

**Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Департамент научно-технологической
политики и образования
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Воронежский государственный аграрный университет
имени императора Петра I»**

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ДЛЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

**МАТЕРИАЛЫ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ ПРОФЕССОРСКО-
ПРЕПОДАВАТЕЛЬСКОГО СОСТАВА, НАУЧНЫХ СОТРУДНИКОВ
И АСПИРАНТОВ**

**Воронеж
2015**

Печатается по решению научно-технического совета
Воронежского государственного аграрного университета

УДК 631.3:001.895
Б40.7:65.32-5
И 665

Коллектив авторов

И 665 Инновационные технологии и технические средства для агропромышленного комплекса: материалы научной конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов / Коллектив авторов. - Воронеж: ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2015. - 86 с.

С марта по июнь 2015 г. в Воронежском госагроуниверситете состоялась научная конференция профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов по актуальным проблемам АПК в области механизации, электрификации сельского хозяйства и переработки сельскохозяйственной продукции.

В сборнике материалов конференции опубликованы результаты многочисленных научно-исследовательских работ с большим объёмом проведенных исследований по различным направлениям агроинженерии.

Под общей редакцией:

доктора сельскохозяйственных наук, профессора В.И. Оробинского
доктора сельскохозяйственных наук, профессора Е.А. Андрианова,
доктора технических наук, профессора Е.В. Кондрашовой

© Коллектив авторов, 2015

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», 2015

Содержание

Д.Г. Козлов, А.В. Калинин ПРИМЕНЕНИЕ СПЕЦЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЙ В АПК.....	5
С.В. Кузьменко ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НОВЫХ ПОДХОДОВ К ГРАФИЧЕСКИМ ДИСЦИПЛИНАМ В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ.....	9
А.Н. Хахулин ВЛИЯНИЕ ШИРИНЫ ЗАХВАТА РАБОЧИХ КОРПУСОВ ПЛУГА НА ПОДАВЛЕНИЕ СОРНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ.....	12
И.В. Баскаков, А.В. Чернышов, Р.Л. Чишко, М.К. Харитонов СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ХРАНЕНИЯ ЗЕРНА В ХРАНИЛИЩАХ СИЛОСНОГО ТИПА.....	15
А.А. Ахматов, А.Н. Солдатов, В.Н. Солнцев, В.И. Оробинский ЗАГРУЗКА РЕШЕТ МАШИНЫ МЗС-25 ОТ ПОДАЧИ ЗЕРНА В ПИТАЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО.....	21
И.В. Лакомов, Ю.М. Помогаев ПЕРЕНОС ПРИ ПОДГОТОВКЕ КОНДИЦИОНИРОВАННОГО ВОЗДУХА ДЛЯ СУШКИ.....	24
В.Ю. Жарких, А.П. Тарасенко МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ЧАСТИЦЫ ПО ПОВЕРХНОСТИ ГРАВИТАЦИОННОГО РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА.....	27
Ю.М. Помогаев, В.В. Картавцев, И.В. Лакомов МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ СЕЛЬСКИХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СХЕМАХ РЕЗЕРВИРОВАНИЯ.....	31
Е.А. Андрианов, А.М. Андрианов, А.А. Андрианов ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ДОИЛЬНЫХ АППАРАТОВ.....	43
Д.И. Яловой, Е.А. Андрианов К ОБОСНОВАНИЮ ДАВЛЕНИЯ СОСКОВОЙ РЕЗИНЫ НА СОСОК СТИМУЛИРУЮЩЕ-АДАПТИВНОГО АППАРАТА.....	46
Т.В. Тришина, В.Г. Козлов ЗАТОЧКА РАБОЧИХ ОРГАНОВ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ МАШИН.....	49
М. Э. Мерчалова КОМПЛЕКТОВАНИЕ ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ.....	51
А.А. Авдеев, И.В. Зубков, А.П. Мазуха ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЫДЕРЖКИ ВРЕМЕНИ РЕЛЕ КОНТРОЛЯ ФАЗ ПРИ ПОСТРОЕНИИ СХЕМЫ МАКСИМАЛЬНОЙ ТОКОВОЙ ЗАЩИТЫ.....	54
В.В. Василенко, С.В. Василенко, В.С. Борзило РАЦИОНАЛЬНОЕ КРЕПЛЕНИЕ КУЛЬТИВАТОРНОЙ ЛАПЫ.....	58

В.Г. Козлов, А.А. Заболотная, Е.В. Кондрашова, Т.В. Скворцова УПРАВЛЕНИЕ ТРАНСПОРТНЫМ ПОТОКОМ ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ.....	62
Н.А. Мазуха СХЕМА ДЛЯ БОЛЕЕ БЫСТРОГО ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ ВАРИАНТОВ СОЕДИНЕНИЯ ОБМОТОК СТАТОРА.....	67
И.В. Титова, В.К. Астанин ОБЪЁМЫ ОБРАЗОВАНИЯ ВТОРИЧНОГО ПОЛИМЕРНОГО СЫРЬЯ В ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ.....	70
С.В. Мерчалов, С.В. Лысиков ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ГРАВИТАЦИОННОГО СЕПАРАТОРА.....	74
Н.А. Мазуха, А.П. Мазуха УВЕЛИЧЕНИЕ ЗОНЫ ДЕЙСТВИЯ ЗАЩИТЫ.....	78
А.П. Мазуха, Н.А. Мазуха СХЕМА УПРАВЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЯМИ ПРИ БОЛЬШОЙ СКОРОСТИ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ КРАН-БАЛКИ ПЕРЕД ТОРМОЖЕНИЕМ.....	82

Д.Г. Козлов, канд. техн. наук, старший преподаватель

А.В. Калинин, аспирант, старший преподаватель

ПРИМЕНЕНИЕ СПЕЦЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЙ В АПК

В статье проведен анализ биоморфологических признаков растений традиционным методом и с помощью фотоцифровых устройств, а так же регистрация параметров в программе «Регистрация параметров культуры»

Развитие агропроизводства нуждается во внедрении новейших технических устройств и технологий. Значительное количество научно-исследовательских работ направленно на изучение изменений биоморфологических признаков растений. Изучение параметров растений невозможно без детальной регистрации биоморфологических признаков.

На конкретном примере, в данном случае образцом является растение томата, представлен процесс регистрации биоморфологических признаков [1]. «Регистрация культуры» проводилась по важнейшим признакам: расстояние до кисти, прирост за неделю, диаметр верхнего стебля, количество листьев, длина листа, число плодов, средняя масса плодов, урожайность за неделю. Частота измерений составляла один раз в неделю на заранее выбранном количестве растений. Растения, положительно отличившиеся от общей массы, обозначали цветным шпагатом, а так же с помощью этикеток указывали данные (прирост за неделю, средняя масса плода и т. п.) Опыт проводился на одних и те же растениях в течение всего сезона.

В данном примере представлены элементы информационно-аналитической технологии регистрации параметров растений томата, с помощью которого осуществлялся контроль над ростом и развитием агрокультуры в теплице. Следует отметить, что данные измерения биоморфологических параметров томатов осуществлялись вручную с помощью линейки, штангенциркуля и рулетки (рисунок 1). Регистрация, осуществляемая данным методом, малопродуктивна, требует значительного количества времени, ограничена информация об объекте наблюдения, что носит негативные последствия при обработке данных.

Разработка новых, современных высокопроизводительных и высокоинформативных методов регистрации биоморфологических параметров растений является актуальной проблемой.

Решить данную проблему возможно при замене традиционных методов фиксирования биоморфологических признаков на более современные. Наиболее рациональными способами регистрации являются фотоцифровые устройства. Применение электроннооптических методов позволяет наиболее детально регистрировать параметры, хранить, воспроизводить и анализировать полученную информацию. Целесообразность применения данных устройств заключает-

ся в возможности получения «живого» наблюдения и отслеживания развития растений от начала вегетации до момента созревания урожая [2].



а
б
Рисунок 1 – Регистрация биоморфологических параметров с помощью рулетки (а) и штангенциркуля (б)

В условиях растениеводства применение фотоцифровых устройств, способствует повышению оперативности регистрации биоморфологических признаков, а также, принятия управленческих решений. Точность позиционирования рабочих органов применительно к объекту аграрного производства, позволяет снизить энергоемкость технологических процессов. А так же, данный метод регистрации осуществляется без непосредственного контакта, нарушающего биофизиологическое состояние растения, что способствует наиболее благоприятному развитию.

На рисунке 2 представлена схема информационно-аналитического канала, по которому и осуществляется регистрация биоморфологических параметров, с помощью фотоцифрового устройства.

При применении фотоцифровой регистрации мы можем получить наиболее максимальную и непрерывную во времени информацию об объекте.

Получив все необходимые данные о растении, целесообразно их обработать таким образом, чтобы была возможность более наглядно сравнивать параметры по стечению определенного времени. Существует программа «регистрация параметров культуры», с помощью которой мы сможем это осуществить.

В представленной программе можно использовать параметры по всей теплице, либо средние значения определенных растений. Затем, полученные параметры вписывают на специализированном сайте Grodan. Все данные о культуре, которые мы занесли, обрабатываются компьютером и их можно представить как в табличном виде, так и в графическом. Доступ к обрабатываемым данным имеет лишь хозяйство, т.е. информация является полностью конфиденциальной, а также эксперты фирмы Grodan. Возможно производить сравнительный анализ параметров растений с другими хозяйствами, но для этого необходимо согласование с партнерами из других предприятий и получение доступа к их информации.

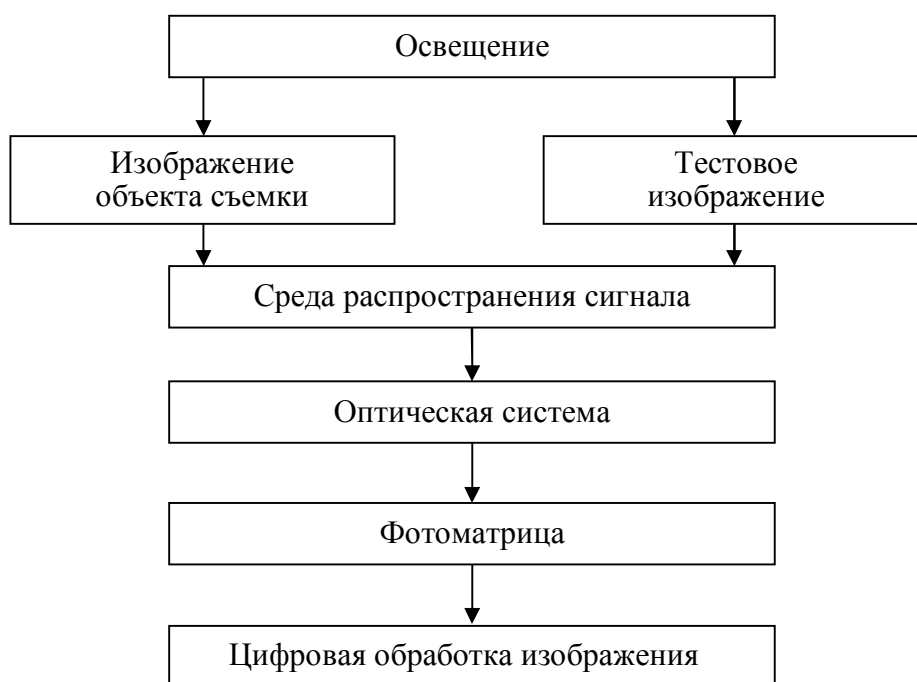


Рисунок 2 – Схема информационно-аналитического канала устройства фотоцифровой регистрации биоморфологических параметров растений

На рисунке 3 графически представлен биоморфологический признак-количество листьев на м^2 [3]. С помощью графика можно легко определить, в какой период количество листьев было максимальным, а в какой минимальным. Основываясь на этом, специалистам хозяйства легко делать вывод об эффективности ухода за растениями в тот или иной период.

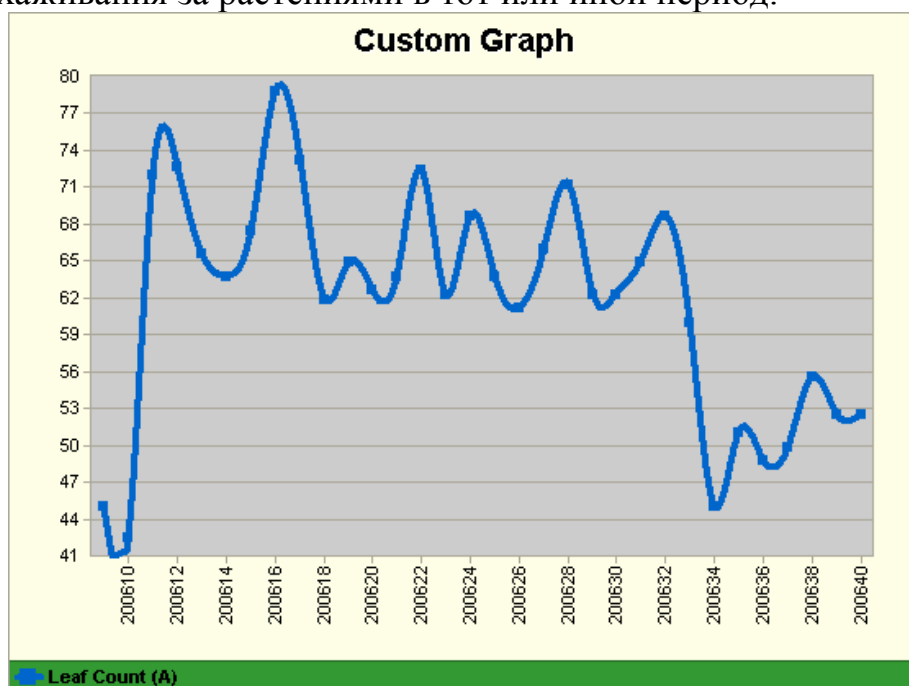


Рисунок 3 – Количество листьев на м^2

На следующем графике (рисунок 4) представлено изменение длины листа.

Анализ биоморфологических параметров, осуществляемый с помощью предоставленного метода, предоставляет вероятность контроля урожайности культур, от которой в большей степени зависит рентабельность любого предприятия. Так же, имеется возможность контроля в области энергозатрат, качества продукции и многих других параметров.

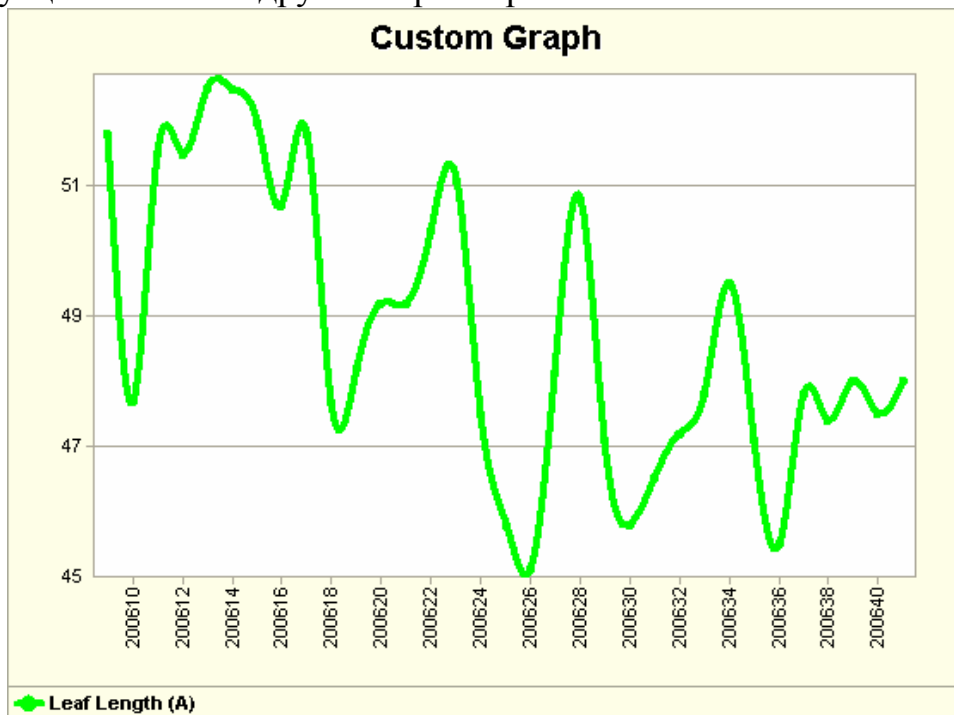


Рисунок 4 – Длина листа

Осуществление регистрации биоморфологических параметров растений с помощью фотоцифровых устройств и обработка данных программной «регистрация параметров культуры», существенно повлияет на развитие тепличных хозяйств и всего растениеводства в целом.

Список литературы

1. Анализ генетических параметров и корреляции количественных признаков, связанных с продуктивностью, у кистевых форм томата. (Китай)]. Xu Na, Feng Hui, Wang Wuhong, Wu Zhigang Inheritance of Main Quantitative Characters in Truss Tomato Fruits // Acta hortic. sinica. 2006, V. 33, N 1, P. 146–148.

2. Башилов, А.М. Видеоцифровые и мультимедийные способы и средства оперативного управления / Тр.6-й Междунар. науч.-техн. конф.: Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве, 13–14 мая 2008 г. Ч. 5. Нанотехнологии и инфокоммуникационные технологии. – М.: ГНУ ВИЭСХ, 2008. – С. 245–250.

3. «Регистрация параметров культуры» - путь к управлению растениями [Электронный ресурс] – Режим доступа – <http://www.greenhouses.ru/Registration>

С.В. Кузьменко, канд. техн. наук, доцент

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НОВЫХ ПОДХОДОВ К ГРАФИЧЕСКИМ ДИСЦИПЛИНАМ В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ

Описаны перспективы использования элементов трехмерного моделирования в преподавании инженерной графики.

В настоящее время в связи с бурным развитием информационных технологий инженерная графика как дисциплина технического вуза и область профессиональной деятельности переживает период реконструкции. Сложившаяся в нашей стране система образования, основанная на непрерывном усвоении знаний, не оправдывается в настоящее время. По некоторым данным, объем информации в мире увеличивается каждые 10 лет вдвое. В подобных обстоятельствах обучение студентов должно быть направлено не на накопление знаний, а на формирование самостоятельного нестандартного мышления и умение ориентироваться в потоке информации. Однако, как показали проведенные 3 года назад исследования по изучению навыков работы с письменным текстом среди школьников, Россия утрачивает звание "самой читающей страны в мире". 15-летние российские школьники заняли одно из последних мест среди их сверстников из 32 стран. Результаты показали, что наше подрастающее поколение (ныне обучающееся в вузах) практически не умеет осмысливать прочитанный текст, анализировать его и использовать полученную информацию. Преподаватели часто жалуются на отсутствие у студентов элементарных навыков работы с литературой, однако в большинстве вузов никто не занимается развитием у студентов умения самостоятельно ориентироваться в потоке информации для решения конкретных задач.

В подобном плачевном состоянии сейчас находится и система графического образования многих технических вузов. Известно, что основную часть информации человек получает через органы зрения. Неудивительно, что 92% всей информации в технике представлено в графическом виде. В то же время, традиционное отношение к графическим дисциплинам как к второстепенным пагубно влияет на качество инженерного образования в целом. Помимо значительного сокращения часов на инженерную графику и некоторое изменение формы представления чертежей, за последние 20-30 лет содержание курса не претерпело существенных изменений. Самый плохой вариант – студент даже не берется за выполнение трудоемкой работы, «заказывая» чертежи на стороне. Тесты и опросы студентов, проведенные во втором семестре после изучения курса начертательной геометрии, показывают, что студенты не видят практической ценности начертательной геометрии, ее связи с другими предметами и с будущей профессиональной деятельностью. Ясно, что графическое образование студентов должно происходить в соответствии с их профессиональной направленностью и идти в ногу со временем.

Здесь можно выделить два аспекта: первый – формирование и развитие творческих способностей с самых первых дней пребывания их в вузе; второй – внесение изменений в традиционный курс начертательной геометрии и инженерной графики, связанных с внедрением систем автоматизированного проектирования (САПР).

По данным зарубежной и отечественной печати, современный этап внедрения САПР характеризуется повышенным интересом к объемному геометрическому моделированию. Геометрическое моделирование в своем развитии прошло несколько этапов: визуально-образное моделирование в виде рисунков, двумерное моделирование плоских объектов (геометрия), двумерное геометрическое моделирование трехмерных объектов (начертательная геометрия), и, наконец, трехмерное (объемное) компьютерное моделирование трехмерных объектов. Объемное моделирование развивается в двух направлениях: поверхностное и твердотельное моделирование. Поверхностное моделирование популярно в первую очередь в инструментальном производстве, а твердотельное — в машиностроении. Современные системы, как правило, содержат и тот, и другой инструментарий. Преимущества модели, созданной на ЭВМ, состоят в том, что с ее помощью может быть получена не только информация о координатах любой точки на поверхности, но и другие локальные характеристики (нормали, кривизны и т.д.) и интегральные характеристики (объем, площадь поверхности, моменты инерции и т.д.). На ее основе всегда можно получить плоские модели: виды, сечения и разрезы. В отличие от чертежа модель является однозначным представлением геометрии и количественного состава объекта. Современные методы проектирования поверхностей позволяют строить объекты, основываясь на минимальном количестве исходных данных. В результате объемного моделирования устраняется большее количество ошибок, чем при плоских методах работы, что предотвращает дальнейшее разночтение. Если в основу процесса проектирования-производства заложено не просто компьютерное черчение, а геометрическое моделирование, во время всех этапов подготовки не происходит потерь данных, а только их пополнение и уточнение.

Существует мнение, что внедрение в учебный процесс компьютерной графики освобождает студента от необходимости чертить вручную, однако следует помнить, что компьютер – всего лишь один из инструментов. Основная часть творческой работы инженера должна совершаться в его сознании и проходить несколько этапов – от мысленного образа к карандашному эскизу и затем – к трехмерной модели. Иначе произойдет выхолащивание творческого процесса, замена его техническими новшествами, яркими «игрушками». Инженер должен владеть техникой эскизирования, знанием правил ЕСКД, умением быстро дать технической идее графическое отображение на бумаге. На ЭВМ же происходит детальная проработка объекта, с возможностью представления его в различных цветовых или размерных комбинациях.

В настоящее время на кафедре прикладной механики разрабатывается методическое обеспечение курса инженерной графики на основе творческих заданий по трехмерному моделированию объектов. Характерными чертами таких заданий являются многовариантность решения, наличие элементов анализа

и синтеза, активный пространственный характер всех элементов разрабатываемой системы. Содержание задач должно быть доступно кругу знаний студента первых лет обучения и служить средством развития и формирования творческой личности. Студенты должны видеть ясную логическую связь между всеми задачами курса, а также с профессиональными задачами основ композиции, дизайна и конструирования мебели. Задачи начертательной геометрии должны быть, прежде всего, направлены на изучение формы и формообразования, что так важно для инженера-дизайнера. Предлагается увеличить время и объем задач, связанных со свойствами пространственных поверхностей и тел и способами их изображения за счет сокращения часов на решение позиционных и метрических задач. Традиционные задачи по проекционному черчению, которые в большинстве своем повторяют подобные задачи школьного курса черчения, могут быть заменены задачами трехмерного моделирования. Это относится к воссозданию трехмерной модели по двум заданным проекциям либо по реальной модели. При этом происходит изучение формообразования, так как процесс создания конструкции основан на последовательном выполнении булевых операций (булевы операции базируются на понятиях алгебраической теории множеств) – пересечения, объединения, разности над простыми объемными элементами (призмами, цилиндрами, пирамидами и т.д.). Признано, что по своему методологическому подходу процесс создания трехмерной модели на компьютере схож с дизайнерским и часто воспроизводит технологический процесс ее изготовления. Ясно, что этот процесс построен с постепенным усложнением заданий, добавлением элементов параметризации и выходом на трехмерные сборки.

Мы надеемся, что использование в преподавании инженерной графики элементов трехмерного моделирования позволит высвободить творческий потенциал студентов, обучающихся по данной специальности, усилить их интерес к процессу обучения и значительно повысить уровень и качество профессиональной подготовки специалистов.

Список литературы

1. Кузьменко С.В. Психолого-педагогические аспекты дистанционного обучения студентов графическим дисциплинам / Кузьменко С.В., Кузьменко Е.Л. // Вестн. Воронеж. гос. аграр. ун-та. – 2011. – № 3. – С. 46–48.
2. Кузьменко С.В. Особенности учебной мотивации студентов первого курса технического вуза и пути ее формирования / Кузьменко С.В., Кузьменко Е.Л. // Вестн. Воронеж. гос. аграр. ун-та. – 2013. – № 3. – С. 86–90.
3. Кузьменко С.В. Самостоятельная работа студентов по графическим дисциплинам в недельном бюджете времени. /Сборник трудов всероссийского семинара-совещания заведующих кафедрами графических дисциплин. Совершенствование графо-геометрической подготовки студентов в современных условиях. Ростов на Дону.-2002 г.-С.60-64.
4. Кузьменко С.В. Использование технологий открытого образования в обучении графическим дисциплинам / Кузьменко С.В., Кузьменко Е.Л. // Современные направления подготовки специалистов гуманитарного,

экономического и технического профиля: Сб. статей, Вор. Филиал ФГОУ ВПО «С-Пб гос. университет водных коммуникаций», Воронеж.- 2009 г.- С.105-108.

5. Кузьменко С.В. Организация творческой деятельности студентов в процессе дистанционного обучения графическим дисциплинам / Кузьменко С.В., Кузьменко Е.Л. // Современные тенденции развития технологий и технических средств для АПК: Материалы науч.конф.проф.-преп. состава, науч. сотр. и аспирантов по актуальным пробл. АПК в обл. мех-ции, эл-ции сельск. хоз-ва и переработки сельхоз. продукции (31 марта-7 апреля 2014 г) Воронеж, ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ.- 2014. –С.75-79.

УДК 631.312.244

А.Н. Хахулин, аспирант

ВЛИЯНИЕ ШИРИНЫ ЗАХВАТА РАБОЧИХ КОРПУСОВ ПЛУГА НА ПОДАВЛЕНИЕ СОРНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

Представлены результаты исследований ширины захвата рабочих корпусов плуга на подавление сорной растительности.

По требованиям агротехники к качеству вспашки, заделка растительных остатков, а главное, и осыпавшихся семян сорняков, должна быть глубже 10-12 сантиметров. Такая глубина считается недоступной для прорастания, проростки погибают на полпути до дневной поверхности, а плуг приобретает почётное звание у земледельцев санитара полей. Это особенно важно в качестве противоядия при применении гербицидов и резко отличает плуг от всех других почвообрабатывающих орудий.

Однако, кинематика переворота пластов такова, что они мешают друг другу и ложатся на дно борозды с неполным углом переворота. До 180° остаётся угол δ , который зависит [1] от размера сторон обрабатываемого пласта:

$$\delta = \arcsin \frac{a}{b}, \quad (1)$$

где a и b – соответственно глубина вспашки и ширина пласта.

Если, допустим, глубина вспашки установлена $a = 26$ см, а ширина пласта $b = 35$ см, то угол наклона перевёрнутых пластов $\delta = 48^\circ$ (рисунок 1). Если семена сорняков располагаются по линии CD, то взойти смогут только те из них, которые располагаются на глубине менее $h_{\min} = 10$ см от линии BC, то есть в пределах отрезка CF. Из треугольника FGC следует $CF = FG \cdot \sin \delta$. Отношение отрезков CF к CD является частью поля с благоприятной зоной для всхожести сорняков:

$$\mu = \frac{h_{\min} \cdot \sin \delta}{b}, \quad (2)$$

где μ – часть поля с недостаточной глубиной заделки семян сорняков;

h_{min} – минимально необходимая глубина заделки семян сорняков для их подавления;

δ – угол наклона пластов к горизонту;

b – ширина захвата рабочего корпуса плуга.

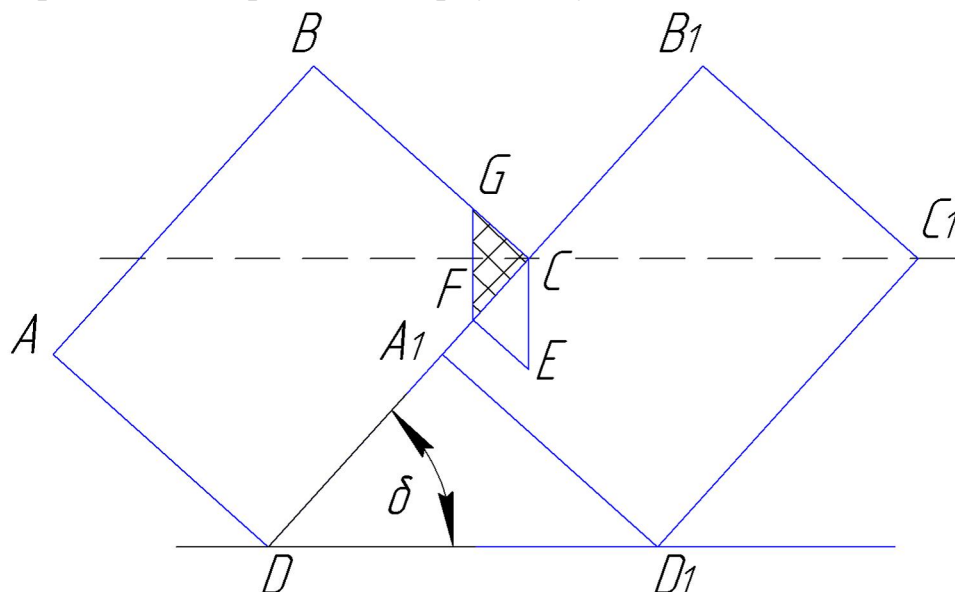


Рисунок 1 – Благоприятная зона для всхожести сорняков

Имея в виду зависимость угла наклона пластов от их ширины при заданной глубине обработки, преобразуем равенство (2).

$$\mu = \frac{h_{min} \cdot a}{b^2} \quad (3)$$

Графически эта зависимость для глубины обработки $a = 26$ см представлена на рисунке 2. При ширине захвата рабочего корпуса $b = 35$ см следует ожидать, что после вспашки сорняки взойдут на 21% площади поля, а при ширине корпуса $b = 45$ см засорённой окажется 12% площади. График показывает, что дальнейшее увеличение ширины захвата рабочего корпуса уменьшает его подавляющую способность по отношению к сорнякам, и ради этого увеличивать ширину более 45 см нецелесообразно, тем более, что в засушливые периоды наблюдаются очень крупные глыбы, вывороченные при вспашке. Существуют другие способы увеличения глубины заделки семян сорняков, например, расчистка открытой борозды дополнительными дисками [2], [3] или вертикальными щитками [4] с незначительным увеличением силы тяги [5].

Ширина рабочего корпуса, равная 45 см, хорошо подходит к глубокой вспашке под сахарную свёклу. Она принята для свекловичных плугов, выпускаемых Воронежским предприятием «ВСЗ-Холдинг» и позволяет переворачивать пласты без риска на неустойчивость до глубины вспашки 34 см. Кроме того, при такой ширине захвата корпуса возрастает и ширина технологических проходов почвы между корпусами [6], а это позволяет запахивать даже стебли подсолнечника без забивания проходов под рамой плуга.

$$\mu(b) := \frac{1}{b^2}$$

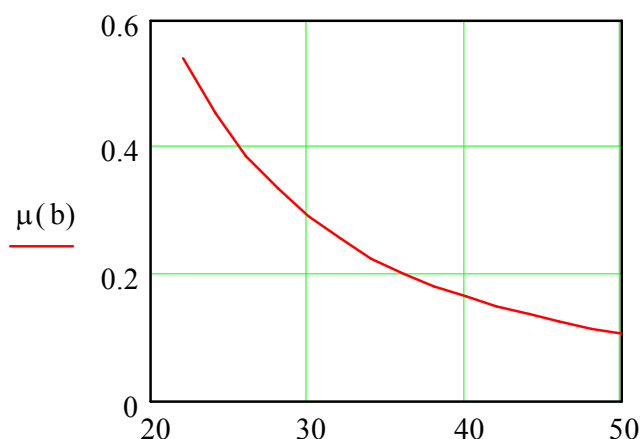


Рисунок 2 – Влияние ширины пласта на всхожесть сорняков после вспашки

Таким образом, рациональная ширина захвата плужного корпуса 45 см улучшает переворот пластов почвы с более надёжным подавлением сорняков и повышает его технологическую надёжность при работе на засорённых участках или в условиях повышенного содержания растительных остатков.

Список литературы

1. Василенко В.В. Технологические особенности плугов серии «Богатырь» / В.В. Василенко // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2008. - № 5. – С. 7-8.
2. Василенко В.В. Увеличение угла переворота пласта при вспашке / В.В. Василенко, С.В. Василенко, М.В. Зыбин // Воронеж: Вестник ВГАУ, 2013. -№1 (36). – С. 98-100.
3. Пат. 2479180 РФ МПК A01B 17/00, A01B 3/00 Плуг для отвальной вспашки / В.В. Василенко, С.В. Василенко, М.В. Зыбин (РФ). - № 2011146778/13; заявлено 17.11.2011; опубл. 20.04.2013, Бюл. № 11. – 4 с.
4. Хахулин А.Н. Способ расширения борозды для полного переворота пласта / А.Н. Хахулин, В.В. Василенко. – Инновационные технологии и технические средства для АПК: Материалы международной науч.-практ. конф. молодых учёных и специалистов, ч.3. - Воронеж: ВГАУ, 2014. – С.130-134.
5. Василенко В.В. Затраты мощности на расширение борозды при вспашке / В.В. Василенко, С.В. Василенко, А.Н. Хахулин. – Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. Сб. науч. тр. по материалам международной научно-практич. конф. «Эколого-ресурсосберегающие технологии и системы в лесном и сельском хозяйстве». – Воронеж: ВГЛТА, 2014. – С. 402-406.
6. Василенко В.В. Минимальная дистанция между корпусами плуга / В.В. Василенко, С.В. Василенко, А.Н. Хахулин // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2014. - № 4. – С. 23-25.

И.В. Баскаков, канд. техн. наук, доцент
А.В. Чернышов, канд. техн. наук, доцент
Р.Л. Чишко, студент
М.К. Харитонов, студент

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ХРАНЕНИЯ ЗЕРНА В ХРАНИЛИЩАХ СИЛОСНОГО ТИПА

В данной статье представлены различные методы хранения зерна в сборно-металлических силосах. Рассматриваются сушка, охлаждение и озонирование зернового вороха. Представлены преимущества и недостатки каждого из методов.

На сегодняшний день остро стоит вопрос замены морально-устаревших железно-бетонных элеваторов на более перспективные зернохранилища [6, 8].

Для длительного хранения больших объёмов зерна зачастую используют сборно-металлические силоса. В некоторых странах на их долю приходится 50% всех зернохранилищ [5]. Металлические ёмкости отличаются большим многообразием форм, размеров и конструктивных решений. Применение металлических силосов дает много существенных преимуществ по сравнению с монолитными железобетонными: возможность заводского изготовления конструкций, меньшую массу, простоту транспортирования, в том числе на большие расстояния, легкость и небольшую трудоемкость монтажа и т.д. [5].

Однако наряду с вышеописанными преимуществами имеются и недостатки данной технологии хранения зерна. Основной проблемой является снижение качественных показателей вороха, вследствие неравномерного распределения влажности материала по слоям. Использование дополнительных систем консервации позволит устранить причину порчи зерна. Соблюдение всех необходимых требований относительно влажности, температурного режима, наличия кислорода в межзерновом пространстве обеспечит сохранность собранного урожая без снижения его качества. Особенное внимание необходимо уделять семенному материалу.

Повысить сроки хранения можно за счёт перемешивания зерна, путем перемещения его из одного силоса в другой. При этом зерно испытывает множественные механические воздействия транспортирующих органов, что отрицательно сказывается на его качестве [4, 7]. Кроме того, это существенно увеличивает себестоимость хранения. Семенной материал, соответствующий стандарту, из такого зерна получить уже не удастся.

Существуют более перспективные методы сохранности посевных и товарных качеств зерна в сборно-металлических силосах. Например, просушить или охладить ворох. При этом внутри силоса монтируют несколько датчиков, которые обеспечивают контроль температуры зерна. Это позволяет через сис-

температуре вентиляции поддерживать определённые параметры материала на протяжении всего срока хранения.

Дыхание зерна и вызванное им самосогревание – это химический процесс, который возможен лишь при наличии кислорода, тепла и влаги. Частичное лишение вороха одной из составляющей резко повышает сроки хранения.

На данный момент наибольшее распространение получила сушка зернового вороха, т.е. удаление лишней влаги. При этом происходит нагревание зерновки за счёт сгорания топлива. Этот процесс достаточно медленный, дорогой и низкоэффективный, т.к. происходит постоянное насыщение зерна влагой из окружающей среды. Просушка зерна происходит через систему вентиляции, которая состоит из нескольких вентиляторов, устройства для равномерного распределения воздуха внутри насыпи, сети воздухопроводов и теплокалорифера.

Для вентилирования зерна в силосах применяют следующие схемы: напорно-прямоточные (рисунок 1 а) и напорно-поперечные (рисунок 1 б, в) [3].

Установки для активного вентилирования (рисунок 1 г) можно использовать для обеззараживания зерна и сушки семян теплым сухим и атмосферным воздухом. В современных металлических силосах для выравнивания температуры вороха, снижения его влажности и борьбы с вредителями предусмотрена аэрация материала. В подобных установках обеспечивается сохранение свежеубранного зерна влажностью 18...19% без предварительного подогрева вентилируемого воздуха [5].

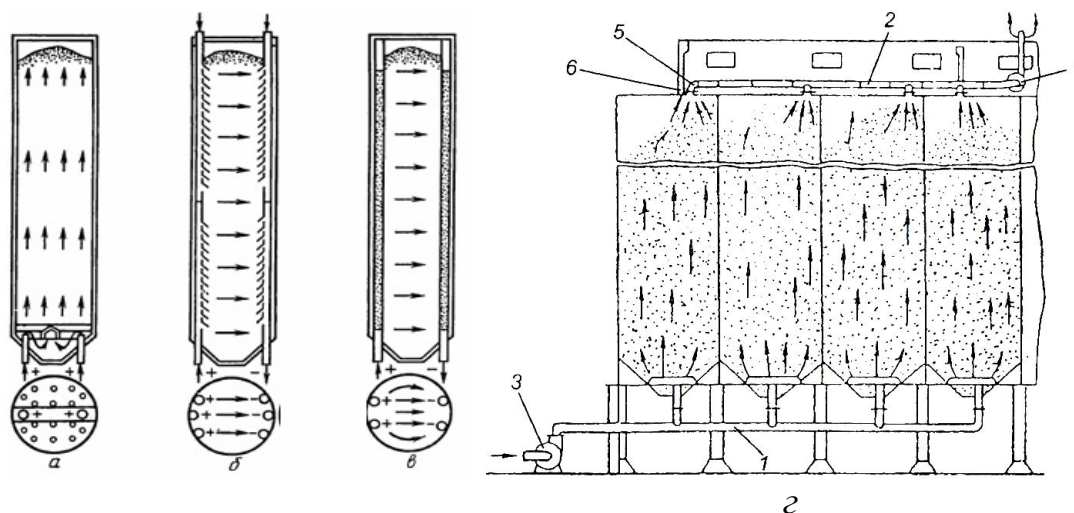


Рисунок 1 - Схемы установок для вентилирования зерна в силосах:
а – напорно-прямоточная установка с продольным продуванием зерновой массы;
б – напорно-отсасывающая жалюзийная установка с поперечным продуванием зерновой массы; в – напорно-отсасывающая трубная система; г – принципиальная схема установки для активного вентилирования зерна в силосах; 1 – нагнетающий воздухопровод; 2 – всасывающий воздухопровод; 3 и 4 – вентиляторы; 5 – патрубок; 6 – шибер

Консервации зерна с применением технологии «Granifrigor» (рисунок 2) происходит посредством охлаждения зерновой массы.

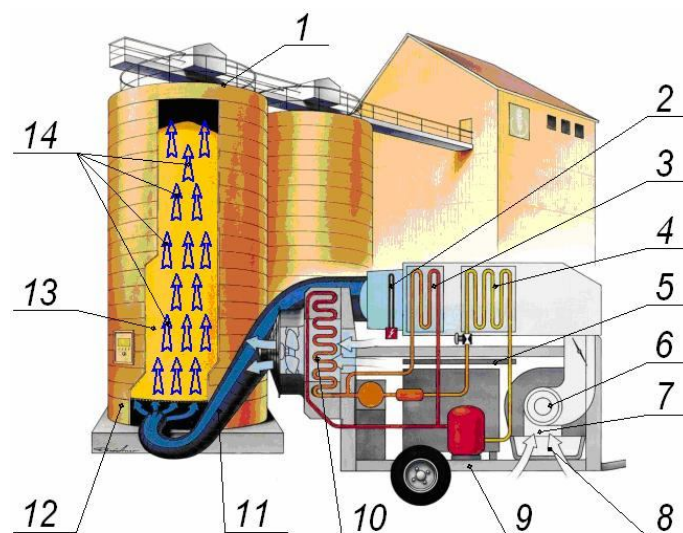


Рисунок 2 - Схема технологического процесса консервации зерна методом охлаждения «Granifrigor»: 1 – вытяжное устройство; 2 – устройство регистрации температуры воздуха; 3 – устройство «Nygromat»; 4 – охладители воздуха; 5 – конденсатор влаги; 6 – вентилятор высокого давления; 7 – фильтр; 8 – впускное окно; 9 – охладительная установка «Granifrigor»; 10 – калорицер; 11 – шланг подачи холодного сухого воздуха; 12 – силос с плоским дном; 13 – зерновой ворох; 14 – поток охлажденного воздуха

Консервация зерна происходит следующим образом. Вентилятор 6 (рисунок 2) охладительной установки 9 всасывает атмосферный воздух через окна 8 и фильтр 7. Под высоким давлением очищенный воздух поступает в испаритель 4, где он охлаждается до требуемой температуры. Далее в устройстве 3 «Nygromat» холодный, влажный воздух автоматически нагревается с целью снижения его относительной влажности. При этом выделяющаяся влага скапливается в конденсаторе 5. Поскольку для нагревания используется энергия из круговорота охлаждения, то дополнительных расходов не возникает. Температура воздуха автоматически контролируется с помощью устройства регистрации 2, а калорицер 10 окончательно его обезвоживает. Холодный и сухой воздух поступает в систему вентиляции силоса 12 по шлангу 11. Проходя через зерновую массу, обезвоженный поток охлажденного воздуха 14 впитывает из зерна 13 тепло и влагу. Отработанный воздух выносятся в атмосферу через вытяжные устройства 1, установленные в крыше силоса 12 [5].

В зависимости от размеров зернохранилищ могут применяться различные установки охлаждения зерна «Granifrigor» с холодопроизводительностью от 16 до 730 тонн в сутки.

Подобная консервация осуществляется при любых погодных условиях, поскольку наряду с охлаждением воздуха присутствует и его нагревание, т.е. температура поддерживается постоянной. Данный способ вентилирования зернового вороха имеет следующие преимущества: минимизация дыхания зерна; защита от повреждения насекомыми и предотвращение их развития; защита от микробов и плесневых грибов; отсутствие дорогостоящей химической обработки; длительный срок хранения; сохранение качества и всхожести семян; от-

сутствие необходимости перемещения зерна в другое зернохранилище; снижение расходов на сушку и т.д. Кроме того, значительно сокращается время от момента уборки культуры до ее закладки на хранение [5].

Одним из перспективных направлений сохранности зернового материала является озонирование силоса. Озон – единственный химический элемент, обладающий способностью восстанавливать чистоту воздуха. Это, наиболее мощный из встречающихся в природе окислителей, обладает способностью разрушать большинство органических соединений. После взаимодействия с загрязняющими химическими и микробиологическими веществами озон превращается в обычный кислород. Озонирование обладает рядом преимуществ: уничтожаются все известные микроорганизмы, включая вирусы, бактерии, грибки, водоросли, их споры, цисты простейших в тысячи раз быстрее, чем при обработке любыми другими дезинфекторами; удаляется неприятный запах в силосе, не образуются токсичные побочные продукты, стерилизуется поверхность. Кроме того, не существует и не может возникнуть устойчивых к озону форм микробов.

Стерилизация зерна в силосе с применением озono-воздушной смеси происходит следующим образом. Перед обработкой вороха устанавливают перфорированную трубу 6, состоящую из нескольких частей 19 (рисунок 3) в рабочее положение в слой материала 7. Опускание производится за счёт их вращательного движения и установки на конце первой трубы специального шнека 9, изготовленного из мягкого материала. Это исключает механическое повреждение зерна. В начале процесса обработки зерна в силосе 11 открывается задвижка 24, остальные 22, 23, 25 закрываются, а также включаются вытяжной 16 и напорный 18 вентиляторы. При этом воздушная смесь циркулирует по замкнутому контуру. Из устройства смешивания 17 газ поступает в силос 11 проходит через обрабатываемый объект 7 и далее возвращается в устройство смешивания 17 через вытяжной вентилятор 16 и устройство 21 подготовки вторичной ОГС.

Затем после окончания переходного процесса открывается задвижка 22. Включается источник питания 4 и генератор озона 3 начинает вырабатывать озono-кислородную смесь, которая поступает в устройство смешивания 17, где задаётся заданная концентрация. При этом режим работы устройства 21 подготовки вторичной ОГС позволяет поддерживать необходимую температуру и влажность. Далее газ необходимой концентрации поступает в перфорированную трубу 6 и через отверстия 20, увеличивающимися в направлении движения озона, осуществляется равномерное продувание массы зерна 7. Процесс обработки зерна озоном инерционный и определённое время его концентрация на выходе из силоса остаётся нулевым. При появлении на входе устройства смешивания 17 некоторой концентрации данного газа, изменяется режим работы генератора озона 3 [1].

Для полного уничтожения вредителей зерна обработку вороха необходимо проводить с концентрацией озона до 60 мг/м^3 . При этом газ должен находиться в силосе в течение 1 часа. После чего проводят активную вентиляцию зернохранилища, до полного выхода озона. Для полной стерилизации данный процесс необходимо повторить трехкратно. Установлено [2], что гибель основ-

ных вредителей составляет 90...100%. При этом высота насыпи зерна в силосе не должна превышать 30 метров.

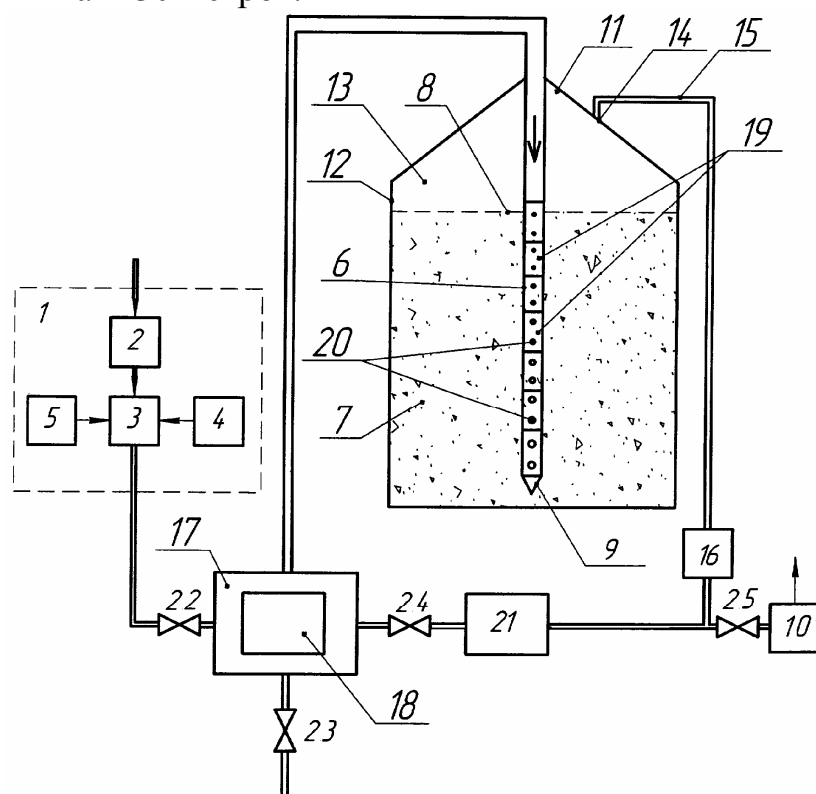


Рисунок 3 - Схема работы озонаторной установки:

1 – озонаторная установка; 2 – генератор кислорода; 3 – генератор озона; 4 – источник питания; 5 – холодильная машина; 6 – перфорированная труба; 7 – зерно; 8 – верхняя граница зерна; 9 – шнек из мягкого материала; 10 – деструктор; 11 – силос; 12 – боковые стены; 13 – пространство над массой зерна; 14 – выход отходящей трубы; 15 – отходящая труба; 16 – вытяжной вентилятор; 17 – устройство смешивания; 18 – напорный вентилятор; 19 – составные части перфорированной трубы; 20 – отверстий в трубе; 21 – устройство подготовки вторичной ОГС; 22, 23, 24 и 25 – задвижки

Озонирование зерна освобождает даже влажный и засорённый ворох от насекомых, вредителей, а также отпугивает грызунов и птиц. По окончании срока безопасного хранения материала с влажностью 19% и более, рекомендуется его одно- или двукратное вентилирование с концентрацией озона 15...20 мг/м³. Это увеличивает срок хранения до 20%. Кроме того, озон предотвращает заражение микрофлорой, разрушает уже имеющиеся заражения и токсины, выделяемые вредной микрофлорой. Рекомендуемая доза озона 1 г/м³ с экспозицией 60 мин. При концентрации озона 2 г/м³ и экспозиции 30 мин, зерно практически стерилизуется, а токсины полностью уничтожаются [2].

Таким образом, существует несколько методов сохранности зернового материала в силосе. Традиционно используемая сушка материала достаточно низкоэффективная и требует больших затрат. Консервация зерна с помощью охлаждения вороха или его стерилизация озоном позволяет не только обеспечить сохранность материала, но и истребить большинство вредителей. С целью выявления наиболее рационального метода хранения сельскохозяйственной продукции необходимо провести ряд исследований направленных на определе-

ние режимных параметров работы данных установок и прогнозирования сроков их хранения.

Список литературы

1. Патент № 2315460 РФ, МКП А01С1/00. Способ и комплекс для обработки зерна, семян и помещений озоном / Ю.М. Лужков и др. Патентообладатель: ЗАО "Московские озонаторы". – №2006128437/13. Заяв. 07.08.2006; Оpubл. 27.01.2008, Бюл. № 3. с. 17.
2. Озон и его применение для борьбы с вредителями [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://fumiconsult.com/ozone-disinfection-and-deodoration/>.
3. Тарасенко А.П. Современные машины для послеуборочной обработки зерна и семян / А.П. Тарасенко. – М.: КолосС, 2008. – 232 с.
4. Тарасенко А.П. Совершенствование технологии послеуборочной обработки зерна / А.П. Тарасенко, М.Э. Мерчалова, И.В. Баскаков // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – Воронеж: ФГОУ ВПО ВГАУ, 2009. №3. – С. 22-25.
5. Тарасенко А.П. Современные технологии хранения зерна в хозяйствах: учебное пособие / А.П. Тарасенко, И.В. Баскаков, А.В. Чернышов, М.Э. Мерчалова. – Воронеж: ФГБОУ Воронежский ГАУ, 2014. – 135 с.
6. Чернышов А.В. Альтернативные способы хранения зерна в хозяйствах / А.В. Чернышов, И.В. Баскаков // Инновационные технологии и технические средства для АПК: Материалы международной науч.-практ. конф. молодых учёных и специалистов. Воронеж, 27-28 марта 2014. – Ч. III. – Воронеж: ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2014. – С. 66-70.
7. Харитонов М.К. Совершенствование машин для погрузки-разгрузки зернового вороха при его хранении / М.К. Харитонов, А.В. Чернышов, И.В. Баскаков // Молодёжный вектор развития аграрной науки: материалы 65-й студенческой научной конференции. – Ч. I. – Воронеж: ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2013. – С. 42-45.
8. Харитонов М.К. Современные технологии хранения зерна / М. К. Харитонов, А.В. Чернышов // Молодёжный вектор развития аграрной науки: материалы 64-й студенческой научной конференции. – Ч. I. – Воронеж: ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2013. – С. 159-164
9. «Granifrigor» – Технология бережной консервации зерна методом охлаждения / Ральф Е. Кольб [Электронный ресурс]. – Germany: Amtzell, 2010. – 12 с. Режим доступа: <http://fluitech.com.ua/assets/files/frigor.pdf>.

А.А. Ахматов, аспирант

А.Н. Солдатов, студент

В.Н. Солнцев, канд. техн. наук, доцент

В.И. Оробинский, доктор с.-х. наук, профессор

ЗАГРУЗКА РЕШЕТ МАШИНЫ МЗС-25 ОТ ПОДАЧИ ЗЕРНА В ПИТАЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО

В статье рассматривается распределение зерна через питающее устройство зерноочистительной машины МЗС-25.

Питающее устройство машины серии МЗС относится к гравитационному типу, где отсутствуют механические устройства для разравнивания слоя и принудительной подачи зерна через питающую щель.

Устройство представляет собой бункер с передней и задней наклонными стенками высотой 0,8 м и шириной 1,8 м (для МЗС-25). В центральной части бункера установлен рассекающий с поперечными наклонными плоскостями и отверстием по центру, который предназначен для более равномерной загрузки бункера по ширине.

При работе зерноочистительных машин в поточных линиях отмечена неравномерная загрузка верхнего решета машины, что существенно оказывается на качестве разделения зерна и производительности машины [2].

Нами рассмотрена система загрузки питающих устройств зерноочистительных машин в поточной линии (рисунок 1).

Как видно из представленной схемы зерно подается в загрузочное окно, расположенное по центру, по наклонному зернопроводу, и распределяется по бункеру в виде ассиметричного конуса 4. С изменением его высоты может оказаться, что один край явно будет недогружен. Кроме того, поддерживать высокий уровень зерна в питающем бункере также сложно. Для этого необходимо очень четко согласовать поступление зерна в бункер и подачу его через питающую щель на решетный стан. Очевидно, что это можно достичь только с применением системы автоматического регулирования поступления и расхода зерна.

Применение активнодействующих рабочих органов позволяет равномерно распределять зерновой материал по ширине рабочих органов зерноочистительных машин. Однако механические питатели повреждают зерно [1].

Нами были проведены исследования влияния высоты слоя при ассиметричной загрузке бункера на равномерность подачи зерна на решета зерноочистительной машины.

Исследования проводили на лабораторной установке, выполненной на базе питателя серийной машины МЗС-25. Зерно загружали через питающий зернопровод при его наклонном расположении, когда в бункере формировался ворох конусной формы различной высоты с ассиметричным расположением его

вершины. Под питающей щелью размещались 12 емкостей, шириной по 15 см. Емкости устанавливали на подвижной каретке, которую на несколько секунд подводили под поток зерна, выходящего из питающей щели. Зерно из каждой емкости взвешивали на электронных весах с точностью 0,2 г. По результатам замеров рассчитывали процентное содержание зерна в каждой емкости.

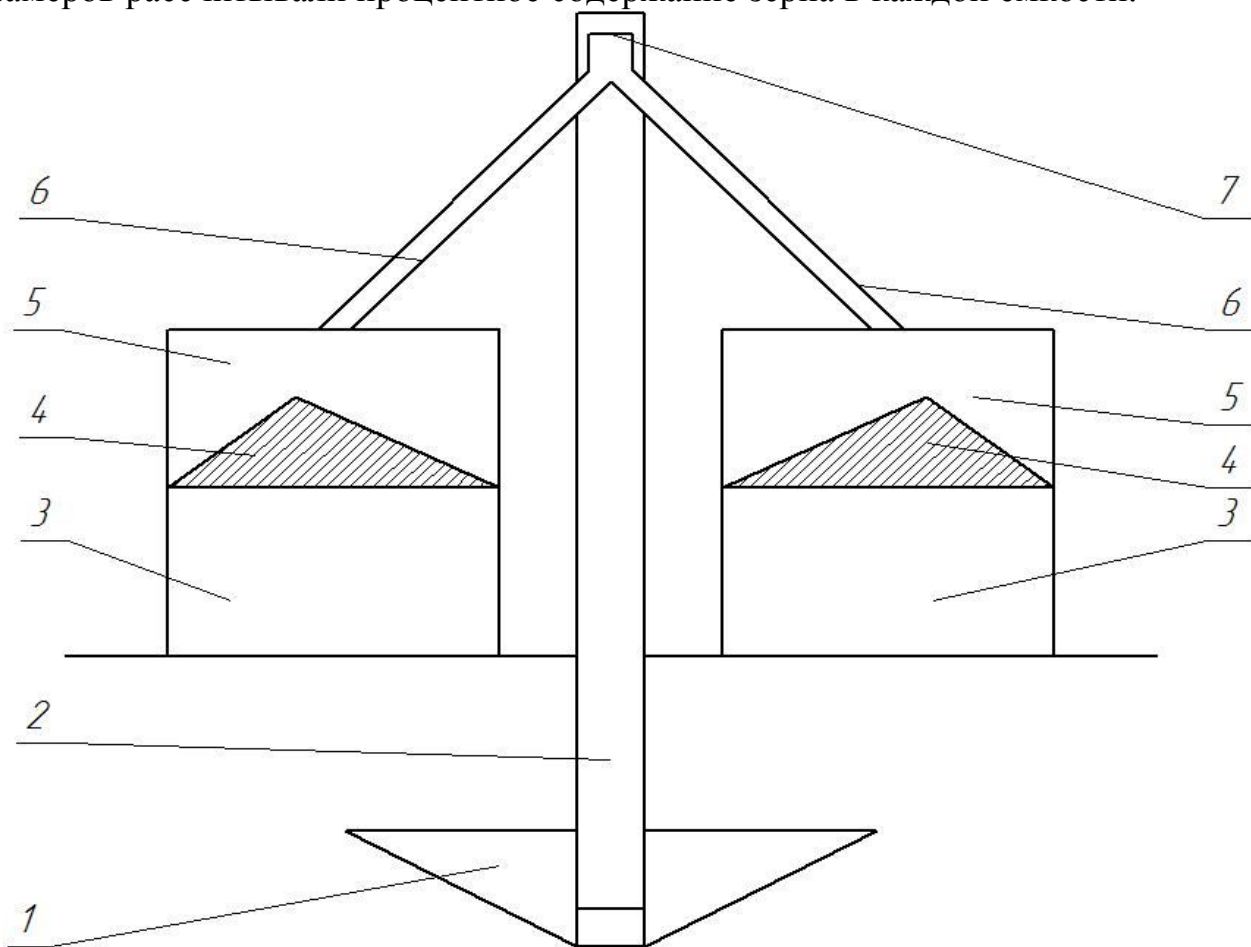
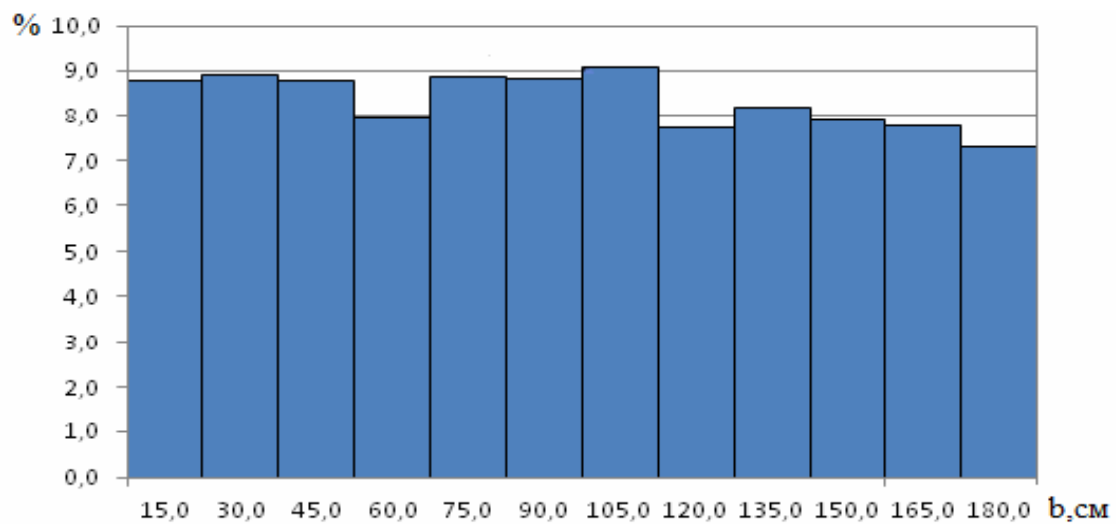


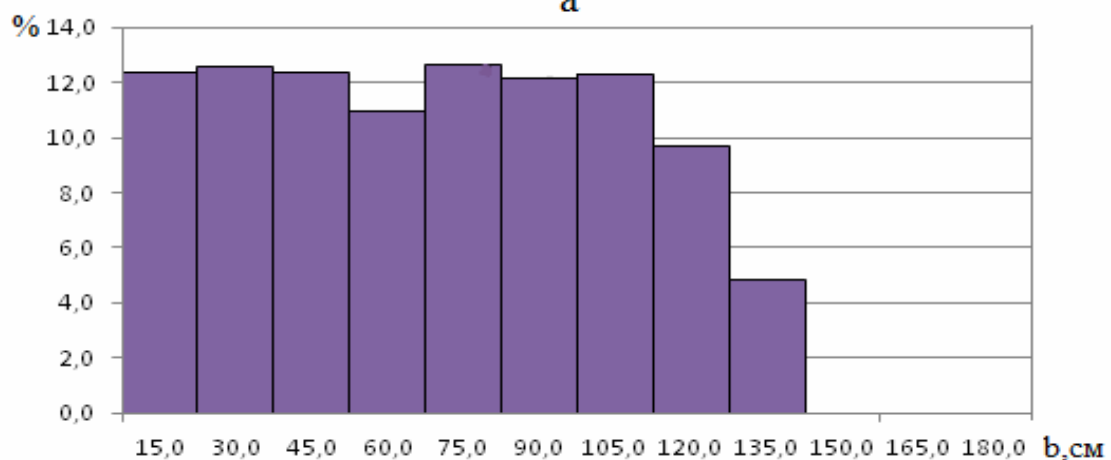
Рисунок 1 – Схема загрузки зерноочистительных машин в поточной линии: 1 – завальная яма; 2 – нория; 3 – машина МЗС-25; 4 – конус зерна в питающем бункере; 5 – питающее устройство зерноочистительных машин; 6 – зернопроводы; 7 – делительная головка

Высоту слоя (по вершине конуса вороха) задавали от 18 до 74 см. Данные исследований представлены на рисунке 2.

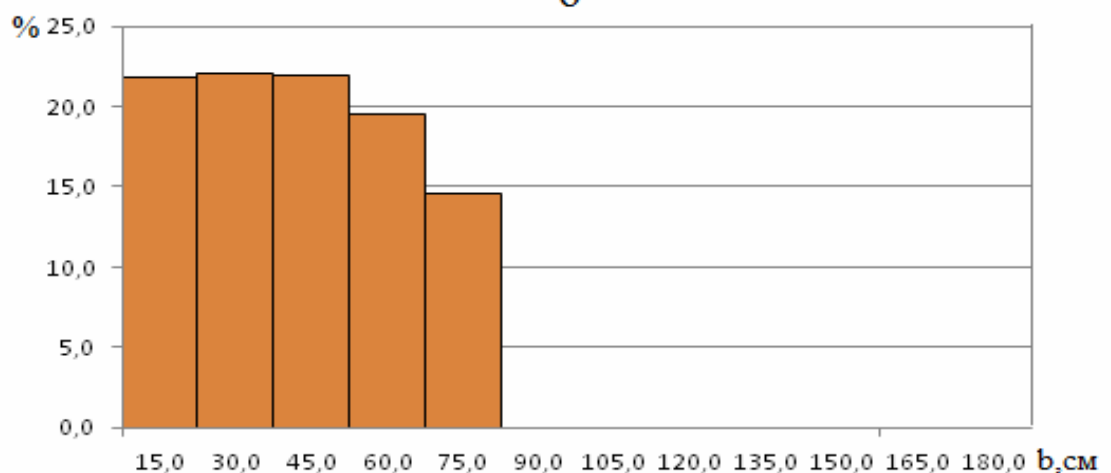
Из рисунка 2 видно, что практически при полной высоте загрузки бункера отмечается не существенная разница в подаче зерна по длине питающей щели. При высоте слоя 39 см зерно выходит из дозирующей щели на длине 105 см также практически равномерно, а далее идет резкое снижение подачи и в зоне свыше 135 см отсутствует полностью. Значительное нарушение равномерности дозирования зерна через питающую щель отмечается при толщине слоя 18 см. Практически только на длине 60 см зерно подается равномерно, а далее идет резкое снижение подачи, а на длине свыше 75 см оно полностью отсутствует.



а



б



в

Рисунок 2 – Изменение загрузки решета по ширине машины МЗС-25 от высоты слоя при боковой загрузке: а) высота слоя зерна в бункере 74 см; б) высота слоя зерна в бункере 39 см; в) высота слоя зерна в бункере 18 см

Проведенные исследования позволяют сделать вывод, что система подачи зерна в питающее устройство зерноочистительной машины МЗС-25 оказывает существенное влияние на равномерность загрузки решета по его ширине. Для обеспечения равномерной подачи зерна необходимо поддерживать полную за-

грузку бункера, что практически не возможно без системы автоматического регулирования, или изменить направление подачи зерна в бункер, изменив конфигурацию зернопровода, а также правильно выбрать место ввода зерна в бункер.

Список литературы

1. Ахматов А.А. Приемно-распределительные устройства зерноочистительных машин / А.А. Ахматов, В.И. Оробинский, В.Н. Солнцев // Современные тенденции развития технологий и технических средств для АПК / Материалы научной конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов по актуальным проблемам АПК в области механизации, электрификации сельского хозяйства и переработки сельскохозяйственной продукции (31 марта – 7 апреля 2014 г.). – Воронеж: ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2014. – с. 9 – 11.

2. Кацева Р.З. Анализ поступления зерновой массы на сепарирующие поверхности в поточной линии / Р.З. Кацева // тр. ЧИМЭСХ. – 1973. Вып. 69. – с. 17 – 24.

УДК 621.1: 66.047.3

И.В. Лакомов, канд. техн. наук, доцент

Ю.М. Помогаев, канд. техн. наук, доцент

ПЕРЕНОС ПРИ ПОДГОТОВКЕ КОНДИЦИОНИРОВАННОГО ВОЗДУХА ДЛЯ СУШКИ

Рассмотрены вопросы тепломассопереноса при подготовке воздуха для сушки термолабильных веществ с применением теплового насоса.

Подготовка кондиционированного воздуха для низкотемпературной сушки в качестве основных процессов предусматривает сухое охлаждение воздуха и его осушение путём конденсации влаги на поверхности охладителя теплового насоса.

Сухое охлаждение воздуха, иногда называемое «явным» охлаждением, обеспечивается тогда, когда охлаждающая поверхность, относительно которой перемещается поток воздуха, имеет температуру $T_{\text{пов}} > T_{\text{росы}}$. Если часть потока воздуха «проскальзывает» относительно охлаждающей поверхности, то даже при температуре $T_{\text{пов}} < T_{\text{росы}}$ на поверхности охладителя теплового насоса конденсируется часть влаги. При проведении процесса с выпадением влаги тепловая нагрузка Q_0 состоит из отводимого «явного» тепла Q_c и «скрытого» тепла, выделяемого при конденсации влаги $Q_{\text{вл}}$

$$Q_0 = Q_c + Q_{\text{вл}}. \quad (1)$$

Отношение общего расхода холода к «явному» теплоотводу называется коэффициентом влаговываждения

$$\zeta = Q_0 / Q_c = 1 + Q_{\text{вл}} / Q_c \quad (2)$$

и относительная доля холодильной мощности, расходуемой на конденсацию влаги, составит

$$Q_{\text{вл}} / Q_0 = 1 - 1 / \zeta = K_{\text{ос}} / K_0, \quad (3)$$

где $K_{\text{ос}}$, K_0 – удельные холодопроизводительности, соответственно соотнесенные с осушением и общей обработкой воздуха.

Количество влаги, выделенной в охладителе, с учетом (3), может быть записано как

$$W = Q_0 / q_{\text{кд}} \times (1 - 1 / \zeta), \quad (4)$$

где $q_{\text{кд}}$ – скрытая теплота конденсации влаги, кДж/кг.

Из характера взаимосвязи $K_{\text{ос}}$ и K_0 [1] следует, что при высоких степенях осушения воздуха основная нагрузка на охладитель определяется «скрытым» теплообменом.

Коэффициент влаговываждения ζ может быть представлен в виде

$$\zeta = \frac{h_1 - h_2}{c_{\text{с.в.}} (t_{\text{в.о.з.1}} - t_{\text{в.о.з.2}})} \quad (5)$$

или, при $t_{\text{в.о.з.2}} = t_{\text{п.о.в.1}}$, как

$$\zeta = \frac{h_1 - h_2}{c_{\text{с.в.}} (t_{\text{в.о.з.1}} - t_{\text{п.о.в.1}})}, \quad (6)$$

где $c_{\text{с.в.}}$ – теплоемкость сухого воздуха, кДж/(кг·К); h – энтальпия воздуха, кДж/кг.

Как следует из уравнения (6), при заданном состоянии воздуха ζ является функцией температуры $t_{\text{п.о.в.}}$. Наибольшие значения ζ будут при высокой начальной относительной влажности воздуха, причем, характер зависимости такой, что коэффициент влаговываждения ζ вначале увеличивается с ростом температуры охладителя, но затем резко уменьшается и становится равным единице, когда $t_{\text{охл.}}$ становится равным температуре точки росы T_p [1].

Влагоотвод в охладителе теплового насоса характеризуется уравнением

$$W_{\text{охл.}} = \sigma_0 F_{\text{охл.}} d''_{\text{км}} (\varphi_{\text{км}} - \varphi_{\text{пов}}), \quad (7)$$

где σ_0 – приведенный коэффициент массообмена в охладителе, кг/(с·м²); $F_{\text{охл.}}$ – площадь поверхности охладителя, м²; $d''_{\text{км}}$ – влагосодержание насыщенного воздуха при конечной температуре воздуха в сушилке t_1 , кг/кг; $\varphi_{\text{км}}$, φ_0 – относительная влажность воздуха, соответственно на выходе из сушилки (при t_1) и при температуре охлаждающей поверхности $t_{\text{п.о.в.1}}$.

Общее количество тепла, отведенное от воздуха за счет сухого и влажного теплообмена, характеризуется уравнением

$$dQ = \sigma_0 (h_{\text{в.о.з.}} - h_{\text{нас.}}) dF, \quad (8)$$

где $h_{\text{воз.}}$, $h_{\text{нас.}}$ – энтальпия воздуха, соответственно проходящего над охлаждающей поверхностью и непосредственно у охлаждающей поверхности, кДж/кг.

Изменение температуры и состояния воздуха, перемещающегося вдоль охлаждаемой поверхности, обуславливает изменение температуры $t_{\text{пов.}}$ и, соответственно, изменение $h_{\text{нас.}}$. Температура $t_{\text{пов.}}$ характеризуется наибольшим значением на входе воздуха в испаритель теплового насоса, причем она может быть и выше температуры точки росы входящего воздуха [2]. В этом случае в первой зоне осуществляется «сухое» охлаждение, и только после равенства температуры $t_{\text{пов.}}$ и точки росы T_p начинается частичная конденсация влаги (вторая зона), а затем полная конденсация влаги и выпадение ее на поверхности охладителя (третья зона).

Для обеспечения эффективной подготовки воздуха целесообразно сокращение протяженности первой и второй зон, обеспечивая начало процесса конденсации непосредственно при поступлении воздуха в охладитель, что обеспечивается подбором соответствующей конструкции охладителя.

После осушения воздух подогревается в нагревателе и вентиляторе при «сухом» теплообмене. Количество тепла, подводимое к воздуху, при использовании нагревателя

$$Q_{\text{наг}} = L_{\text{с.воз.}} (h_{\text{вых}} - h_{\text{вх}}), \quad (9)$$

где $L_{\text{с.воз.}}$ – массовый расход сухого воздуха, кг/с; $h_{\text{вых}}$ и $h_{\text{вх}}$ – энтальпия воздуха на выходе и входе в нагреватель соответственно, кДж/кг.

Процессы охлаждения и нагревания воздуха осуществляются, как правило, в поверхностных теплообменных аппаратах, характеристики которых оказывают влияние на тепломассоперенос.

Уравнение теплового баланса для охладителя воздуха можно представить в виде

$$Q_{\text{охл}} = L_{\text{с.воз.}} \cdot \zeta \cdot c_{\text{с.в.}} (t_{\text{воз.н}} - t_{\text{воз.к}}) = \alpha_{\text{охл}} \cdot \zeta \cdot F_{\text{охл}} \cdot \theta_{\text{охл}} \quad (10)$$

где $\alpha_{\text{охл}}$ – коэффициент теплоотдачи от воздуха, Вт/(м²·К); $F_{\text{охл}}$ – площадь поверхности теплопередачи воздухоохладителя, м²; $\theta_{\text{охл}}$ – среднелогарифмическая разность температур между воздухом и поверхностью, К.

Преобразуя уравнение (10) относительно коэффициента охлаждения η_n , характеризующего степень приближения температуры охлажденного воздуха к температуре охлаждаемой поверхности и подставляя значение $\theta_{\text{охл}}$, получим выражение

$$\eta_n = 1 - e^{-\frac{\alpha_{\text{охл}} F_{\text{охл}}}{L_{\text{с.воз.}} c_{\text{с.в.}}}} \quad (11)$$

из которого следует, что максимальное значение коэффициента $\eta_n = 1$ достигается при $t_{\text{воз.к}} = t_{\text{пов.}}$, для чего необходима бесконечно большая поверхность $F_{\text{охл}}$ или бесконечно большое значение коэффициента $\alpha_{\text{охл}}$. Очевидно, что в реальных условиях величина $\eta_n < 1$.

Уравнение теплового баланса для нагревателя можно представить в виде

$$Q_{\text{нг}} = L_{\text{с.воз.}} \cdot c_{\text{с.в.}} (t'_{\text{воз.к}} - t'_{\text{воз.н}}) = \alpha_{\text{нг}} \cdot F_{\text{нг}} \cdot \theta_{\text{нг}}, \quad (12)$$

где $\alpha_{\text{нг}}$ – коэффициент теплоотдачи со стороны воздуха, Вт/(м²·К); $F_{\text{нг}}$ – площадь поверхности теплопередачи нагревателя, м²;

Подставив в уравнение (12) значение $\theta_{\text{нг}}$ и преобразовав его относительно коэффициента нагрева $\eta_{\text{нг}}$, характеризующего степень приближения температуры нагреваемого воздуха к температуре греющей поверхности получим выражение

$$\eta_{\text{нг}} = 1 - e^{-\frac{\alpha_{\text{нг}} F_{\text{нг}}}{L_{\text{с.воз}} c_{\text{с.в}}}}, \quad (13)$$

из которого следует, что максимальное значение коэффициента $\eta_{\text{нг}} = 1$ достигается при $t'_{\text{воз.к}} = t_{\text{нг}}$, для чего необходима бесконечно большая поверхность $F_{\text{нг}}$ или бесконечно большое значение коэффициента $\alpha_{\text{нг}}$. Очевидно, что в реальных условиях величина $\eta_{\text{нг}} < 1$.

Таким образом, при подготовке кондиционированного воздуха для низкотемпературной сушки необходимо обеспечить такую организацию проведения процессов тепломассообмена, которая позволит получить на всех этапах подготовки воздуха, требуемые параметры, с учетом возможностей используемых тепломассообменных аппаратов.

Список литературы.

1. Шаззо Р.И., Шляховецкий В.М. Низкотемпературная сушка пищевых продуктов в кондиционированном воздухе. – М.: Колос, 1994. – 119 с.
2. Гоголин А.А. Осушение воздуха холодильными машинами. – М.: Пищевая промышленность, 1962. – 245 с.

УДК 631.362.322

В.Ю. Жарких, аспирант

А.П. Тарасенко, доктор техн. наук, профессор

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ЧАСТИЦЫ ПО ПОВЕРХНОСТИ ГРАВИТАЦИОННОГО РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА

В статье предлагается математическая модель перемещения частицы по скатной поверхности гравитационного загрузочного устройства зерноочистительного агрегата.

Совершенствование машин для послеуборочной обработки зерна является актуальной темой. В условиях роста населения появляется необходимость повышения количества продовольствия, одним из путей достижения которой является повышение урожайности [1]. Этого не добиться без применения качественной очистки зернового вороха. Основными целями является повышение качества очистки зернового вороха, упрощение конструкции и снижение трав-

мирования материала, что в итоге приводит к повышению посевных и потребительских качеств получаемого зерна.

Одним из этапов очистки зернового вороха, на котором существует проблема значительного травмирования, является загрузка очищаемого материала в машину. Основными тенденциями при проектировании зерноочистительных машин является снижение механического воздействия на ворох за счёт исключения из конструкции механических рабочих органов, таких как шнековые транспортеры, ударные устройства, скребковых транспортеров, замена их самоходными конструкциями, а также замена контактирующих металлических частей на полимерные и сокращение потоков [2].

С учётом этого нами была предложена конструкция загрузочного устройства гравитационного принципа действия, состоящая из бункера и плоской скатной поверхности с веерообразно расходящимися плоскими перегородками. Для теоретической оценки влияния конструктивных параметров устройства на его производительность были изучены следующие уравнения.

Частица попадает на распределительное устройство с небольшой начальной скоростью. Пропускную способность распределительного устройства будет ограничивать первоначальная скорость движения зерна по распределительному устройству, т.е. первоначальная скорость зерна по наклонным желобам загрузочной части зерноочистительного устройства.

Загрузочная часть распределительного устройства представляет собой решетчатую поверхность с веерообразными продольными перегородками, установленную под углом наклона к горизонту, равном углу наклона распределительного устройства.

Первоначальная скорость движения частицы по наклонному желобу будет определяться зависимостью:

$$V = \frac{\sin(\alpha - \varphi_{\text{пр}})}{\cos \varphi_{\text{пр}}} \sqrt{V_0}, \quad (1)$$

где V – первоначальная скорость движения частицы по наклонному желобу;
 α – угол наклона распределительного устройства;
 V_0 – скорость истечения материала из бункера;
 H – высота установки бункера.

Скорость истечения из бункера V_0 (при использовании в технологической линии накопительных бункеров) зависит от нормального и бокового давлений в сыпучем грузе, находящемся в бункере [3], от конструкции выпускного отверстия и от углов наклона стенок бункера [4].

Для более равномерного распределения материала в воздушном канале зерноочистительных машин желобки распределительного устройства не должны переполняться. Поэтому, зная профиль желобка и их количество, можно найти пропускную способность распределителя:

$$Q = V b_1 b_2 \gamma n, \quad (2)$$

где b_1 – ширина желобка,
 b_2 – высота желобка,
 γ – плотность распределяемого материала,
 n – количество желобков.

Подставляя выражение (1) в (2) имеем

$$Q = \frac{\sin(\alpha - \varphi_{\text{тр}})}{\cos \varphi_{\text{пр}}} b_1 b_2 \gamma n \sqrt{V_0}, \quad (3)$$

или

$$Q = \frac{\sin(\alpha - \varphi_{\text{тр}})}{\cos \varphi_{\text{пр}}} b_2 \gamma B' \sqrt{V_0}, \quad (4)$$

где $B' = b_1 \cdot n$ – ширина загрузочной части распределительного устройства.

На частицу, движущуюся по лотку распределительного устройства, будут действовать сила тяжести и сила трения от дна:

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = mg \sin \alpha \cos \beta, \quad (5)$$

где m – масса частицы,

$d^2 x$ – ускорение частицы, движущейся вдоль желобка,

α – угол наклона распределительного устройства;

β – угол отклонения желобка от оси симметрии распределительного устройства;

$f = \tan \varphi$ – коэффициент трения частицы по поверхности распределительного устройства;

φ – угол трения скольжения частицы по поверхности распределительного устройства;

N – нормальная реакция дна желоба.

Нормальная реакция от плоскости с продольно поперечным углом наклона, на которой находится частица, определяется по зависимости [5]:

$$N = mg \frac{\cos \gamma \cos \alpha'}{\sqrt{\cos^2 \alpha' + \sin^2 \gamma}}, \quad (6)$$

где α' и γ – углы наклона плоскости.

В рассматриваемом случае α' – угол наклона желобка распределительного устройства, γ – угол наклона дна желобка.

$$\alpha' = \frac{\pi}{2} - \arccos(\sin \alpha \cos \beta) \quad (7)$$

С учетом этого равенства и $\gamma = 0^\circ$ выражение (6) запишется:

$$N = mg \frac{\sin(\arccos(\sin \alpha \cos \beta))}{\sqrt{1 + \cos^2(\arccos(\sin \alpha \cos \beta))}} \quad (8)$$

При этом уравнение движения частицы вдоль желоба принимает вид:

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = mg \sin \alpha \cos \beta - \frac{\tan \varphi mg \sin(\arccos(\sin \alpha \cos \beta))}{\sqrt{1 + \cos^2(\arccos(\sin \alpha \cos \beta))}} \quad (9)$$

Для определения скорости схода частиц с желобков распределительного устройства в функции от угла наклона и длины устройства, пренебрегая потерями скорости, воспользуемся теоремой об изменении кинетической энергии материальной точки:

$$\begin{aligned} \frac{mV_{\text{сх}}^2}{2} - \frac{mV^2}{2} &= \frac{mgL}{\cos \beta} \sin \alpha \cos \beta - \frac{mgL}{\cos \beta} \times \\ &\times \left(\frac{\tan \varphi mg \sin(\arccos(\sin \alpha \cos \beta))}{\sqrt{1 + \cos^2(\arccos(\sin \alpha \cos \beta))}} \right), \end{aligned} \quad (10)$$

где $V_{\text{сх}}$ – скорость схода частицы с лотка распределительного устройства;

V – первоначальная скорость движения частицы по наклонному желобу;
 L – длина распределительного устройства;
 β – угол отклонения желобка от оси симметрии распределительного устройства:

$$\beta = \arctan \dots \quad (11)$$

где B' – расстояние от оси симметрии распределительного устройства до точки схода частицы с лотка,

b' – расстояние от оси симметрии распределительного устройства до точки подачи частицы.

Подставляя выражение (1) в выражение (10) находим скорость схода частицы с лотка распределительного устройства:

$$V_{сх} = \sqrt{\frac{\sin^2(\alpha - \varphi_{сп})}{\cos^2 \varphi_{сп}} \sqrt{V_0 + 2gH + \frac{2gL}{\cos \beta} \sin \alpha \cos \beta} - \frac{2gL}{\cos \beta} \times \left(\frac{\tan \varphi_{сп} \sin(\arccos(\sin \alpha \cos \beta))}{\sqrt{1 + \cos^2(\arccos(\sin \alpha \cos \beta))}} \right)} \quad (12)$$

Полученные уравнения позволяют проанализировать влияние параметров распределительного устройства на его пропускную способность, а также найти скорость схода частицы с распределителя.

На пропускную способность гравитационного распределительного устройства согласно выражению 4 будут влиять следующие факторы: угол наклона распределительного устройства, ширина его загрузочной части и глубина желобов. Эти же параметры будут оказывать влияние на скорость схода материала с распределительного устройства. Скорость схода распределяемого материала должна определяться предпочтительной скоростью подачи материала на рабочие органы зерноочистительных машин.

Таким образом, получена зависимость производительности устройства и скорости схода с него очищаемого материала в зависимости от конструктивных параметров, сделаны теоретические выводы.

Список литературы

1. Анализ производства зерна и пути повышения урожая и урожайности зерновых культур на примере сельскохозяйственных предприятий Павловского и Семилукского районов Воронежской области. Электронный ресурс: адрес в сети Интернет <http://jurnal.org/articles/2013/ekon126.html>
2. Грабельский Н.И. Совершенствование техники для послеуборочной обработки зерна / Н.И. Грабельский, А.А. Гехтман, Л.В. Безрукова // Пути снижения травмирования семян сельскохозяйственными машинами и повышения их качества / Сб. науч. тр. / Воронежский СХИ.-1983. – С.114-121.
3. Зенков Р.Л. Бункерные устройства / Р.Л. Зенков, Г.П. Гриневич, В.С. Исаев.- М.: Машиностроение, 1977. – 250с
4. Шнейкин В.Д. Оптимальные параметры самотечного устройства для сыпучих грузов / В.Д. Шнейкин // Механизация и электрификация сельского хозяйства.– 1980. - № 12. – С. 17-19.

5. Заика П.М. Технологический процесс работы вибрационных зерноочистительных машин / П.М. Заика. – М.: Машгиз, 1985.-120 с.

УДК 621.31.004.1

Ю.М. Помогаев, канд. техн. наук, доцент

В.В. Картавец, канд. техн. наук, доцент

И.В. Лакомов, канд. техн. наук, старший преподаватель

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ СЕЛЬСКИХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СХЕМАХ РЕЗЕРВИРОВАНИЯ

В статье рассмотрены единичные и комплексные показатели надежности применительно к системам электроснабжения приведены различные структурные схемы соединения элементов СЭС и формулы для определения показателей надежности в этих схемах. Рассмотрены различные виды резервирования и формулы для определения показателей надежности.

В отношении обеспечения надежности электроснабжения электроприемники в соответствии с Правилами устройства электроустановок [3] разделяются на три категории. Электроприемники первой категории - электроприемники, перерыв в электроснабжении которых может повлечь за собой опасность для жизни людей, угрозу для безопасности государства, значительный материальный ущерб, расстройство сложного технологического процесса, нарушение функционирования особо важных элементов коммунального хозяйства, объектов связи и телевидения. Из состава электроприемников первой категории выделяется особая группа электроприемников, бесперебойная работа которых необходима без аварийного останова производства с целью предотвращения угрозы для жизни людей, взрывов и пожаров. Применительно к сельскохозяйственным потребителям к первой категории относятся крупные животноводческие комплексы и фермы (молочно-товарные фермы на 400 голов, комплексы по выращиванию и откорму крупного рогатого скота на 5000 голов и более, комплексы по выращиванию и откорму 12 000 свиней в год), а также птицефабрики. В сельской местности к первой категории также относятся электроприемники особо важных объектов несельскохозяйственного назначения - операционные отделения больниц, родильные дома.

Электроприемники второй категории - электроприемники, перерыв в электроснабжении которых приводит к массовому недоотпуску продукции, массовому простоя рабочих, механизмов, нарушению нормальной деятельности значительного количества городских и сельских жителей. В сельской местности к таким потребителям относятся: животноводческие и птицеводческие фермы небольшой производительности, тепличные комбинаты,

кормоприготовительные предприятия, картофелехранилища, холодильники, инкубационные цехи рыбоводческих хозяйств.

Электроприемники третьей категории - все остальные электроприемники, непопадающие под определение первой и второй категорий. Надежность систем электроснабжения зависит от множества факторов, большинство из которых являются случайными. Поэтому для практических расчетов в системах электроснабжения применяют количественные характеристики надежности, полученные методами теории вероятности и математической статистики:

1) Вероятность безотказной работы $P(t)$ - это вероятность того, что в заданном интервале времени t при определенных режимах и условиях эксплуатации не произойдет ни одного отказа:

$$P(t) = P\{T \geq t\}, \quad (1)$$

где T - время непрерывной работы системы до первого отказа.

Эта функция наиболее полно определяет надежность системы и ее отдельных элементов. На практике ее можно определить, зная статистические (эксплуатационные) данные об отказах, по выражению:

$$P(t) = \frac{N_0 - n(t)}{N_0}, \quad (2)$$

где N - начальное число исследуемых элементов;

$n(t)$ - число элементов, отказавших за время t .

2) Вероятность отказа $Q(t)$ - это вероятность того, что в заданном интервале времени t произойдет хотя бы один отказ:

$$Q(t) = P\{T \leq t\}. \quad (3)$$

Поскольку вероятность отказа и вероятность безотказной работы - события несовместные и противоположные, справедливо равенство:

$$Q(t) = 1 - P(t) \quad (4)$$

Для статистического определения вероятности отказа можно пользоваться формулой:

$$P(t) = \frac{N_0 - n(t)}{N_0} \quad (5)$$

3) Интенсивность отказов $\lambda(t)$ - представляет собой условную плотность вероятности возникновения отказа для рассматриваемого момента времени при условии, что до этого момента отказ не возник.

$$\lambda(t) = \frac{1}{P(t)} * \frac{dQ(t)}{dt} = \frac{n(t)}{[N_0 - n(t)] * t} \quad (6)$$

Физический смысл плотности вероятности отказа - это количество отказов элемента на протяжении какого-либо достаточно малого интервала времени. Единица измерения - 1/год или год⁻¹.

4) Средняя наработка до отказа (T_0) - среднее время работы элемента от периода пуска в эксплуатацию до отказа.

$$T_0 = \frac{\sum_{i=1}^N t_{p.i.}}{N} \quad (7)$$

где N - число испытываемых образцов; $t_{p.i}$ - срок службы (наработка) i -го образца.

Достоинствами рассмотренных количественных характеристик надежности являются: наглядность, учет всех факторов, влияющих на надежность, способность отслеживать изменение надежности во времени и возможность использования до реализации системы, т.е. на этапе проектирования. Основным недостатком является то, что данные показатели описывают надежность системы только до первого отказа, т.е. достаточно полно характеризуют только невосстанавливаемые системы. Для многократно восстанавливаемых систем необходимо использовать другие показатели. Особенностью восстанавливаемых объектов является циклический характер работы, когда за работоспособным состоянием следует отказ, затем восстановление и повторный ввод в эксплуатацию. Таким образом весь период жизни элемента является непрерывным потоком отказов и восстановлений (рисунки 1).

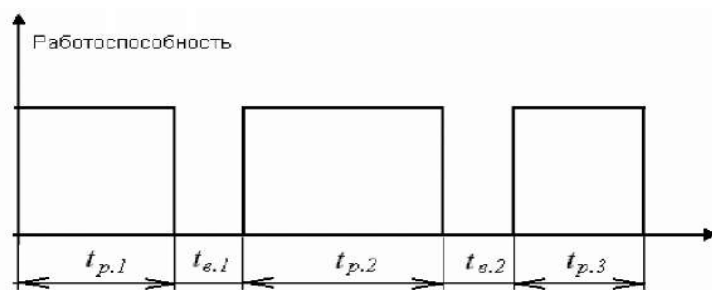


Рисунок 1 - Поток отказов и восстановлений

5) Основной числовой характеристикой восстанавливаемых систем является параметр потока отказов $\omega(t)$ - плотность вероятности возникновения отказа восстанавливаемой системы (элемента), определяемая для заданного момента времени. Если пренебречь временем восстановления, моменты возникновения отказов формируют непрерывный поток (поток отказов), в качестве характеристики которого используется «ведущая функция» $\omega(t)$ - математическое ожидание числа отказов за время t :

$$\omega(t) = Mr(t), \quad (8)$$

где $r(t)$ - число отказов за время t .

Таким образом, функция

$$\omega(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{Mr(t, t + \Delta t)}{\Delta t} = \Omega'(t) \quad (9)$$

характеризует интенсивность потока отказов восстанавливаемых систем аналогично интенсивности отказов невосстанавливаемых элементов (6).

Изменение параметра потока отказов во времени называется характеристикой жизни объекта и имеет вид кривой, приведенной на рис. 1.2. Весь срок службы можно разбить на три периода. На первом из них (от 0 до t_1) функция $\omega(t)$ имеет достаточно высокое значение, что объясняется повышенным числом отказов элементов, имеющих скрытые дефекты. Этот

период называется периодом приработки или периодом «выжигания» дефектов, которые обусловлены качеством проектирования, изготовления или монтажа.



Рисунок 2 - Зависимость интенсивности отказов от времени работы элемента.

Второй участок (от t_1 до t_2) характеризует период нормальной эксплуатации с практически неизменной интенсивностью отказов. Здесь параметр потока отказов определяется случайными причинами, как правило, внешнего характера, которые не зависят от предыдущего срока работы. Эта составляющая может быть постоянной во времени, если внешние условия неизменны или переменной, если условия меняются (например, сезонное изменение грозовой интенсивности может влиять на электросетевое оборудование).

Третий период (t_2 и далее) - период старения вследствие необратимых физико-химических процессов, где параметр потока отказов вновь возрастает. Статистически параметр потока отказов можно определить, как отношение числа отказавших элементов в единицу времени к общему числу испытываемых объектов при условии, что все вышедшие из строя элементы восстанавливаются:

$$\omega(t) = \frac{n(t)}{N_0 * t} \quad (10)$$

6) Нарботка на отказ (T_0) - среднее время работы восстанавливаемого элемента между двумя соседними отказами.

Если наработка определяется по статистическим данным об отказах одного образца:

$$T_0 = \frac{\sum_{i=1}^r t_i}{r} \quad (11)$$

где r - число отказов системы за время испытания t ; t_i - время безотказной работы между $(i-1)$ -м и i -м отказами.

Если испытание проводится с несколькими образцами, то наработку на отказ следует определять из выражения:

$$T_0 = \frac{\sum_{i=1}^N T_{0i}}{N} \quad (12)$$

где T_{OI} - наработка на отказ i -го образца, вычисленная по (11); N - число испытываемых образцов.

7) Среднее время восстановления (T_B) - среднее время отыскания и устранения одного отказа. Данный показатель является достаточно наглядной количественной характеристикой ремонтпригодности системы:

$$T_B = \frac{\sum_{i=1}^r \tau_i}{r} \quad (13)$$

где r - число отказов системы за определенный период; τ_i - время восстановления после i -го отказа.

Для снижения влияния субъективного фактора при оценке ремонтпригодности систем электроснабжения необходимо обобщать данные большего количества однотипных систем, обслуживаемых различным персоналом:

$$T_B = \frac{\sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^r \tau_{ij}}{\sum_{j=1}^N r_j} \quad (14)$$

где N - число испытываемых образцов; r_j - число отказов j -го образца; τ_{ij} - время восстановления j -го образца после i -го отказа.

8) Коэффициент готовности (k_G) - вероятность того, что система будет работоспособна в произвольно выбранный момент времени. Статистически определяется отношением суммарного времени пребывания системы в работоспособном состоянии к общему времени безотказной работы и вынужденных простоев системы, взятых за один и тот же календарный срок:

$$k_{\bar{A}} = \frac{t_p}{t_p + t_I} = \frac{\sum_{i=1}^r t_{pi}}{\sum_{i=1}^r t_{pi} + \sum_{i=1}^r t_{Ii}} \quad (15)$$

где t_p - время пребывания системы в работоспособном состоянии; t_I - время вынужденного простоя; r - число перерывов в работе за выбранный календарный срок, включая отказы и остановки для проведения профилактики.

В качестве вынужденного простоя рассматривается время, необходимое для обнаружения и устранения отказов и пуска системы в работу, а также время простоя из-за отсутствия запасных частей и время профилактических работ. При этом не учитывается время простоев на проведение плановых ремонтов и технического обслуживания. Если время вынужденного простоя в (13) принять равным времени восстановления системы T , а затем числитель и знаменатель уравнения разделить на число отказов r , получим:

$$k_{\bar{A}} = \frac{T_o}{T_o + T_B} \quad (16)$$

Коэффициент готовности является важным показателем надежности систем электроснабжения, так как характеризует не только их эксплуатационные свойства, но и квалификацию обслуживающего персонала.

Недостатком такой количественной характеристики является то, что по его величине невозможно судить о времени безотказной работы системы. Соединение элементов в структурной схеме надежности может быть последовательным и параллельным (рисунок 3).

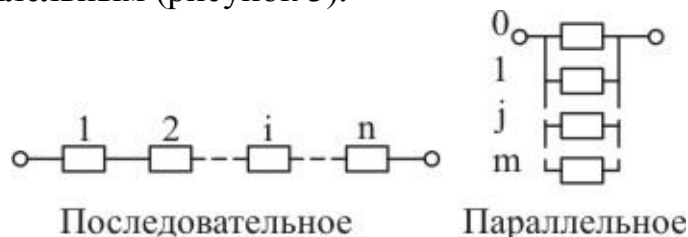


Рисунок 3 - Последовательное и параллельное соединение элементов в структурной схеме надежности

Параллельное включение элементов является эффективным средством повышения надежности объектов, позволяющим создавать изделия, надежность которых будет выше надежности входящих в них элементов. Основным параметром резервирования является его кратность (m) – отношение числа резервных элементов к числу основных.

Существует несколько методов резервирования:

общее (рисунок 4) – если резервируется вся система, *раздельное* (рисунок 5) – если резервируются отдельные элементы или группы элементов и *смешанное* – предусматривающее совмещение различных методов резервирования. По способу включения резерва различают: постоянный резерв, резерв замещением и скользящее резервирование. При *постоянном* резерве резервный элемент подключается к основному в течение всего времени работы и находится с ним в одинаковом режиме. При использовании резерва *замещением* резервный элемент подключается на место основного только после отказа последнего и принимает на себя его функции.

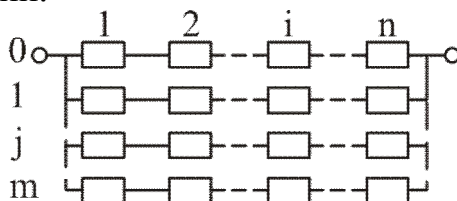


Рисунок 4 - Схема общего резервирования

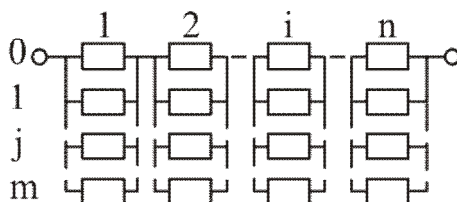


Рисунок 5 - Схема поэлементного резервирования

При включении резерва замещением резервный элемент может находиться в нагруженном режиме, когда условия его работы и условия работы основного элемента совпадают и ненагруженном режиме, когда ресурс резервного элемента начинает использоваться только после выхода из строя основного

элемента. При резервировании замещением обязательно наличие коммутирующих устройств для подключения резервного элемента взамен отказавшего.

Если объект содержит несколько однотипных устройств, то нет необходимости иметь столько же резервных, можно использовать один или несколько элементов, которые будут подключаться вместо вышедших из строя. Такое резервирование называется *скользящим*.

Аналитические выражения для определения показателей надежности для системы, состоящей из нескольких элементов, при общем и отдельном резервировании имеют следующий вид:

Общее резервирование (постоянное включение резерва).

Вероятность безотказной работы

$$P(t) = 1 - \prod_{j=0}^m [1 - \prod_{i=1}^n p_{ij}(t)], \quad (17)$$

где p_{ij} – вероятность безотказной работы i -го элемента j -й резервной цепи; n – число последовательно соединенных элементов цепи; m – кратность резервирования.

Для случая, когда основная и резервная цепи имеют одинаковую надежность

$$P(t) = 1 - [1 - \prod_{i=1}^n P_i(t)]^{m+1}. \quad (18)$$

При экспоненциальном законе наработки до отказа и одинаковой надежности элементов

$$P(t) = 1 - (1 - e^{-\lambda t})^{m+1}. \quad (19)$$

где λ – интенсивность отказов нерезервированной цепи.

Наработка до отказа может быть вычислена по общей формуле

$$T_1 = \int_0^{\infty} P(t) dt. \quad (20)$$

При экспоненциальном законе и одинаковой надежности элементов наработку до отказа для общего резервирования можно определить по формуле

$$T_1 = A_m / \lambda, \quad (21)$$

где $A_m = 1 + 1/2 + 1/3 + \dots + 1/(m+1)$.

Ниже приведены значения для A_m при различных значениях m

m	1	2	3	4	5
A_m	1,5	1,83	2,08	2,28	2,45

Общее резервирование (включение резервных элементов замещением).

При включении резерва замещением необходимо учитывать режимы работы резервных элементов, которые могут быть различными. Аналитические методы расчета показателей надежности в этом случае достаточно громоздки. Поэтому на практике ограничиваются случаем, когда наработка до отказа элементов в системе подчиняется экспоненциальному закону. При этом случайный процесс, происходящий в системе, является марковским, и для расчета надежности можно воспользоваться математическим аппаратом марковских цепей.

При ненагруженном состоянии резерва основные показатели надежности определяются по формулам

$$P(t) = e^{-\lambda t} \sum_{j=0}^m \frac{(\lambda t)^j}{j!}, \quad (22)$$

$$T_1 = T_{10} (m + 1), \quad (23)$$

где T_{10} – наработка до отказа не резервированной цепи.

Раздельное резервирование (постоянное включение резерва)

$$P(t) = \prod_{i=1}^n \left\{ 1 - \prod_{j=0}^m [1 - p_{ij}(t)] \right\}. \quad (24)$$

При одинаковой надежности основного и резервного элементов

$$P(t) = \prod_{i=1}^n \left\{ 1 - [1 - P_i(t)]^{m+1} \right\}. \quad (25)$$

В случае экспоненциального закона распределения наработки до отказа и при одинаковой надежности элементов цепи

$$P(t) = \prod_{i=1}^n \left\{ 1 - [1 - e^{-\lambda_i t}]^{m+1} \right\}. \quad (26)$$

Наработка до отказа определяется по общей формуле, а при $m = 1$ (дублирование) и $n > 5$

$$T_1 = 1/[\lambda n (0,5 + 0,89 \sqrt{n})]. \quad (27)$$

Раздельное резервирование (включение резерва замещением)

При включении резерва замещением и ненагруженном резерве вначале целесообразно определить вероятность безотказной работы секции $P_i(t)$ рассмотренными выше методами, а затем подсчитать вероятность безотказной работы последовательной системы.

$$P(t) = \prod_{i=1}^n P_i(t). \quad (28)$$

Для случая скользящего резервирования (ненагруженный резерв) при экспоненциальном законе надежности

$$P(t) = e^{-\lambda t} \sum_{j=0}^m \frac{(\lambda t)^j}{j!}, \quad (29)$$

где $\lambda = n\lambda_i$ – интенсивность отказов не резервированной системы; λ_i – интенсивность отказов не резервированного элемента, m – число резервных элементов.

$$T_1 = T_{10} (m + 1), \quad (30)$$

где T_{10} – среднее время безотказной работы не резервированной системы.

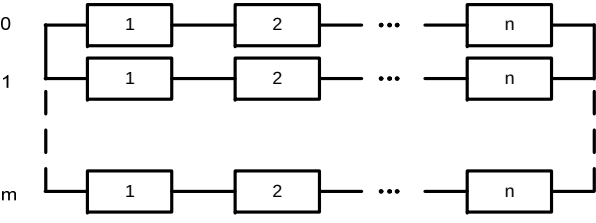
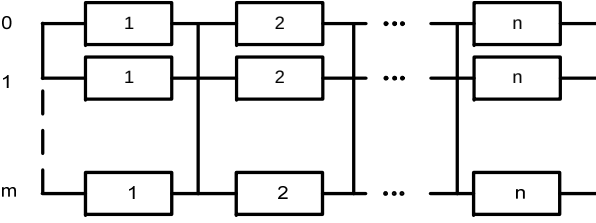
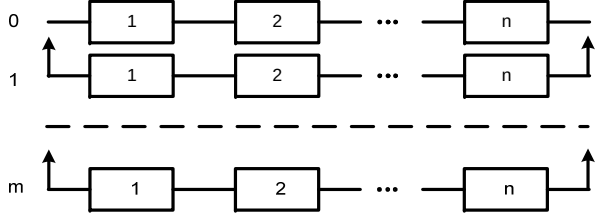
Далее рассмотрим конкретные эквивалентные расчетные схемы по видам резервирования и зависимости для определения интенсивности отказов для каждого вида резервирования. Эти схемы приведены в таблице 1. Анализируя данные приведенные в таблице мы можем делать выводы когда и какой вид резервирования необходимо применить. Далее приводится пример составления и преобразования расчетной схемы надежности объекта системы СЭС с получением расчетной формулы для определения показателей надежности. Пример показан в таблице 2.

В заключении следует отметить, что эффективным средством повышения надежности систем электроснабжения следует рассматривать рациональную организацию эксплуатации электрических сетей. При этом одной из важных задач эксплуатации является создание хорошо налаженной системы сбора и обработки информации об отказах электрооборудования, а также установление величины ущерба для конкретных потребителей. При этом следует помнить, что эффективная эксплуатация электрооборудования не мыслима без строго соблюдения персоналом энергоснабжающей организации правил технической эксплуатации.

Список литературы:

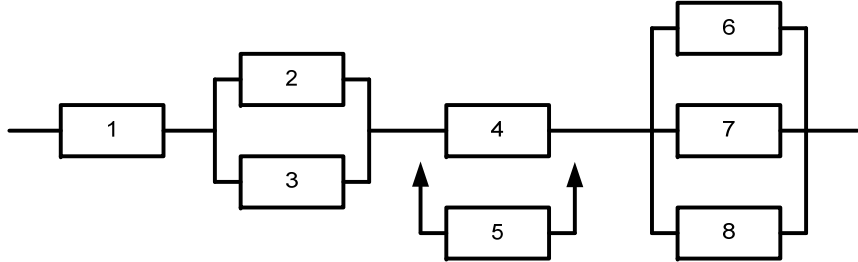
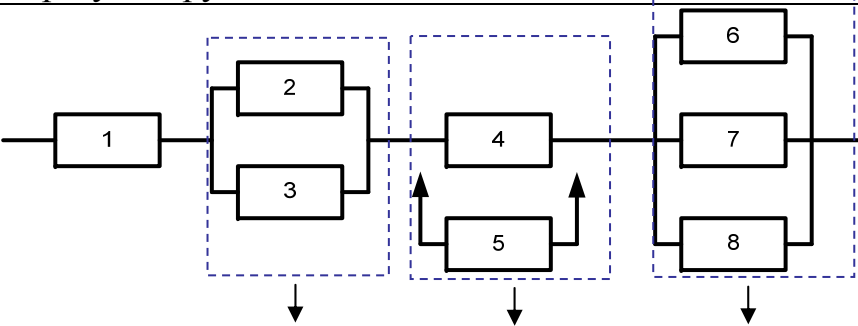
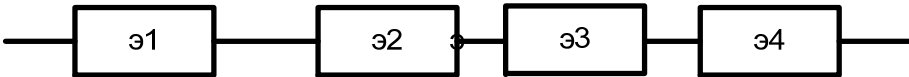
1. ГОСТ 27.002-89 Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения. - М.: Издательство стандартов, 1990. - 24 с.
2. Правила устройства электроустановок. - М.: Главгосэнергонадзор РФ, 2000.
3. ГОСТ 27.310-95 ССНТ Анализ видов, последствий и критичности отказов техники. Основные положения. - М.: Издательство стандартов, 1998.
4. Гук Ю.Б. Теория надежности в электроэнергетике. Учебное пособие для вузов. - Л.: Энергия, 1990 - 204 с.
5. Михайлов В.В. Надежность электроснабжения промышленных предприятий. - М.: Энергоиздат, 1982 - 130 с.
6. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: Учеб. пособие. - М.: Высш. шк., 2001. - 479 с.
7. Синьчугов Ф.И. Расчет надежности схем электрических соединений. - М.: Энергия, 1981 - 172 с.
8. Гук Ю.Б., Кантан В.В., Петрова С.С. Проектирование электрической части станций и подстанций: Учебн. пособие для вузов. - Л.: Энергоатомиздат, 1985. - 312 с.
9. Шалин А. И. Надежность релейной защиты энергосистем: Учебное пособие. - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2001. - 177 с.
10. Помогаев Ю.М., Картавцев В.В., Серебровский В.И. Надежность систем электроснабжения: Учебное пособие/-Воронеж: ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2014.-143с.

Таблица 1 - Эквивалентные расчетные схемы и интенсивности их отказов

№	Вид резервирования	Эквивалентная расчетная схема	Результирующая интенсивность отказов при экспоненциальном законе надежности	Примечание
1	2	3	4	5
1	Общее резервирование с постоянно включенным резервом и с целой кратностью		$\lambda_c(t) = \frac{\lambda_0(m+1) \cdot e^{-\lambda_0 t} \cdot (1 - e^{-\lambda_0 t})^m}{1 - (1 - e^{-\lambda_0 t})^{m+1}}$	m - кратность общего резервирования; λ_0 интенсивность отказов основной системы или любой из резервных систем, равная $\sum_{i=1}^n \lambda_i$
2	Раздельное резервирование с постоянно включенным резервом и с целой кратностью.		$\lambda_c(t) = \frac{N(m+1) \cdot \lambda e^{-\lambda t} \cdot (1 - e^{-\lambda t})^m}{1 - (1 - e^{-\lambda t})^{m+1}}$	λ - интенсивность отказов одного элемента системы.
3	Общее резервирование замещением с целой кратностью		$\lambda_c(t) = \frac{\lambda_0 \cdot (\lambda_0 t)^m}{m! \sum_{i=0}^m \frac{(\lambda_0 t)^i}{i!}}$	Работает только один основной элемент, остальные элементы отключены с помощью специальных переключающих устройств и находятся в «холодном» резерве. При отказе основной системы она отключается, а на ее место подключается одна из резервных систем. Резервированная система откажет при возникновении $(m+1)$ -го отказа. Предполагается, что системы, находясь в резерве, отказывать могут и что переключающие устройства абсолютно надежны.

1	2	3	4	5
4	Раздельное резервирование замещением с целой кратностью		$\lambda_c(t) = \frac{\lambda_0 \cdot (\lambda t)^m}{m! \sum_{i=0}^m \frac{(\lambda t)^i}{i!}}$	
5	Раздельное резервирование замещением с дробной кратностью (скользящее резервирование)		$\lambda_c(t) = \frac{\lambda_0 \cdot (\lambda_0 t)^m}{m! \sum_{i=0}^m \frac{(\lambda_0 t)^i}{i!}}$	Этот вид резервирования применяется, если все элементы системы выполняют одинаковые функции. Основная система имеет n элементов, а m элементов находятся в «холодном» резерве. При отказе любого работающего элемента на его место подключается любой из резервных. Это означает, что надежность данной системы равна надежности системы с общим резервированием с замещением, но в тоже время имеет в n раз меньше резервных элементов.
6	Резервирование отсутствует		$\lambda_c(t) = \sum_{i=1}^n \lambda_i$	

Таблица 2 - Пример составления и преобразования расчетной схемы надежности объекта с получением расчетной формулы

Составление исходной эквивалентной расчетной схемы надёжности объекта	
	
Сопоставление различным схемам соединения элементов соответствующих расчетных соотношений и замена участков схемы эквивалентными звеньями с результирующей интенсивностью	
	
Расчетная схема, полученная в результате преобразований	
	
Э1-Э4 – эквивалентные элементы, заменяющие участки исходной схемы расчета надежности, которые описывают различные схемы резервирования (заменяют выделенные пунктиром участки схемы). Интенсивность отказов полученной расчетной схемы с последовательным соединением элементов вычисляется по формуле :	
Результирующая расчетная формула	
$\lambda_{рез} = \sum_{i=1}^4 \lambda_{Эi}$	

Е.А. Андрианов, доктор с.-х. наук, профессор

А.М. Андрианов, канд. техн. наук

А.А. Андрианов, канд. с.-х. наук, доцент

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ДОИЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Разработана конструкция доильного стакана с освобождаемыми от натяжения сосковыми трубками. Установлено, что натяжение сосковой резины в процессе эксплуатации более стабильно для предлагаемого доильного стакана и составляет 56,7Н после 4-х месяцев использования (против 39.3Н в базовой комплектации). Молочная продуктивность коров увеличивается в среднем на 5.9%.

В настоящее время наибольшее распространение получили доильные аппараты с двухуровневым вакуумом. В начальный момент доения и в заключительной фазе, когда скорость доения снижается, используется вакуум равный 33 кПа.

Во время максимальной молокоотдачи вакуум составляет 48 кПа. По такому же принципу работает и отечественный доильный аппарат «Нурлат».

Для стимуляции рефлекса молокоотдачи и повышения безопасности доения в доильном аппарате «Нурлат» происходит попарное доение, то есть в левых стаканах такт сосания, в правых - сжатия и наоборот. Кроме того, во всех четырех доильных стаканах некоторое время одновременно происходит такт сосания. Время машинного доения аппаратом «Нурлат» продолжительнее, что объясняется тем, что он выполняет эту операцию при вакууме 33 кПа в начальный и заключительный периоды доения и без участия оператора. Превышение времени доения доильным аппаратом «Нурлат» оправдывается его щадящим воздействием на вымя и соски коровы.

Анализ рабочего процесса доильных аппаратов показывает, что недостатком аппарата «Нурлат» является малое время изменения давления в межстенной камере при переходе от такта сосания к такту сжатия, что неблагоприятно для молочной железы.

В то же время в процессе эксплуатации доильных аппаратов наблюдается усиленный износ их резиновых деталей. Наиболее подвержены износу сосковые трубки доильных стаканов, которые при доении непосредственно воздействуют на соски вымени животных. От того, каким является это воздействие, зависит не только продуктивность, но и состояние здоровья животного [3].

Более того, упругие свойства сосковых трубок ухудшаются не только в результате эксплуатации, но и при хранении доильных аппаратов между дойками в течение суток, так как в большинстве случаев сосковые трубки в этот период находятся под действием растягивающих сил, обусловленных их натяжением в доильных стаканах [1].

Доильный аппарат в течение суток находится в работе в среднем 4.5-5 часов. Следовательно, за период эксплуатации сосковые трубки большую часть времени натянуты в доильных стаканах без производственного использования.

Это приводит к значительному ухудшению качества сосковой резины.

Нами разработана конструкция доильного стакана, позволяющая просто и надежно освобождать сосковые трубки от натяжения после каждой дойки, а также и соответствующее натяжение их перед дойкой.

Схема доильного стакана представлена на рисунке 1.

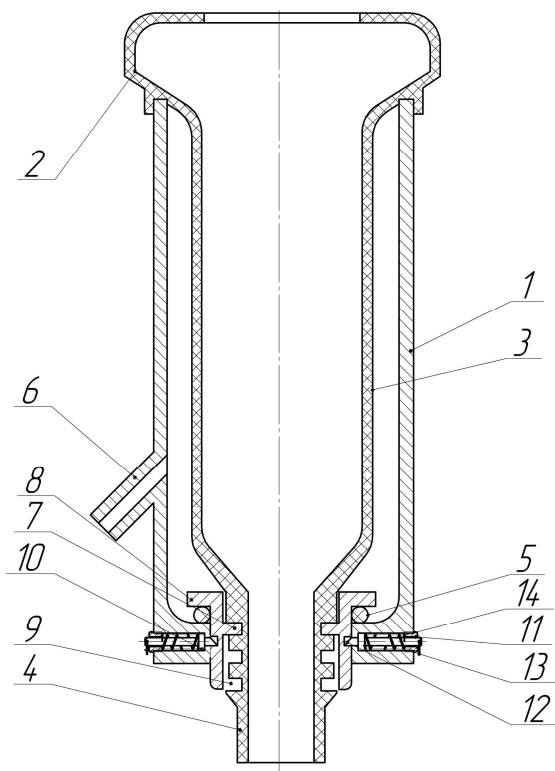


Рисунок 1 - Схема доильного стакана с освобождаемой от натяжения сосковой трубкой: 1 – гильза; 2 – присосок; 3 – сосковая трубка; 4 – молочная трубка; 5 – прокладка; 6 – воздушный патрубок; 7 – выступ кольцевой; 8 – втулка; 9 – кольцевое углубление; 10 – шток; 11 – гайка; 12 – защелка; 13 – кольцо; 14 – пружина

В результате проведенных нами исследований установлено, что динамика изменения натяжения в процессе эксплуатации наиболее интенсивна для сосковых трубок стандартных доильных стаканов и показана в таблице 1.

Вследствие значительного ухудшения качества сосковой резины в период ее эксплуатации, в частности, значительного уменьшения натяжения сосковых трубок доильных стаканов, изменяется характер сжатия сосков, соотношение тактов сосания и сжатия, длительность переходных процессов от сосания к сжатию и от сжатия к сосанию, что в конечном счете оказывает отрицательное влияние на состояние молочной железы животного. [2]

В результате опытов также установлено, что время на освобождение сосковых трубок от натяжения не превышает 6-7 с, а на установку их с доильный стакан – 5-6 с.

Таблица 1 - Технические свойства сосковых трубок

Технические параметры сосковых трубок		вариант использования		% к базов.
		базовый	опытный	
в начале опыта	рабочая длина, мм	129	129,1	
	натяжение, Н	60,1	60,5	
после 4-и месяцев эксплуатации	изменение рабочей длины, мм	9,5	4,2	-44
	натяжение, Н	39,8	56,7	+42
время, затрачиваемое на освобождение от натяжения, с		-	7	
время, затрачиваемое на установку в доильный стакан, с		-	6	

С целью изучения молочной продуктивности коров в связи с совершенствованием процесса доения были проведены научно-хозяйственные опыты. Для опыта использовали коров черно-пестрой породы. На периоды исследований подопытные животные были подобраны по принципу аналогов по возрасту, живой массе и развитию и находились в одинаковых условиях содержания и на одних рационах.

В контрольной группе использовали стандартную сосковую резину. Для доения коров опытной группы использовали предлагаемый доильный стакан с освобождаемой от натяжения сосковой трубкой. В таблице 2 приведены показатели молочной продуктивности и технологические характеристики доения коров опытной и контрольной группы.

Таблица 2 - Молочная продуктивность коров в связи совершенствованием процесса доения

Показатели	группы		
	контрольная	опытная	± % к конт.
Количество животных	20	20	
Средняя скорость молоковыведения, кг/мин	1,18	1,22	+3,4
Среднесуточный удой, кг	13,4	14,2	+5,9
Удой за лактацию, кг	4020	4260	+5,9

Использование доильных стаканов с возможностью освобождения сосковой резины в значительной степени сохраняет ее качество в процессе эксплуатации и обеспечивает адекватное воздействие на соски вымени. Как результат, скорость доения коров опытной группы составила 1,22кг/мин, в то время как

контрольной группы - всего 1,18 кг/мин (на 3,4% больше). За счет более качественной стимуляции молокоотдачи среднесуточный удой у коров опытной группы на 0,8 кг больше, чем у коров контрольной группы. За период опыта от одной коровы опытной группы получено на 240 кг больше, чем от коровы контрольной группы.

Список литературы

1. Андрианов, Е.А. Сохранение работоспособности сосковых трубок доильных стаканов / Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 2007. № 3. - С. 36.
2. Карташов Л.П. Машинное доение коров. М.: Колос, 1982.

УДК 637.115:636.2.034

Д.И. Яловой, аспирант

Е.А. Андрианов, доктор с.-х. наук, профессор

К ОБОСНОВАНИЮ ДАВЛЕНИЯ СОСКОВОЙ РЕЗИНЫ НА СОСОК СТИМУЛИРУЮЩЕ-АДАПТИВНОГО АППАРАТА

Разработан доильный аппарат непрерывного доения, обеспечивающий необходимую стимуляцию молокоотдачи. Теоретически обоснована величина давления сосковой резины на сосок

Анализ работы аппаратов непрерывного доения показывает, что при частичном сжатии сосковой трубки массаж сосков не обеспечивается, и, как результат, стимулирующие молокоотдачу факторы проявляются слабо.[3]

В то же время для обеспечения эффективности доения аппаратом необходимо оставить непрерывное отсасывание, но в то же время обеспечить необходимую стимуляцию молокоотдачи.

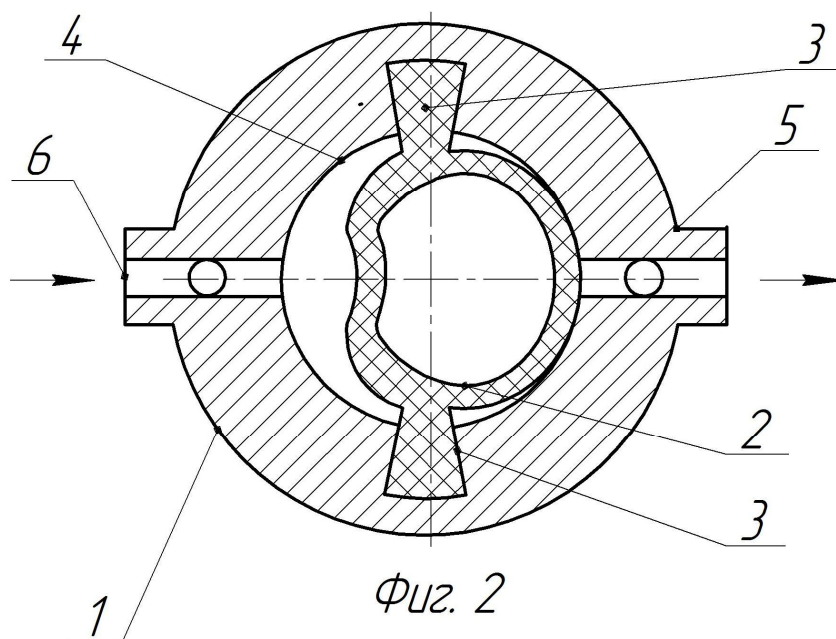
Нами разработан доильный аппарат непрерывного доения, обеспечивающий стимулирующие молокоотдачу факторы. [2]

Основной отличительной особенностью стимулирующе-адаптивного доильного аппарата является новая конструкция доильного стакана, в котором межстенная камера разделена на две равные части, каждая из которых имеет воздушный патрубок.[4]

Коллектор доильного аппарата имеет две распределительные камеры, каждая из которых сообщается с межстенными камерами доильных стаканов соответственно.

В межстенные камеры доильных стаканов подается соответственно то атмосферное, то разрежение, поступающее от пульсатора попарного доения, что обеспечивает непрерывность отсоса молока. Попеременное сосковой трубки соответственно то с одной, то с другой стороны обеспечивает полноценный рефлекс молокоотдачи. Непрерывный отсос молока с одновременной стимуля-

цией молокоотдачи обеспечивает высокую скорость и безопасность доения аппаратом.



1 - гильза доильного стакана; 2 – сосковая трубка; 3 – ребра сосковой трубки;
4 – отливыв гильзы; 5 – воздушный патрубков; 6 – сквозные отверстия в отливыв

Рисунок 1 - Разрез доильного стакана в месте
расположения воздушных патрубков

Для определения давления сосковой трубки на сосок разработанного аппарата составим схему взаимодействия соска с сосковой трубкой (рисунок 2) доильного стакана. [1]

В подсосковой камере постоянно действует пониженное разрежение. В это же время в левой межстенной камере действует атмосферное давление. В результате воздействия разницы давлений возникает избыточное давление p , н/м², которое сжимает сосок вымени, перемещая сосковую резину к стенке доильного стакана на расстояние s , м. Это давление можно представить в виде равномерно распределенной по полуокружности нагрузки интенсивности p . В общем случае силу давления на единицу длины сосковой трубки можно представить как сумму произведений

$$G = \sum p \Delta L \cos \varphi_i, \quad (1)$$

где φ_i – угол между вектором нагрузки p и положительным направлением горизонтальной оси.

При стремлении ΔL к нулю и соответствующих преобразованиях получим

$$G = 2pR, \quad (2)$$

где R – радиус окружности соприкосновения соска с сосковой трубкой.

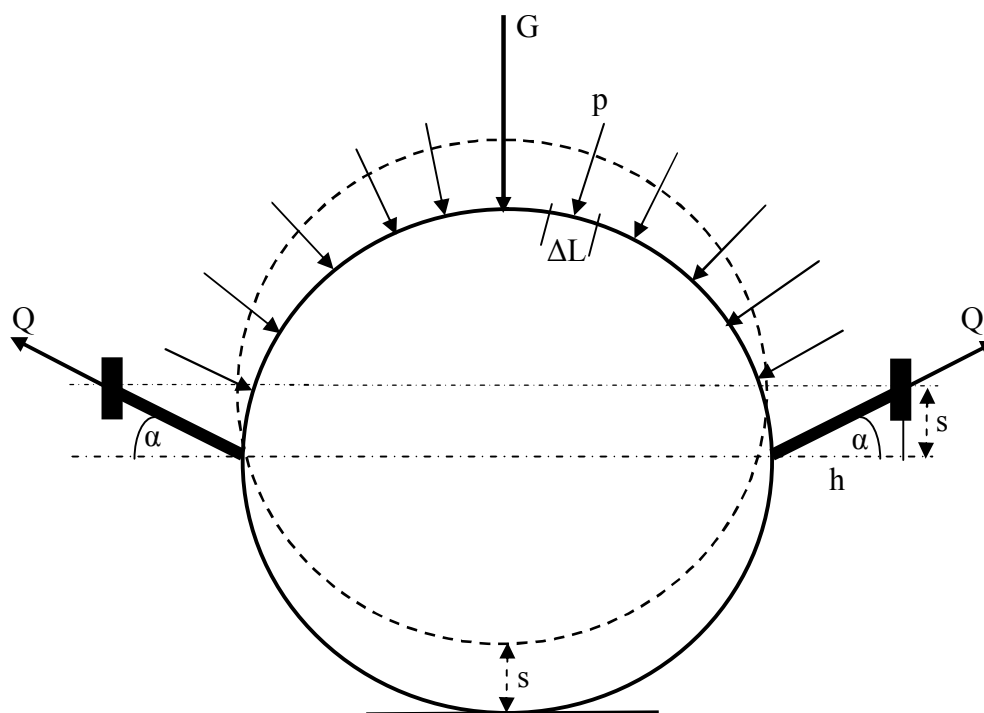


Рисунок 2 - К обоснованию давления на сосок

Сила G при своем перемещении вызывает растяжение резиновых креплений (ребер), что сопровождается возникновением сил упругости Q .

Силы давления и силы упругости связаны между собой соотношением

$$G = 2Q \sin \alpha, \quad (3)$$

где α – угол между вектором направления силы Q и направлением вертикальной оси.

Решение уравнения с учетом s и h дает

$$G = 2pR = \frac{2Esb}{h} \left(1 - \frac{h}{\sqrt{s^2 + h^2}} \right), \quad (4)$$

где h – длина нерастянутого резинового крепления;

E – модуль упругости резинового крепления, Па;

b – толщина стенки сосковой трубки, м.

Из уравнения 4 возможно определить разрежение необходимую величину разрежения для сосковой трубки к стенкам стакана.

Список литературы

1. Высшая математика. Краткий курс. Учебное пособие / В.П. Шацкий, П.В. Москалев, В. П. Богатова, И. В. Гриднева; Под ред. проф. Шацкого В.П. - Воронеж: ВГАУ, 2009. - 240 с.

2. Устройство для доения коров / Е.А Андрианов, А.М. Андрианов, А.А. Андрианов, Д.И. Яловой //; заяв. 04.05.2012. Положительное решение по заявке № 2013147003 от 21.10.2015.

3. Андрианов Е.А. Совершенствование доильных аппаратов непрерывного доения / Е.А. Андрианов, А.М. Андрианов, А.А. Андрианов // Вестник ВГАУ. - Воронеж: Воронеж. гос. аграр. ун-т, – 2013. – № 4(39) - С. 84-93

4. Андрианов Е.А. Молочная продуктивность коров в связи с совершенствованием технологий и технических средств, используемых в молочном скотоводстве / А.А. Андрианов, А.М. Андрианов. – Воронеж: ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2013. –183 с.

УДК 621.9.047

Т.В. Тришина, канд. техн. наук, доцент

В.Г. Козлов, канд. техн. наук, доцент

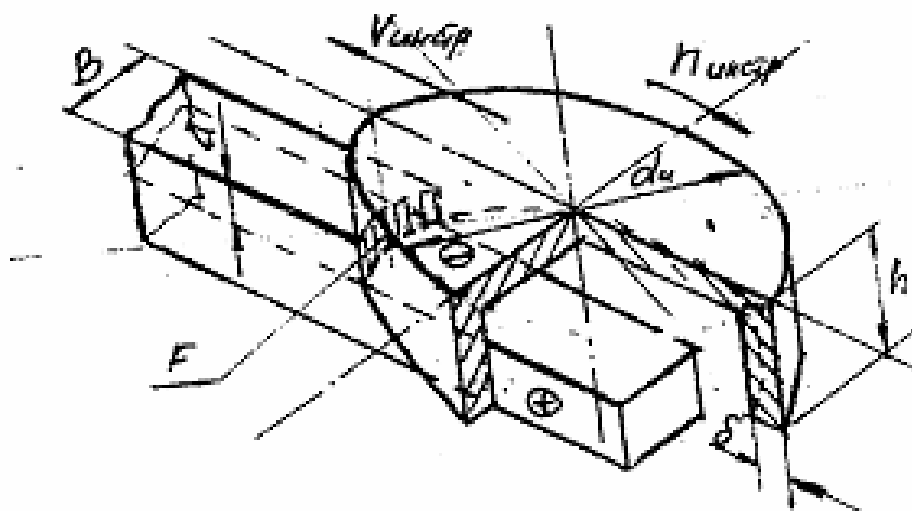
ЗАТОЧКА РАБОЧИХ ОРГАНОВ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ МАШИН

В статье проведен анализ технологий и оборудования для заточки органов почвообрабатывающих машин. Теоретический анализ известных схем заточки позволил сделать вывод, что наиболее эффективной является схема симметричного расположения оси вращающегося электрода.

Качество обработки почвы, наряду с другими факторами интенсификации земледелия, на 20...25% определяет урожайность сельскохозяйственных культур.

Для повышения качества обработки почвы и производительности для культивации созданы широкозахватные, тяжелые и противозерозийные культиваторы. На этих и некоторых других культиваторах установлены стрельчатые лапы шириной захвата 140 мм, изготовленные из стали 65Г термически обработанные на высокую твердость.

Почворезущие элементы лап культиваторов подвергаются одному из самых интенсивных видов механического изнашивания - абразивному. В связи с этим изменяется форма лезвия лапы и увеличивается толщина режущей кромки до 2...3 мм и более (при нормальной по ТУ 0.8...1.0 мм), что приводит к утрате культиваторами своих функциональных качеств. Восстановление остроты режущей кромки у затупленных лап культиваторов является весьма актуальной задачей. Задача заострения лап с шириной захвата 410 мм актуальна еще и потому, что в настоящее время нет надежной технологии и оборудования для выполнения этой операции.



B - ширина обработки (ширина лезвия лапы); d_u - диаметр наружной цилиндрической части электрода-инструмента; h - высота (длина) цилиндрической части; δ - толщина стенки цилиндрической части инструмента; F - площадь контакта детали и инструмента

Рисунок – Схема обработки периферией инструмента с осью, перпендикулярной обрабатываемой поверхности детали

В связи с тем, что стали, из которых изготовлены рабочие органы, относятся к категории трудно обрабатываемых материалов, целесообразно провести поиск и исследование новых способов размерной обработки для многократного заострения лезвия почворезущих элементов в процессе эксплуатации.

Особенно большой интерес представляет группа электрофизических способов обработки, обладающих высокой производительностью, и прежде всего, способ электроконтактной обработки (ЭКО) под слоем воды, как наиболее приемлемый.

При изучении научных работ выявлено, что:

- заострение рабочих органов почвообрабатывающих машин и, в частности, лап культиваторов, является актуальной задачей.
- существующие известные способы заострения лап культиваторов (например, заточка абразивным кругом) энергоемки, требуют больших трудозатрат и малоэффективны.

- из рассмотренных возможных способов обработки применительно к заострению лап культиваторов наиболее приемлемым является способ электроконтактной подводной обработки, отличающийся наибольшей производительностью, относительно высокой экологической чистотой и относительно малой энергоемкостью.

В результате теоретического анализа схем заострения способом подводной электроконтактной обработкой сделан вывод о том, что максимальная локализация процесса достигается по схеме, приведенной на рисунке, при условии симметричного расположения оси вращающегося электрода - инструмента относительно ширины – B , снимаемого припуска обработки (припуск 2...4 мм снимается за один проход).

Список литературы

1. Амитан Г.Л. Справочник по электрохимическим и электрофизическим методам обработки / Г.Л. Амитан, И. А. Байаупов, Ю. М. Барон и др.; Под общ. ред. В. А. Волосатова. — Л.: Машиностроение. Ленингр. отделение, 1988. — 719 с.

УДК 631.362: 633.1

М. Э. Мерчалова, канд. техн. наук, доцент

КОМПЛЕКТОВАНИЕ ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ

В статье представлены результаты исследования влияния длины технологической линии обработки и её отдельных элементов на травмирование зерна, даны рекомендации по рациональному комплектованию зерноочистительных линий.

Любая зерноочистительная линия состоит из последовательно (или параллельно) установленных семяочистительных машин и рабочих транспортирующих органов, каждый из которых характеризуется конструктивными и режимными параметрами.

Основным конструктивным параметром, как всей технологической линии, так и каждого из её элементов, является длина, от которой зависит протяженность контакта и травмирование зерна рассматриваемым элементом, а следовательно, и его последующее качество – посевная всхожесть.

Многолетними исследованиями доказано, что чем больше неповрежденных зерновок содержится в посевном материале, тем выше будут его посевные качества.

При определенных допущениях можно принять, что содержание неповрежденных зерновок X_i в зерновом ворохе после выполнения i -й операции равно:

$$X_i = X_{i-1} \cdot e^{-A_i}, \quad (1)$$

где X_{i-1} - содержание неповрежденных зерновок в исходном ворохе;

A_i - эмпирический коэффициент.

Длина технологической линии обработки (протяженность транспортирования зерна по рабочему органу), наименование машин и состав агрегатов, содержание неповрежденного зерна в исходном ворохе и после пропуска через элемент, машину или агрегат, а также значения коэффициента A_i приведены в таблице 1.

Разница в содержании неповрежденного зерна в исходном ворохе и после обработки показывает уровень травмирования зерна данным элементом или машиной.

Анализ приведенных данных показывает, что с увеличением длины технологической линии обработки или транспортирования зерна его уровень

травмирования возрастает. Коэффициент A_i , характеризующий интенсивность уменьшения содержания неповрежденного зерна от входа к выходу машин, агрегата или транспортирующего органа при этом также возрастает.

Из данных, представленных в таблице, следует, что ленточные транспортеры почти не травмируют зерно, а травмирование зерна самотечными устройствами возрастает с увеличением их длины. Конечно, уровень травмирования зерна различными элементами технологических линий не одинаков, он зависит от их режимных и конструктивных параметров, в том числе и их длины. Следовательно, коэффициент A_i также зависит от длины различных элементов машины или технологической линии и его значение можно определить по формуле:

$$A_i = \sum_{i=1}^n a_i L_i, \quad (2)$$

где a_i - коэффициент удельной интенсивности уменьшения содержания неповрежденного зерна.

Обработка результатов исследований показала, что:

$$A_i = (257 \cdot L_{ш} + 1005 \cdot L_{ск} + 138 \cdot L_c + 1370 \cdot L_p + 940 \cdot L_t + 1894 \cdot n) \cdot 10^{-5}, \quad (3)$$

где $L_{ш}$, $L_{ск}$, L_c , L_p , L_t - протяженность транспортирования зерна шнековыми и скребковыми транспортерами, самотечными устройствами, по решетам и в триерах соответственно;

n - количество норий.

Анализ формулы (3) показывает, что интенсивность травмирования зерна на погонном метре шнековых и скребковых транспортеров в 1,9 и 7,3 раза больше, чем при использовании самотечных устройств, которым и следует отдавать предпочтение при комплектовании зерноочистительных линий. Нории, скребковые и шнековые транспортеры травмируют значительное количество зерна [1,2,3]. Поэтому при разработке новых зерно и семяочистительных агрегатов применять скребковые и шнековые транспортеры нецелесообразно, а количество норий должно быть минимальным.

Для снижения травмирования зерна наиболее рациональной является вертикальная компоновка машин в зерноочистительном агрегате, позволяющая уменьшить количество циклов подъема зерна нориями. При большом количестве машин в технологической линии прибегают к комбинированной компоновке машин в линии, стремясь при этом исключить транспортирующие органы, наиболее интенсивно травмирующие зерно. Поэтому при проектировании новых технологических линий для очистки зерна и реконструкции уже имеющихся для снижения травмирования зерна, а также энерго- и материалозатрат необходимо стремиться к уменьшению протяженности технологической линии, применяя по возможности вертикальную или комбинированную компоновку машин в линии, сокращая количество норий и других транспортирующих органов. Сравнение двух технологических линий с комбинированной компоновкой машин и горизонтальной показало, что в первом случае на одну исполнительную машину в среднем приходилось 15,5 м промежуточного транспортирования по самотекам и нориям, а во втором - 42,9 м. Травмирование зерна семяо-

чистительной линией с комбинированной компоновкой машин было на 5,1% меньше, чем с горизонтальной [1].

Таблица 1 - Влияние длины технологической линии на содержание неповрежденного зерна после обработки и значение коэффициента A_i

Машина, агрегат (состав)	Длина технологической линии, м	Содержание неповрежденного зерна		Эмпирический коэффициент A_i
		до обработки	после обработки	
Самотечное устройство	4,0	0,834	0,830	0,0048
	6,0	0,834	0,827	0,0084
	8,0	0,834	0,827	0,0084
	10,0	0,834	0,821	0,0157
	12,0	0,834	0,820	0,0169
Ленточный транспортер	7,7	0,654	0,654	0
	9,4	0,654	0,654	0
	7,7	0,654	0,654	0
Триер	1,87	0,745	0,732	0,0176
Пневмостол ПСС-2,5	1,7	0,839	0,823	0,0193
Протравливатель ПС-10	9,1	0,825	0,795	0,0370
Зернопогрузчик	10,0	0,601	0,552	0,0850
ЗАВ-20 (серийный)	37,8	0,667	0,573	0,1529
ЗАВ-40 (ЗВС-20 – 2 шт, ЗАВ-10.90.000 – 2 шт., нории НПЗ-20 – 2 шт., транспортер ЗАВ-40.03.000)	42,3	0,781	0,677	0,1429
ЗАВ-50 (стабилизатор ЗАВ-50.02.000, нория НПЗ-50, МПО-50, НПЗ-50, транспортер ленточный, К-527, нория в бункер чистого зерна)*	78,9	0,685	0,593	0,1442
ЗАВ-50* (тот же + НПЗ-50, ленточный транспортер во временное зернохранилище	102,0	0,692	0,547	0,2351

Протяженность технологической линии можно уменьшить и за счет применения многооперационных машин. Например, применение фракционной двухаспирационной воздушно-решетной машины позволяет исключить из технологической линии воздушно-решетную машину вторичной очистки зерна, а

соответственно и транспортирующие органы для ее обслуживания (норию и два самотечные устройства) [3].

Список литературы

1. Опыт переоборудования зерноочистительных агрегатов для обработки семян с.-х. культур в учхозе «Березовское» Воронежской области / Тарасенко А.П., Солнцев В.Н., Мерчалова М.Э., Кострыкин В.Е.//Выставка достижений агропромышленного комплекса агропромышленного комитета //Воронеж: ВСХИ, 1989.- 14 с.
2. Мерчаплова М.Э. Влияние длины линии обработки на качество семян / Теория, постановка и результаты агроинженерного эксперимента. Сб. научных тр.// Воронеж: ВГАУ, 1999. – С. 201-205
3. Совершенствование механизации производства семян зерновых культур: рекомендации/ Тарасенко А.П., Оробинский В.И., Гиевский А.М., Мерчалова М.Э. и др. // М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2014. – 60 с.

УДК 621.316.3

А.А. Авдеев, студент

И.В. Зубков, студент

А.П. Мазуха, канд. техн. наук, доцент

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЫДЕРЖКИ ВРЕМЕНИ РЕЛЕ КОНТРОЛЯ ФАЗ ПРИ ПОСТРОЕНИИ СХЕМЫ МАКСИМАЛЬНОЙ ТОКОВОЙ ЗАЩИТЫ

Предложены две схемы защиты асинхронных двигателей при неполнофазных режимах питающей сети и при токовых перегрузках с использованием реле контроля фаз в роли реле времени

Ведущие зарубежные и отечественные электротехнические фирмы продолжают совершенствовать реле контроля фаз. Число функций этих реле растет. Появление новых реле контроля фаз разных фирм на отечественном рынке требует пересмотра подходов к построению электрических схем защиты асинхронных электроприводов в сельском хозяйстве.

Поиски новых схемных решений при выборе защит при неполнофазных режимах питающей сети должны сопровождаться сдерживанием их растущей стоимости. Для этого в ряде схем можно легко обойтись более доступными по цене отечественными реле и с их помощью найти нужные решения.

Один из выходов в этих случаях - одно и то же реле при защите заданного электропривода использовать в разных защитах одной и той же схемой. Ниже предлагаются электрические схемы, в которых реле контроля фаз можно использовать для защиты электродвигателя при неполнофазных режимах питающей сети и для его защиты при симметричной токовой перегрузке.

Предлагаемый вариант такого подхода дан в схеме на рисунке 1, где использованы следующие буквенные обозначения: QS –разъединитель; QF - автоматический выключатель; FU - предохранитель цепи управления; SB1,SB2 – кнопки соответственно «Пуск» и «Стоп»; KM – магнитный пускатель; М - электродвигатель; КА – реле максимального тока; KV – реле контроля фаз.

В разработанной нами схеме получены такие преимущества:

- 1) минимальная «мертвая» зона защиты при неполнофазных режимах;
- 2) использована выдержка времени (0,1-10) с, при отключении реле, заложенной в реле KV (например, в реле ЕЛ-11Е), для создания выдержки времени у максимальной токовой защиты, построенной на использовании реле КА.

Первое преимущество реализовано за счет включения замыкающего контакта реле KV в цепи самоподпитки пускателя. При этом надо стремиться подключение контактов реле KV в точках 1, 2 и 3 выполнять как можно ближе к клеммам моторовводной коробки защищаемого двигателя; это не трудно сделать, так как при таком варианте схемы узлы 1, 2 и 3 удалось расположить ниже силовых контактов пускателя.

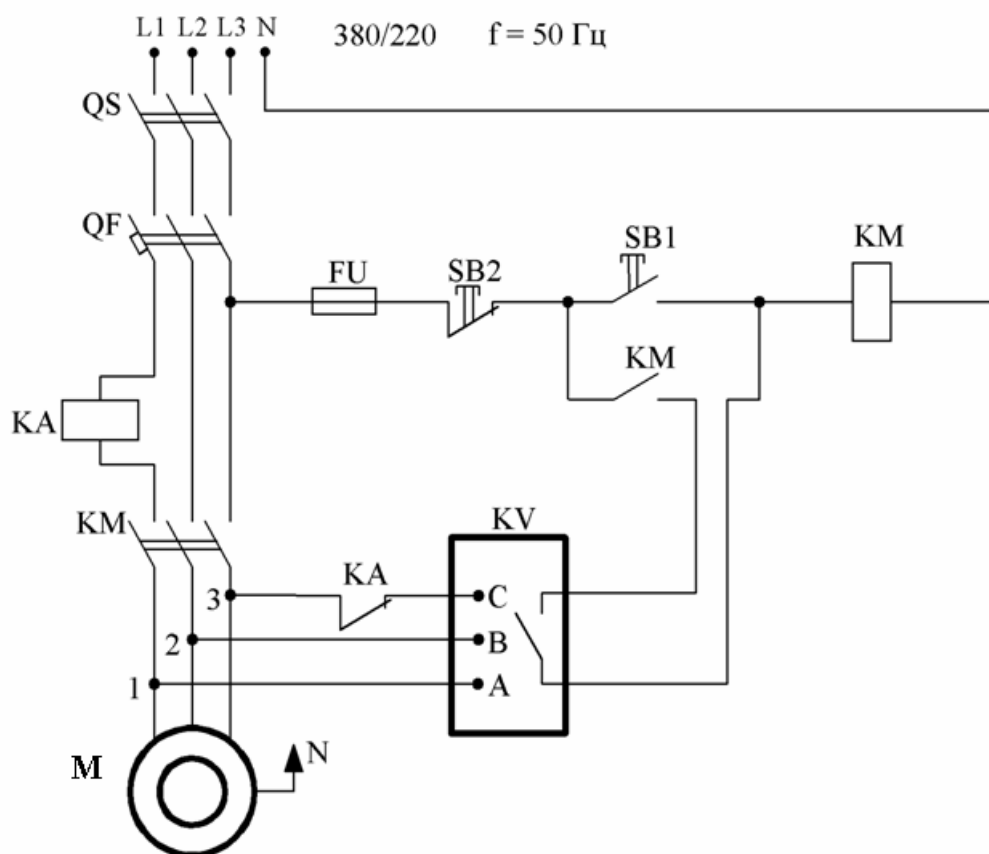


Рисунок 1 - Вариант предлагаемой схемы

времени, традиционно применяемое в максимальных токовых защитах, что упростило схему.

Рассмотрим работу схемы. Пусть на входе имеем трехфазное питание и пусть включены автоматический выключатель QF и разъединитель QS, тогда при нажатии кнопки SB1 включается пускатель KM, который переключает свои

контакты. Силовые контакты КМ включают двигатель М и подают питание на клеммы А, В и С реле контроля фаз KV. Реле KV замыкает свой замыкающий контакт, который вместе с вспомогательным КМ создает цепь, параллельную кнопке SB1. Кнопку SB1 теперь можно отжать.

Важно отметить, что при включении двигателя КМ из-за броска пускового тока, протекающего через катушку КА, срабатывает реле КА. Реле КА настроено на ток перегрузки, равный $(1,15 - 1,25) I_n$ дв, где I_n дв - номинальный ток двигателя. При срабатывании реле КА контакт КА размыкает провод подающий питание на клемму С реле KV.

Поэтому реле KV начинает отсчитывать выдержку времени на размыкание своего контакта, заданную ранее. Эта выдержка времени с некоторым запасом должна превышать время броска пускового тока. При максимальном времени 10 с по шкале времени у реле KV предполагается, что данная схема используется в приводах без затяжного пуска.

Поэтому пусковой ток двигателя успевает снизиться раньше, чем реле KV успеет разомкнуть свой контакт. После достижения двигателем рабочего тока контакт КА замыкается и полнофазное питание на входе реле KV восстанавливается. Таким образом, временное включение реле КА при пуске не прерывает цепь питания катушки КМ при отжатой кнопке SB1.

Если в процессе работы двигателя произойдет его перегрузка током, большим тока уставки реле КА, то контакт КА разомкнется. И если перегрузка не исчезнет за время, установленное на шкале реле KV, то контакт KV разомкнется и отключит катушки КМ, т.е. двигатель М отключится, не успев перегреться, что и требовалось.

Если в процессе штатной работы двигателя возник один из пяти неполнофазных режимов, при которых реле KV должно отключиться, то через заданное в реле KV время его контакт размыкается и пускатель КМ отключается, двигатель отключается, что и требовалось.

В случае использования реверсивного электропривода приходится использовать предлагаемую схему, представленную на рисунке 2. В схеме приняты такие буквенные обозначения: КМВ – пускатель для направления вращения «Вперед»; КМН – пускатель для направления «Назад» (остальные буквенные обозначения аналогичны обозначениям в схеме на рис. 1).

Схема рисунка 2 приведена здесь, прежде всего, для того, чтобы показать новое место расположения узлов 1, 2 и 3. На рисунке 2 эти узлы приходится располагать выше силовых контактов реверсивного пускателя, несколько увеличив «мертвую» зону защиты.

Это объясняется тем, что в современных реле контроля фаз как правило заложена функция «Защита при неправильном порядке следования фаз». Если бы узлы 1, 2 и 3 были расположены ниже силовых контактов реверсивного пускателя, то из-за этой функции при смене местами двух любых фаз со стороны источника питания реле KV отключало бы двигатель М каждый раз при включении, например, пускателя КМН, если до этого реле KV было настроено на порядок следования фаз, разрешающий вращение в направлении «Вперед».

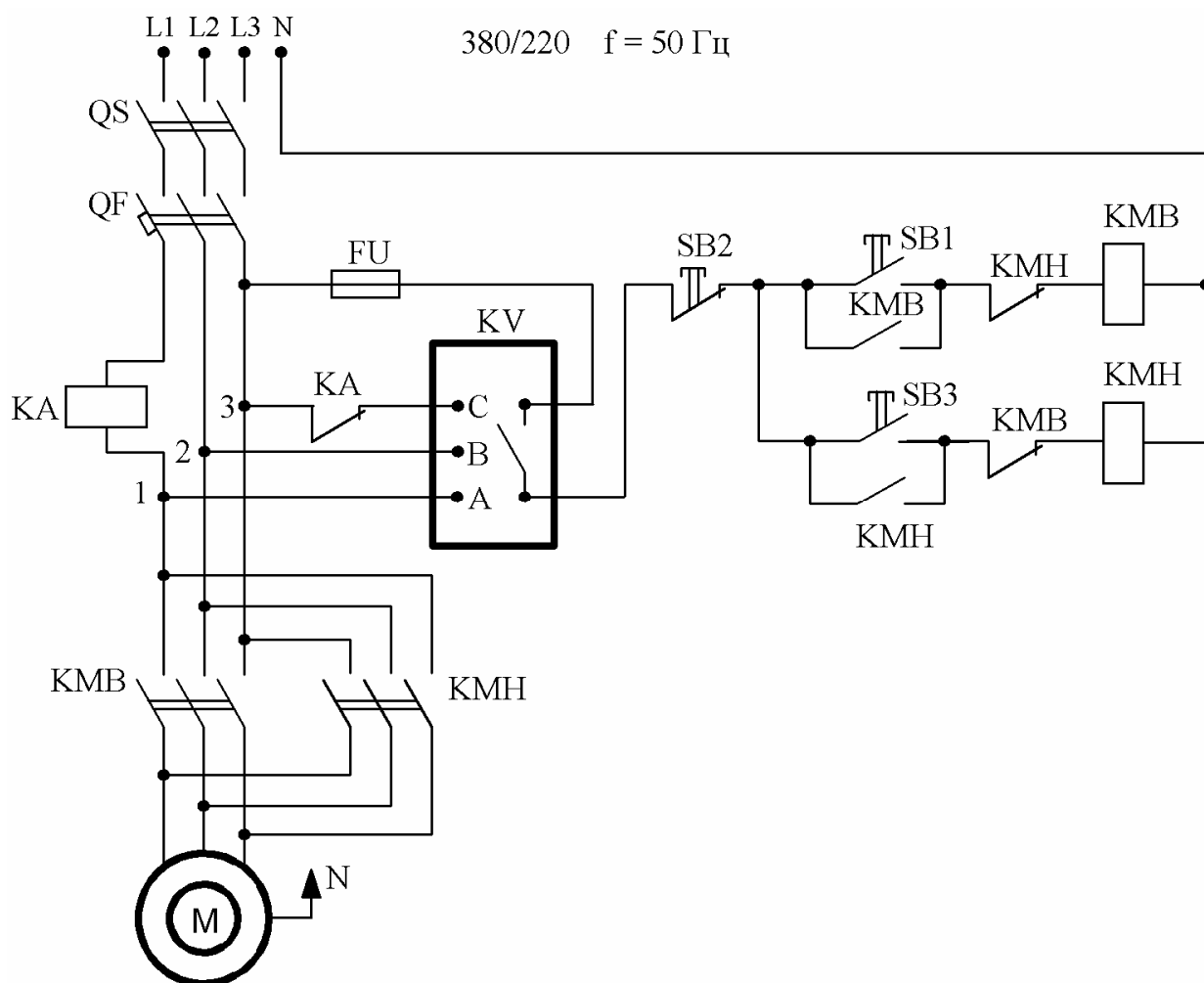


Рисунок 2 - Предлагаемая схема защиты реверсивного двигателя

В остальном схема рис. 2 по защитным функциям работает аналогично схеме рис. 1 с той разницей, что контакт реле KV включен не в цепь самоудержания пускателя, а непосредственно в общую цепь питания катушек KMB и KMH.

Следует отметить, что схемы рис. 1 и рис. 2 из-за наличия кнопочных станций не предназначены для автоматического повторного включения двигателя после восстановления полнофазного режима питающей сети или после исчезновения токовой перегрузки.

Схемы на рисунках 1 и 2 сравнительно просты и позволяют исключить дополнительное реле времени за счет использования функции «Регулировка времени срабатывания в диапазоне (0,1 – 10) с» у отечественных реле контроля фаз. Реализация предлагаемых схем может быть выполнена непосредственно обслуживающим персоналом без привлечения исполнителей посторонних фирм.

Список литературы

1. Мазуха Н.А. Использование многофункционального реле контроля изоляции и контроля фаз в зернометателе / Н.А. Мазуха, А.П. Мазуха// Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2011, №11. – С.21 – 22.
2. Мазуха Н.А. Многофункциональное реле контроля трехфазных сетей / Н.А. Мазуха// Сельский механизатор, 2011, №8. – С.32 – 33.
3. Мазуха Н.А. Использование многофункционального реле напряжения в схеме управления погружным водяным насосом / Н.А. Мазуха// Ремонт. Восстановление. Модернизация, 2012, №1. – С.48-50.

УДК 631.316.02

В.В. Василенко, доктор техн. наук, профессор

С.В. Василенко, канд. техн. наук, доцент

В.С. Борзило, магистрант

РАЦИОНАЛЬНОЕ КРЕПЛЕНИЕ КУЛЬТИВАТОРНОЙ ЛАПЫ

Существует индивидуально-поводковая и параллелограммная системы крепления культиваторных лап к раме. Они обеспечивают шарнирное соединение с рамой. Как для жёстких, так и для вибрирующих стоек культиваторных лап требуется индивидуальная регулировка угла входа в почву. Крепление должно надёжно удерживать лапу при увеличенных нагрузках, быть доступным для удобной регулировки угла входа, регулировка должна быть бесступенчатой, а металлоёмкость и сложность конструкции – минимальными. Предлагается конструкция крепления культиваторной лапы, которая соответствует предъявляемым техническим требованиям и может быть применена в индивидуально-поводковой и параллелограммной системах соединения с рамой на паровых и пропашных культиваторах с вибрирующими или жёсткими стойками.

У культиваторов различают жёсткое и шарнирное крепление рабочих органов к раме. Жёсткое крепление свойственно тяжёлым орудиям с глубокой обработкой и небольшой шириной захвата. Большинство культиваторов оснащается шарнирным креплением, так как при жёстком соединении недостаточно копируется микрорельеф поля, не выдерживается постоянная глубина хода рабочих органов по ширине захвата [1]. Шарнирные крепления подразделяются на индивидуально-поводковое и секционное [2]. При индивидуально-поводковой системе крепления к каждому поводку присоединяют по одному рабочему органу, например, у паровых культиваторов. При секционной системе обычно применяется параллелограммная подвеска, свойственная пропашным культиваторам, и такая подвеска удерживает группу лап.

Каждый вариант крепления должен обеспечивать возможность регулировки глубины обработки и угла входа лапы в почву. При установившемся режиме работы лапы она должна быть наклонена вперёд на 1-2° (судя по плоско-

сти её подошвы), чтобы не всплывать на поверхность. Большое значение имеет и угол подъёма, который влияет на крошение почвы и силу сопротивления лапы [3]. У параллелограммной навески угол входа лапы регулируется удлинением или укорочением верхнего звена, и он остаётся постоянным при копировании всей секцией микрорельефа поля при помощи своего опорного катка. Что касается индивидуально-поводкового крепления, то оно не может обеспечить постоянство этого угла, и приходится несколько увеличивать угол входа, чтобы он оставался положительным при случайных заглублениях на неровном микрорельефе. Кроме того, геометрический анализ взаимосвязи угла входа и глубины обработки показывает, что каждой глубине соответствует определённый угол входа, который будет автоматически поддерживать заданную глубину.

Рассмотрим подробнее конструктивные схемы крепления по индивидуально-поводковой системе (рисунок 1). Чаще всего в этой системе предусматривается регулировка глубины хода лапы за счёт высоты расположения рамы, которая устанавливается перемещением опорных колёс. При этом изменяется как направление вектора силы тяги, так и степень сжатия дополнительной пружины. Чтобы поддерживать необходимый угол входа, регулируется поворот лаподержателя вместе со стойкой лапы (рисунок 1а, 1в) или поворот стойки в лаподержателе (рисунок 1б).

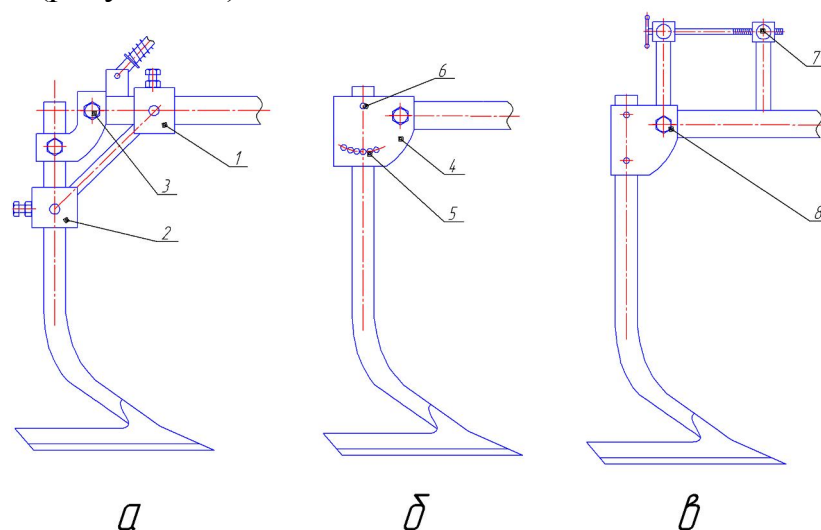


Рисунок 1 – Конструктивные схемы крепления лап по индивидуально-поводковой системе

На поводке крепится неподвижная муфта 1, а на стойке лапы – подвижная муфта 2. Её перемещение вверх или вниз по стойке вызывает поворот лапы вокруг оси 3. Другой вариант конструктивного исполнения – применение винтовой пары 7, которая поворачивает лапу вокруг оси 8. Самый простой конструктивный вариант – это перестановка стойки по отверстиям 5 в лаподержателе 4, чтобы она повернулась вокруг оси 6, но такая конструкция обеспечивает только ступенчатую регулировку.

В последнее время всё шире стали применяться вибрирующие почвообрабатывающие рабочие органы. У них меньшее тяговое сопротивление за счёт стряхивания налипшей почвы и сорняков, а также за счет снижения коэффици-

ента трения и образования в почве опережающих микротрещин [4], [5], [6]. Конструктивные схемы крепления таких рабочих органов предусматривают либо применение пружин, противодействующих силе сопротивления в почве (рисунок 2а), либо применение пружинных стоек рессорного типа (рисунок 2б).

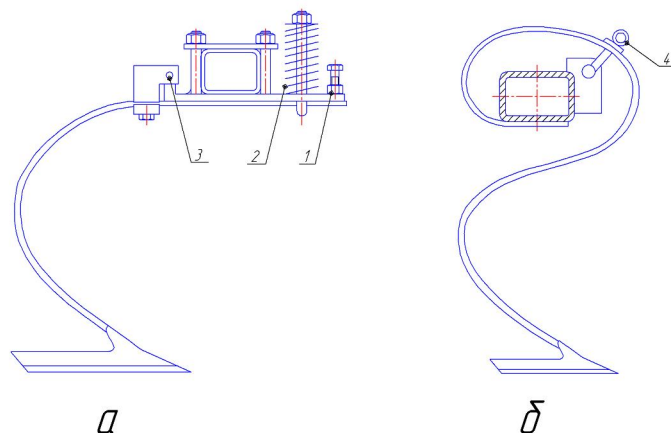


Рисунок 2 – Схемы крепления вибрирующих культиваторных лап

В первом случае регулирование угла входа лапы в почву выполняется упорным винтом 1, при помощи которого можно сжать или расслабить пружину 2 и повернуть лапу вокруг оси 3. Во втором случае угол входа регулируется за счёт дополнительного изгиба стойки. Для этого можно применить радиальную стяжку 4, переставляемую по дуге изгиба стойки.

При выборе существующих схем крепления или создании новых вариантов конструкторы руководствуются тем, чтобы это крепление надёжно удерживало культиваторную лапу при увеличенных нагрузках, было доступно для удобной регулировки угла входа лапы в почву, регулировка должна быть бесступенчатой, а металлоёмкость и сложность конструкции – минимальными. В предлагаемой конструкции (рисунок 3) к поперечной балке 1 рамы приварены два кронштейна 2, в которые вставлена ось 3 поворота лаподержателя 4. Ось поворота и плоский лаподержатель выполнены достаточно прочными, чтобы выдержать нагрузку на рабочий орган от сопротивления почвы.

Стойка 5 культиваторной лапы имеет фигурную форму, она может быть пружинистой для возникновения спонтанной вибрации или жесткой для работы без вибрации. Стойка крепится к лаподержателю болтовым соединением. К кронштейнам 2 приварены две пластины 6, в которые ввинчены два регулировочных винта 7. Этими винтами стойка лапы зажимается без зазоров. Винты расположены в удобной доступности оператора и обеспечивают плавную бесступенчатую регулировку угла входа лапы 8 в почву.

Таким образом, предлагаемая конструкция крепления культиваторной лапы соответствует предъявляемым техническим требованиям и может быть применена в индивидуально-поводковой и параллелограммной системах соединения с рамой на паровых и пропашных культиваторах с вибрирующими или жёсткими стойками.

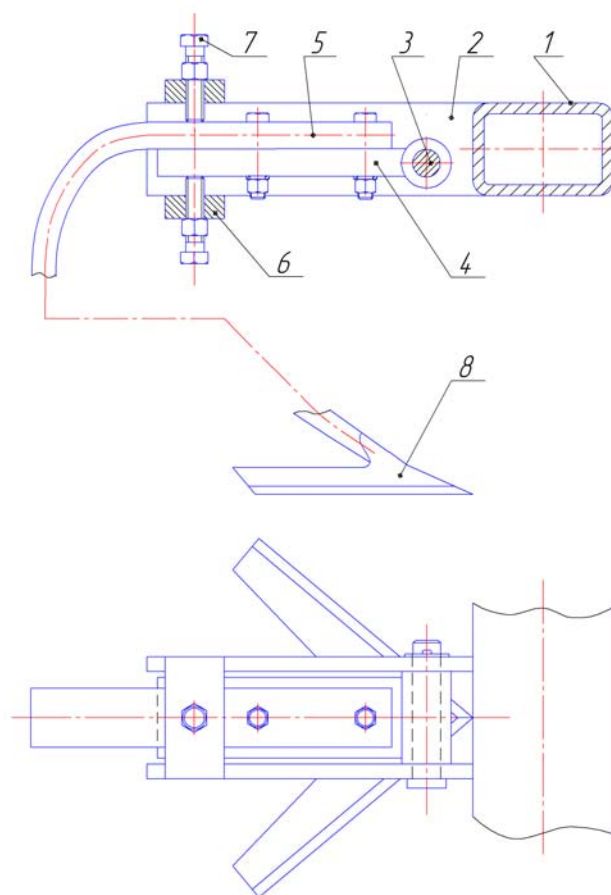


Рисунок 3 – Предлагаемая схема крепления культиваторной лапы

Список литературы

1. Клёнин Н.И. Сельскохозяйственные машины / Н.И. Клёнин, С.Н. Киселёв, А.Г. Левшин. – М.: «КолосС», 2008. – с. 100-101.
2. Синеоков Г.Н. Теория и расчёт почвообрабатывающих машин / Г.Н. Синеоков, И.М. Панов. – М.: «Машиностроение», 1977. – с. 206-207.
3. Василенко В.В. Влияние угла подъёма на сопротивление клина в почве / В.В. Василенко, С.В. Василенко, Д.В. Стуров. – Инновационные технологии механизации сельскохозяйственного производства: Сб. науч. тр. ВГАУ. – Воронеж, 2009. – С. 77-80.
4. Василенко В.В. Модернизация плужного корпуса / В.В. Василенко, С.В. Василенко, Д.В. Стуров, Г.А. Халфин, А.И. Сергиенко // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2010. – №5. – С. 33-35.
5. Василенко В.В. Влияние вибрации на угол трения почвы по рабочему органу / В.В. Василенко, Д.Н. Афоничев, С.В. Василенко, Д.В. Стуров // Лесотехнический журнал. – Воронеж: ВГЛТА. – 2013. - №3 (11). – С. 94-97.
6. Василенко В.В. Вибрирующий корпус плуга / В.В. Василенко, С.В. Василенко, Г.А. Халфин, Д.В. Стуров, В.Ф. Тупикин, А.И. Сергиенко // Вестник Воронежского ГАУ. – Воронеж, 2009, №1 (20). – С. 33-36.

В.Г. Козлов, канд. техн. наук, доцент

А.А. Заболотная, ст. преподаватель

Е.В. Кондрашова Е.В., доктор техн. наук, профессор

Т.В. Скворцова, канд. техн. наук, доцент

УПРАВЛЕНИЕ ТРАНСПОРТНЫМ ПОТОКОМ ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

Для управления транспортными потоками рассмотрены две варьируемые величины, подлежащие оптимизации: длительность цикла и распределения периодов. Задача состоит в минимизации суммарной задержки перекрестка по обоим направлениям при ограничениях верхней и нижней границы распределения периодов в цикле регулирования при заданной относительной интенсивности на полосе движения. Поскольку точное решение этой задачи затруднительно, используется графический метод решения.

Несмотря на то, что длительность цикла и распределение периодов внутри цикла определяются на основе средних характеристик транспортного потока, можно заставить эти управляющие параметры «отслеживать» постепенное изменение характеристик транспортных потоков в течение дня, оставаясь в рамках подхода, основанного на динамике средних значений.

При нахождении аналитического решения и его приложения к реальному управлению движением встречаются определенные трудности. Попробуем найти приближенное решение задачи.

Пусть на перекрёстке, показанном на рисунке 1, n_1 и n_2 обозначают число полос движения в одном направлении дорог 1 и 2 соответственно и пусть q_1, q'_1, q_2, q'_2 - интенсивности прибытия автомобилей к перекрёстку.

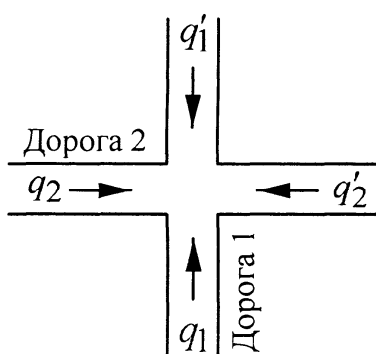


Рисунок 1 – Перекрёсток и прибывающие потоки

Если мы примем, что пропускная способность полосы движения на дорогах 1 и 2 одинакова и равна q_m , и используем макроскопическую модель транспортного потока, то пропускная способность i -й дороги G_i ($i=1$ или 2) перекрёстка может быть определена из уравнения (2.4) таким образом:

$$G_i = n_i q_m \left(g_m - \frac{L}{T} \right), \quad (1)$$

где L – потерянное время; T – длительность цикла; g_i – распределение периодов в цикле для i -го направления движения.

Отметим, что

$$g_1 + g_2 = 1. \quad (2)$$

Для того чтобы очереди не оставались в начале периодов горения красных сигналов, должны удовлетворяться неравенства:

$$q_i \leq C_i \text{ и } q_i' \leq C_i. \quad (3)$$

Так как можно принять, что $q_i \geq q_i'$ ($i=1,2$) без потери общности, то неравенства (3) приводятся с помощью выражений (1) и (2) к виду

$$q_1 \leq n_1 q_m \left(g_1 - \frac{L}{T} \right); q_2 \leq n_2 q_m \left(1 - g_1 - \frac{L}{T} \right). \quad (4)$$

Если нормализовать интенсивность движения q_i величиной пропускной способности полосы движения q_m , то определив относительную интенсивность движения как $\rho_i'' = q_i / q_m$, преобразуем уравнение (4) к виду

$$\frac{\rho_1}{n_1} + \frac{L}{T} \leq g_1 \leq 1 - \frac{\rho_2}{n_2} - \frac{L}{T}. \quad (5)$$

Уравнение (5) определяет верхнюю и нижнюю границы распределения периодов в цикле регулирования при заданной относительной интенсивности на полосе движения.

С другой стороны, суммарная задержка №, - на 1-й дороге, выведенная с помощью макроскопической модели:

$$W_i = \frac{g_i(1-g_i)^2 T}{2(1-\rho_i/n_i)} + \frac{g_i'(1-g_i)^2 T}{2(1-\rho_i'/n_i)},$$

а суммарная задержка перекрестка по обоим направлениям

$$W = \left[\frac{(1-g_1)^2}{2} \left\{ \frac{q_1}{1-\rho_1/n_1} + \frac{q_1}{1-\rho_1'/n_1} \right\} + \frac{g_1^2}{2} \left\{ \frac{q_2}{1-\rho_2/n_2} + \frac{q_2'}{1-\rho_2'/n_2} \right\} \right] T \quad (6)$$

Здесь варьируемыми параметрами, подлежащими оптимизации, являются величины длительности цикла и распределения периодов. Задача состоит в минимизации выражения (6) при ограничениях, задаваемых уравнением (5). Поскольку точное решение этой задачи затруднительно, используем графический метод решения.

Как показано на рисунке 2, область значений g_1 и T , определенная уравнением (5), представляет собой заштрихованную часть плоскости, ограниченную двумя гиперболами (сплошные линии), которые асимптотически приближаются к $g_1 = \rho_1 / n_1$ и $g_1 = 1 - \rho_2 / n_2$ соответственно. На рисунке 2 мы приняли условие $\rho_1 / n_1 < 1 - \rho_2 / n_2$, так как в другом случае, то есть при

$$\frac{\rho_1}{n_1} + \frac{\rho_2}{n_2} \geq 1, \quad (7)$$

происходит перенасыщение и оптимальных управляющих параметров не существует. Конечно, и в этом случае должно быть найдено какое-либо решение для данного перекрестка, но Дальнейший анализ типа проводимого нами не помогает.

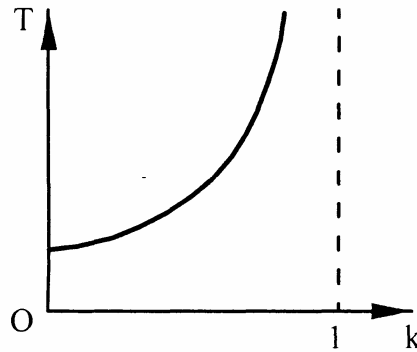


Рисунок 2 – Линии уровня W и область $q_1 - T$

С другой стороны, пунктиром на рисунке 2 показаны линии уровня задержки W в плоскости переменных $g_1 - T$, которые могут быть получены следующим образом.

Если определить a_i как

$$a_i = \frac{1}{2} \left\{ \frac{q_i}{1 - \rho_i / n_i} + \frac{q'_i}{1 - \rho_i / n_i} \right\}, \quad (i = 1, 2), \quad (8)$$

то выражение (6) преобразуется к виду

$$W = \left\{ (1 - g)^2 a_1 + g_1^2 a_2 \right\} T$$

или

$$T = \frac{W}{(a_1 + a_2) \left(g_1 - \frac{a_1}{a_1 + a_2} \right)^2 + \frac{a_1 a_2}{a_1 + a_2}}. \quad (9)$$

Таким образом, линия уровня W представляет собой кривую, симметричную по отношению к оси $g_1 = a_1 / (a_1 + a_2)$, показано на рисунке 2. Поэтому, если $a_1 / (a_1 + a_2)$ приблизительно равна $1/2$ (то есть $a_1 \approx a_2$), то пара значений (g_1, T) , минимизирующая W , совпадает с координатами точки P . Если $a_1 / (a_1 + a_2)$ меньше, чем ρ_1 / n_1 , (или больше $1 - \rho_2 / n_2$), то линия уровня W может стать касательной к гиперболе в точке P' , как показано штрихпунктирной линией на рисунке 2, и W принимает минимальное значение в точке p' . Однако разница между минимальными значениями W в точках P к P' обычно мала, как это видно на графике, так что для практических целей можно принять в обоих случаях приближенные значения g_1 и T , соответствующие точке P . Эти значения T и g_1 , могут быть найдены из системы уравнений

$$g_1 = \frac{\rho_1}{n_1} + \frac{L}{T}, \quad g_1 = 1 - \frac{\rho_2}{n_2} - \frac{L}{T}, \quad (10)$$

решение которой таково

$$T = \frac{2L}{1 - \frac{\rho_1}{n_1} - \frac{\rho_2}{n_2}}, \quad (11)$$

$$g_1 = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{\rho_1}{n_2} - \frac{\rho_2}{n_2} \right). \quad (12)$$

Если мы определим относительную интенсивность движения на дорогах 1 и 2 соответственно через $k_1 = \rho_1 / n_1$ и $k_2 = \rho_2 / n_2$, примем $k = k_1 + k_2$, $\alpha = k_1 / k_2$, тогда уравнения (11) и (12) приводятся к виду

$$T = \frac{2L}{1 - k}, \quad (13)$$

$$g_1 = \frac{1}{2} + k \left(\alpha - \frac{1}{2} \right). \quad (14)$$

Таким образом, приближенная оптимальная длительность цикла регулирования определяется только суммой k интенсивностей движения конфликтующих направлений, в то время как распределение периодов в цикле определяется обеими величинами k и α . Зависимость T от k показана на рисунке 3, а зависимость g_1 от k и α - соответственно на рисунке 4, а и 4, б.

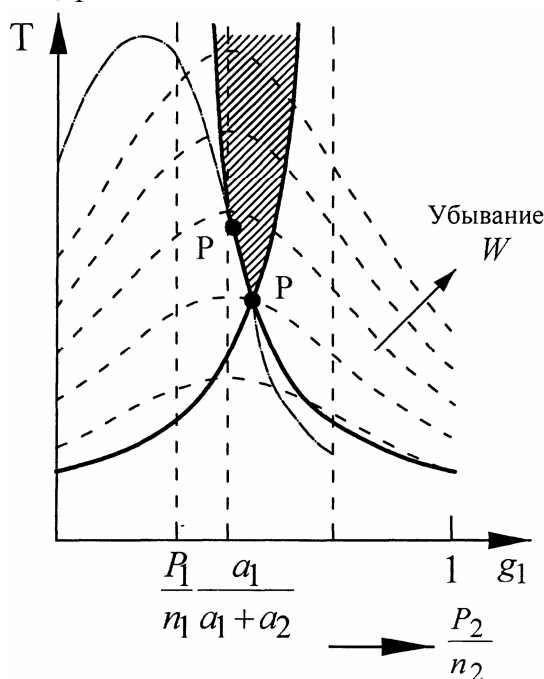


Рисунок 3 – Оптимальная длительность цикла

На графике рисунка 4 можно отметить существенную ошибку в областях, близких к $k = 0$ и $\alpha = 0$ или 1, т. е. при $\alpha = 0$ или 1 распределение g должно быть равно соответственно 0 или 1. Эта ошибка вызвана принятием в качестве оптимальной точки P вместо P' . Однако, так как интенсивность движения k на регулируемом перекрестке в нормальных условиях велика (иначе мы вложили

бы средства на управление сигнализацией в другом месте), мы можем игнорировать эту ошибку.

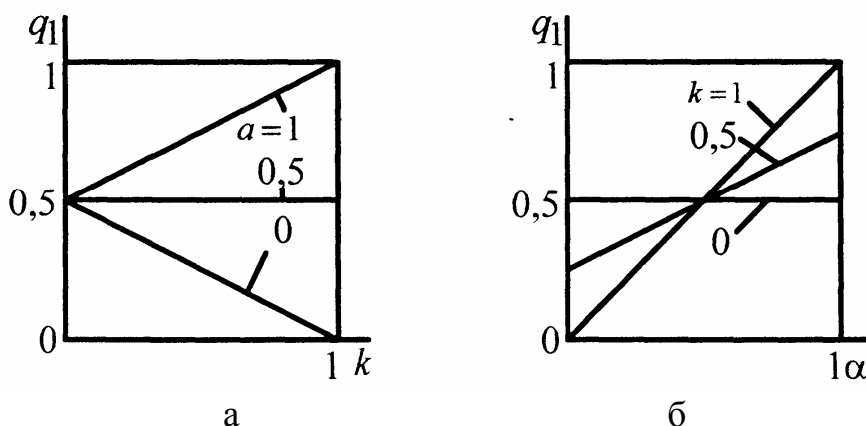


Рисунок 4 – Оптимальное распределение периодов горения сигналов в цикле

Список литературы

1. Greenshields B. D. A study of traffic capacity.— Proc. (US) highway research, board, 1934, vol. 14, pp. 448-494.
2. Greenberg H. An analysis of traffic flow.— Opns. res., 1959, vol.7, pp. 79–85.
3. Tanaka et al. Measuring of time headway in traffic flow.—Bulletin of transportation technique laboratory in Japan, 1963, N 56.
4. Рекомендации по учёту требований по охране окружающей среды при проектировании автодорог и мостовых переходов. – М.: ГипроДорНИИ, 1995. – 124 с.
5. Подольский, В.П. Охрана окружающей среды при строительстве и ремонте автомобильных дорог. Справочная энциклопедия дорожника (СЭД). Т. VIII / В.П. Подольский, В.Г. Артюхов, И.Е. Евгеньев, О.В. Рябова [и др.]; под ред. д-ра техн. наук проф. В.П. Подольского. Рук-ль проекта Д.Г. Мепуришвили. – М.ФГУП «Информавтодор», 2008. – 503 с.
6. Кондрашова Е.В. Оптимизация межремонтных сроков лесовозных автомобильных дорог [Текст] / Е.В. Кондрашова, Т.В. Скворцова // «Фундаментальные исследования». – Москва, 2011. – № 8 (ч.3). – С. 667-671.
7. Информационные технологии для решения задач управления в условиях рационального лесопользования [Текст] : монография / Е.В. Кондрашова, Т.В. Скворцова, А.И. Вакулин, В.Н. Логачев. – Воронеж, 2011. – 127 с. - Деп. в ВИНТИ 26.09.2011, №420-2011.

Н.А. Мазуха, канд. техн. наук, доцент

СХЕМА ДЛЯ БОЛЕЕ БЫСТРОГО ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ ВАРИАНТОВ СОЕДИНЕНИЯ ОБМОТОК СТАТОРА

Предложена схема для быстрого выбора нужного варианта электродинамического торможения асинхронного двигателя. Рассмотрены пять вариантов схем электродинамического торможения. Нужный вариант схемы торможения задается переключателем.

На практике электродинамическое торможения асинхронных электродвигателей применяют в подъемно-транспортных электроприводах, в стендах испытания электродвигателей, а также в лабораторных исследованиях для создания нагрузки на валу испытуемых двигателей постоянного и переменного тока.

Известны различные схемы соединения обмоток статора асинхронного двигателя для получения электродинамического торможения [1,2]. Ниже были выбраны варианты схем, представленные на рис. 1 и обозначенные цифрами 1 - 5 в кружках.

В этих пяти вариантах выводы (клеммы) трёхфазных обмоток статора обозначены буквами $U_1 - U_2$, $V_1 - V_2$, $W_1 - W_2$, где U_1, V_1, W_1 – начала фазных обмоток.

Для испытания отремонтированных двигателей, близких по величине мощности, всегда из экономических соображений желательно использовать один или минимальное количество нагружающих двигателей.

В такой ситуации различные по величине тормозные моменты можно получить не только регулировкой питающего постоянного напряжения на входе в схему соединения обмоток статора или изменением сопротивления резистора в цепи тормозного тока, но и быстрым переходом от одной схемы соединения обмоток статора к другой, т.е. быстрым выбором одного из пяти вариантов схем, представленных на рисунке 1.

Для такого быстрого перехода от одного варианта соединения обмоток к другому ниже предлагается специальная схема на рис. 2. На рисунке в верхнем ряду темными кружками обозначены клеммы U_1, U_2, V_1, V_2, W_1 и W_2 , которые следует подключить к соответствующим клеммам на щитке асинхронного двигателя. В этом же ряду дополнительно указаны клеммы «Плюс» и «Минус», необходимые для подведения постоянного напряжения к обмоткам статора затормаживающего асинхронного электродвигателя.

На рисунке 2 против каждого буквенного обозначения силовых контактов в скобках указаны цифры, означающие позиции (варианты схем), на которых должны быть замкнуты силовые контакты. Например, обозначение $KM1 (1, 2, 3)$ показывает, что пускатель $KM1$ включается на позициях 1, 2 и 3.

Выбор необходимого варианта схемы соединения обмоток статора осуществляется переключателем SA на предлагаемой схеме, представленной на

рисунке 3. На рисунках 2 и 3 приняты, кроме того, такие буквенные обозначения: KV1- KV5 – промежуточные реле; KM1 - KM10 – магнитные пускатели (контакторы). На рисунке 3 номер позиции переключателя SA соответствует номеру варианта схемы на рисунке 1.

Следует отметить, что переключатель SA нельзя заменять пятью отдельными выключателями, что могло бы привести к ошибочному одновременному включению сразу нескольких выключателей, а соответственно и нескольких промежуточных реле.

В приведенной таблице против каждого из пяти вариантов схемы электродинамического торможения в соответствующей строке указаны силовые контакты тех контакторов, которые должны замыкаться для получения нужной схемы соединения обмоток статора.

На рисунке 3 показаны электрические цепи для питания катушек реле KV1 - KV5 и катушек контакторов KM1 – KM10 при установке переключателя SA в одну из пяти позиций.

Рассмотрим подробнее работу схемы на рисунке 3. Оператор, выбрав предварительно один из нужных ему вариантов схемы по рисунку 1, должен установить переключатель SA в соответствующую позицию по рисунку 3. Например, для получения электродинамического торможения по варианту 3 (см. рисунок 1) необходимо, чтобы «Плюс» источника питания был подан на клемму U1 обмотки статора, чтобы клеммы U2, V2 и W2 были соединены в одну общую точку, а клеммы W1 и V1 были соединены с клеммой «Минус» источника напряжения.

Для выполнения перечисленных соединений оператор должен установить переключатель SA в позицию 3, что приведет к включению промежуточного реле KV3. Тогда контакты KV3 включают пускатели KM1, KM2 и KM6, после чего пускатели в свою очередь силовыми контактами выполняют необходимые соединения нужных клемм по рисункам 1 и 2, что и требовалось.

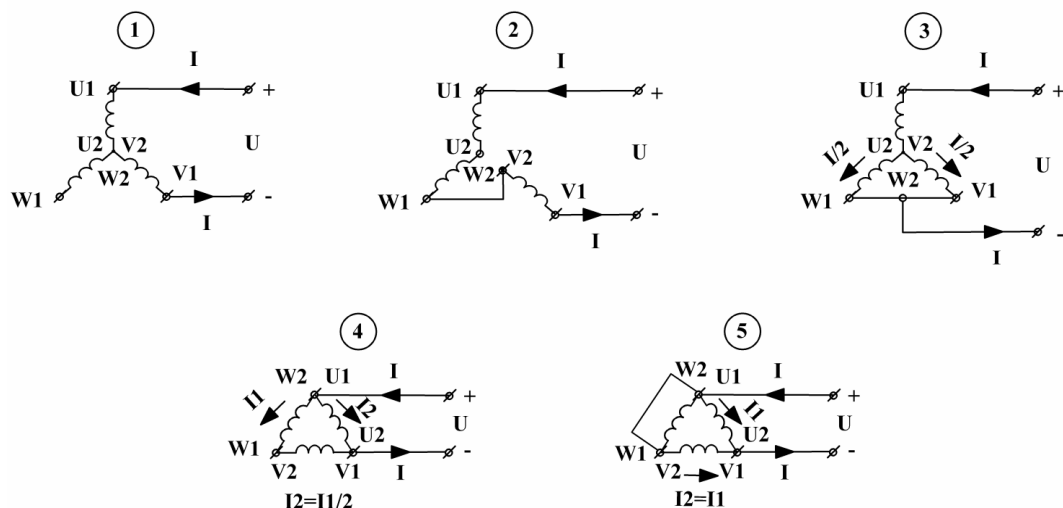


Рисунок 1 - Варианты соединения обмоток статора асинхронного электродвигателя для получения режима электродинамического торможения

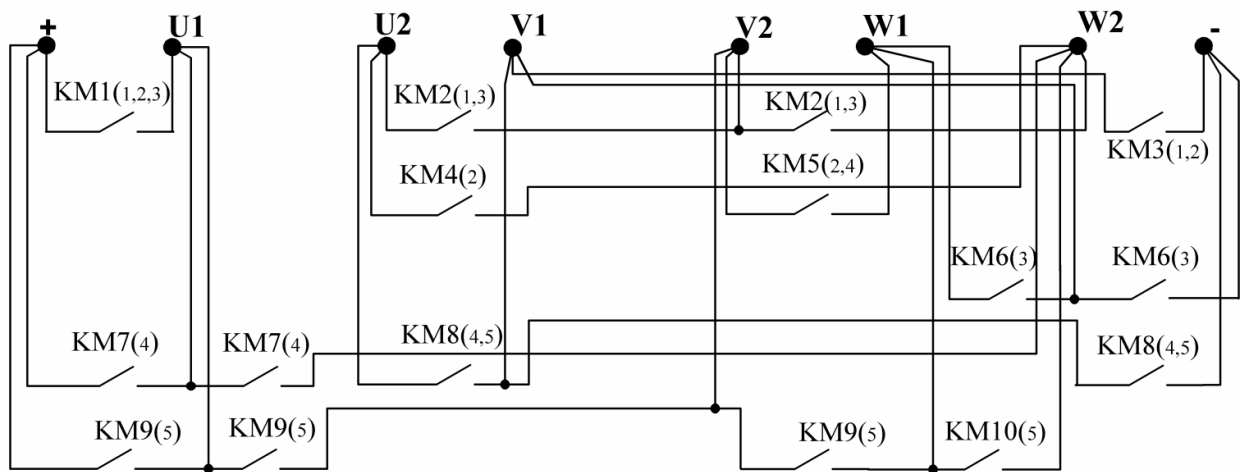


Рисунок 2 - Схема подключения силовых контактов контакторов к клеммам двигателя и клеммам источника постоянного напряжения

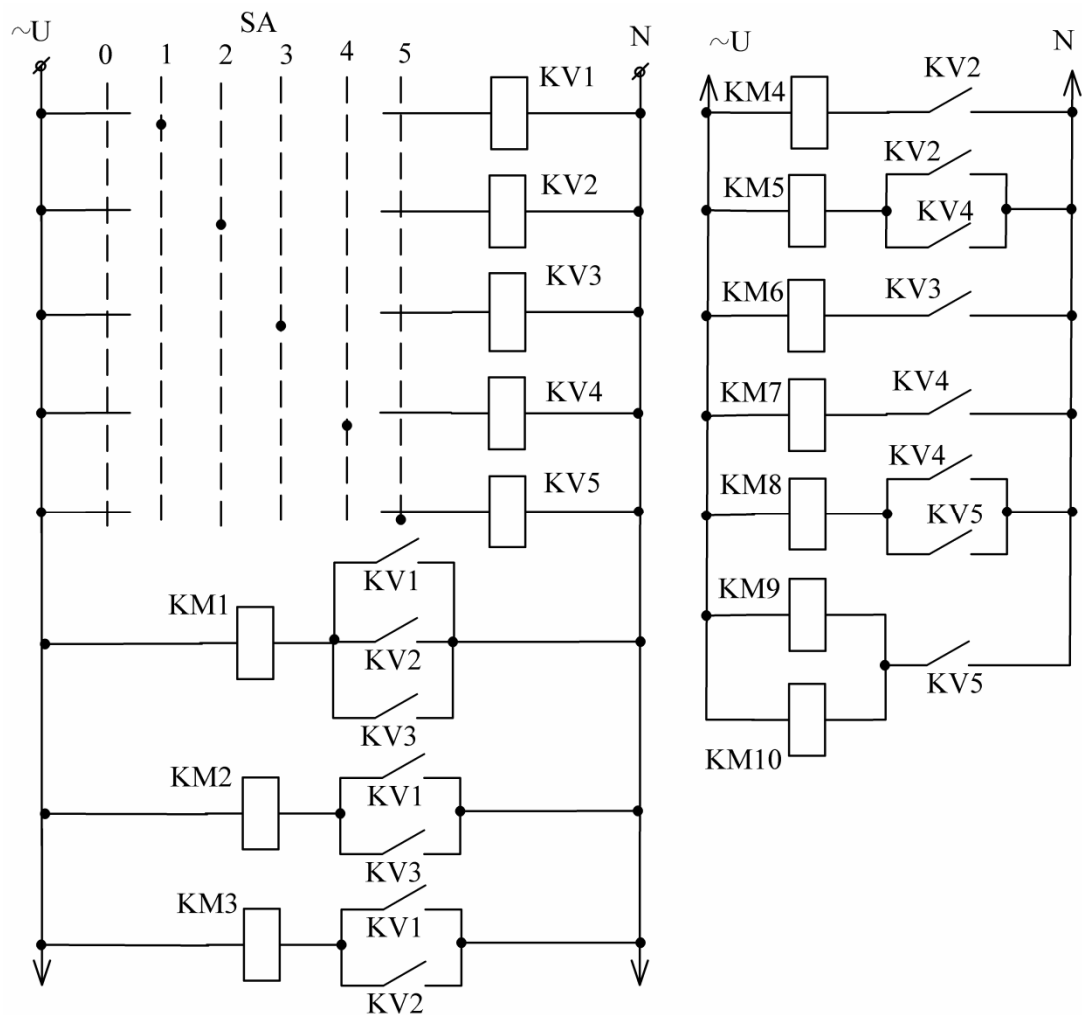


Рисунок 3 - Схема включения контакторов для реализации пяти вариантов включения обмоток статора

Отметим, что при разработке схемы на рисунке 2 надо выбирать силовые контакты пускателей на токи, соответствующие возможным тормозным токам при разных схемах соединения обмоток статора.

Таблица - Номера силовых контактов контакторов, используемых на соответствующих позициях (схемах соединения обмоток статора)

Номера позиций (вариантов схем)	Номера контакторов на соответствующих позициях
1	KM1; KM2; KM3
2	KM1; KM3; KM4; KM5
3	KM1; KM2; KM6
4	KM7; KM8; KM5
5	KM8; KM9; KM10

УДК 658.567.1:628.4.045

И.В. Титова, канд. техн. наук, доцент

В.К. Астанин, доктор техн. наук, профессор

ОБЪЁМЫ ОБРАЗОВАНИЯ ВТОРИЧНОГО ПОЛИМЕРНОГО СЫРЬЯ В ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

Рассматриваются объёмы образования вторичного сырья по Воронежской области и России в целом.

Текущей тенденцией развития машинно-тракторного парка АПК России является снижение поступления техники в агропромышленный комплекс: пополнение машинно-тракторного парка составляет до 4 % в год, а списание – 8 ... 11%. Имеющийся в настоящее время парк сельскохозяйственной техники за последние 10 лет сократился по тракторам в 2,5 раза, по зерно- и кормоуборочным комбайнам - соответственно в 2,7 и 3,0 раза, по оборудованию для животноводства - в 3 ... 4 раза. По состоянию на 1 января 2008 года в парке сельхозтоваропроизводителей Российской Федерации имеется: 439,6 тыс. тракторов сельскохозяйственного назначения; 117,6 тыс. зерноуборочных и 29,5 тыс. кор-

моуборочных комбайнов; 132,8 тыс. плугов. Наблюдается тенденция старения парка; соотношение поступивших и выбывающих тракторов стабильно 1:5, начиная с 1994 по 2006 год. При обеспеченности техникой на 60 ... 80% от норматива техническая готовность машин находится в пределах 75% (зерноуборочные комбайны) и 80% (тракторы) [1]. Парк основных видов техники по России представлен на рисунке 1. [2].

Воронежская область является сельскохозяйственным регионом. Сельскохозяйственное производство, связанное с использованием больших объёмов технических средств, товаров производственного назначения, является поставщиком бывших в употреблении ресурсов в виде подлежащих утилизации машин и оборудования, предметов бытового назначения. Город имеет возможность перерабатывать отходы, но не имеет больших территорий для этого. Сельские районы имеют территорию, но не имеют технологического опыта утилизации. Село должно получить возможность объединяться с индустриальной сферой утилизации города, которая формируется в городской и пригородной зонах, для участия в процессе переработки бывших в употреблении ресурсов.

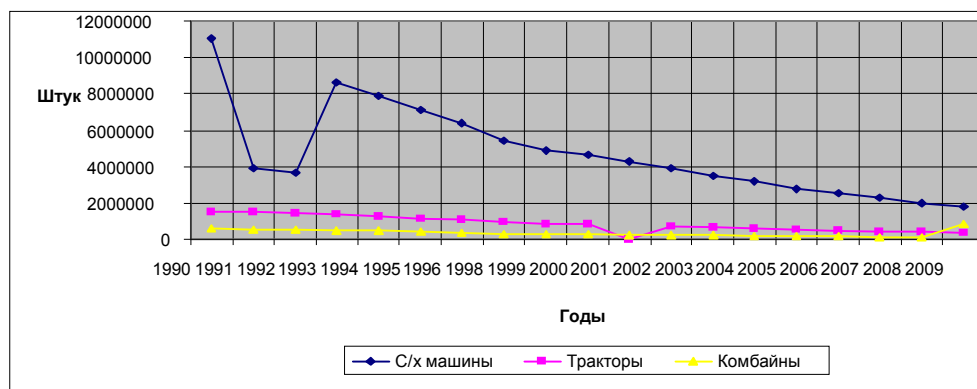


Рисунок 1 - Парк основных видов техники по России

Таким образом, сельские товаропроизводители могут передавать на утилизацию все, что они сами не производили. Они должны иметь возможность создать общую инфраструктуру утилизации на равных условиях экономически самостоятельных хозяйствующих предприятий в процессе утилизации отходов технических средств и извлечении при этом всей возможной прибыли.

Были проведены аналитические исследования наличия технических средств в Воронежской области. В настоящее время в Воронежской области насчитывается более 58 тыс. грузовых автомобилей, более 220 тыс. легковых автомобилей, более 8 тыс. автобусов [3]. Парк основных видов техники по Воронежской области представлен рисунком 2 [2]. Данные приведены в таблице 1.

Машина, выступая как объект утилизации, формирует материальные потоки вторичных ресурсов. Сложная техника – тракторы, комбайны являются многокомпонентными по материалам. Тенденции развития конструкций тракторов, сельскохозяйственных машин и автомобилей обуславливают снижение металлической составляющей и увеличение доли пластмасс до 10,1 % (120 кг) в одной машине. Применение пластика в конструкции автомобиля позволяет снизить массу, улучшить эксплуатационные характеристики автомобиля, повы-

сить его травмобезопасность и комфортабельность. В среднем в одном легковом автомобиле применяется 45 кг пластмасс, в перспективе предусматривается увеличение этого количества до 80 ... 110 кг.

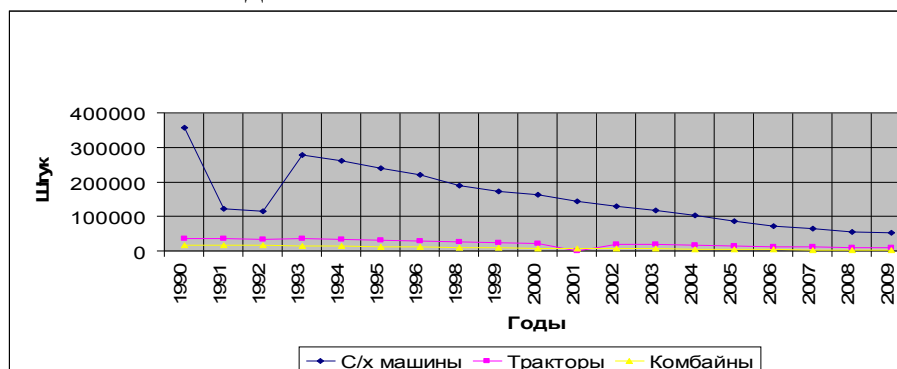


Рисунок 2 - Парк основных видов техники по Воронежской области

Таблица 1 - Наличие тракторов и комбайнов различных сроков службы в Воронежской области

№ п/п	Название технических средств	В крупных и средних с/х организациях, шт.	Приобретено за последние 5 лет, шт.	В малых с/х предприятиях, шт.	Приобретено за последние 5 лет, шт.	В крестьянских (фермерских) хозяйствах и у индивидуальных предпринимателей, шт.	Приобретено за последние 5 лет, шт.
1	Тракторы	13260	3756	1480	583	4998	905
	до 3 лет	850	630	80	65	221	114
	4-8 лет	1678	744	222	123	650	206
	9 лет и более	10732	2382	1178	395	4127	585
2	Комбайны зерноуборочные	3224	1057	368	121	1671	248
	до 3 лет	392	283	29	20	63	35
	4-8 лет	417	215	38	18	144	46
	9 лет и более	2415	559	301	83	1464	167

Изучив машинно-тракторный парк Воронежской области в 2008 году, можем определить количество отходов полимерных деталей при утилизации машин (таблица 2) [4]. Таким образом, на вторичную переработку может быть направлено 2529,8 т полимерных деталей технических средств.

Для того чтобы планировать производственную программу технологической системы переработки отработанных пластмассовых изделий, необходимо иметь полное представление о сырьевой базе переработки полимерных отходов в зоне обслуживания перерабатывающего предприятия.

Нами продолжены исследования объёмов образования полимерных отходов по России в целом. В статистическом отчетности приводят данные по объёму потребления полимеров и объёма образования твердых отходов для России в целом и Воронежской области за 2013...2014 года [5].

Таблица 2 - Наличие полимерных компонентов в составе технических средств АПК по Воронежской области

№ п/п	Наименование техники	Количество техники, шт.	Наличие полимерных компонентов, т	Количество полимерных отходов, т
1	Тракторы	10344,0	1241,2	124,2
2	Комбайны	2826,0	339,1	33,9
3	Сельскохозяйственные машины	53054,0	3183,2	318,3
4	Грузовые автомобили	58928,0	7071,3	7,0
5	Легковые автомобили	229400,0	13764,0	1376,4
ВСЕГО			25298,8	2529,8

Изучив машинно-тракторный парк России, можем определить количество отходов полимерных деталей при утилизации машин (таблица 3).

Таблица 3 - Наличие полимерных компонентов в составе технических средств АПК в России

№ п/п	Наименование техники	Количество техники, шт.	Наличие полимерных компонентов, т.	Количество полимерных отходов, т.
1	Тракторы	259700	31164	3116,4
2	Комбайны	87000	10440	1044
3	Сельскохозяйственные машины	135600	16272	1627,2
4	Грузовые машины	6050000	726000	72600
5	Легковые автомобили	41428000	1864260	186426
Всего			2648136	264813,6

Делаем вывод, что на вторичную переработку может быть направлено по России 264813,6 т. полимерных деталей технических средств в год. Также изучив машинно-тракторный парк Воронежской области в 2013...2014 годах, можем определить количество отходов полимерных деталей при утилизации машин (таблица 4).

Таким образом, на вторичную переработку может быть направлено 4679,7 т полимерных деталей в год технических средств по Воронежской области. Более 50 % всех машин находится в стадии списания и утилизации. Поэтому количество полимерных отходов увеличивается с каждым годом.

Таблица 4 - Наличие полимерных компонентов в составе технических средств АПК по Воронежской области

№ п/п	Наименование техники	Количество техники, шт.	Наличие полимерных компонентов, т.	Количество полимерных отходов, т.
1	Тракторы	23006	2760,7	276
2	Комбайны	3256	390,7	39
3	Сельскохозяйственные машины	86504	10380,5	1038
4	Грузовые машины	87356	10482,7	1048,2
5	Легковые автомобили	569610	22784,4	2278,4
Всего			46797,8	4679,7

Список литературы

1. Агропромышленный комплекс края – Электрон. дан. – М., [2008]. – Режим доступа: <http://www.econom22.ru/press-centre/publication/apk2008.pdf> - Загл. с экрана.
2. Федеральная служба государственной статистики. Центральная база статистических данных / [Электронный ресурс] – Электрон.дан. – М., [2011]. – Режим доступа: <http://www.gks.ru/dbscripts/Cbsd/DBInet.cgi> - Загл. экрана.
3. Итоги Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2006 года: В 9 т. / Федеральная служба гос.статистики. М.: ИИЦ «Статистика России», 2008. - Т.6.: Технические средства, производственные помещения и инфраструктура. – 440 с.
4. Титова И.В. Оценка объемов утилизации полимерных компонентов технических средств АПК Воронежской области / В.К.Астанин, И.В.Титова, А.Л.Тоцкий // Вестник Воронежского государственного аграрного университета.- 2011.-Вып.1(28).- С. 51-52.
5. Федеральная служба государственной статистики. Центральная база статистических данных / [Электронный ресурс] – Электрон.дан. – М., [2014]. – Режим доступа: <http://www.gks.ru/dbscripts/Cbsd/DBInet.cgi> - Загл. экрана.

УДК 621.928.3

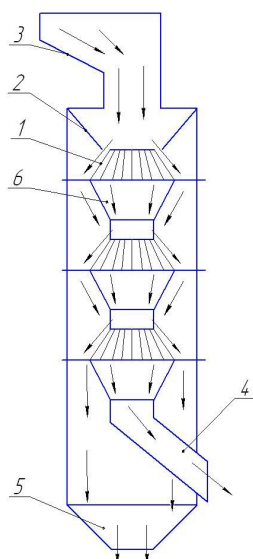
С.В. Мерчалов, канд. техн. наук, доцент
С.В. Лыиков, студент

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ГРАВИТАЦИОННОГО СЕПАРАТОРА

Для сепарирования измельченного зерна предлагается использовать гравитационный сепаратор, сепарирующие поверхности которого выполнены в виде усеченных конусов с клиновидными каналами, расширяющимися по ходу движения обрабатываемого материала.

Основными конструктивными элементами данного сепаратора являются: угол конуса Q , град.; начальная ширина канала a_0 , мм; угол клиновидности канала $\tan \beta$, град. Технологическая схема предлагаемого сепаратора представлена на рисунке 1 [1].

Для выяснения возможностей созданного конического сепаратора проведено два этапа экспериментальных исследований. На первом этапе изучалось влияние гранулометрического состава продукта измельченного сырья M , нагрузки P , угла конуса Q на величину удельного извлечения прохода C .



1. Конус сепарирующий; 2. Направляющая; 3. Бункер; 4. Патрубок готового продукта;
5. Патрубок крупной фракции; 6. Сборник.

Рисунок 1 - Технологическая схема сепаратора

Цель второго этапа заключалась в определении эффективности выделения проходových фракций при последовательном прохождении дерти нескольких одинаковых сепарирующих поверхностей.

Для исследований использовали измельчённый продукт, получаемый в дробилке КДУ-2, наиболее часто используемой для подготовки концентратов на фермах сельскохозяйственных предприятий.

Для проведения первого этапа экспериментальных исследований были изготовлены конусные сепарирующие поверхности с клиновидными каналами и с различными углами конуса Q , устройство для изменения нагрузки P , а также приспособления для вывода и сбора разделяемых фракций.

Для проведения исследований использовали продукт, гранулометрический состав которого соответствовал данным для ячменя, измельчённого на дробилке КДУ-2, при постановке в неё решёт с диаметром отверстий: 2; 4; 6; 8; 10; 12 мм.

Верхний угол конуса $Q=60^\circ$, был выбран из условия свободного схода продукта с рабочей поверхности сепаратора.

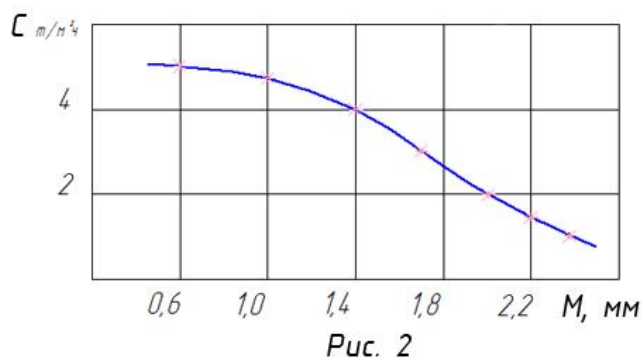
На рисунке 2 приведена экспериментальная зависимость позволяющая оценить влияние гранулометрических параметров (степени измельчения) ис-

ходного сырья на величину удельного извлечения C прохода при $P=80$ кг/ч·см и угле конуса $Q=50^\circ$.

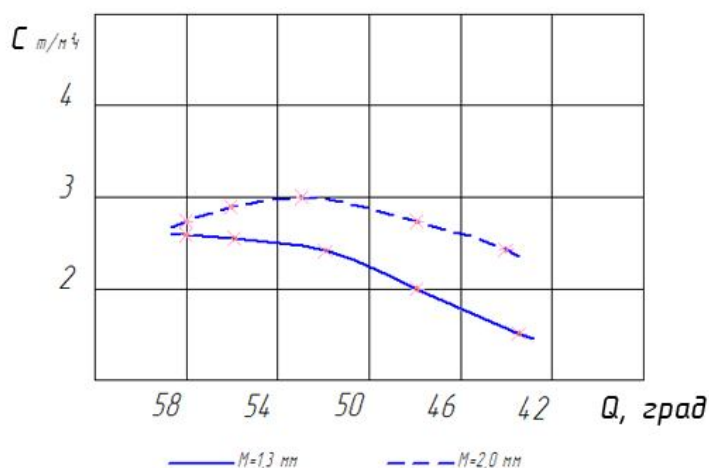
Анализ зависимостей показывает, что увеличение степени измельчения с $M=0,6$ мм до $M=1,3$ мм не оказывает заметного влияния на параметр C . Это связано с тем, что увеличение модуля измельчения существенно не изменяет соотношение проходовых фракций. Выделение прохода происходит по всей длине клиновидного калибрующего канала.

При увеличении степени измельчения от $M=1,3$ мм до $M=2,4$ мм уменьшается содержание частиц, размер которых соответствует начальному размеру канала. В связи с этим часть сепарирующей поверхности работает не эффективно, особенно в начале движения исходного продукта, что снижает эффективность удельного извлечения.

Зависимость удельного извлечения C от модуля исходного продукта M



Зависимость удельного извлечения C от угла конуса Q



При анализе экспериментальных исследований (рисунок 3) зависимостей удельного извлечения C от угла конусности Q сепарирующей поверхности сделано следующее предположение: Что зависимость носит экстремальный характер. Так при исследовании измельченного материала с $M=1,3$ мм удельное извлечение достигает своего наибольшего значения при $Q=54 \div 52^\circ$. Отклонение угла Q от данного диапазона приводит к уменьшению удельного извлечения.

Это можно объяснить следующим образом, что нарушается связь между скоростью движения V частицы и силой N приложенной к ней в направлении перпендикулярном плоскости отверстия. Величина силы N определяется углом конуса Q . Скоростной режим частиц зависит от их физико-механических свойств (f, d) углов откосов и обрушения.

Так при увеличении модуля измельчения исследуемого материала $M=2$ мм, (или увеличения крупности надрешетного продукта) для поддержания высокой эффективности сепарирования, как показывают исследования, необходимо увеличивать угол Q конуса просеивающей поверхности, что предполагает при увеличении крупности исходного продукта, смещения оптимального значения угла Q в сторону увеличения.

При исследовании (рисунок 4) влияния нагрузки P на удельное извлечение C выявлено следующее: что установившееся значение C при нагрузке $P > 4$ т/ч обуславливает более стабильный режим работы конусной сепарирующей поверхности. При $P < 4$ т/ч не полностью используется разделяющая поверхность и эффективность по удельному извлечению проходových частиц снижается.



Рис. 4

Для проведения качественного анализа работы сепарирующей поверхности, отражающей эффективность сепарирования различных проходových компонентов одной разделяющей поверхности от угла конуса Q и β , были отобраны компоненты с размерами частиц: 0,4; 1; 1,6; 2,5 мм.

Конструкция сепарирующей поверхности имеет следующие параметры $a_0=1$ мм, $\text{tg } \beta=0,015$, $l_k=135$ мм, $Q=58^\circ; 56^\circ; 54^\circ; 52^\circ; 50^\circ; 48^\circ; 45^\circ$, $P=50$ кг/ч·см. Результаты экспериментальных исследований представлены на рисунке 5.

Анализ графиков показывает, что угол конуса Q является главным технологическим параметром предлагаемого сепаратора. Для частиц мелкого компонента угол конуса $Q = 50^\circ \div 52^\circ$ является оптимальным. Для частиц крупной фракции угол конуса для лучшей эффективности сепарирования увеличивается, т.е. угол конуса Q передвигается в сторону увеличения. Это связано с изменением составляющей силы тяжести, направленной перпендикулярно плоскости просеивающего отверстия, а так же за счет скорости частицы. При увеличении угла Q , увеличивается составляющая силы тяжести. С другой стороны умень-

шается скорость, что в отдельности, при определенных условиях, например, небольшая нагрузка, увеличение модуля измельчения повышает эффективность сепарирования.

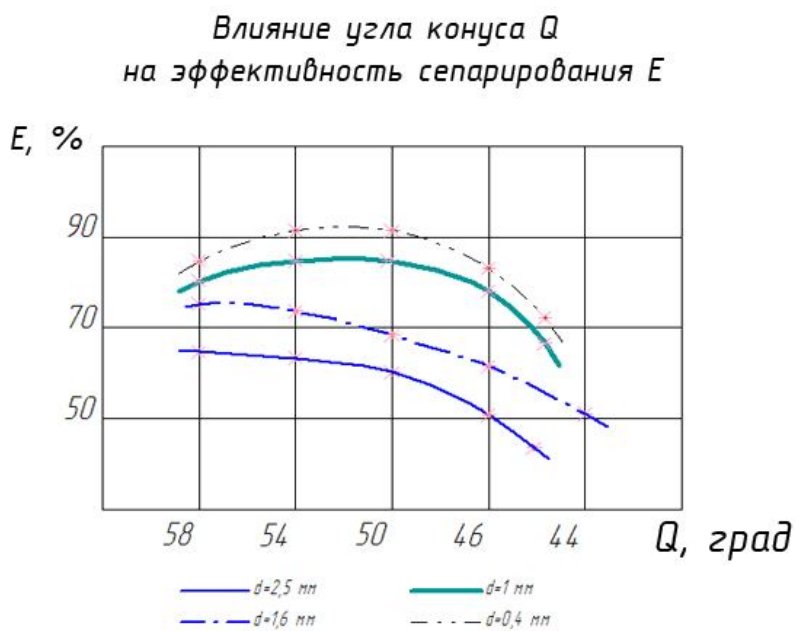


Рис.5

Список литературы

1. А. с.1747152 А1 В02 с 13/00. Устройство для измельчения кормов / А.А. Сундеев, С. В. Мерчалов (СССР).-№ 4835727/33; заявл. 07.06.90, опубл.15.07.92. Бюл. № 26.- 3 с.

УДК 621.423.31

УВЕЛИЧЕНИЕ ЗОНЫ ДЕЙСТВИЯ ЗАЩИТЫ

Н.А. Мазуха, канд. техн. наук, доцент

А.П. Мазуха, канд. техн. наук, доцент

Предложена схема защиты реверсивного трехфазного асинхронного двигателя. В схеме использовано защитное устройство УБЗ-301 для уменьшения длины «мертвой зоны» защиты при обрыве одной из питающих фаз сети с сохранением функции «Контроль порядка следования фаз».

Появление на отечественном рынке многофункциональных защит асинхронных электродвигателей в сетях 380/220 В очень своевременно и требует в свою очередь разработки соответствующих схем управления электроприводами.

При разработке схемы была поставлена задача – создать схему управления реверсивным двигателем с использованием универсального блока защиты УБЗ - 301 (ниже в тексте - блок защиты) и минимальной «мертвой зоной» защиты при обрыве фазы питающей сети, не исключая функцию «Контроль порядка следования фаз». На рисунках 1 и 2 дана предлагаемая схема.

Блок защищает при обрыве фазы, нарушении порядка следования фаз, недопустимых увеличениях или снижениях питающего напряжения, токах перегрузки, несимметрии напряжений и токов в трехфазной сети, минимальных рабочих токах (исчезновении момента на валу двигателя), токах утечки на землю, недопустимо низком уровне изоляции обмоток двигателя и в других случаях (они описаны в заводской инструкции).

Задание рабочих токов, времени срабатывания, порогов по напряжениям и токам, времени АПВ и других параметров легко осуществляется в блоке бесконтрольных приборов. Срабатывание защиты при перегрузке осуществляется с зависимой выдержкой времени. Блок защиты осуществляет индикацию вида аварии. Через блок обмена БО-01 можно осуществлять обмен и передачу информации по протоколу RS – 485.

В схеме на рисунках 1 и 2 приняты буквенные обозначения: У – блок защиты УБЗ-301; М – защищаемый электродвигатель; QF – автоматический выключатель с электромагнитным и тепловым расцепителями; КМВ, КМН пускатели соответственно для направления вращения «Вперед» и «Назад»; KVB, KVH, KV2 - промежуточные реле; SB1 – SB3 - кнопки.

В блоке УБЗ-301 приняты буквенные обозначения из паспортных данных и здесь не расшифровываются (за исключением добавленных предохранителей FU1-FU3). Блок комплектуется двумя линейными трансформаторами ТА1, ТА2 и одним дифференциальным ТА3.

В литературе [1] приведена схема использования блока защиты для нереверсивного привода, где клеммы L1, L2, L3 блока подключены до силовых контактов пускателя. Следовательно, эти контакты вошли в «мертвую зону» защиты при неполнофазных режимах питающей сети, что не желательно.

В предлагаемой на рисунках 1 и 2 схеме за счет специального схемного решения (подробнее будет описано ниже). Клеммы L1, L2 и L3 блока защиты через провода 6, 7 и 8 и контакты KVB и KVH могут быть подключены ниже силовых контактов реверсивного пускателя. Т.е. практически «мертвую зону» защиты при неполнофазных режимах питающей сети можно свести до минимума, если узлы А1-С1 и А2-С2 (см. рис.1) создать непосредственно в клеммной колодке защищаемого двигателя М на традиционных входах U1(С1), V1(С2) и W1(С3).

Введение в схему промежуточного реле KV2 позволяет по команде от замыкающего контакта 3-4 блока защиты осуществлять отключение любого из двух пускателей.

Использование дополнительных реле KVB и KVH соответственно в цепях управления катушки КМВ и КМН позволяет подключать фазы А, В и С питающей сети к клеммам L1, L2 и L3 блока защиты так, чтобы порядок следования фаз А, В и С на клеммах L1, L2 и L3 не менялся даже при смене порядка

следования фаз на входных зажимах двигателя в случае реверсирования двигателя.

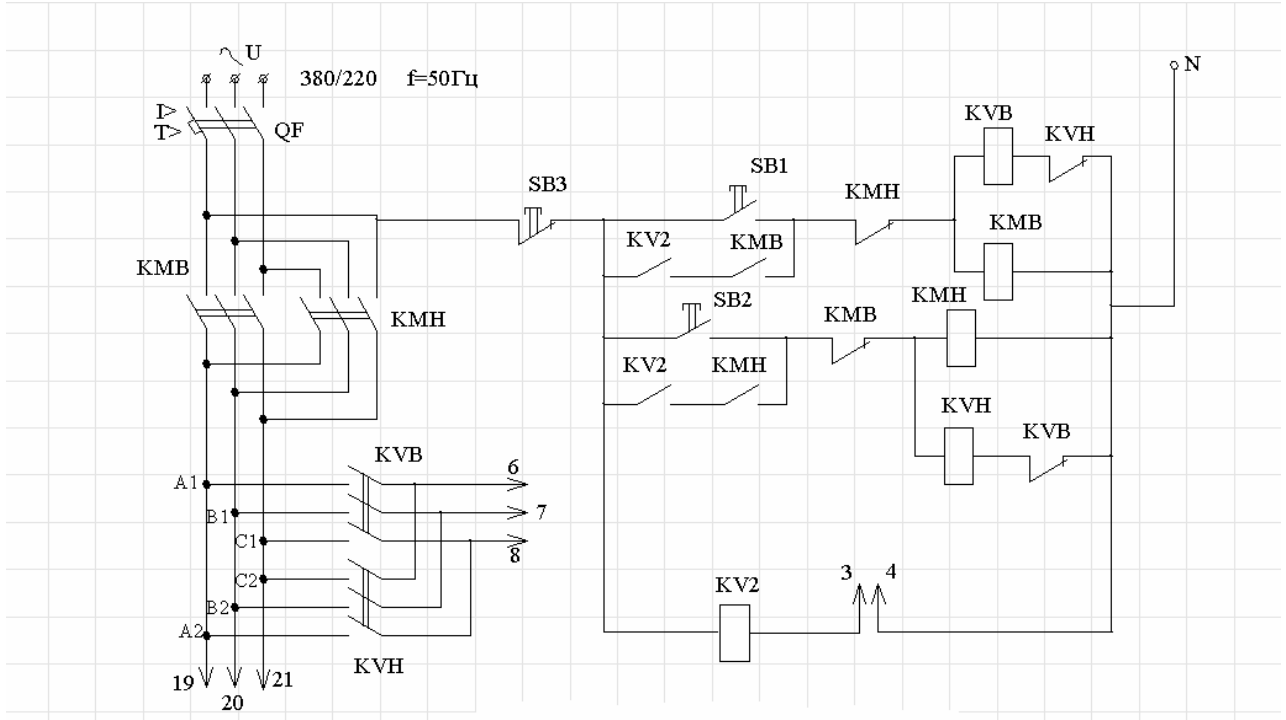


Рисунок 1 - Схема использования универсального блока защиты УБЗ-301 для уменьшения мертвой зоны защиты (начало)

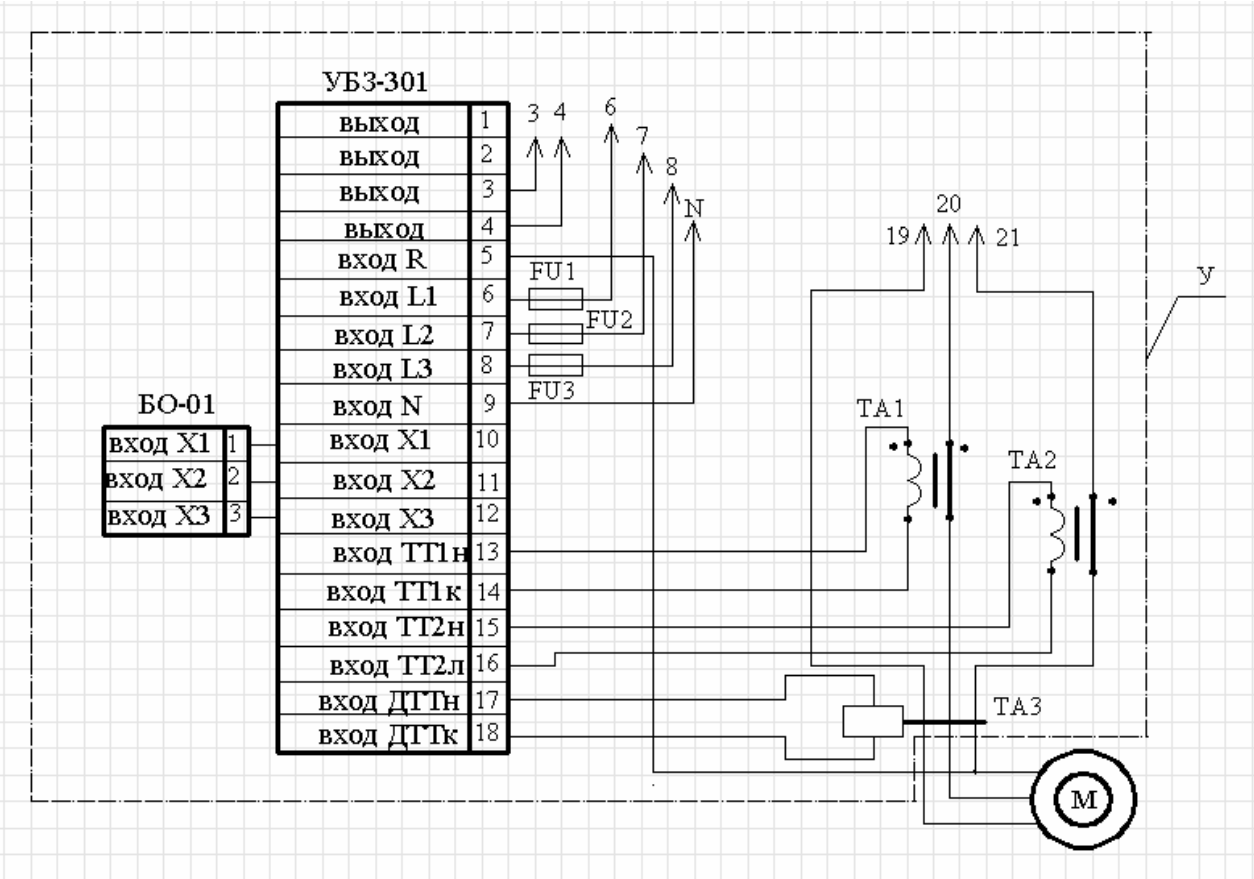


Рисунок 2 - Схема использования универсального блока защиты УБЗ-301 для уменьшения мертвой зоны защиты (окончание)

Введение реле KVB и KVH приходится делать в тех случаях, когда по каким-либо причинам не хватает свободных контактов пускателя КМВ и КМН.

Блок обмена БО-01 может быть введен по желанию заказчика.

Рассмотрим работу схемы подробнее. Пусть блок защиты настроен на нужные величины контролируемых параметров, на вход схемы подается полнофазное напряжение и автоматический выключатель QF включен. Тогда для движения «Вперед» оператор кнопкой SB1 включает пускатель КМВ и одновременно реле KVB. Силовые контакты КМВ включают двигатель, вспомогательный контакт КМВ дополнительно разрывает цепи катушек КМН и KVH, а контакт KVB для большей надежности разрывает цепь катушки KVH.

Это исключает случайное короткое замыкание в силовой цепи и через силовые контакты КМВ – КМН, и через контакты KVB – KVH. При этом трехфазные контакты KVB подключают узлы A1, B1 и C1 трех фаз соответственно к клеммам L1, L2 и L3 блока защиты, который проверяет уровень изоляции статора и параметры сети.

Если все контролируемые параметры в норме, то через определенное время в блоке защиты замыкается замыкающий контакт 3 – 4, поэтому реле KV2 своим контактом шунтирует кнопку SB1, после чего кнопку можно отжать. При возникновении одной из аварийных ситуаций, контролируемых блоком защиты, в блоке размыкается контакт 3-4, реле KV2 отключается и отключает катушки КМВ и KVB, что и требовалось.

Для движения «Назад» оператор кнопкой SB2 включает катушки КМН и KVH. Силовые контакты КМН реверсируют двигатель, вспомогательный контакт КМН дополнительно разрывает цепи катушек КМВ и KVB, а контакт KVH для большей надежности разрывает цепь катушки KVB.

Это исключает случайное короткое замыкание в силовой цепи через силовые контакты КМВ – КМН и через контакты KVB – KVH. При этом трехфазные контакты KVH подключают узлы A2, B2 и C2 (узлы A1, B1 и C1) трех фаз соответственно и клеммам L1, L2 и L3 блока защиты, т.е. порядок следования фаз на входе блока не изменился, хотя на входе двигателя фазы А и С поменялись местами.

Если все контролируемые параметры в норме, то через определенное время в блоке защиты замыкается контакт 3-4, поэтому реле KV2 своим контактом шунтирует кнопку SB2. Кнопку SB2 можно отжать. При возникновении одного из аварийных режимов контакт 3-4 отключает катушку KV2 и контакт KV2 отключает пускатель КМВ и реле KVB, что и требовалось.

Итак, при описанном схемном решении и при подсоединении узлов A1-C1 и A2-C2 непосредственно к входным клеммам двигателя на моторовводной коробке удалось вывести силовые контакты пускателей КМВ и КМН из «мертвой зоны» защиты, а саму «мертвую зону» защиты свести до минимальной. При этом в реверсивном приводе была сохранена функция «Контроль порядка следования фаз».

Все перечисленные аппараты в предлагаемой схеме поставляются на отечественный рынок и поэтому схема может быть легко реализована силами об-

служивающего персонала в нужном хозяйстве и в нужных технологических процессах сельхозпроизводства.

Список литературы

1. Микропроцессорные релейные устройства. Разработка и производство. – Новотек-Электро, 2012. - 11с.

УДК 621.423.31

СХЕМА УПРАВЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЯМИ ПРИ БОЛЬШОЙ СКОРОСТИ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ КРАН-БАЛКИ ПЕРЕД ТОРМОЖЕНИЕМ

А.П. Мазуха, канд. техн. наук, доцент

Н.А. Мазуха, канд. техн. наук, доцент

Предложена схема управления электродвигателями кран-балки при большой скорости перемещения. В схеме использованы современные многофункциональных реле контроля фаз и реле контроля скорости. Рассмотрен вариант схемы противовключения для остановки двигателя с одновременным ограничением тока с помощью резисторов в трех линейных проводах.

Для более быстрого перемещения кран – балок на значительные расстояния по цехам иногда приходится использовать большие скорости. Тогда усложняется процедура более точной остановки перемещающейся балки в нужной точке.

В случае использования реверсивного двигателя процедуру более точной остановки балки можно решить несколькими путями, например, использованием устройства плавного пуска с нужной функцией торможения или использованием схемы противовключения двигателя с ограничением тока в трех линейных проводах [1].

В кран-балках традиционно в простейших случаях используются три электродвигателя для перемещений «Вперед-назад», «Влево-вправо», «Вверх-вниз». Для каждого из трех двигателей схема управления может быть в целом одинаковой.

Предлагаемая схема дана на рис. 1 и 2. В электрической схеме приняты такие обозначения:

- КМШ1, КМШ2 - контакторы для шунтирования реостатов;
- КМВ1, КМВ2 - контакторы для включения двигателей в направлении «Вперед»;
- КМН1, КМН2 - контакторы для включения двигателей в направлении «Назад»;
- РКС1В, РКС2В - контакты реле контроля скорости, которые переключаются при достижении нужной скорости вращения при вращении двигателя «Вперед»;

- РКС1Н, РКС2Н - контакты реле контроля скорости, которые переключаются при достижении нужной скорости вращения при вращении двигателя «Назад»;
- KV1, KV2 - промежуточные реле;
- SBB1, SBB2 - кнопки для включения двигателей в направлении «Вперед»;
- SBH1, SBH2 - кнопки для включения двигателей в направлении «Назад»;
- R1- R6 - резисторы;
- SBC1, SBC2 - кнопки «Стоп»;
- M1 - двигатель для перемещения груза в направлениях «Вперед-назад»;
- M2 - двигатель для перемещения грузов в направлениях «Вверх-вниз»;
- KV3, KV4 - реле контроля фаз.

На рисунке 1 дана схема управления двигателем М1 для перемещения балки в направлении «Вперед-назад», а на рисунке 2 - схема управления двигателем М2 для перемещения груза в направлении «Вверх-вниз». Схема управления двигателем М3 для перемещения балки «Влево-вправо» аналогична схемам на рисунках 1 и 2 и поэтому здесь не показана.

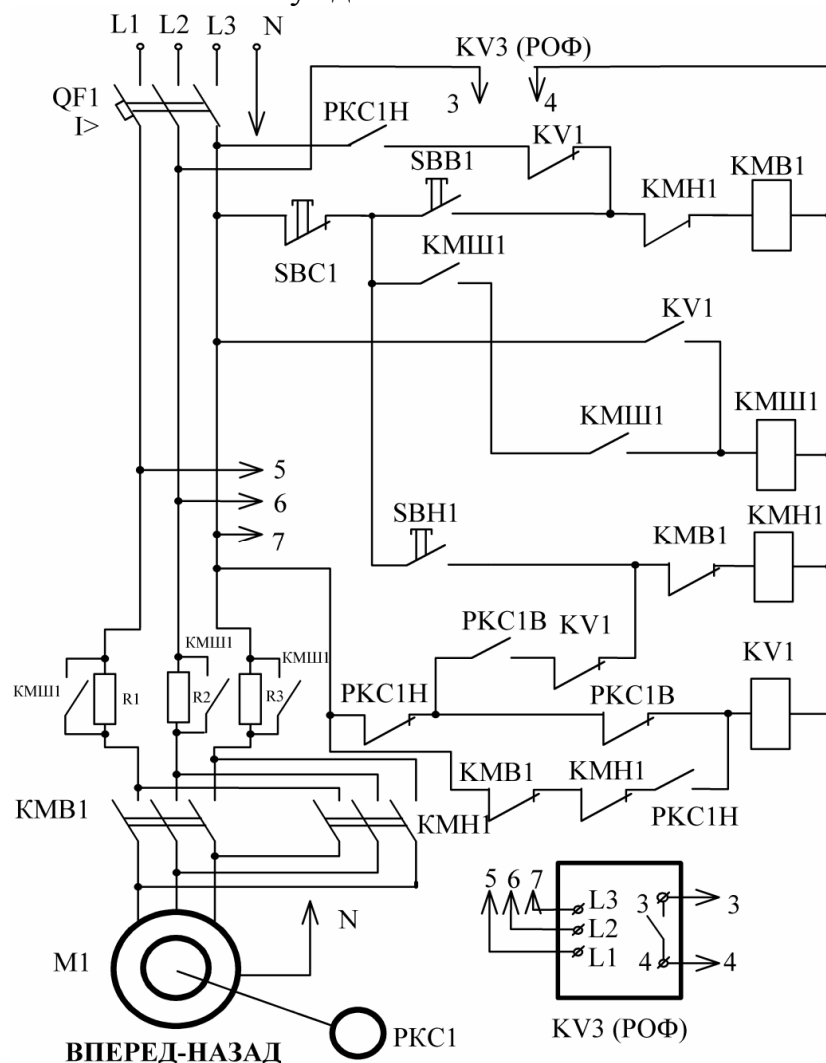


Рисунок 1 - Схема управления двигателем М1 для перемещения балки в направлении «Вперед-назад»

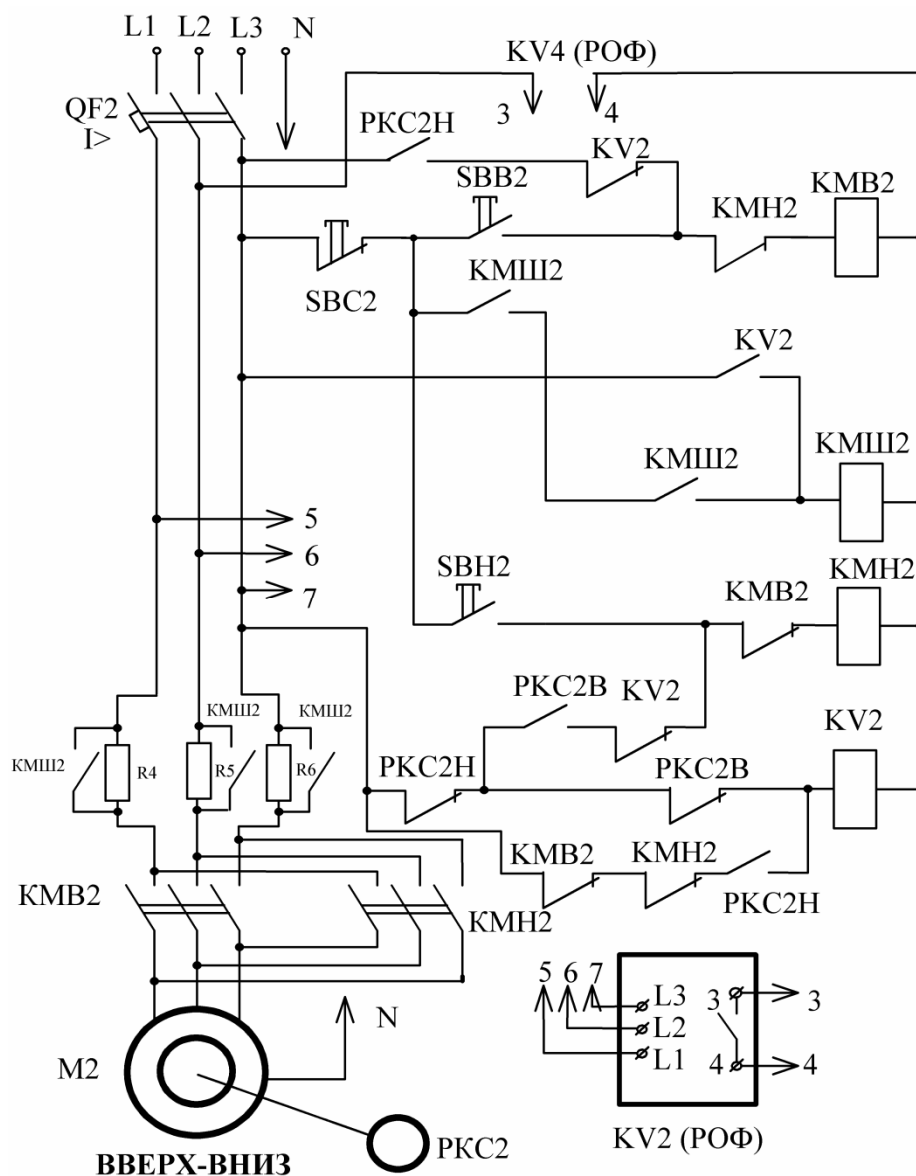


Рисунок 2 - Схема управления двигателем М2 для перемещения балки в направлении «Вверх-вниз»

В схеме дан вариант питания каждого из двигателей с использованием персонального автомата, учитывая разные уставки электромагнитных и тепловых расцепителей из-за разных мощностей двигателей.

Рассмотрим работу схемы подробнее. Пусть на входы схем управления двигателями М1 и М2 подано трехфазное питание, пусть включены автоматические выключатели QF1 и QF2. Тогда подается напряжение на входы 5, 6, 7 реле KV3 и KV4 и эти реле замыкают свои контакты 3-4 соответственно в цепях управления каждого из двигателей.

Принцип работы схемы рассмотрим на примере работы двигателя М1. Схема управления двигателя М2 аналогична схеме управления двигателя М1.

При нажатии и последующем удержании кнопки SBB1 включается пускатель КМВ1, который включает двигатель М1. Т.к. двигатель М1 еще не успел достичь нужных оборотов, то через замкнутые контакты РКС1Н и РКС1В включается реле KV1, которое включает катушку КМШ1, поэтому контактор

КМШ1 своими контактами шунтирует резисторы R1, R2 и R3, ускоряя пуск двигателя. Контакт КМШ1 своими вспомогательными контактами становится на самоподпитку.

При этом оператор не может отвлечься на другие операции, т.к. должен держать кнопку SBB1 нажатой. После разгона двигателя М1 контакт РКС1В отключает катушку KV1, но отключение реле KV1 не приводит к отключению контактора КМШ1. Двигатель продолжает перемещать балку.

Для остановки двигателя М1 оператор должен нажать кнопку SB1С, отпустив одновременно кнопку SBB1. Поэтому пускатель КМВ1 и контактор КМШ1 отключаются. Силовые контакты КМВ1 и КМШ1 размыкаются. Двигатель М1 отключается от сети.

Т. к. скорость двигателя М1 мгновенно не может уменьшиться до нуля, то одновременно по цепи РКС1Н - РКС1В - KV1 - КМВ1 включается катушка пускателя КМН1. Происходит торможение двигателя по схеме противовключения при ограничении токов в трех линейных проводах резисторами R1 - R3.

Отметим, что реле KV1 сейчас не может включиться, так как еще разомкнут размыкающий контакт РКС1В и разомкнут размыкающий контакт КМН1.

После снижения скорости двигателя размыкается контакт РКС1В, который отключает катушку КМН1, а значит пускатель КМН1 разбирает схему противовключения двигателя. В то же время другой контакт РКС1В замыкается и включает реле KV1, которое включает контактор КМШ1 для шунтирования резисторов R1 - R3. Двигатель М1 останавливается.

Для вращения двигателя в направлении «Назад» оператор нажимает и продолжает удерживать кнопку SBN1, поэтому включается пускатель КМН1 и двигатель М1 начинает разгон при ранее включившихся реле KV1 и контакторе КМШ1. Разгон происходит при зашунтированных резисторах R1 - R3.

После набора двигателем нужной скорости размыкающий контакт РКС1Н отключает реле KV1, но отключение реле KV1 не приводит к отключению контактора КМШ1. Двигатель М1 продолжает перемещать балку. При этом оператор не может отвлечься на другие операции, так как должен держать кнопку SBN1 нажатой.

Для остановки двигателя оператор должен нажать кнопку SBC1, отпустив одновременно кнопку SBN1. При этом пускатель КМН1 и контактор КМШ1 отключаются. Силовые контакты КМН1 и КМШ1 размыкаются. Двигатель М1 отключается от сети, а резисторы R1 - R3 расшунтируются.

Т. к. двигатель не может мгновенно остановиться, то по цепи РКС1Н - KV1 – КМН1 включается пускатель КМВ1. Происходит торможение двигателя по схеме противовключения с одновременным ограничением токов в трехлинейных проводах резисторами R1 - R3.

Отметим, что реле KV1 сейчас не может включиться, так как в цепи катушки KV1 еще разомкнут размыкающий контакт РКС1Н и разомкнут размыкающий контакт КМВ1. Поэтому сейчас контактор КМШ1 продолжает оставаться отключенным, а резисторы R1 - R3 - расшунтированными.

После снижения скорости двигателя размыкается контакт РКС1Н, который отключает катушку КМВ1, поэтому пускатель КМВ1 разбирает схему про-

тивовключения двигателя. В то же время другой контакт РКС1Н замыкается и включает реле KV1, которое включает катушку КМШ1 для шунтирования резисторов R1 - R3. Двигатель М1 останавливается.

Многофункциональные реле контроля KV3 и KV4, например, фирмы «Меандр» позволяют защищать двигатели М1 и М2 при неполнофазных режимах питающей сети за счет своевременного размыкания замыкающих контактов 3 – 4 в соответствующих цепях управления.

Особенностью предлагаемой схемы управления кран-балкой являются отсутствие цепей самоудержания у реверсивных пускателей, наличие современных многофункциональных реле контроля фаз, использование варианта схемы противовключения для остановки двигателя с одновременным ограничением тока с помощью резисторов в трех линейных проводах.

Список литературы

1 Алиев И. И. Электрические аппараты: справочник / И. И. Алиев, М. Б. Абрамов. – М.: Радио Софт, 2005. – 256 с.

Научное издание

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ДЛЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

**МАТЕРИАЛЫ
НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ ПРОФЕССОРСКО-
ПРЕПОДАВАТЕЛЬСКОГО СОСТАВА,
НАУЧНЫХ СОТРУДНИКОВ И АСПИРАНТОВ**



Издается в авторской редакции.

Подписано в печать 18.06.2015 г. Формат 60x84¹/₈
Бумага кн.-журн. П.л. 10,75. Гарнитура Таймс.
Заказ № 12257

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I»
Типография ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ 394087, Воронеж, ул. Мичурина, 1

Отпечатано с оригинал-макета заказчика. Ответственность за содержание
предоставленного оригинал-макета типография не несет.
Требования и пожелания направлять авторам данного издания.