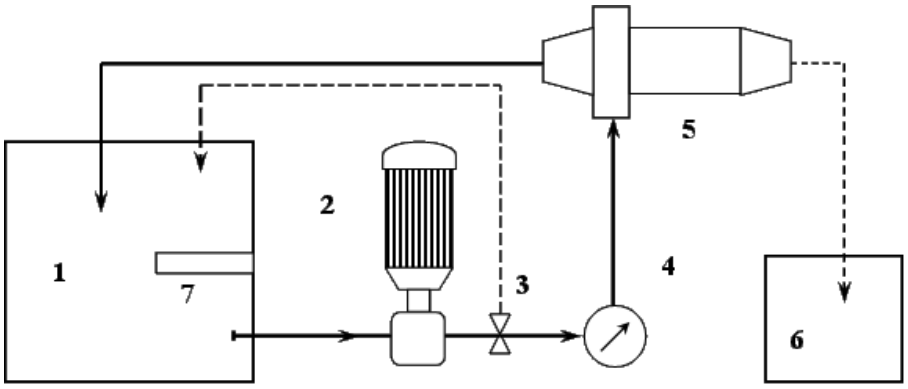
Введение. Одной из приоритетных задач рационального использования нефтепродуктов в АПК России является поддержание их качества в соответствии с нормативной документацией на всем пути следования от НПЗ до непосредственного потребителя [1, 9].

В последние десятилетия в связи с ужесточением норм Технического регламента Таможенного союза происходит активная модернизация предприятий нефтеперерабатывающей промышленности [2].

Однако, не смотря на это, глубина переработки нефти в основной массе не превышает 75 %. В качестве сырья в основном применяется нефть из Западной и Восточной Сибири, в которой много смол, серы [3, 4]. Качественное топливо отвечающее современным стандартам из такого сырья при глубокой переработке получается достаточно дорогим. Оно проигрывает при закупках в цене топливу, произведенному по упрощенным технологиям на мини-НПЗ и ориентировано производство такого топлива больше на экспорт.

Проблема обеспечения сельскохозяйственных предприятий качественным топливом усугубляется состоянием нефтехранилищ и стремлением руководителей сэкономить, что зачастую приводит к приобретению топлива низкого качества. Таким образом, вопрос использования качественного топлива так и остается открытым [5].

Методика исследований и оборудование. Для проведения исследований по воздействию вихревых потоков на светлые нефтепродукты в соответствии со схемой (рисунок 1) была разработана и собрана лабораторная установка (рисунок 2) [5].



1 – емкость; 2 – насос; 3 – редукционный клапан; 4 –датчик давления (манометр); 5 – камера обработки топлива; 6 – резервная емкость; 7 – датчик температуры.

Рисунок 1 - Схема лабораторной установки для проведения экспериментов по механовоздействию на нефтепродукты

Обработка заключалась в пропускании образца исследуемого топлива через вихревую трубу Ранка-Хилша под давлением. При этом контролируемыми параметрами являлись время воздействия на пробу (кратность прохождения через вихревую трубу всего объема исследуемого образца) и величина давления в системе. В процессе экспериментов изменяли кратность (циклы) прохождения через вихревую трубу исследуемых образцов при фиксированном давлении. В следующих пределах: кратность прохождения проб от 1 до 10 раз при давлении от 2 до 10 кгс/см^2. Для корректности экспериментов после завершения каждого прохода исследуемого образца через установку, снимали и промывали вихревую трубу с последующей ее сушкой [5].

Рисунок 2 - Лабораторная установка для проведения экспериментов по механовоздействию на нефтепродукты

В качестве исследуемого топлива использовалось типичное летнее дизельное топливо (ДТ) применяемое в хозяйствах для заправки сельскохозяйственной техники.

Хроматографический анализ исследуемых проб проводился на аппаратно-программном комплексе «Кристалл 2000М» с плазменно-ионизационным детектором, с делением потока 1:30, диапазоном формируемых давлений 20-250 кПа.

Результаты и обсуждение. Под механоактивацией в узком смысле этого термина условно следует понимать ускорение химических процессов вследствие механических воздействий на

среду. Она может проводиться одновременно с химическим процессом или предшествовать ему. Механактивация настолько тесно связана с другими механохимическими процессами, что не может рассматриваться совершенно изолированно от них [7].

Большой интерес вызывает возможность механического воздействия на жидкие среды, которое иногда называют гидродинамическим. Состоятельность данного предположения подтверждается изменением температура топлив в процессе эксперимента. Во время проведения экспериментов наблюдалось увеличение температуры с исходных 20 ºС до 40 – 50 ºС, в зависимости от времени обработки.

После обработки на установке отбирались образцы нефтепродуктов для последующего анализа на предмет изменения углеводородного состава и физико-химических свойств. Стоит отметить, что в пробах ДТ отобранных после пропускании через вихревую трубу выпадал осадок, которого ранее в топливе не наблюдалось (рисунок 3), в том числе и при длительном хранении исходных проб.

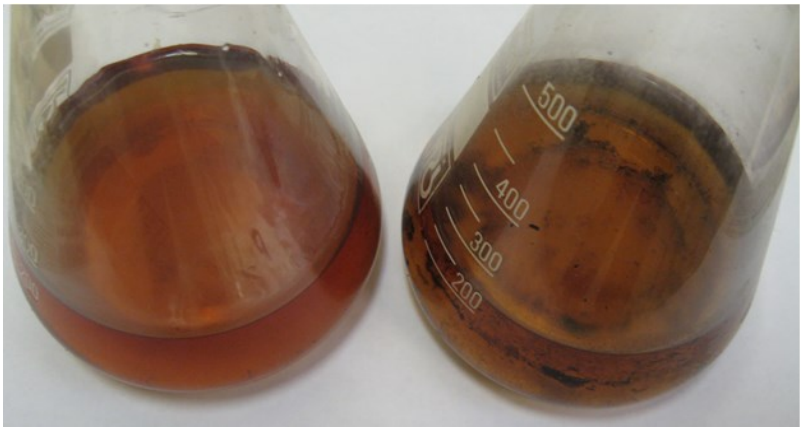


Рисунок 3 - Образец ДТ после обработки

В ходе определения фракционного состава в соответствии с ГОСТ 2177-99 обнаружено, что после прохождения дизельного топлива через вихревую трубу при давлении 10 кгс/см^2 и времени обработки соответствующему 10 кратному прохождению имеется незначительное изменение углеводородного состава, что подтверждается результатами хроматографического анализа (рисунки 4 – 6, таблицы 1, 2).

На основании полученных данных так же можно констатировать, некоторое снижение количества общей и меркаптановой серы, снижение содержания фактических смол, температуры вспышки, плотности и температуры застывания.

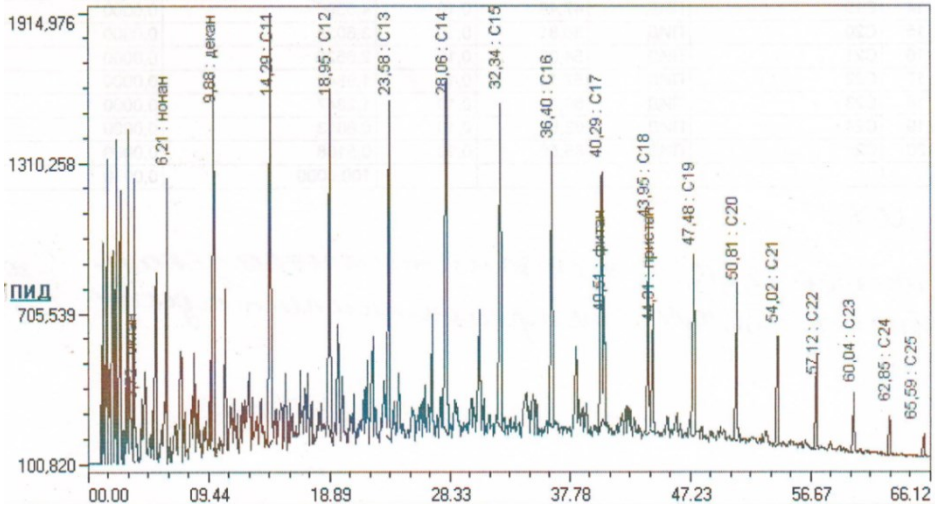


Рисунок 4 - Хромотограмма углеводородного состава исходного образца ДТ

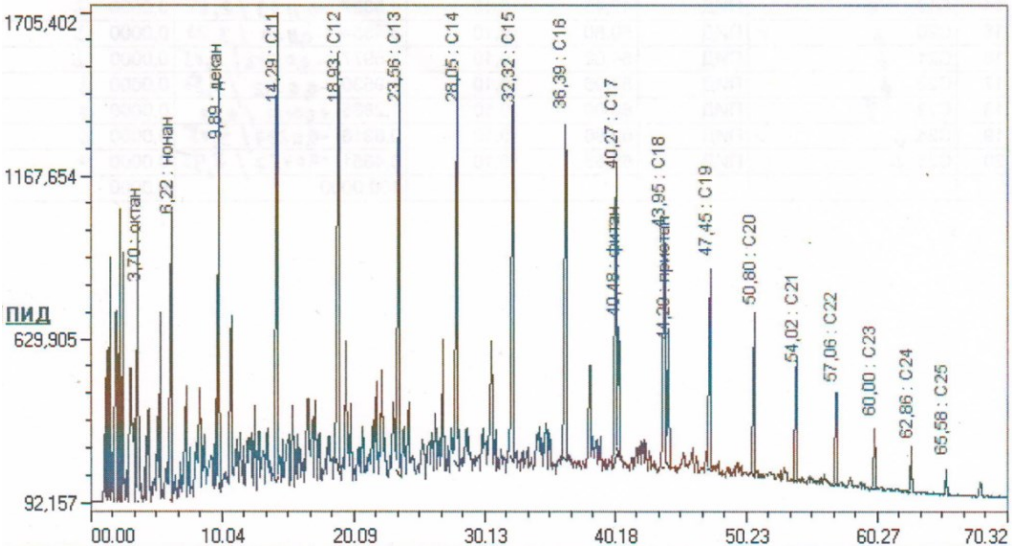


Рисунок 5 - Хромотограмма углеводородного состава образца ДТ после обработки в вихревой трубе 10 циклов, давление 2 кгс/см^2

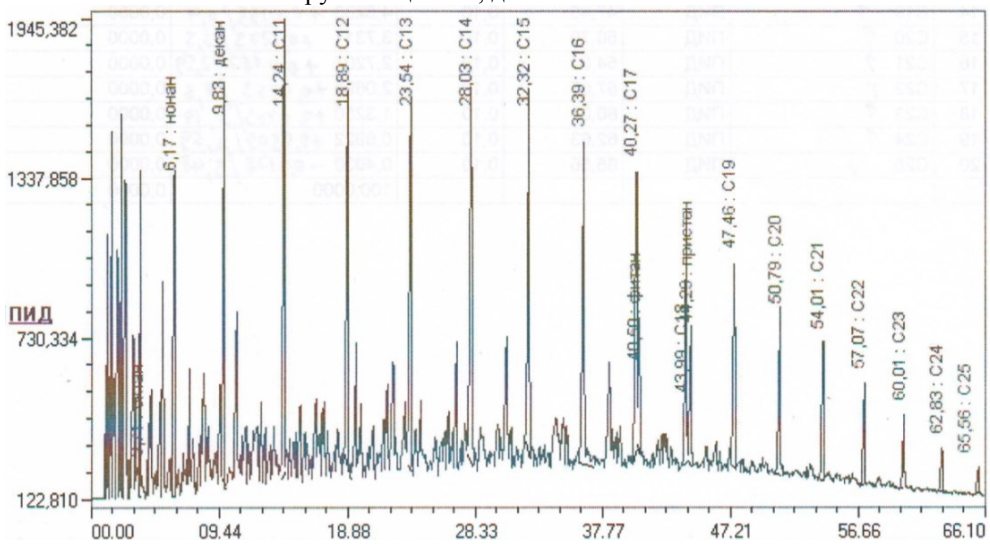


Рисунок 6 - Хромотограмма углеводородного состава образца ДТ после обработки в вихревой трубе 10 циклов, давление 10 кгс/см^2

Таблица 1 – Изменение углеводородного состава образца ДТ после обработки

Наименование компонента	Содержание, (об.) %		
	Исходный	1 цикл, 2 кгс/см^2	10 циклов, 10 кгс/см^2
Октан	2,59	2,60	2,44
Нонан	3,49	3,48	3,30
Декан	6,47	6,43	6,42
С11 – С 19	70,20	70,42	71,09
Фитан	2,96	2,92	2,82
Пристан	3,31	3,32	3,31
С20 – С25	10,98	10,83	10,62

Таблица 2 - Физико-химические характеристики образцов дизельного топлива

П о к а з а т е л и	Исходное ДТ	ДТ после обработки (10 циклов, 10 атм)	ГОСТ Р 52368	ГОСТ 305 Л / З
Фракционный состав:				
ПК	132	128		
10 % (по объему) перегоняется при t, ºС	197	191		
20 % (по объему) перегоняется при t, ºС	219	215		
30 % (по объему) перегоняется при t, ºС	233	229		
40 % (по объему) перегоняется при t, ºС	247	245		
50 % (по объему) перегоняется при t, ºС	264	258		≤ 280
60 % (по объему) перегоняется при t, ºС	278	271		
70 % (по объему) перегоняется при t, ºС	290	288		
80 % (по объему) перегоняется при t, ºС	315	310		
90 % (по объему) перегоняется при t, ºС	340	337		
95 % (по объему) перегоняется при t, ºС	357	354	≤ 360	≤ 360
до температуры 180 ºС (по объему), %	6	7	≤ 10	
при температуре 250 ºС (по объему), %	42	47	> 65	
до температуры 340 ºС (по объему), %	91	91	≤ 95	
при температуре 350 ºС (по объему), %	93	94	≥ 85	
Кинематическая вязкость при 20°С, мм^2/с	3,35	3,30	-	3,0-6,0 /1,8-5,0
Температура помутнения, ºС	-9	-9	-	- 5/-25
Температура застывания, ºС	-14	-15	-	-10/-35
Температура вспышки в закрытом тигле, ^{0}С	50	45	выше 55	выше 62/40
Плотность при 20^{0}С, кг/м^3	825	820	-	< 860/840
Кислотность, мг КОН/100 см^3	3,6	2,1	-	< 5 / < 5
Содержание серы, мг/кг	149,3	129,1	10 - 350	
Содержание меркаптановой серы, %	1,96	0,87	-	≤0,01
Содержание фактических смол, мг/100 см^3	40	10	-	40 / 30

Заключение. Результаты проведенных исследований свидетельствуют, что механовоздействие на нефтяные углеводороды не достаточно существенно, однако происходит некоторое изменение углеводородного состава. Необходима проверка состоятельности данного способа обработки в совокупности с использованием реагентов, способных спровоцировать определенные химические реакции в дизельном топливе, в первую очередь с сернистыми соединениями и смолами.

Зафиксированное возрастание температуры обрабатываемого через трубу топлива позволяет рассматривать данный способ как энергоэффективное решение для внесения в топливо необходимых присадок на местах его применения, например, депрессорно-диспергирующих, которые обычно следует вводить в топливо, подогретое до температур, превышающих температуру помутнения на 10 – 40 °С.

Список литературы

1. Завражнов, А.И. О проблемах эффективного использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве / А.Н. Зазуля, С.А. Нагорнов, Л.Г. Князева // В сборнике: Повышение эффективности использования ресурсов при производстве сельскохозяйственной продукции - новые технологии и техника нового поколения для растениеводства и животноводства XVIII Международная научно-практическая конференция. 2015. - С. 291-298.

2. Технический регламент «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и топочному мазуту» (с

изменениями, утвержденными Постановлением Правительства Российской Федерации от 11 октября 2012 г. N 1038) // Официальный Интернет-ресурс Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии: [Электронный ресурс] / Росстандарт. М. 2014.

3. Валитов, Ш.М. Влияние качества нефти на эффективность ее переработки / А.М. Туфетулов, А.Ф. Яртиев // Нефтяное хозяйство. 2012. № 12. С. 132-135.

4. Коржубаев, А.Г. Нефтеперерабатывающая промышленность России. Тенденции, угрозы, перспективы. / Л.В. Эдер, В.Ю. Немов // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. 2011. № 11. С. 31-38.

5. Корнев, А.Ю. Ликсутина А.П., Нагорнов С.А., Бусин И.В., Цыганкова Л.Е., Романцова С.В., Виноградов С.Д. Разработать научно обоснованный технологический процесс комплексной обработки светлых нефтепродуктов, обеспечивающий сохранение и улучшение качества топлива. Отчет о научно-исследовательской работе. Тамбов 2018. С. 165.

6. Корнев, А.Ю. Контроль качества светлых нефтепродуктов на сельскохозяйственных предприятиях // А.П. Ликсутина, С.А. Нагорнов, И.В. Бусин, Б.Т. Алибаев // Современные задачи инженерных наук сборник научных трудов VI-ого Международного научно-технического Симпозиума «Современные энерго- и ресурсосберегающие технологии СЭТТ - 2017». 2017. С. 80-85.

7. Барамбойм, Н.К. Механохимия высокомолекулярных соединений // М.: Химия. - 1978. - 84 С.

8. Остриков, В.В. Повышение эксплуатационных свойств дизельного топлива / В. В. Остриков, А.Ю. Корнев, А.Ю. Бектилевов // Техника и оборудование для села. – 2012. - №6, - С. 10 – 11.

9 Корнев А.Ю. Причины снижения качества светлых нефтепродуктов, используемых в сельском хозяйстве / А.Ю. Корнев, А.Ю. Бектилевов, Б.Т. Алибаев // Наука в центральной России – 2016. - №4 (22). – С 15-26.

RESEARCH OF THE EFFECT OF MECHANOACTIVATION EFFECTS ON DIESEL FUEL CHARACTERISTICS

Busin Igor
Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher, e-mail vniitinlab7@yandex.ru
Kornev Aleksey
Candidate of Technical Sciences, Leading Scientific Worker, e-mail vniitinlab7@yandex.ru
FSBSI All-Russian Scientific Research Institute for the Use of Machinery and Oil Products in Agriculture, Tambov

Abstract. One of the priorities of the rational use of petroleum products in the agricultural sector of Russia is to maintain their quality during storage and use. In the framework of solving this problem, the possibility of mechanoactivation of a diesel fuel liquid medium in a laboratory setup with a special treatment chamber based on the use of the Ranka-Hilsch effect was investigated. Controlled parameters (factors) of exposure were the processing time, and the pressure in the system before entering the chamber. As an output, the change in the physicochemical properties of diesel fuel was considered. The recorded increase in temperature of the fuel processed through the pipe allows us to consider this method as an energy-efficient solution for introducing necessary additives into the fuel at the places of its application, for example, depressant dispersants, which usually should be introduced into the fuel heated to temperatures exceeding the cloud point by 10 - 40 ° WITH

Keywords: *light oil products, diesel fuel, Ranque-Hilsch vortex tube, hydrocarbon composition, mechanical activation.*

References

1. Zavrazhnov, A.I. O problemah ehffektivnogo ispol'zovaniya tekhniki i nefteproduktov v sel'skom hozyajstve / A.N. Zazulya, S.A. Nagornov, L.G. Knyazeva // V sbornike: Povyshenie ehffektivnosti ispol'zovaniya resursov pri proizvodstve sel'skohozyajstvennoj produkcii - novye tekhnologii i tekhnika novogo pokoleniya dlya rastenievodstva i zhivotnovodstva XVIII Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya. 2015. - S. 291-298.

2. Tekhnicheskij reglament «O trebovaniyah k avtomobil'nomu i aviacionnomu benzinu, dizel'nomu i sudovomu toplivu, toplivu dlya reaktivnyh dvigatelej i topochnomu mazutu» (s izmeneniyami, utverzhdennymi

Postanovleniem Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 11 oktyabrya 2012 g. N 1038) // Oficial'nyj Internet-resurs Federal'nogo agentstva po tekhnicheskomu regulirovaniyu i metrologii: [EHlektronnyj resurs] / Rosstandart. M. 2014.

3. Valitov, SH.M. Vliyanie kachestva nefti na ehffektivnost' ee pererabotki / A.M. Tufetulov, A.F. YArtiev // Neftyanoe hozyajstvo. 2012. № 12. S. 132-135.

4. Korzhubaev, A.G. Neftepererabatyvayushchaya promyshlennost' Rossii. Tendencii, ugrozy, perspektivy. / L.V. EHder, V.YU. Nemov // Problemy ehkonomiki i upravleniya neftegazovym kompleksom. 2011. № 11. S. 31-38.

5. Kornev, A.YU. Liksutina A.P., Nagornov S.A., Busin I.V., Cygankova L.E., Romancova S.V., Vinogradov S.D. Razrabotat' nauchno obosnovannyj tekhnologicheskij process kompleksnoj obrabotki svetlyh nefteproduktov, obespechivayushchij sohranenie i uluchshenie kachestva topliva. Otchet o nauchno-issledovatel'skoj rabote. Tambov 2018. S. 165.

6. Kornev, A.YU. Kontrol' kachestva svetlyh nefteproduktov na sel'skohozyajstvennyh predpriyatiyah // A.P. Liksutina, S.A. Nagornov, I.V. Busin, B.T. Alibaev // Sovremennye zadachi inzhenernyh nauk sbornik nauchnyh trudov VI-ogo Mezhdunarodnogo nauchno-tekhnicheskogo Simpoziuma «Sovremennye ehnergo- i resursosberegayushchie tekhnologii SEHTT - 2017». 2017. S. 80-85.

7. Barambojm, N.K. Mekhanohimiya vysokomolekulyarnyh soedinenij // M.: Himiya. - 1978. - 84 S.

8. Ostrikov, V.V. Povyshenie ehkspluatacionnyh svojstv dizel'nogo topliva / V. V. Ostrikov, A.YU. Kornev, A.YU. Bektilevov // Tekhnika i oborudovanie dlya sela. – 2012. - №6, - S. 10 – 11.

9. Kornev A.YU. Prichiny snizheniya kachestva svetlyh nefteproduktov, ispol'zuemyh v sel'skom hozyajstve / A.YU. Kornev, A.YU. Bektilevov, B.T. Alibaev // Nauka v central'noj Rossii – 2016. - №4 (22). – S 15-26..

Отпечатано в типографии «Студия печати Галины Золотовой».
Адрес типографии: 392032, Тамбовская область, г. Тамбов, ул. Кленовая, д. 24.
E-mail: studiapechati@bk.ru.
Дата выхода в свет 29.04.2019. Заказ № 15.
Формат 84x108/16. Бумага офсетная. Печать цифровая.
Гарнитура Times. Объем – 13.55 усл. печ. л. Тираж 100 экз.