

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ – ВАЖНЕЙШЕЕ УСЛОВИЕ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ АПК

**Материалы Международной научно-технической
конференции**

(Минск, 21-22 ноября 2013 г.)

Минск
БГАТУ
2013

Энергосбережение – важнейшее условие инновационного развития АПК : материалы Международной научно-технической конференции (Минск, 21-22 ноября 2013 г.) / под ред. М. А. Прищепова. – Минск : БГАТУ, 2013. – 424 с. – ISBN 978-985-519-624-3.

В сборнике обобщены материалы конференции, посвященной рассмотрению перспектив и направлений развития энергетики, энергообеспечению, нетрадиционным и возобновляемым источникам энергии, применению электротехнологии и электрооборудования, автоматизации технологических процессов в АПК, а также энергосберегающим технологиям и техническим средствам для производства, переработки и хранения сельскохозяйственной продукции, последипломному образованию специалистов, управлению качеством образования в вузе. В докладах отражены теоретические и практические достижения ученых Беларуси, России, Украины, Казахстана, дается анализ состояния энергетики АПК и представлены перспективы ее развития.

Материалы будут полезны и интересны для научных сотрудников, занимающихся энергетикой АПК, других специалистов, а также студентов.

Под редакцией доктора технических наук, доцента *М. А. Прищепова*

Редакционная коллегия:

Прищепов М. А., д-р тех. н., доц. (научный редактор),

Протосовицкий И. В., канд. тех. н., доц.,

Русан В. И., д-р тех. н., проф.,

Гируцкий И. И., д-р тех. н., доц.,

Дайнеко В. А., канд. тех. н., доц.,

Коротинский В. А., канд. тех. н., доц.,

Степанцов В. П., канд. тех. н., доц.,

Шевчик Н. Е., канд. тех. н., доц.

*Ответственность за достоверность публикуемых
материалов несут их авторы.*

Вступительное слово ректора УО «БГАТУ» доктора технических наук, профессора И.Н. Шило на пленарном заседании международной научно-технической «Энергосбережение - важнейшее условие инновационного развития АПК»

Уважаемые участники и гости международной научно-технической конференции «Энергосбережение – важнейшее условие инновационного развития АПК»!

От имени оргкомитета конференции и ректората УО «БГАТУ» сердечно приветствую Вас с началом работы международной научно-практической конференции. Мне особенно приятно отметить участие в конференции известных ученых агроэнергетиков нашей страны, России, Украины. Казахстана и др. В работе конференции принимает участие более 100 специалистов, представляющих различные министерства и ведомства, учебные и научно-исследовательские организации и др. Это говорит о том, что к конференции проявлен большой интерес, и тематика ее представляется весьма актуальной.

Одна из актуальных и приоритетных задач социально-экономического развития нашей страны на современном этапе - переход на инновационный энергоэффективный путь развития. Указом Президента Республики Беларусь 2013 год объявлен годом бережливости.

В условиях Республики Беларусь, самым перспективным путем сделать национальную экономику наиболее энергоэффективной и конкурентноспособной на мировом рынке является энергосбережение.

Энергосберегающий путь развития экономики республики определен законом Республики Беларусь об энергосбережении и директивой №3 Президента страны «Экономия и бережливость - главные факторы экономической безопасности государства», а также Законом Республики Беларусь «О возобновляемых источниках энергии».

Особенно большие резервы энергосбережения имеются в АПК, где в настоящее время сложилась непростая энергетическая ситуация и высокая энергоемкость экономики. В решении этой проблемы особенно большая роль принадлежит ученым и специалистам-энергетикам.

Ускорение темпов научно-технического прогресса и устойчивое развитие сельскохозяйственного производства, повышение технического уровня и улучшение условий труда в АПК определяются и будут определяться в значительной степени аграрной энергетикой. Глав-

ными задачами развития энергетики АПК являются надежное и экономичное энергообеспечение сельского хозяйства, обеспечение высокой энергоэффективности сельскохозяйственного производства и быта сельского населения. Одним из направлений развития энергетики в республике является разработка и внедрение социальных стандартов по обеспечению населения электроэнергией и газом, призванных создать равные условия при обеспечении сельского и городского населения энергоресурсами. При реализации проектов по использованию различных видов топлива выявилась необходимость серьезной научной и инженерной проработки вопросов экологии, использования передовых технологий и их экономического обоснования.

Улучшение положения в АПК возможно при создании эффективной энергетической службы на всех уровнях, модернизации и создании производственной базы для промышленного изготовления энергетического оборудования для АПК, использование возобновляемых источников энергии.

Стратегической целью развития энергетики АПК является надежное и устойчивое энергообеспечение потребителей при условии снижения энергоемкости производства сельскохозяйственной продукции, следовательно, и ее себестоимости.

Мировой опыт показывает, что изложенные проблемы необходимо решить комплексно на основе интеграции образования, науки и производства. В структуре УО «БГАТУ» функционирует единственный в республике агроэнергетический факультет, который готовит специалистов по специальности «Энергетическое обеспечение сельского хозяйства». В соответствии с приказом ВАК Республики Беларусь от 01.06.2011 г. при БГАТУ утвержден новый состав Совета по защите диссертаций Д.05.31.01, которому разрешено проводить защиты диссертаций на соискание ученой степени доктора (кандидата) наук по специальностям:

05.20.02 - электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве (технические науки);

05.13.06. - автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (сельское хозяйство, технические науки);

05.14.08. - энергоустановки на основе возобновляемых видов энергии, (технические науки).

Наш университет располагает высококвалифицированными научными кадрами и специалистами, а также современной лабора-

торной базой. В п. Боровляны имеется производственная база, на которой осуществляется практическая подготовка специалистов, научные исследования и производственные испытания разрабатываемых установок.

Согласно плану работы на конференции предполагается заслушать более 120 докладов с рассмотрением широкого круга вопросов для решения энергетических проблем АПК.

Выражаем надежду, что Вы сможете выработать научные рекомендации и принять резолюцию конференции по повышению эффективности энергообеспечения АПК

Желаю всем участникам конференции успешной и плодотворной работы.

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ

УДК 631.171:620.9

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ АПК

Русан В.И., д.т.н., профессор

*УО «Белорусский государственный аграрно-технический
университет» г. Минск, Республика Беларусь*

В соответствии с основными положениями программы социально-экономического развития Республики Беларусь на 2011-2015 годы главными направлениями повышения эффективности АПК являются переход на интенсивный путь развития и внедрение передовых технологий. Усилия в этой сфере сконцентрированы на формировании высокорентабельного и устойчивого сельскохозяйственного производства и переработки сельскохозяйственной продукции с высоким уровнем электромеханизации и автоматизации, внедрением энергоэффективных технологий, соответствующих мировым аналогам.

Это имеет особенно важное значение в связи с утверждением 22 мая 2013 г. Советом Министров Республики Беларусь нового целевого показателя по экономии ресурсов: снижение уровня затрат на производство продукции (работ, услуг) в фактических ценах (процентах).

Это решение нацелено на достижение более эффективного (рационального) использования ресурсов и экономически оправданной

эффективности использования ТЭР. Ускорение темпов научно-технического прогресса и интенсификация сельскохозяйственного производства, повышение технического уровня и улучшение условий труда в АПК определяются и будут определяться в значительной степени энергетикой.

В связи с этим главными задачами развития энергетики АПК является обеспечение надежного и экономичного энергообеспечения сельскохозяйственных потребителей, повышение энергоэффективности сельскохозяйственного производства на основе электромеханизации технологических процессов. Для решения этих задач приоритетными направлениями в области электроснабжения сельских территорий являются модернизация и совершенствование систем электроснабжения, снижение степени износа электрических сетей, переход на адаптивные системы электроснабжения, выбор принципов построения и путей технического развития интеллектуальных электрических сетей для повышения их надежности и качества электроэнергии, а также снижение потерь энергии и эксплуатационных затрат.

Инновационными техническими решениями в системах электроснабжения являются: ВЛ из материалов с эффектом памяти формы, электропередачи и электрические сети повышенной живучести, электропередачи с расширенными функциональными возможностями, резонансные методы передачи электроэнергии, распределенные системы генерации и накопления энергии (возобновляемые, когенерационные) и др.

Весьма перспективным в электроснабжении представляется переход на интеллектуальные электрические сети. Интеллектуальные электрические сети – это сети нового поколения, которые интегрируют производителей, потребителей электроэнергии и электрические сети, образуя единое информационное и коммуникационное пространство. На технологическом уровне они объединяют электрические сети, потребителей и производителей электроэнергии в единую автоматизированную систему, которая в режиме реального времени позволяет отслеживать и контролировать режимы работы всех участников процесса выработки, передачи и потребления электроэнергии.

Эти сети в автоматическом режиме оперативно реагируют на изменения различных параметров и позволяют осуществить бесперебойное электроснабжение потребителей с максимальной эконо-

мической эффективностью при одновременном снижении влияния человеческого фактора.

Проведенные расчеты показали, что децентрализованная автоматизация сельских электрических сетей с применением многофункциональных автоматических пунктов секционирования (реклоузеров) позволит достичь радикального повышения надежности электроснабжения потребителей без их глобальной реконструкции. Одним из приоритетов энергетической политики Беларуси в настоящее время и на перспективу являются энергосбережение и вовлечение в топливно-энергетический баланс возобновляемых источников энергии (ВИЭ) и местных топливно-энергетических ресурсов (ТЭР).

В соответствии с Республиканской программой энергосбережения на 2011-2015гг для Минсельхозпрода установлены следующие задания по экономии ТЭР и доли использования местных видов ТЭР.

Таблица 1

Показатели	Годы					За 5 лет
	2011	2012	2013	2014	2015	
Экономия ТЭР, тыс. т.у.т.	140-170	110-200	100-202	100-210	100-215	550-997
Доля местных ТЭР, %	28	30	32	35	38	

Достижение поставленных показателей в сельском хозяйстве предусматривается путем:

- реализации комплексного подхода к энергоснабжению агрогородков за счет внедрения в крупные сельскохозяйственные организации и перерабатывающие предприятия электрогенерирующих установок на местных видах топлива (МВТ), а также строительства когенерационных установок и других энергетических комплексов на биомассе и углеводородном топливе;
- использования соломы в энергетических целях в объеме до 230 тыс. т.у.т.;
- использования гелиоводонагревателей;
- модернизации зерносушилок с укомплектованием их теплогенераторами на МВТ;
- строительства локальных биогазовых комплексов в сельскохозяйственных организациях, занимающихся производством крупного рогатого скота, свиней, птицы;

- модернизации животноводческих комплексов с переходом на новые энергоэффективные технологии;
- снижения потерь воды в водопроводных сетях и непроизводительных расходов электроэнергии на перекачку воды, внедрения современных пластиковых трубопроводов;
- внедрения энергоэффективного оборудования в производстве сжатого воздуха и холода;
- внедрения энергоэффективных систем освещения в сельскохозяйственном производстве и жилищно-коммунальном секторе.

Новой концепцией энергетической безопасности Республики Беларусь на период до 2020 г. предусматривается использование нетрадиционных и возобновляемых источников энергии, при этом в нарастающих масштабах. С учетом природных, географических и метеорологических условий республики предпочтение отдается малым гидроэлектростанциям, ветроэнергетическим и биоэнергетическим установкам, установкам для сжигания отходов растениеводства и бытовых отходов, фотоэлектрическим установкам и геотермодонагревателям, тепловым насосам.

Возобновляемая энергетика может стать основой региональных и локальных систем энергоснабжения. ВИЭ используются с целью экономии истощаемых традиционных энергоресурсов, защиты окружающей среды и улучшения условий жизни населения, особенно в сельской местности. Это обусловлено особенностями электроснабжения и специфическими условиями эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве.

ВИЭ могут быть использованы для целей электро- и теплоснабжения сельскохозяйственных объектов, сушки сельскохозяйственной продукции и механического привода технологических процессов сельскохозяйственного производства и др. Наиболее эффективно использование ВИЭ при комплексном их применении, в т.ч. с установками на углеводородном топливе. Проведенные исследования показали, что потенциал возобновляемой энергетики в республике велик и составляет 12-20 млн. т.у.т.

Для устойчивого энергообеспечения потребителей от ВИЭ наиболее эффективным представляется их комбинированное использование, в т.ч. с комплексным применением различных типов аккумуляторов электрической и тепловой энергии. Для решения этих проблем необходимо использовать соответствующие системы для энергоснабжения различ-

ных объектов, как например, жилой дом, автономные объекты в регионах, отдельные населенные пункты и т.п. Комплексный подход к использованию ВИЭ и аккумуляторов энергии обеспечивает наиболее полное использование ресурсов энергетических установок в альтернативной энергетике.

В республике разработана и в 2011 г. утверждена национальная программа развития местных и возобновляемых энергоисточников на 2011-2015 года, основной целью которой является увеличение объемов использования собственных энергоресурсов и развитие новых тенденций в области энергетики с доведением доли местных видов ТЭР в балансе котельно-печного топлива до 30%.

Основными направлениями данной программы являются увеличение использования в энергетических целях древесного топлива и торфа, использование соломы, коммунальных отходов, стоков и вторичных энергоресурсов для выработки электрической и тепловой энергии, внедрение биогазовых, ветроэнергетических и гелиоустановок, тепловых насосов, восстановление и строительство гидроэлектростанций.

Важная роль в развитии возобновляемой энергетики в Беларуси отводится созданной в 2009 году ассоциации «Возобновляемая энергетика», главным направлением деятельности которой является формирование экономической, социальной и научно-технической политики по использованию ВИЭ в различных областях экономики страны. В соответствии с уставом основными задачами ассоциации определены:

- сотрудничество с академической, вузовской и отраслевой наукой, оказание содействия членам ассоциации в развитии НИР и внедрении их результатов в производство, развитие нормативной базы ВИЭ;
- информационная и пропагандистская деятельность, проведение семинаров и конференций и т.п.;
- подготовка и повышение квалификации инженерно-технических кадров, развитие их профессионального и творческого потенциала;
- обмен передовым опытом внедрения ВИЭ во взаимодействии с государственными и негосударственными структурами;
- установление и расширение межгосударственного сотрудничества в области ВИЭ.

Расширение масштабов использования возобновляемых источников энергии невозможно без специалистов, которые могли бы не только разрабатывать специальное оборудование и технологии, но и грамотно эксплуатировать их на производстве. Только высоко-

квалифицированные специалисты, понимающие, что такое возобновляемая энергия, как она производится, преобразуется и используется, смогут принимать правильные решения по энергоэффективному энергообеспечению потребителей.

В связи с расширением использования ВИЭ в АПК возникла проблема подготовки специалистов в области возобновляемой энергетики и энергосбережения. На первом этапе её можно проводить в рамках повышения квалификации, а на втором – путем открытия специальности по возобновляемой энергетике для получения второго высшего образования.

Мировой опыт показывает, что наиболее эффективно проблемы энергообеспечения и энергосбережения в АПК необходимо решать в комплексе на основе интеграции обучения, науки и практики.

Реализация устойчивого энергетического обеспечения АПК невозможна без создания энергетической службы на всех уровнях с современной производственной базой и организации технического сервиса электрооборудования в соответствии с ТКП-181-2009 «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей» и требованиями Госэнергонадзора Республики Беларусь.

В этой связи необходим переход на систему технического обслуживания электрооборудования по техническому состоянию с использованием современных информационных технологий и средств диагностирования.

Неотложное решение вышеизложенных проблем будет способствовать преодолению энергетического кризиса, возрождению и развитию АПК, а также внесет существенный вклад в обеспечение энергетической и продовольственной безопасности Республики Беларусь.

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОЕКТОВ ВНЕДРЕНИЯ БИОГАЗОВЫХ КОМПЛЕКСОВ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЯХ

*Полещук Л.Л., начальник управления энергетического обеспечения
и транспорта Министерства сельского хозяйства и
продовольствия, г. Минск, Республика Беларусь*

Важнейшим направлением в использовании возобновляемых источников энергии (далее - ВИЭ) в сельскохозяйственных и перерабатывающих организациях Министерства сельского хозяйства и продовольствия является внедрение биогазовых комплексов, работающих на отходах животноводства и растениеводства.

Основными нормативными документами, определяющими развитие ВИЭ в стране, являются Закон Республики Беларусь от 27 декабря 2010 г. № 204-З «О возобновляемых источниках энергии» и постановление Министерства экономики от 30 июня 2011 г. № 100 «О тарифах на электрическую энергию, производимую из возобновляемых источников энергии».

Согласно ст.11 и ст. 20 Закона «О возобновляемых источниках энергии» государственные энергоснабжающие организации гарантируют приобретение всей предложенной энергии, произведенной из возобновляемых источников энергии и поставляемой в государственные энергетические сети, а также ее оплату по тарифам на электрическую энергию для промышленных и приравненных к ним потребителей с присоединенной мощностью до 750 кВт·А с применением повышающих коэффициентов, дифференцированных в зависимости от вида возобновляемых источников энергии.

В соответствии с указанным постановлением Министерства экономики повышающие коэффициенты при производстве электроэнергии с использованием биогаза:

- первые десять лет со дня ввода в эксплуатацию установок - 1,3;
- последующие десять лет эксплуатации установок - 0,85.

Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 9.06.2010 г. № 885 (в ред. от 30.11.2011 г. № 1622) утверждена Программа строительства энергоисточников, работающих на биогазе, на 2010-2015 годы. Данной Программой в 2010-2015 годах в 22 организациях Минсельхозпрода предусматривается внедрение биогазовых комплексов общей мощностью 21,7 МВт.

В настоящее время биогазовые комплексы функционируют в 7 организациях Минсельхозпрода:

- КСУП «СГЦ «Западный» - 0,5 МВт
- ОАО «Гомельская птицефабрика» - 0,33 МВт
- КСУП «Племптице завод «Белорусский» - 0,33 МВт
- СПК «Агрокомбинат «Снов» - 2,0 МВт
- СПК «Лань-Несвиж» - 1,4 МВт
- СПК «Рассвет» им. К.П. Орловского - 4,8 МВт
- Вилейский филиал ОАО «Молодеченский молочный комбинат» - 0,32 МВт (на молочной сыворотке).

Наиболее продолжительный и успешный опыт эксплуатации биогазового комплекса на данный момент имеет КСУП «СГЦ «Западный».

В качестве сырья для выработки биогаза организация использует навоз, отходы рыбоводства, растительные остатки, другие органические отходы. В 2012 году в результате работы биогазового комплекса выработка электрической энергии составила 3,5 млн. кВтч, из которых 3,3 млн. кВтч было реализовано РУП «Брестэнерго». Выручка от реализации электроэнергии составила 4,9 млрд. рублей. Комплексом так же выработано 2,1 тыс. Гкал тепловой энергии, из которых сторонним потребителям отпущено 1,3 тыс. Гкал. Срок окупаемости по проекту составил 6 лет.

Кроме того, организация использует полученные в результате сбраживания навоза органоминеральные удобрения (около 32 тыс. тонн), что позволило отказаться от применения азотных удобрений, а так же дополнительной возможностью комплексного использования отходов явилось использование хозяйством очищенных жидких стоков для орошения полей.

Имеющаяся практика реализации проектов по внедрению биогазовых комплексов показала, что на различных стадиях необходимо обеспечить выполнение ряда мероприятий.

На прединвестиционной стадии организацией осуществляется:

- проведение маркетинговых исследований, обобщение их результатов, выявление потенциала по сбыту продукции
- выработка стратегии развития на основе альтернативных вариантов;
- определение схемы размещения производства, выбор технологий и оборудования;

- оценка эффективности инвестиционного проекта и степени риска его реализации;

- оценка эффективности инвестиционного проекта и степени риска его реализации.

Обоснование инвестиций в строительство необходимо осуществлять в соответствии с СНБ 1.02.03-97 «Порядок разработки, утверждения и состав обоснований инвестиций в строительство предприятий, зданий и сооружений», утвержденными приказом Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь от 25.08.1997 № 358.

Согласно СНБ 1.02.03-97 в рамках обоснования инвестиций в строительство определяются:

- место размещения создаваемого производства;
- оптимальная мощность;
- технические и технологические решения по составу и комплектности необходимого для производства оборудования;
- потребность в производственных, складских и иных помещениях, инженерно-технической и транспортной инфраструктуре;
- материально-технические балансы и основные экономические параметры создаваемых производств.

При реализации проекта за счет иностранной кредитной линии (при привлечении внешних займов) выполняется:

- проведение инициатором проекта маркетинговых исследований;
- выбор исполнителя по разработке обоснований инвестиций в строительство;
- разработка исполнителем обоснований инвестиций в строительство;
- подготовка заключений по обоснованию инвестиций в строительство организациями, имеющими право на оказание данной услуги;
- принятие заказчиком решения о целесообразности осуществления инвестиций и разработке бизнес-плана инвестиционного проекта;
- выбор исполнителя на разработку бизнес-плана инвестиционного проекта;
- определение источников финансирования проекта, поиск инвестора;
- выбор генерального подрядчика при строительстве объекта, определение поставщика технологий и оборудования на основе маркетинговых исследований, а также по результатам проведенного тендера (конкурса);

- утверждение и согласование бизнес-плана заинтересованными
- проведение Министерством экономики государственной комплексной экспертизы инвестиционного проекта;
- согласование с заинтересованными материалов, необходимых для рассмотрения на заседании ВКК;
- согласование с заинтересованными материалов, необходимых для рассмотрения на заседании ВКК.

Материалы, представляемые в Минэкономики для проведения государственной комплексной экспертизы:

- бизнес-план;
- аудиторское заключение о финансовом состоянии инициатора проекта;
- заключения по бизнес-плану отраслевого органа управления, Минфина и ГКНТ;
- годовая бухгалтерская отчетность, копия устава организации;
- проект Соглашения о займе;
- документы, подтверждающие обоснованность инвестиционных затрат;
- выписка из заседания коллегии органа государственного управления об одобрении проекта.

Требования к структуре, содержанию и оформлению бизнес-планов, представляемых на рассмотрение органам государственного управления, определены в Правилах по разработке бизнес-планов инвестиционных проектов, утвержденных постановлением Министерства экономики Республики Беларусь от 31.08.2005 № 158.

В Правилах также приведена методология расчета показателей эффективности инвестиций и даны параметры их оценки.

В целях повышения качества бизнес-плана при его разработке необходимо акцентировать внимание на следующих вопросах:

- на первоначальном этапе осуществлять разработку:
 - а) обоснований инвестиций в строительство;
 - б) бизнес-плана
- руководствоваться рекомендациями Правил по обоснованию стратегии развития организации;
- в описательной части бизнес-плана делать упор на обоснование намеченной стратегии развития организации, а не текущего состояния, на ожидаемые изменения в ее деятельности при реализации инвестиционного проекта;

- осуществлять моделирование будущей деятельности организации, используя исходные данные, подтвержденные исследованиями;
- оптимизировать источники финансирования проекта;
анализировать выполненные финансово-экономические расчеты и показатели эффективности инвестиций;
- выстроить логическую цепочку реализации инвестиционного проекта;
- производить оценку рисков реализации проекта.

КОНЦЕПТУАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ КОМПЛЕКСНОГО ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ АГРОГОРОДКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕСТНЫХ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ

Герасимович Л.С., д.т.н., профессор, академик НАНБ, Ланкевич Ю.И., УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», Синенький А.И., институт энергетики НАНБ,
г. Минск, Республика Беларусь

Цель концептуального проектирования деятельность по созданию и исследованию концептуальных моделей прообраза создаваемой технической системы на основе исходной информации и представлений о предметной области, необходимых при принятии принципиальных инновационных решений. Основной объем задач концептуального проектирования относится к ранним стадиям разработки технических систем (ТС): при постановке задачи на проектирование, выработке массива вариантов технических и оформительских решений в эскизном проектировании и при создании технического задания. Его результаты варианты концепций проектируемой системы как в целом, так и ее отдельных частей. Эти модели обладают эвристической ценностью и используются на начальных этапах проектирования, когда сведения о разрабатываемой технической системе скудны и неточны. Работа с концептуальными моделями позволяет определить принципы действия, перспективные направления разработки и требования к возможным процессам, операциям и оборудованию создаваемой системы

Концептуальное проектирование, как показывает практика, обеспечивает до 60% эффективность принципиальных проектных решений, так как исправление ошибок накладно и затруднено в технических проектах.

Концептуальное проектирование и изобретательское творчество являются родственными видами деятельности.

В частности, наиболее популярная теория решения изобретательских задач (ТРИЗ) систематизирует пути эвристического поиска технических решений в виде некоторого алгоритма целенаправленных действий (АРИЗ), сосредотачивающая внимание изобретателя на достижение результата, обладающего мировой новизной [1]. При этом не исключается применение современных компьютерных информационных технологий с развитой методической базой поиска технических решений и данных известных концептов, видов и свойств материалов, энергоресурсов и др.

Однако научные задачи концептуального проектирования, не исключая изобретательского творчества в процессе моделирования, нацеливают внимание исследователя на комплексное многоцелевое многофакторное исследование и научное обобщение эффективности сложной технической системы в конкретных условиях с использованием современных развитых средств компьютерного моделирования.

Выбор структуры, тех или иных концептов систем комплексного энергообеспечения агрогородков (СКЭОА), повышающих ее энергоэффективность в конкретных условиях или, как следствие, реинжиниринг (переход на другую технологию энергообеспечения, в частности с использованием местных и возобновляемых энергоресурсов (МВЭР), является актуальной научно-методической проблемой.

Применительно к энергосистемам агрогородков с использованием МВЭР нами развит метод концептуального компьютерного моделирования энергоэффективности СКЭОА и разработан программный комплекс с использованием SADT-методологии в нотации структурно-функционального IDEF-моделирования с использованием наследованных и оригинальных пакетов ПО (BPWIN, ERWIN, ENPEP, BALANS, RETScreen, APЭП) обеспечивающих интеграцию компьютерных информационных и промышленных технологий с ориентацией на энергоэкономический анализ инновационных решений [2]

Разработка алгоритма концепт-проекта включает шесть IDEF0-диаграмм 1-го уровня: 1 – формулирование задания; 2 – анализ ситуации; 3 – разработка концепций; 4 – сравнение концепций; 5 – поиск в базе данных; 6 – редактирование отчета концепт-проекта. Последующая декомпозиция указанных диаграмм 1-го уровня с использованием базы данных (БД) обеспечивает приоритетный ряд технико-технологических и энергоэффективных предложений для принятия решений заказчиком.

Особая роль принадлежит БД, которая включает следующие разделы: исходные данные по результатам энергообследования существующих объектов энергосети; нормативно-правовая информация; структурно-функциональные концепции типовых кластеров конверсии МВЭР; технические и экономические показатели основного отечественного и импортного энергооборудования; термины, определяющие цели и критерии оценки концепций; методики и порядок моделирования с использованием различных пакетов ПО; глоссарий и справочники.

С учетом алгоритма концепт-проекта разработан комплекс структурно-функциональных IDEF0-диаграмм СКЭОА с МВЭР различного уровня и результаты концептуального моделирования, включая функционально-стоимостный анализ и выбор рациональных «to be»- концепций этих систем.

В результате концептуального моделирования различных агрогородков получены следующие научно-обоснованные выводы о перспективных направлениях создания и совершенствования СКЭОА с МВЭР в АПК Беларуси с учетом тренда цен на различные энергоресурсы при расчетном сроке эксплуатации этих энергосистем в течение 20 лет и сроке окупаемости до 5-6 лет:

1. Сооружение централизованных автономных энергоцентров на базе биогазовых комплексов (БГК) и биосырья от животноводческих комплексов а) принадлежащих предприятию или б) за счет средств энергокомпании-собственника на арендуемой территории агрогородка; в) с когенерационной газо-поршневой установкой (КГУ) и продажей электроэнергии по стимулирующему тарифу с коэффициентом 1,3 и с использованием тепловой энергии и качественного удобрения в виде шлама после БГК потребителям аграрного предприятия; г) с газоразделительным оборудованием и авто-

газозаправочной станцией (без КГУ) для собственных нужд автопарка предприятия и продаж биогаса различным потребителям.

2. Сооружение собственных автономных фотоэлектростанций (ФЭС) на крышах: а) производственных помещений предприятия и зданий жилищно-коммунальной сферы или б) аренда площадей энергокомпаниями-собственниками (в т. ч. иностранным) для сооружения и эксплуатации этих ФЭС и продаж электроэнергии по стимулирующему тарифу с коэффициентом 3,0.

3. Индивидуальные автоматизированные комплексные энергосистемы жилых зданий и усадеб, включая энергоэкономичные газовые котлы на местном обогороженном твердом топливе (торфобрикеты, пеллеты), фотоэлектрические батареи, солнечные гелиоколлекторы, тепловые насосы и др.

4. Ускоренное развитие НИОКР в области создания отечественного полнокомплектного автоматизированного энергооборудования с использованием ВЭР, в первую очередь, БГК, фотоэлектрических батарей, теплонасосных станций, экономичных газовых котлов и теплогенераторов, работающих на МВЭР, и Интеллектуальных систем управления СКЭОА с использованием принципов «smart grids».

5. Создание системы региональных демонстрационных зон высокой энергоэффективности СКЭОА с использованием технически и экономически доступных МВЭР.

6. Организация развитого регионального технического сервиса комплексных энергосистем агрогородков.

7. Разработка Технологического кодекса установившейся практики (ТКП РБ) «Системы комплексного энергообеспечения агрогородков с использованием местных и возобновляемых энергоресурсов» и др.

В заключение уместно отметить, что самыми чувствительными показателями, влияющие на эффективность СКЭОА в среднесрочной перспективе (10 – 15 лет) является рост тарифов на закупаемые местные биоресурсы, получаемые виды энергии из государственных систем электро- и газоснабжения; неустойчивость повышающих коэффициентов на продажу государству выработанной электрической энергии в автономных энергоцентрах, стоимость импортного энергооборудования и высокие ставки кредитования про-

ектов, определяющие степень риска потери энергоэффективности и энергобезопасности комплексных энергосистем агрогородков.

Источники информации

1. Орлов М.А. Противоречие. Изобретение. Развитие. Избранные страницы классической ТРИЗ / М.А. Орлов, А.М. Широков. Минск: ИСЗ, 2001. 210 с.

2. Энергоэффективность аграрного производства / В. Г. Гусаков [и др.]; Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т экономики; Ин-т энергетики; под общ. ред. академиков В. Г. Гусакова, Л. С. Герасимовича. – Минск : Беларус. навука, 2011. –776 с.

УДК 631.3:681.2.08:004.891(035.3)

ОПТИМАЛЬНОЕ АГРЕГИРОВАНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ В ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЕ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

Добролюбов И.П., д.т.н., профессор, Савченко О.Ф., к.т.н., с.н.с.,
Ольшевский С.Н., к.т.н. *ГНУ Сибирский физико-технический
институт аграрных проблем (СибФТИ) Россельхозакадемии,
г. Новосибирск, Российская Федерация*

Известно, что для повышения точности экспертизы технического состояния машин и механизмов в эксплуатационных условиях при оценке одного и того же параметра машины, например, мощности ДВС, необходимо увеличивать число косвенно измеряемых физических величин, отражающих этот параметр. В измерительной экспертной системе машин и механизмов [1-6] заложен этот принцип. Например, при оценке мощности ДВС, в том числе отдельных цилиндров, используется измерение углового ускорения коленчатого вала при свободном разгоне и выбеге двигателя, неравномерности вращения коленчатого вала и ротора турбокомпрессора при полной нагрузке, давления наддува и других величин. Как правило, измеряемые физические величины, отражающие тот или иной параметр, изменяются случайным образом во времени. При этом экспертное заключение о состоянии указанного параметра выносится по каждой измеренной величине по-отдельности. Оценка параметра по среднему арифметическому значению измеренных величин не совсем корректна. Более достоверную оценку параметра можно полу-

чить при агрегировании измерений, т. е. при совместной обработке измеряемых величин. Этому вопросу и посвящена данная работа.

Возможны разные варианты совместной обработки [7]: оптимальное агрегирование – агрегирование по входам, т. е. осуществляется оптимальная совместная обработка измерений непосредственно от соответствующих датчиков; агрегирование по выходам, т. е. производится оптимальная обработка измерений от каждого датчика и затем результаты на выходе каждого измерителя оптимальным образом объединяются, а также другие, модернизированные варианты объединения нескольких измерений.

Пусть информативным параметром, подлежащим оценке, является случайный процесс $\lambda(t)$ и его текущая оценка $\lambda^*(t)$ должна быть получена на основе одной реализации $\xi(t)$, известной на интервале $[0, t]$ и имеющей в дискретном времени вид

$$\xi_v = s(t_v, \lambda_v) + n_{0v},$$

где $s(t_v, \lambda_v) = s[(t_v, \lambda_v(t_v))]$ — известная детерминированная функция аргументов; n_{0v} — не зависящий от $\lambda(t)$ дискретный квазибелый случайный нормальный процесс с дисперсией $D_n = \sigma_n^2 = \text{const}$, вызванный различными помехами, в том числе в измерительном канале.

Например, составляющая углового ускорения коленчатого вала, определяющая активный рабочий процесс каждого цилиндра при полной нагрузке двигателя [1]:

$$e_{i_1}^r = \frac{1}{J_d} M_{i_1}^r (\varphi - \xi_{1m}) = \frac{1}{J_d} V_u \bar{p}_i S_1(\varphi),$$

где J_d — момент инерции, $M_{i_1}^r$ — газовая составляющая индикаторного момента; φ — угол поворота коленчатого вала; ξ_m — угол сдвига по фазе между индикаторными моментами отдельных цилиндров согласно диаграмме распределения вспышек; V_u — рабочий объем цилиндра двигателя; $\bar{p}_i$ — среднее индикаторное давление; $S_1(\varphi) = a_s \varphi [\exp(-b_s \varphi)]$ — известная из теории ДВС безразмерная газовая (индикаторная) силовая функция, вызванная работой цилиндра; a_s, b_s — константы

Это ускорение может быть записано в виде

$$s(t_v, \lambda_v) = \lambda_v(t_v) s(t_v),$$

где $\lambda(t)$ – амплитуда сигнала известной формы $s(t_v)$, имеющая априорный нормальный закон распределения вероятностей:

$$p_s(\lambda) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_\lambda} \exp(\lambda^2 / 2\sigma_\lambda^2)$$

Наиболее вероятное значение параметра $\lambda(t)$, считающееся измеренным значением этого параметра, такое, при котором апостериорная плотность вероятностей максимальна:

$$p_\xi[s(\lambda)] = \frac{p_\xi[s(\lambda)]p[s(\lambda) | \xi(t)]}{p(\xi)} \rightarrow \max,$$

где $p_\xi[s(\lambda)]$, $p[s(\lambda) | \xi(t)]$ и $p(\xi)$ – плотность вероятностей сигнала $s(\lambda, t)$ с параметром $\lambda(t)$, условная плотность вероятностей измеренного процесса $\xi(t)$ при наличии в нем сигнала $s(\lambda)$ с параметром $\lambda(t)$ и плотность вероятностей процесса $\xi(t)$.

В дискретном виде

$$p_\xi[s(\lambda)] = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_\lambda} \exp \left\{ \frac{\lambda}{\sigma_n^2} \sum_v \xi_v s_v(\lambda) - \frac{\lambda^2}{2} \left(\frac{1}{\sigma_\lambda^2} + \frac{1}{\sigma_n^2} \sum_v s_v^2(\lambda) \right) \right\}. \quad (1)$$

Найдя максимум (1), получим наиболее вероятное значение параметра $\lambda(t)$, т. е. его оценку $\lambda^*(t)$ и средне квадратическое значение погрешности измерения (при достаточно большом отношении сигнал/помеха):

$$\lambda^* = \sum_v \xi_v s_v(\lambda) / \left(\sum_v s_v^2(\lambda) + \frac{\sigma_n^2}{\sigma_\lambda^2} \right).$$

$$\sqrt{(\lambda^* - \lambda)^2} = \sigma_n^2 / \sum_v s_v^2(\lambda).$$

Пусть теперь текущая оценка $\lambda^*(t)$ должна быть получена на основе двух независимых реализаций $\xi(t)$ и $\eta(t)$, известных на интервале $[0, t]$ и имеющих в дискретном времени вид

$$\xi_v = s(t_v, \lambda_v) + n_{0v};$$

$$\eta_v = g(t_v, \lambda_v) + \varepsilon_v,$$

где $g(t_v, \lambda_v) = g[(t_v, \lambda_v(t_v))]$ – известная детерминированная функ-

ция аргументов; $\varepsilon = \varepsilon(t_\nu)$ – погрешность измерений, представляющая собой случайный процесс, не зависящий от λ_i и n_i , $i = \overline{1, \nu}$.

Справедливо полагать, что процессы λ_ν , ε_ν марковские и для них известны условные плотности вероятностей перехода $\pi_\lambda(\lambda_\nu, \lambda_{\nu-1})$ и $\pi_\varepsilon(\lambda_\nu, \lambda_{\nu-1})$.

Наиболее вероятное значение измерения λ_ν такое, при котором апостериорная плотность вероятностей максимальна:

$$p(\lambda_\nu, \varepsilon_\nu | \xi_0^\nu, \eta_0^\nu) \rightarrow \max,$$

где $\xi_0^\nu = \{\xi_0, \xi_1, \dots, \xi_\nu\}$, и $\eta_0^\nu = (\eta_0, \eta_1, \dots, \eta_\nu)$ – совместно обрабатываемые измеренные процессы.

С учетом независимости λ_i, ε_j , $i, j = \overline{1, \nu}$:

$$p(\lambda_\nu, \varepsilon_\nu | \lambda_{\nu-1}, \varepsilon_{\nu-1}) = \pi_\lambda(\lambda_\nu | \lambda_{\nu-1}) \pi_\varepsilon(\lambda_\nu | \lambda_{\nu-1}).$$

Тогда апостериорная плотность вероятностей:

$$\begin{aligned} p(\lambda_\nu, \varepsilon_\nu | \xi_0^\nu, \eta_0^\nu) &= c_0 p(\lambda_\nu, \varepsilon_\nu | \xi_0^{\nu-1}, \eta_0^{\nu-1}) \times \\ &\times p(\xi_\nu, \eta_\nu | \lambda_\nu, \varepsilon_\nu, \xi_0^{\nu-1}, \eta_0^{\nu-1}) = \\ &= p_n[\xi_\nu - s(t_\nu, \lambda_\nu)] \delta[\eta_\nu - g(t_\nu, \lambda_\nu) - \varepsilon_\nu] \times \\ &\times \iint p(\lambda_{\nu-1}, \varepsilon_{\nu-1} | \xi_0^{\nu-1}, \eta_0^{\nu-1}) \pi(\varepsilon_\nu | \lambda_{\nu-1}) d\lambda_{\nu-1} d\varepsilon_{\nu-1}, \end{aligned} \quad (2)$$

где c_0 — постоянная, не зависящая от $\lambda_\nu, \varepsilon_\nu$ и определяемая из условия нормировки, $p_n(n_\nu)$ — известная нормальная плотность вероятностей дискретного квазиглобального случайного нормального процесса n_ν ; $\delta(\dots)$ — дельта-функция.

Рекуррентный алгоритм определения апостериорной плотности вероятностей параметров λ_ν согласно (2) имеет вид

$$\begin{aligned} p(\lambda_\nu | \xi_0^\nu, \eta_0^\nu) &= \int p(\lambda_\nu, \varepsilon_\nu | \xi_0^\nu, \eta_0^\nu) d\varepsilon_\nu = \\ &= c_0 p_n[\xi_\nu - s(t_\nu, \lambda_\nu)] \int p(\lambda_{\nu-1} | \xi_0^{\nu-1}, \eta_0^{\nu-1}) \times \\ &\times \pi_\lambda(\lambda_\nu | \lambda_{\nu-1}) \pi_\varepsilon[\eta_\nu - g(t_\nu, \lambda_\nu)] [\eta_{\nu-1} - g(t_{\nu-1}, \lambda_{\nu-1})] d\lambda_{\nu-1}. \end{aligned} \quad (3)$$

Оптимальная оценка λ_v^* по критерию минимума среднего квадрата погрешности и ее дисперсия D_v :

$$\begin{aligned}\lambda_v^* &= \int \lambda_v p(\lambda_v | \xi_0^v, \eta_0^v) d\lambda_v; \\ D_v &= \int (\lambda_v - \lambda_v^*)^2 p(\lambda_v | \xi_0^v, \eta_0^v) d\lambda_v,\end{aligned}\quad (4)$$

где апостериорное распределение $p(\lambda_v | \xi_0^v, \eta_0^v)$ имеет нормальный закон распределения.

Если измерение второго процесса отсутствует ($\eta_0^v \equiv 0$), то формулы (3) и (4) определяют оптимальный алгоритм обработки одного измеренного процесса ξ_0^v .

В случае, когда проводится оценка параметра λ_v при прямом измерении (например, при измерении мощности ДВС на тормозном стенде) имеем

$$\eta_v = \lambda_v + \varepsilon_v; \quad \lambda_v^* = \eta_v - \varepsilon_v^*.$$

При этом рекуррентный алгоритм определения апостериорной плотности вероятностей для ε_v определяется по (3) при замене $\lambda_v = \eta_v - \varepsilon_v$:

$$\begin{aligned}p_0(\varepsilon_v | \xi_0^v, \eta_0^v) &= \\ &= c_0 p_n[\xi_v - s(t_v, \eta_v - \varepsilon_v)] \int p_0(\varepsilon_{v-1} | \xi_0^{v-1}, \eta_0^{v-1}) \times \\ &\times \pi_{\lambda}[(\eta_v - \varepsilon_v) | (\eta_{v-1} - \varepsilon_{v-1})] \pi_{\varepsilon}(\varepsilon_v | \varepsilon_{v-1}) d\varepsilon_{v-1},\end{aligned}\quad (5)$$

где $p_0(\varepsilon_i | \xi_0^i, \eta_0^i) = p(\eta_i - \lambda_i | \xi_0^i, \eta_0^i)$.

Дисперсия оценки погрешности ε_v совпадает с дисперсией (4).

При достаточно малом шаге дискретизации по времени дисперсия погрешности ε_v много меньше дисперсии λ_v . Поэтому в пределах «узкой» плотности вероятностей $\pi_{\varepsilon}(\varepsilon_v | \varepsilon_{v-1})$

$$\pi_{\lambda}[(\eta_v - \varepsilon_v) | (\eta_{v-1} - \varepsilon_{v-1})] \approx \text{const}$$

и эту величину можно включить в коэффициент c .

Тогда формула (5) упрощается:

$$\begin{aligned}
& p_0(\varepsilon_\nu | \xi_0^\nu, \eta_0^\nu) = \\
& = cp_n[\xi_\nu - s(t_\nu, \eta_\nu - \varepsilon_\nu)] p_0(\varepsilon_{\nu-1} | \xi_0^{\nu-1}, \eta_0^{\nu-1}) \times \\
& \times \pi_\varepsilon(\varepsilon_\nu | \varepsilon_{\nu-1}) d\varepsilon_{\nu-1},
\end{aligned}$$

По точности оценки λ_ν этот алгоритм близок к оптимальному (4). По некоторым параметрам измеряется и диагностируется больше двух физических процессов ДВС. В этом случае алгоритм применим при попарном агрегировании измеряемых процессов.

Применение в измерительной экспертной системе машин и механизмов рассмотренных статистических рекуррентных алгоритмов агрегирования позволяет повысить точность и достоверность экспертизы технического состояния машин и механизмов в эксплуатационных условиях.

Литература

1. Альт В.В. Информационное обеспечение экспертизы состояния двигателей / В.В. Альт, И.П. Добролюбов, О.Ф. Савченко // РАСХН, Сиб. отд-ние. – СибФТИ. – Новосибирск, 2001. – 223 с.
2. Добролюбов И.П. Идентификация состояния сельскохозяйственных объектов измерительными экспертными системами / И.П. Добролюбов, О.Ф. Савченко, В.В. Альт // РАСХН, Сиб. отд-ние. – СибФТИ. – Новосибирск, 2003. – 209 с.
3. Савченко О.Ф. Автоматизированные технологические комплексы экспертизы двигателей / О.Ф. Савченко, И.П. Добролюбов, В.В. Альт, С.Н. Ольшевский // РАСХН, Сиб. отд-ние – СибФТИ. – Новосибирск, 2006. – 272 с.
4. Альт В.В. Техническое обеспечение измерительных экспертных систем машин и механизмов в АПК / Альт В.В., Добролюбов И.П., Савченко О.Ф., Ольшевский С.Н. // Россельхозакадемия, Сиб. отд-ние – ГНУ СибФТИ.- Новосибирск, 2013. – 523 с.
5. Добролюбов И.П. Идентификация состояния ДВС измерительной экспертной системой с помощью настраиваемой модели / Добролюбов И.П., Савченко О.Ф., Ольшевский С. Н. // Энергосбережение – важнейшее условие инновационного развития АПК: мат. междунар. науч.- техн. конф. / БГАТУ. – Минск, 2011.– С. 263–266.

6. Савченко О.Ф. Автоматизация экспериментальных исследований двигателей внутреннего сгорания /Савченко О.Ф., Ольшевский С.Н., Рихтер В.А.// Сибирский вестник сельскохозяйственной науки / Новосибирск, 2008. – № 9. – С. 82-91.

7. Тихонов В.И. Статистический анализ и синтез радиотехнических устройств и систем / Тихонов В.И., И.Н. Харисов // М.: Радио и связь, 1991. – 608 с.

УДК 681.3

ЭНЕРГЕТИКА СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Маньшин Г.Г., д.т.н., профессор, член-корр. НАНБ,
ГНУ «Объединенный институт машиностроения НАНБ»,
Агаев Н.Н., генеральный директор ОАО «Агаев электрик»,
г. Минск, Республика Беларусь

По данным на 1980 г. под площади сельскохозяйственных угодий в республике отводилось $9,8 \cdot 10^6$ гектаров, что составляет 47,26 % от всей территории. Под пашни – $6,2 \cdot 10^6$ га (приблизительно 30 %). 33 % территории занимали смешанные леса.

В настоящее время под пашни сельскохозяйственных угодий отдано $8,9269 \cdot 10^6$ га, что составляет 43 %. На лесные земли и земли под древесно-кустарниковую растительность приходится $9,0648 \cdot 10^6$ га, что составляет 43,665 %. Под города, поселения и транспортные путепроводы приходится $0,875555 \cdot 10^6$ га или 4,21755 %. Энергетика сельского хозяйства – сезонная и площадная. Автотракторная техника проходит пашенные земли 3-4 раза в год, т.е. по существу вся территория РБ покрывается выхлопами дизельных двигателей, ассортиментом, состоящим из автотракторных запчастей, химикатами различных удобрений. Это очень разорительная технология, которая удорожается в годы засухи или «холодного» солнца, штормовых ветров или излишней дождевой активности. Мы так привыкли к плохим результатам в сельском хозяйстве, что редкие годы хороших урожаев считаем еще большим бедствием, т.к. не знаем и не умеем сохранять подарок природы. Чего стоит прошлогодний урожай яблок?!

В самом начале статьи ясно, какой смысл вкладывается в понятие «энергетика сельского хозяйства». Очевидно и то, что коэффициент преобразования энергии общества в продукцию сельского хозяйства настолько низок, что никогда и не определялся.

Во всей энергетической цепочке по производству сельскохозяйственной продукции трудно выделить звено, развивая которое можно изменить ситуацию к лучшему.

Животноводство требует мощной кормовой базы, а это значит увеличение пахотных земель. Производство зерновых также требует увеличения пахотных земель. И так далее.

Пахотные земли требуют технику, ГСМ, удобрения, людские ресурсы, развитую структуру транспортных артерий и многое еще.

Система вложений удорожается при почти неизменном выходе требуемой продукции, коэффициент преобразования неотвратимо падает. Более того, в XXI веке попытки увеличения этого коэффициента привели к тому, что продукция сельского хозяйства стала опасной для жизни человека. Генетически измененные культуры. Чудовищный состав комбикормов для птиц, свиней, коров и другой живности. Корма выращены на ядохимикатах. Сады, отравленные средствами борьбы с разного рода вредителями. Реки, превратившиеся в сток отходов человеческого равнодушия и глупости, безграмотности и безответственности.

Прежде чем предлагать что-либо, надо понять, откуда пришла беда, почему человек с такой страстью воюет против себя?

В середине XIX века Французская Академия наук наложила вето на все научные проекты типа «вечного двигателя». Таким образом, в науку вернулся принцип «запретов», которые формулировала католическая церковь на протяжении 5 веков, разбитый Галилео Галилеем, Коперником, Ньютоном. Ограничения в поисках истины очистили, освободили пространство для формирования обязательных правил научного порядка, появились научные профессии. Из века XIX-го наука перешла в XX-й в государственной форме, ее устремления оплачивали уже все граждане. Исчез главный аргумент научной деятельности — личная ответственность ученого. Ответственность соотносится сегодня с институтами, министерствами, академиями наук. Наука стала государственной и безличностной.

Никто сегодня не задумывается над тем, что ученый — это не профессия, а призвание, талант, данные далеко не каждому человеку. Лицо у науки — это всегда конкретная личность и всегда очень редкая и сегодня

почти не встречающаяся. По нашему глубокому убеждению научные сообщества и образуются вокруг таких личностей, без них они как тело без души, существуют, но не живут!

Открытия по постановлениям правительства не совершаются!

Сегодня по планете, как раковая опухоль расплзается кризис технологий, развитие которых искажается желаниями и срежиссированными чувствами среднего потребителя. Усиливает динамику этого процесса кризис финансовых игр, развязанных очень давно, но потерявших всяческий смысл сегодня. Развиваются технологии, позволяющие безотчетно поглощать огромные финансовые пласты, полезность которых даже не рассматривается при их рождении. Мы слишком далеко отошли от реальности, чтобы достаточно эффективно и быстро отреагировать на проблемы планетарных и вселенских опасностей, грозящих нашей цивилизации, можно сказать, ежемоментно и повсеместно.

Реальными буреветниками этих опасностей являются экологические проблемы, немалую роль в развитии которых играет сельское хозяйство. Попробуем выделить главное звено в цепочке технологических трудностей, рождающихся в чреве сельскохозяйственного производства. По нашему мнению – это энергетическая зависимость, в которую входят и времена года, и погодные условия, и проблемы людских ресурсов и сельскохозяйственные угодья, раскинувшиеся по всей стране, и тысячелетняя привычка жить от одного урожая до другого в терпении и бездействии.

Эти проблемы естественно исчезают при переходе производства сельских хозяйств в теплицы. Рассмотрим энергетическую теплицу, как базовую модель сельского хозяйства. Что бросается в глаза при рассмотрении тепличных комплексов по республике, так это форма «домиком», материалы покрытия (оконное стекло) и хаотичная ориентация теплиц относительно маршрута Солнца по небу в течение года.

В 1996 г. академиком МНОО «МАИТ» Агаевым Н.Н. был поставлен эксперимент по применению покрытия теплиц из материала, усиливающего световой поток при прохождении его извне вовнутрь теплицы и уменьшающего мощность электромагнитного излучения при его выходе из теплицы на космический простор. Были построены два макета теплиц с термометрами, помещенными в них. В комнате при рассеянном свете температура в энергетической теплице была больше, чем в обычной ~ на 15°C. На солнце разность доходила до 50°C.

Предлагаемая теплица ориентирована по зимнему маршруту Солнца, как по направлению, так и по высоте. Северная часть теплицы может быть производственным помещением. Солнце никогда не взойдет с этой стороны. Прозрачные плоскости представляют собой сборку из блоков с двойным покрытием и воздушным теплоизоляционным пространством. Такие блоки появились на мировом рынке еще в 1990 году и потому не представляют опасности по «патентной чистоте». Отличие состоит в том, что внешняя плоскость блока имеет разные площади. Внешняя площадь меньше, чем внутренняя за счет специальной геометрии. Количество электромагнитного излучения, которое отражается от поверхности, является функцией не только материала, угла падения, но и величины площади. При определенной геометрии внутренней части внешней плоскости блока наблюдается увеличение мощности светового потока, приходящего извне и значительное уменьшение его при оттоке из теплицы при соответствующей технологии изготовления.

Теоретически площадь сельхозугодий можно сократить на порядок до 4,5% вместо 43%. Это позволит сконцентрировать людские ресурсы, изменив условия их жизни до городских стандартов, упорядочить работу энергетических источников, сократить транспортные расходы, развить вторичную переработку продукции сельского хозяйства и т.д.

В зимний период теплицы можно обеспечить не только геотермальной тепловой энергией [1], но и тепловыми котельными, которые, как показала практика, и дешевле, и экономичнее и надежнее разнообразных изысков тепловой техники. Речь идет о вихревых топливных системах и тепловых насосах.

Стоит заметить, что обоснование высокого коэффициента преобразования энергии электрического тока в тепловую энергию, как правило, на практике не подтверждается. Виной тому то, что оценка эффективности таких систем ведется от температуры, которая отражает только одну плоскость тепловой энергии. Совершенно не учитывается теплоемкость теплоносителя, которая, в сущности, и оформляет вместе с температурой такое понятие как внутренняя энергия.

$$\varepsilon_{\text{нас}} = \frac{T_1}{T_1 - T_2} \cdot \quad [1]$$

В коэффициенте преобразования теплового насоса [1] совершенно беспричинно исчезает тот факт, что теплоемкость почти всех теплоносителей при переходе из конденсата в газ скачком уменьшается. Совершенно очевидно, что тепловой энергии мы получаем настолько меньше, насколько снизилась теплоемкость. То же самое, только в более очевидной форме наблюдается при оценке коэффициента преобразования вихревых нагревателей.

$$\varepsilon_{\text{наг}} = \frac{c \cdot m \cdot \Delta t}{U \cdot I \cdot t} \quad [2]$$

Начиная с 36,6°C, теплоемкость воды неуклонно падает и при 100°C составляет ~ 2,1 [Дж/г·град], т.е. уменьшается вдвое. Кстати, совершенно понятно, почему температура более 36,6°C опасна для человека.

Наиболее корректный способ измерения коэффициента преобразования – это определение его по изменению термодинамического состояния воздуха, который может быть как первичным, так и вторичным теплоносителем. Это обосновано тем, что его теплоемкость (C_p) стабильна в применяемом на практике диапазоне температур.

Государства Евросоюза определяют коэффициент преобразования электрической энергии в тепловую энергию по формуле закона Стефана-Больцмана:

$$P = \sigma \cdot \varepsilon \cdot S (T_1^4 - T_2^4) \quad [3]$$

где: $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}$ [Вт/м²·К] – постоянная Стефана-Больцмана;

ε – излучательная способность тела;

S – площадь излучательной поверхности;

T_1 – температура излучающего тела;

T_2 – температура окружающей среды.

Наиболее слабое технологическое звено в предлагаемой методике – это определение ε и S излучаемого тела различной конфигурации.

Нами разработана методика, лишенная в основном недостатков. В качестве конечного теплоносителя рассматривается только воздух, теплоемкость (C_p) которого стабильна в пределах измерения:

$$Q = C_p \cdot m \cdot \Delta T, \quad [4]$$

где: C_p – теплоемкость воздуха при постоянном давлении (изобарический процесс);

$m = q \cdot V = q \cdot v \cdot S \cdot t$ – масса воздуха.

При этом q – удельная плотность воздуха, которая определяется по формуле:

$$q = P/R T, \quad [5]$$

где: P – давление газа;

R – газовая постоянная (табличное значение для воздуха $R = 287$ [Дж/кг·К]);

T – температура газа;

v – скорость движения воздуха, проходящего через сечение площадью S [м²].

Данная методика была разработана на новом нагревателе, в основу работы которого был заложен принцип многократного повторения упругих соударений электромагнитного излучения.

Коэффициент преобразования, определенный по закону Стефана-Больцмана и по нашей методике коррелируется в пределах 88 % и составил в максимуме ~ 8 единиц.

Применение данного нагревателя с новым источником энергии, который состоит из трансформатора и регулируемого компенсатора реактивной энергии, позволило довести коэффициент преобразования энергии электрического тока в тепловую энергию до 50 и более единиц.

Эргономика (от греч.: *работа и закон*) изучает человека и его деятельность в условиях современного производства с целью оптимизации орудий, условий и процесса труда. Совершенно очевидно, что нами предлагается эргономика отрасли народного хозяйства, состоящей из предприятий сельского хозяйства, лесных угодий, пастбищ для развития животноводства и, в частности, коневодства, предприятий по переработке продукции, выращенной в теплицах нового типа и утилизации всех биологических отходов, развитой инфраструктуры в районах этих предприятий.

Основные очертания реформы энергетики сельского хозяйства и ее будущий портрет состоят из следующих основных положений:

1. Создание многоярусных теплиц, обеспечивающих круглогодичное производство с высокой энергоэффективностью за счет специального покрытия и архитектуры.
2. Создание систем отопления и энергообеспечения на базе объектов малой энергетики за счет производства и использования пеллет.
3. Воспроизводство лесных угодий на освобождающихся площадях сельского хозяйства, а более точно – удвоение и окультуривание лесных пространств республики.

4. Вузовская переориентация образования на создание новых профессий в сельском хозяйстве в условиях концентрации населения и рабочих мест для них.

5. Освоение и развитие коневодства в республике.

6. Освоение новых источников геотермальной энергетики и ветроэнергетики.

7. Внедрение энергосберегающего и энергоэффективного оборудования (новые электронагреватели, аккумулирующие преобразователи энергии, новые типы ветрогенераторов) [1].

8. Освоение новых видов продукции предприятиями республики для динамичного развития отрасли.

9. Законодательное оформление поощрительных мероприятий, стимулирующих обучение, обеспечение жильем, достойной заработной платой, медицинским обслуживанием и т.д.

Весь XX век мы бездумно брали от природы всё, что могли, в XXI веке пришло время отдавать природе долги.

Литература

1. Маньшин Г.Г., Агаев Н.Н. Экологическая энергетика Беларуси / Проблемы создания информационных технологий. Сборник научных трудов. Вып. 22. – М.: МАИТ, 2013. – С. 5-11.

УДК 631.171:338.36

ПУТИ РЕАЛЬНОГО ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Степук Л.Я., д.т.н., профессор РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», Прищепов М.А., д.т.н., доцент, Шупилов А.А., к.т.н., доцент, УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

По сравнению с 1991 годом в настоящее время расход бензина и дизельного топлива в сельском хозяйстве страны снизился более чем в 2 раза. Однако это вовсе не означает, что энергоёмкость единицы сельскохозяйственной продукции также снизилась в 2 раза. Энергоёмкость ВВП, в том числе и сельскохозяйственной продукции в республике, выше в 2-2,5 раза по сравнению с США, Канадой, Японией и странами Западной Европы.

Приведенные цифры по энергоёмкости сельскохозяйственной продукции, получаемой в нашей стране, несмотря на имеющиеся место объективные причины худшие почвенно-климатические условия), свидетельствуют о наличии ряда нерешенных проблем в сельском хозяйстве республики. И пока они не будут решены, добиться существенного снижения объемов потребления энергоресурсов не представляется возможным.

Недобор и потери сельскохозяйственной продукции. Проблема потерь продукции сельского хозяйства, без преувеличения является самой большой и многогранной. Их выявление связано с различными биологическими, материальными, техническими, трудовыми факторами развития АПК.

По оценкам ФАО, потери из-за болезней и вредителей сельскохозяйственных растений составляют 35% потенциального урожая мира. Потребность республики в опрыскивателях (из расчета один опрыскиватель даже на 800 га пашни) составляет 8500 шт. А имеем мы их исправных не более 5000 шт.

По данным Института защиты растений из-за существующих недостатков только в сфере применения химических средств защиты растений мы недополучаем 20% зерна, 30% картофеля, 5 – 7% сахарной свеклы.

С учетом ожидаемых результатов сельскохозяйственного года по производству зерна картофеля и сахарной свеклы [1] и с учетом приведенных выше процентов недополученный урожай составит примерно 1300 тыс. т зерна, 230 тыс. т картофеля и 195 тыс. т сахарной свеклы.

Затраты топлива на получение 1 т зерна составляют примерно 28–30 кг, картофеля – 9–12, сахарной свеклы – 6–8 кг. Тогда зря потраченное топливо на зерне составит 38500 т, на картофеле – 2380 т и на свекле – 1225 т. Тогда по причине недостаточного применения пестицидов только на зерне, картофеле и свекле непроизводительно расходует 42105 т топлива.

При внесении научно обоснованных доз в оптимальные агросроки 1 кг NPK может окупаться в условиях республики 8–10 кг зерна. Реально же в последние годы окупаемость 1 кг NPK колеблется в пределах 4,5–6,5 кг, т.е. потенциальные возможности минеральных удобрений используются в среднем по республике на 55–60%. Основными причинами, объясняющими недостаточно эффективное применение минеральных удобрений, являются следующие.

Механические потери на пути от завода до поля. При нынешней несовершенной материально-технической инфраструктуре (отсутствие глубинных складов, недостаток техники) эти потери достигают 7–10% [4]. От годового объема применения это составляет 120 тыс. т в д.в. При окупаемости 1 кг NPK даже 5 кг зерна недополученный урожай в масштабах страны составит 600 тыс. т. С точки зрения энергосбережения это означает, что, по-существу, теряем более 17000 т топлива. И это, не считая энергозатрат на производство потерянных удобрений.

Высокая неравномерность распределения минеральных удобрений по полю при внесении. Агрохимической наукой установлено и практикой доказано, что прибавка урожая от применения удобрений находится в прямой зависимости от неравномерности их внесения, по крайней мере, начиная с 10%, т.е. повышение неравномерности (коэффициента вариации) на 1% снижает прибавку урожая от удобрений также на 1%, и наоборот.

Действующими нормативными документами допускаемая неравномерность внесения азотных удобрений составляет 10%, калийных и фосфорных – 20%. На основании многолетнего опыта разработки отечественных машин для внесения удобрений, испытания зарубежных образцов смеем утверждать, что на практике эти нормативы не выдерживаются практически нигде. В конечном итоге, как убедительно доказано Институтом почвоведения и агрохимии НАН Беларуси, мы недобираем 2–4 ц зерна на каждом гектаре. А это означает, что из-за неравномерного внесения удобрений ежегодно только зерна недополучаем 480–500 тыс. т. Таким образом, нерационально используются более 14000 т топлива.

Несоблюдение оптимальных агротехнических сроков подкормки сельскохозяйственных культур азотными удобрениями. Дело в том, что сроки подкормки зерновых культур весьма ограничены. Так, первая подкормка ограничена сроками от 4 до 6,5 дней (в зависимости от культуры), вторая – от 2,4 до 3 дней и третья – от 1 до 3,8 дней [5].

Из-за недостатка машин для внесения дробных доз минеральных удобрений оптимальные сроки подкормок не выдерживаются, растягиваются на 3–5 дней и более. Превышение оптимальных агротехнических сроков подкормки только на один день приводит к потере 0,3 ц зерновых с 1 га. Если взять отклонение срока подкормки от оптимального по минимуму на 3 дня, то недобор составит 0,9 ц/га, а в расчете

на все посевные площади зерновых и зернобобовых культур в республике – 230 тыс. т. Пользуясь уже выше приведенной «арифметикой», получим 6670 т непроизводительного потраченного топлива.

Эффективность минеральных удобрений существенно зависит от кислотности почв. На кислых почвах, по данным агрохимической науки, эффективность минеральных удобрений снижается на 20–30%, а на сильно кислых – на 50% и более.

Здесь также актуальным является вопрос качества внесения доломитовой муки: это внесение строго заданных доз при минимально возможной неравномерности распределения. Имеющиеся на балансе РО «Белагросервис» распылители мелиорантов АРУП и РУП морально и физически устарели. Они изначально выпускались для перевозки цемента, муки и других сыпучих материалов. Поэтому они в принципе не могут обеспечить требуемое качество распределения мелиоранта по полю (допускаемая неравномерность – 25%).

По результатам последнего тура агрохимического картирования, в 80 районах республики отмечается повышение кислотности пахотных почв.

Руководством нашей страны плодородие почв отнесено к числу важнейших государственных приоритетов. Одним из определяющих показателей плодородия почв является содержание гумуса. По результатам последнего обследования оно составляет всего лишь 2,25% [6], причем в последние годы обнаруживается тенденция его снижения. Объяснение такому положению кроется в недостаточных объемах и несовершенстве технологий хранения и применения органических удобрений, которые являются основным источником для образования гумуса.

В результате недооценки стратегической значимости органических удобрений и непринятия соответствующих мер парк машин для их внесения с каждым годом уменьшается. Так, если на 1.01.2001 г. насчитывалось 12,4 тыс. машин для внесения твердых удобрений, то на 1.01.2007 г. их стало уже 7,1 тыс., машин для внесения жидких органических удобрений – 3,8 и 2,6 соответственно, причем 80% из них давно отслужили свой срок.

Таким образом, проблемы, имеющие место в сфере применения удобрений, известковых материалов и пестицидов, являются в первую очередь следствием недостаточного количества техники и специальных хранилищ.

Рассмотрим подробнее структуру и объемы потерь по видам продукции при уборке.

Зерно. По данным научно-исследовательских учреждений, потери зерна от осыпания на пятый день после наступления полной спелости составляют 4% урожая, на восьмой – 8%, на десятый – 12%, на двенадцатый – 28% биологического урожая зерна. Потеря только одного колоса на квадратном метре поля приводит к недобору 10–16 кг зерна на гектар [8].

На 1.01.2008 г. в республике насчитывалось 13 тыс. зерноуборочных комбайнов [1], из которых 50% комбайны старых марок. На 1000 га посевов зерновых и зернобобовых культур приходилось 6 комбайнов, на 1 комбайн, согласно данным Министерства статистики и анализа Республики Беларусь, – 182 га.

Для сравнения: на 1000 га площади зерновых в среднем по стране в середине 1990-х годов имелось в Германии 32 зерновых комбайна, в США – 18, Франции – 14, Великобритании – 14, Украине – 8, России – 3 исправных комбайна [9].

Согласно экспертным оценкам, выработка одного среднеспелого комбайна в условиях республики составляет 9,8 га. Таким образом, чисто теоретически, можно убрать зерновые и зернобобовые культуры (2485 тыс. га) за 20 дней. Но фактически (из-за плохих погодных условий, неисправности значительного количества комбайнов, нередко несовершенной организации труда) сроки уборки зерновых культур существенно растягиваются. Исходя из этого бесспорно можно допустить, что нарушения оптимальных сроков уборки зерновых на 5 дней являются систематическими, по меньшей мере, для половины зернового клина. Тогда потери зерна от осыпания составили в расчете только на половину валового сбора в сельскохозяйственных организациях в объеме 133,8 тыс. т. На это потрачено – 37700 т топлива.

Существенные потери зерна происходят непосредственно в процессе уборки. Уровень этих потерь зависит от состояния стеблестоя (прямостоячий, пониклый, полеглый) – потери за жаткой, от засоренности и влажности хлебной массы – потери за молотилкой, от технического состояния комбайна (исправный, хорошо отрегулированный, отрегулирован с отклонениями от нормы). На потери зерна влияет мастерство комбайнера.

По данным экспертных оценок суммарные потери при этом могут достигать 10% и более.

По данным тех же экспертных оценок, от передержки свежесобранного зерна на току из-за недостаточной обеспеченности сушилками, приемными отделениями и средствами временного хранения, сбоя в подаче топлива, электроэнергии, нарушений технологической дисциплины потери составляют в среднем 5,5 % [8]. Это – примерно 350 тыс. т зерна и 10150 т топлива. Стоимость этих потерь также эквивалентна стоимости более чем 500 зерновых комбайнов.

В большинстве хозяйств республики, к сожалению, на токах и зерносушильных комплексах отсутствуют простейшие навесы для оперативного хранения свежесобранного зерна, защищающие его от атмосферных осадков.

Данные экспериментальных исследований свидетельствуют о том, что продуктивность хозяйств, имеющих современные дорожные коммуникации, на 10–20% больше по сравнению с бездорожными хозяйствами, обладающими, однако, аналогичным плодородием земель [8].

Потери зерна зависят от степени подготовленности транспортных средств и его перевозки. При наличии щелей в кузовах утечка зерна может достигать 10 кг на 1 км пути от комбайна до тока. Из незакрытого пологом кузова автомобиля происходит выдувание зерна: на каждые пройденные 5 км – до 3 кг. Имея эти данные, нетрудно подсчитать, во что обходится народному хозяйству любая небрежность в подготовке к уборочной страде.

Картофель. Потери этой сельскохозяйственной культуры одни из самых значительных по сравнению с другими видами аграрной продукции.

При уборке урожая копателями с ручным подбором клубней потери достигают 20–25%. При уборке картофеля комбайнами потери снижаются до 3–5%. Однако комбайновая уборка все еще не стала основной (убирается ими 50–70%).

Наибольшие потери картофеля наблюдаются при его хранении. Республика обеспечена картофелехранилищами всего на 18%, которые, как правило, расположены на большом расстоянии от мест выращивания. Остальной картофель хранится в буртах. В буртах за 7 мес. хранения теряется до 30%, а иногда и больше половины картофеля. В хранилищах с естественной вентиляцией потери составляют 19%, а с активной вентиляцией – только 11%.

Сельскохозяйственные организации в 2007 г. выращивали картофель на площади 45 тыс. га. Валовый сбор составил около 900 тыс. т. С учетом вышесказанного, до потребителя дойдет 50–55% полученного урожая картофеля. Потери составят примерно 400 тыс. т. По официальным данным Министерства статистики и анализа Республики Беларусь, в 2006 г. потери картофеля составили 340 тыс. т [10]. Если учесть, что расход горючего на 1 т картофеля составляет 9–12 кг, то окажутся непроизводительно потраченными 3300 т дизельного топлива.

Потери картофеля в общественном секторе в объеме 400 тыс. т означают, что потерян урожай с 20 тыс. га. Трудоемкость возделывания картофеля на 1 га составляет около 500 чел.-ч. Тогда оказывается, что впустую затрачено более 10 млн чел.-ч.

Практически все, что сказано о картофелеводстве относится и к овощеводству. По официальным данным Министерства статистики и анализа Республики Беларусь, потери плодов и ягод за 2006 г. составили 71 тыс. т, овоще-бахчевых культур 230 тыс. т [10]. Совокупные затраты энергоресурсов на получение одной тонны овощей составляют 6–8 кг топлива. Тогда с потерями овощей теряем в среднем 16100 т дизельного топлива.

Корма. В общих затратах на производство продукции животноводства на корма приходится 55–65% всех расходов. Ни современная технология производства животноводческой продукции, ни самые совершенные методы племенной работы не дадут эффекта, если в хозяйстве не налажено производство и рациональное использование кормов.

Концепцией развития кормопроизводства в хозяйствах республики предусмотрены технологические потери при заготовке кормов в пределах 15–18%. Фактически они существенно больше. Это факт бесспорный.

Применительно к 2006 г. потери сена составили примерно 200 тыс. т (от 1 млн т), сенажа - 1200 тыс. т (от 6 млн т), силоса - 1600 тыс. т (от 8 млн т). Если учесть, что на производство одной тонны сена затрачивается примерно 40 кг топлива, силоса и сенажа - 11, то простая арифметика показывает, что одновременно с потерянными кормом ежегодно вылетает в «трубу» более 30 тыс. т дизельного топлива.

Потери энергоресурсов из-за проблем в производстве комбикормов. Для обеспечения полной потребности животноводства Республики Беларусь в концентрированных кормах необходимо производить 6,0–6,5 млн. т комбикормов.

Для сравнения: в Голландии, территория которой значительно меньше территории Беларуси, в 1990-х годах производили более 18 млн т комбикормов.

По данным многих исследователей, переработка зерна в полноценные комбикорма повышает эффективность его использования на 20–30%. Каждый центнер комбикорма по сравнению с зернофуражом дает дополнительно 25–30 кг молока, или 3–4 кг мяса, или 75–90 яиц.

Однако сейчас зерно в качестве зернофуража используется недостаточно рационально. Более 2 млн т его скармливают скоту в чистом и несбалансированном с другими важными компонентами и добавками виде, что приводит к значительному перерасходу зерна.

По этой причине мы ежегодно недобираем около 70 тыс. т мяса. Если учесть, что на получение 1 т говядины затраты энергоресурсов составляют 460–530 кг топлива, то нетрудно посчитать, что на производство такого количества мяса требуется примерно 35000 т топлива.

Условия содержания животных и его продуктивность. Все сельскохозяйственные животные, потребляя корма, превращают их энергию в другие виды энергии (продукцию, теплоту, механическую работу). Закон сохранения энергии и перехода ее в другие виды для теплокровных животных определяется условиями содержания (температура, влажность, загазованность) и энергетической составляющей суточного рациона кормления.

В оптимальных условиях содержания практически для всех видов и половозрастных групп животных (температура 20°C, влажность воздуха 65–75%, свежий воздух, допустимая загазованность по аммиаку и углекислому газу) энергия кормов суточного рациона распределяется, обуславливая КПД, равным 0,25–0,3, следующим образом. Теплотери в окружающую среду составляют 34–64%, на нагрев потребляемых кормов – 5%, на нагрев потребляемой воды – 3%, на нагрев потребляемого воздуха – 2% и на механическую работу – 1%. В навоз уходит до 25% энергии кормов (20% неусвоенная энергия, 5% механические потери).

Таким образом, в теплоту превращается от 45% энергии кормов (при оптимальной температуре воздуха) до 75% в холодных сырых животноводческих помещениях. На продуктивность остается 30% энергии кормов в оптимальных условиях содержания, и практически не остается энергии кормов на продуктивность в холодных помещениях даже при 100% обеспеченности суточного рациона. В оптимальных температурных условиях расход кормовых единиц на производство 1 кг мяса в среднем на откорме КРС составляет 7 к.ед. и 1,1 – на 1 л молока. Согласно данным НИИ животноводства, в настоящее время в среднем по республике расходуется 10–12 и 1,3–1,5 кг, соответственно.

Кроме того в плохих условиях содержания из-за низкой продуктивности животных и высоких затрат кормов, животноводство несет огромные потери из-за болезней молодняка, носящих простудно-легочный характер. Не секрет, что падеж поросят ежегодно исчисляется многими десятками тысяч голов и тысячами голов телят.

Приведенные негативные факты, имеющие место в животноводческой отрасли, убедительно показывают необходимость решения проблемы микроклимата в животноводческих помещениях. Данная проблема наименее затратная, требует относительно небольших денежных средств и может быть решена в короткие сроки, но она является комплексной проблемой. Одновременно надо провести утепление помещений, ограничить инфильтрацию, провести двойное остекление окон и т.д. В себестоимости единицы продукции животноводства корма занимают, как уже отмечалось, 55–60%. Обеспечив надлежащие условия содержания животных, по данным специалистов, на 1 тонну прироста живой массы будет затрачено 5 т к.ед. или 1,5 т жидкого топлива (только на производство кормов). В противном случае будет затрачено 10–15 т кормовых единиц, а, следовательно, 3–4,5 т топлива.

В целом, изложенное выше, объясняет причины того, что генетический потенциал сельскохозяйственных культур и животных используется в среднем по стране на 40–50%.

Мы показали далеко не весь ряд нерешенных проблем, имеющих место в сельскохозяйственном производстве. Например, таких как отсутствие глубокой специализации производства, как применение сдельной оплаты труда на определенных видах работ, которая ни-

коим образом не увязывается с качеством работы и экономией ресурсов и т.п. При этом следует подчеркнуть, что авторы не ставили задачу абсолютно точно рассчитать все недоборы и потери сельскохозяйственной продукции, нерационально использованные энергетические и иные ресурсы. Хотя за порядок цифр готовы отвечать. Цель данной публикации обратить внимание заинтересованных на наличие достаточно сложных нерешенных проблем в сельхозпроизводстве в совокупности, приводящих к недобору более 3-х миллионов тонн зерна, сотен тысяч тонн картофеля, свеклы, травянистых кормов, к потере, по-существу, почти 200 тыс. т топлива, с тем, чтобы определить стратегию дальнейшего совершенствования сельскохозяйственного производства.

Литература

1. Сельское хозяйство Республики Беларусь. Статистический сборник, Минск, 2008.
2. Тверитин А.В. и др. Энергетические балансы сельского хозяйства зарубежных стран: Обзорная информация. М., 1984. 82 с.
3. Блянкман Л.М., Анисимова Н.И. Ресурсо- и энергосберегающие технологии в АПК. Минск: Ураджай, 1990. 159 с.
4. Степук Л.Я., Дашков В.Н., Петровец В.Р. Машины для применения средств химизации в земледелии: конструкция, расчет, регулировки: учеб. пособие. Мн.: Дикта, 2006. с. 15–19.
5. Шпаар Д., Постников А., Крапцш Г., Маковски Н. Возделывание зерновых. М.: Аграрная наука, 1998. 334 с.
6. Привалов Ф.И. Лапа В.В. Как обеспечить расширенное воспроизводство плодородия почв. Б.Н. №171, 4 сентября, 2007.
7. Лозановская И.Н., Орлов Д.С., Попов П.Д. Теория и практика использования органических удобрений. М.: Агропромиздат, 1988. 26 с.
8. Бобылев С.Н., Ходжаев А.Ш. Борьба с потерями сельскохозяйственной продукции. М.: Знание, 1983. 64 с.
9. Жалнин Э.В. Направления и перспективы возрождения комбайностроения в России. Тракторы и сельскохозяйственные машины, 1997, №10.
10. Сельское хозяйство Республики Беларусь. Статистический сборник, Минск, 2007, с. 144–145.
11. Калинин А.Ф. Экономия и бережливость в сельском хозяйстве. М.: Знание, 1986, 27 с.

12. Производство комбикормов на колхозно–совхозных цехах и заводах. Рекомендации. Минск, 1973.

13. Гусаков В.Г. «Клуб-100» – это почетно». «Белорусская нива», 2 августа 2007 г.

14. Степук Л.Я. Разработка и реализация Программы приоритетного сельхозмашиностроения – неперенное условие устойчивого развития сельского хозяйства в современных условиях. Известия Академии аграрных наук Республики Беларусь, №1, 2000.

УДК 631.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ВЕТРОУСТАНОВОК МАЛОЙ МОЩНОСТИ НА БАЗЕ ВИРТУАЛЬНОЙ МОДЕЛИ

Боярчук В.М., к.т.н., профессор, Сиротюк В.Н., к.т.н., профессор,
Сиротюк С.В., к.т.н., доцент, Гальчак В.П., к.ф.-м.н., доцент,
Львовский национальный аграрный университет, г. Львов, Украина

Автономная ветроэлектрическая установка малой мощности является сложной электромеханической системой. Она состоит из ветровой турбины, которая воспринимает энергию поступательного ветрового потока и превращает ее во вращательное движение главного вала, который присоединен к электрогенератору. Обычно для согласования кинематических характеристик ветровой турбины и электрогенератора применяют мультипликатор, целесообразность установления которого определяется функционально-стоимостным анализом. Электрогенератор в большинстве случаев нагружен на звено постоянного тока - аккумуляторную батарею соответствующей емкости и напряжения. Для представления к потребителю электрической энергии с необходимыми параметрами необходимым является применение "DC/DC" или "DC/AC" преобразователей.

В результате несоответствия режимов генерирования электроэнергии энергии и ее потребления, а также значительной изменчивости ветрового потока ветроэлектрическая установка преимущественно работает в режиме зарядки аккумуляторной батареи. Для обеспечения длительной работоспособности аккумуляторной батареи необходимым является соблюдение рекомендованных режимов

ее зарядки, что одновременно должно быть согласованно с электрическими параметрами электрогенератора.

Для обеспечения высокой эффективности использования энергии ветра ветроустановкой и стойкости ее работы необходимым является обеспечение согласованности поступления энергии ветрового потока с отбором энергии от ветровой турбины. В первую очередь необходимо обеспечить такой режим отбора энергии от ветровой турбины, при котором рабочая точка на характеристике ветровой турбины находилась бы справа от максимального значения коэффициента использования энергии ветра на определенном расстоянии, которое обусловлено динамикой ветрового потока и нагрузки.

Для обеспечения выше приведенных требований необходимо осуществлять согласование параметров отдельных структурных элементов системы, которая может быть осуществлена только на основании моделирования работы ветроэлектрической установки во всем диапазоне изменения влиятельных факторов.

Моделирование сложных систем может быть осуществлено с использованием физических, математических, статистических моделей с использованием компьютерных технологий.

Применение физических моделей для оптимизации структуры и параметров структурных элементов ветроэлектрических установок усложняется высокой трудоемкостью и стоимостью создания моделей, сложностью регулирования параметров в процессе моделирования и обеспечения соответствующего динамического диапазона влиятельных параметров.

Математическое моделирование является наиболее эффективным способом, однако при моделировании сложных систем аналитическим способом возникают трудности математического характера, которые обычно трудно преодолеть. В таком случае возможным является применение численных методов решения.

Применение статистических методов моделирования утрудняется на этапе формализации задач и интерпретации полученных результатов.

В условиях стремительного развития компьютеризации научных исследований разработано значительное количество программных продуктов, которые обеспечивают возможность комбинированного приложения математического и других методов моделирования с максимальной эффективностью. В частности, можно отметить ис-

пользование программных продуктов MathCAD, MathLAB - Simulink, LabVIEW и другие.

Среди перечисленных программных продуктов для моделирования ветроэлектрических установок в наибольшей степени отвечает модель, построенная на базе LabVIEW.

Характерной особенностью моделирования в среде LabVIEW есть использование потоков данных, которые могут поступать от физических объектов, цифровых файлов, сформированных в результате предыдущих исследований и генераторов случайных чисел. Создание моделей в среде LabVIEW осуществляется графически-объектным способом, который существенно упрощает процедуру, сокращает время и обеспечивает качественную визуализацию процесса моделирования.

В процессе построения и налаживания моделей целесообразно применять разные способы задания входных потоков влиятельных факторов: стационарный, ручной непрерывный, случайный машинный (приближен к реальному), а также реализаций в режиме реального времени, или предварительно записанных в виде цифрового файла.

Теоретической основой, разрабатываемой модели электромеханической системы ветроэлектрической установки есть уравнение момента, который разбивает ветровая турбина

$$M = \int_{r_0}^R dM = \int_{r_0}^R 4\pi \cdot r^2 \cdot \rho \frac{e}{1+e} v^2 \frac{1-\mu \cdot z_v}{z_v + \mu} dr, \quad (1)$$

решением которого есть уравнение

$$M(t) = \frac{4e(1-e)}{Z(1+e)} \left[\left(1 - \frac{r_o^2}{R^2} \right) - 2\mu \left(\frac{z_v}{3} + \frac{1-\frac{r_o}{R}}{z_v} - \frac{1-\frac{r_o^2}{R^2}}{2} \right) \right] \cdot \pi \cdot R^3 \frac{\rho [v(t)]^2}{2}, \quad (2)$$

где e – коэффициент торможения воздушного потока ($e = v_1/v$);

v_1 – скорость, вызванная действием вращательного момента лопастей ветровой турбины, м/с;

$v(t)$ – скорость ветрового потока, м/с;

Z – модульность ветровой турбины ($Z = \frac{\omega R}{v}$);

r_o – радиус начала рабочей зоны лопасти, м;

R – радиус ветровой турбины, м;

μ – параметр, который отвечает обратному качеству лопасти ($\mu = C_x / C_y$);

C_x и C_y – сопротивление лопасти в ее плоскости и подъемная сила, соответственно;

z_0 – модульность, которая отвечает определенному радиусу дужки ветровой турбины;

ρ – плотность воздуха, кг/м^3 .

Динамика системы моделируется следующим уравнением

$$J \frac{d\omega}{dt} = M - M_c, \quad (3)$$

где J – суммарный момент инерции ветровой турбины и вращательных масс приведенный к главному валу, $\text{кг} \cdot \text{м}^2$;

M_c – момент сопротивления на валу генератора, приведенный к главному валу и моменту сопротивления трения, Н·м.

Следует отметить, что поданы теоретические принципы модели ветроустановки не учитывают возникновения начального момента, который предопределяет страгивание ветроколеса. Это приводит к неопределенности в начальный момент моделирования. Приближенно без учета закрутки лопасти постоянной ширины и при условии, что центр давления приходится на середину длины лопасти, страгивающий момент M_p можно определить воспользовавшись зависимостью

$$M_p = F_{\text{кол}} \cdot r_c, \quad (4)$$

где $F_{\text{кол}}$ – окружная составляющая лобового давления на лопасти, Н;

r_c – расстояние от оси вращения ветроколеса к точке прикладывания равнодействующей лобового давления, м.

В свою очередь, окружная составляющая лобового давления может быть определена как

$$F_{\text{кол}} = F_l \cdot \cos \beta \cdot \sin \beta, \quad (5)$$

где F_l – сила лобового давления на лопасти, Н;

β – угол заклинивания лопасти, град.

Силу лобового давления на лопате определим за формулой

$$F_l = \frac{v^2 \cdot S_l \cdot n_l \cdot k_{об} \cdot \rho}{2}, \quad (6)$$

где S_l – площадь миделевого сечения лопасти, м^2 ;

n_l – количество лопастей, шт.;

$k_{об}$ – коэффициент обтекаемости лопасти.

Нагрузкой ветроколеса является электрический генератор переменного тока с возбуждением от постоянных магнитов присоединенный через мультипликатор. Теоретической основой, на которой базируется моделирование динамики электрического генератора была система уравнений:

$$\begin{aligned}\frac{di(t)}{dt} &= \frac{U(t) - C \cdot \omega(t) \cdot \Phi - R \cdot i}{L}; \\ \frac{d\omega(t)}{dt} &= \frac{C \cdot i(t) - M(t)}{J}; \\ M(t) &= C \cdot i(t) \cdot \Phi.\end{aligned}\tag{7}$$

Система уравнений (7) развязывается методом численного интегрирования.

В реальных условиях следует учитывать, что нагрузкой генератора, как правило, является аккумуляторная батарея. Поэтому, необходимо учитывать требования относительно режима ее зарядки.

В структуру разработанной модели ветроэлектрической установки входят следующие блоки: входных потоков, определения текущего значения момента ветровой турбины, определения величины начального момента страгивания ветровой турбины, определения текущего значения угловой скорости ветровой турбины, моделирования параметров электрогенератора, определения текущей мощности ветроустановки, моделирования параметров мультипликатора, моделирования характеристики ветровой турбины. Для возможного анализа результатов моделирования в состав каждого блока входит виртуальный прибор формирования цифровых измерительных файлов.

Блок входных потоков состоит из следующих подблоков: формирование случайного модельного ветрового потока, вводу данных преобразователя скорости ветра в режиме реального времени, ручного ввода уровня скорости ветра, ввода цифрового файла данных скорости ветра, полученных цифровой метеорологической станцией.

Для визуализации текущих значений исследуемых параметров используются виртуальные приборы (осциллографы, цифровые дисплеи, элементы управления), которые смонтированы на виртуальной фронтальной панели.

Подблок формирования случайного модельного ветрового потока выполнен с использованием виртуальных приборов: генератор синусоидальных сигналов и генератор случайных чисел.

Как преобразователь скорости ветрового потока использовался чашечный анемометр, присоединенный к системе моделирования с помощью платы сбора данных и управления USB 6009, фирмы National Instruments (США).

Цифровой файл скорости ветрового потока был сформирован с использованием цифровой метеорологической станции и организовано его считывание с помощью виртуального прибора.

Формирование блоков расчетов параметров осуществлялось с использованием структур формула и циклов.

Формирование характеристики ветровой турбины осуществлялось с использованием эмпирического уравнения аппроксимации кривой коэффициента использования энергии ветра полиномом 4 степени, осуществленной в среде Microsoft Excell.

Изменение нагрузки на выходе электрогенератора осуществлялось в ручном режиме изменением сопротивления нагрузки с использованием виртуального прибора типа ползунка.

Разработанная модель позволяет осуществлять моделирование режимов работы ветроэлектрической установки и исследовать ее динамику изменением параметров структурных элементов системы. Таким образом, моделирование позволяет оптимизировать соотношение параметров и режимных характеристик в процессе проектирования и в конкретных условиях эксплуатации.

Литература

1. Фатеев Е.М. Ветро двигатели и ветроустановки. Учебное пособие. / Е.М. Фатеев. – М.: ГосИздат с.-х. лит., 1957. – 536 с.
2. Суббота А.М., Дыбская И.Ю., Заболотный А.В. Система управления ветроэнергетической установкой. // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. - 2009, № 3 (37). – С. 61-67.
3. Моделювання електроприводів: Навч. Посібник / Л.Д. Костинюк, В.І. Мороз, Я.С. Паранчук. – Львів: Видавництво Нац. університету "Львівська політехніка", 2004. – 404 с.
4. Евдокимов Ю.К., Линдваль В.Р., Щербаков Г.И. LabView для радиоинженера: от виртуальной модели до реального прибора.

Практическое руководство для работы в программной среде LabView. – М.: ДМК Пресс, 2007. -400 с.

5. Суранов А.Я. LabView 8.20: Справочник по функциям. – М.: ДМК Пресс, 2007. -536 с.

УДК 632.935.4

ПРЕИМУЩЕСТВА ПРИМЕНЕНИЯ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН НА ОСНОВЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Косулина Н. Г., д.т.н., профессор, Чёрная М. А., *Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени Петра Василенко, г. Харьков, Украина*
Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени Петра Василенко

Традиционные технологии повышения урожайности, применяемые на сегодняшний день, практически исчерпали свои возможности, а применение зарубежных зачастую нецелесообразно из-за существенных различий в сырье, условиях эксплуатации и сложившихся традициях ведения хозяйства, высокой стоимости оборудования. В связи с этим появляется необходимость внедрения современных высокоэффективных методов обработки семян.

Качество семенного материала в решающей степени определяет качество и количество получаемого урожая. Сельскохозяйственное производство предъявляет к семенам определённые требования, установленные государственными стандартами.

Производство семян включает ряд технологических мероприятий: послеуборочное хранение, предпосевная обработка, обеззараживание, посев. На каждой стадии производства и хранения на семена возможно негативное влияние природно-климатических и хозяйственных факторов, которые снижают их качество. При неудовлетворительных условиях хранения или выращивания, семена теряют естественную всхожесть, заражаются болезнями, повреждаются насекомыми-вредителями, травмируются при механической обработке [1].

Специалисты сельскохозяйственного производства и учёные постоянно ищут способы и средства для повышения посевных качеств семян. Чаще всего стимулирующие рост и развитие методы показывают аналогичные результаты при их использовании в различных

условиях, но уровень их эффективности будет при этом разным. В настоящее время разработаны различные методы предпосевной подготовки семян, однако зачастую они имеют высокую себестоимость, низкую эффективность или являются неэкологичными[2].

В последние годы для интенсификации растениеводства в практику сельского хозяйства стали активно внедрять электрофизические методы воздействия на растения и семена зерновых и овощных культур с целью повышения урожайности и улучшения качества получаемой продукции. К электрофизическим способам предпосевной обработки относятся: воздействие постоянного электрического поля, постоянного магнитного поля, инфракрасных лучей, электрического поля переменного тока высокого напряжения, сильного электростатического поля, электрическое поле коронного разряда. Последнее имеет хороший бактерицидный эффект и успешно применяется для борьбы с очаговой плесенью, однако тормозит прорастание, всхожесть и уменьшает жизнеспособность семян.

Общим недостатком всех существующих технологий с использованием предпосевной обработки семян электрофизическими способами является низкая повторяемость результатов обработки, и невысокой прибавкой к урожаю – 10...12 %. Это можно объяснить несовершенством существующих технических средств и методик исследования, отсутствием экспресс-методов диагностики, а также отсутствием достаточно глубоких теоретических и экспериментальных исследований механизма действия различных физических факторов на посевной материал [3, 4, 5].

Наиболее эффективным, энергосберегающим и рентабельным является способ обработки семян информационным электромагнитным полем [3]. Применение низкоэнергетического излучения ЭМ энергии связано с наименьшими затратами энергии при максимальном влиянии на информационные процессы жизнедеятельности биообъектов [4]. Однако следует отметить, что эффективное использование низкоэнергетического ЭМП невозможно без разработки физико-математических моделей, учитывающих параметры воздействующего ЭМП и диэлектрические характеристики сельскохозяйственных объектов в растениеводстве и животноводстве, которые в большинстве случаев неизвестны, особенно в миллиметровом диапазоне длин волн [4]. Как показал анализ литературы [2...4], минимальная величина повышения урожайности зерновых

культур (пшеница, рожь, ячмень, овес, кукуруза) составила 10...12%. Но, были и более высокие результаты: повышение урожайности на 18...26%. Повышается и качество зерна, например, содержание клейковины в зерне. Еще более внушительные результаты были получены на овощных культурах: капусте, свекле, моркови, редисе, огурцах, томате. Средние прибавки урожая составили 18...23%, а максимальные составляли 40...60%. Увеличение качества урожая выражается, например, в увеличение сахаристости у сахарной и кормовой свеклы, увеличение содержания витаминов и каротина (провитамина А) у моркови.

Электромагнитная технология предпосевной обработки семян по эффективности выгодно отличается от других способов. Для применения информационного ЭМП с целью предпосевной обработки семян необходимо теоретически определить биотропные параметры облучения семян, а также разработать систему контроля по определению оптимальных параметров ЭМП.

Литература

1. Наумов Г. Ф. Биологическая стимуляция семян подсолнечника как приём улучшения их посевных качеств и урожайности / Г. Ф. Наумов, Л. Ф. Носова // Селекция и семеноводство. – 1984. – Вып. 56. – С. 89 – 93.
2. Кильмакаев Т. А. Методы предпосевной обработки семян. / Т. А. Кильмакаев. – Успехи современной биологии. – 1991. – Т. 111. – Вып. 1. – С. 134 – 137.
3. Черенков А. Д. Применение информационных электромагнитных полей в технологических процессах сельского хозяйства / А. Д. Черенков, Н. Г. Косулина // Світлотехніка та електроенергетика. – 2005. – № 5. – С. 77 – 80.
4. Бабенко А. А. СВЧ импульсная предпосевная обработка семян. / А. А. Бабенко. – МИИСП им. В. Горячкина. – 1993. – 180 с.

СЕКЦИЯ 1 «ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЕ АПК»

УДК 621.314

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОПУСТИМЫХ СИСТЕМАТИЧЕСКИХ НОРМАЛЬНЫХ НАГРУЗОК МАСЛЯНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Анищенко В.А., докт. техн. наук, проф., УО "Белорусский национальный технический университет, Иванов В.В., магистр техн. наук, вед. инж., РУП "Минскэнерго", г. Минск, Республика Беларусь

При проектировании и эксплуатации электрических подстанций следует учитывать перегрузочные возможности трансформаторов, что позволяет в ряде случаев избежать необоснованного завышения их номинальных мощностей и снижения ущерба от недоотпуска электроэнергии потребителям за счет использования перегрузочного потенциала трансформатора.

Режимы нагрузок силовых масляных трансформаторов подразделяются на режимы постоянных нагрузок, циклических нагрузок и кратковременных аварийных перегрузок. Режим работы с циклическими (обычно суточными) изменениями может быть режимом систематических нормальных нагрузок или режимом продолжительных аварийных перегрузок [1].

В режиме систематических нормальных нагрузок температура охлаждающей среды в течение части цикла может быть более высокой и ток нагрузки превышать номинальный, что компенсируется понижением температуры охлаждающей среды или тока нагрузки в течение части цикла.

Режим продолжительных аварийных перегрузок возникает в результате продолжительного выхода из строя элементов сети, которые могут быть восстановлены только после достижения постоянного значения превышения температуры трансформатора. Этот режим приводит к существенному, но допустимому износу изоляции, так как предполагается, что он будет возникать редко.

Режим кратковременных аварийных перегрузок характеризуется чрезвычайно высокой нагрузкой, вызванной непредвиденными воздействиями. Допустимая продолжительность такой нагрузки мень-

ше тепловой постоянной времени трансформатора и зависит от температуры до перегрузки.

В стандарте [1] приведены систематические допустимые нагрузки для четырех категорий трансформаторов с разными системами охлаждения, с нормальным сокращением срока службы и восьми значений температуры охлаждающей среды. Эти нагрузки получены с учетом тепловых характеристик трансформаторов в результате эквивалентного суточного изменения нагрузки упрощенным двухступенчатым графиком. Допустимые продолжительности перегрузки определяются в зависимости от температуры охлаждающей среды и кратностей нагрузок низшей и высшей ступеней графика нагрузки. Разработчики стандарта настоятельно рекомендуют его пользователям делать свои собственные расчеты с использованием реальных суточных графиков. В связи с этим был разработан метод, учитывающий любую возможную форму графика нагрузки. В соответствии с этим методом допустимая продолжительность нагрузки в любой момент времени t рассчитывается по формуле:

$$\Delta t = -T \cdot \ln \frac{K_{II}(t) - K_I}{\overline{K_{II}}(t) - \overline{K_{II}}(t)};$$

где T – постоянная времени нагрева трансформатора; K_I – кратность перегрузки, соответствующая допустимому при перегрузках превышению температуры масла; $K_{II}(t)$ – кратность перегрузки в момент времени t ; $\overline{K_{II}}(t)$ – осредненная кратность перегрузки, полученная методом экспоненциального сглаживания согласно выражению:

$$\overline{K_{II}}(t) = \alpha K_{II}(t) + (1 - \alpha) \cdot \overline{K_{II}}(t - h);$$

где $\overline{K_{II}}(t - h)$ – осредненная кратность перегрузки в предыдущий момент времени $(t - h)$; h – интервал временной дискретизации; α – параметр сглаживания, определяемый при $t \gg h$ из соотношения:

$$\alpha = 1 - \exp(-\alpha / T).$$

Предлагаемый метод определения допустимой продолжительности систематических нагрузок с нормальным сокращением срока

службы позволит благодаря учету реального суточного графика нагрузки полностью использовать в случае режимной необходимости потенциальную перегрузочную способность трансформаторов. Реализация метода предполагается с помощью автоматизированных систем контроля и учета электроэнергии.

Литература

1. ГОСТ 14 – 09 – 97 (МЭК 354 – 91) Руководство по нагрузке силовых масляных трансформаторов.

УДК 621.311

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ДОСТОВЕРНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Анищенко В.А., д. т. н., проф., Немкович А.С., асп.
*Белорусский национальный технический университет
г. Минск, Республика Беларусь*

Надежность работы системы электроснабжения промышленных, сельскохозяйственных и иных потребителей существенно зависит от достоверности и точности измерительной информации, характеризующей положения коммутационных электрических аппаратов (дискретные переменные) и значений аналоговых переменных (токов, напряжений, активных и реактивных мощностей и потоков энергий). Недостоверная и недостаточно точная информация может привести к ошибкам при формировании на ее основе управляющих воздействий систем автоматики, защиты и действий оперативного персонала.

Достоверным считается результат измерения аналоговой переменной, соответствующий расчетной точности измерительной аппаратуры, которая характеризует надежность всего измерительного тракта, включающего измерительные трансформаторы тока и напряжения, датчики измерений, каналы передачи информации.

Точность измерения характеризует его близость к неизвестному точному значению аналоговой переменной.

Высокая достоверность и точность измерительной информации может быть достигнута двумя путями:

- выбором высоконадежных технических средств для производства измерений и передачи информации на стадии проектирования систем электроснабжения;

- оперативным контролем достоверности измерительной информации в процессе эксплуатации систем.

Необходимым и достаточным условием обнаружения недостоверных измерений является наличие информационной избыточности. Программно-логические методы оперативного контроля достоверности аналоговых измерений подразделяются в зависимости от источника информационной избыточности на следующие [1,2]:

- контроль достоверности по предельным значениям (уставкам), выявляющий грубые погрешности измерений, когда используется априорная избыточная информация о законе распределения и границах, в которых могут находиться значения контролируемой переменной в нормальных режимах работы;

- контроль достоверности по первым приращениям, выявляющий грубые погрешности измерений, когда используется априорная избыточная информация по возможной максимальной скорости изменения значений контролируемой переменной в нормальных режимах работы;

- контроль достоверности дублированных измерений, выявляющий их грубые погрешности, когда контролируемая переменная измеряется одновременно двумя датчиками и используется априорная избыточная информация о законе распределения и границах, в которых могут находиться значения контролируемой переменной в нормальных режимах работы, а также апостериорная информация о величине невязки измерений;

- контроль достоверности измерений взаимосвязанных переменных, выявляющий грубые погрешности, когда используется априорная избыточная информация о топологии переменных, законах распределения и границах, в которых могут находиться их значения, и апостериорная информация о величинах невязок уравнений связи;

- контроль достоверности, выявляющий систематические погрешности взаимосвязанных переменных, основанный на использовании априорной избыточной информации о топологии переменных, законах распределения и границах, в которых могут находиться их значения, и апостериорной информации об осредненных по временным циклам величинах невязок уравнений связи.

При контроле взаимосвязанных переменных возникает необходимость локализации недостоверных измерений. Для обеспечения эксплуатационной надежности системы электроснабжения следует оперативно производить замену недостоверных результатов измерений наиболее вероятными замещающими значениями, поскольку устранение возникающих неисправностей измерительной аппаратуры может потребовать достаточно продолжительного времени.

В качестве замещающего значения могут назначаться последний достоверный результат измерения или среднее значение переменной в диапазоне ее возможных в нормальных режимах работы значений. В первом случае точность замещающего значения снижается с увеличением скорости изменения переменной и интервала времени между последним достоверным результатом измерения и текущим моментом времени. Во втором случае точность замещающего значения снижается с увеличением диапазона возможных значений измеряемой переменной.

Выбор замещающих значений должен производиться таким образом, чтобы их подстановка в уравнения связи вместо недостоверных измерений, ликвидирующая недопустимо большие невязки, не приводила к появлению новых недопустимых невязок в других уравнениях [3].

Ни один из перечисленных выше однопризнаковых методов контроля достоверности не может гарантировать стопроцентное выявление недостоверных измерений в силу вероятностной природы возникновения погрешностей. Максимальную достоверность распознавания недостоверных измерений можно обеспечить с помощью многопризнакового (коллективного) метода контроля, согласно которому окончательный вывод о недостоверности измерений производится путем совместной обработки результатов контроля несколькими однопризнаковыми методами [2]. При этом возникает задача оптимизации логической схемы совместной отработки («И», «ИЛИ», миноритарная) [4].

Сложность и стоимость измерительной аппаратуры возрастают с повышением достигаемой точности измерений. В связи с этим представляют значительный интерес методы статистического оценивания, позволяющие расчетным путем корректировать достоверные показания приборов. В результатах статистического оценивания определяются оптимальные оценки измеренных переменных, которые можно рас-

смаивать как «псевдоизмерения», якобы произведенные приборами более высокого класса точности. В среднем эти оценки точнее фактических показаний установленной измерительной аппаратуры.

Контроль достоверности дискретных переменных, то есть сигнализации включенного или отключенного положения коммутационных электрических аппаратов (выключателей, разъединителей и их заземляющих ножей), возможен при совместном анализе результатов сигнализации и измерений аналоговых переменных. Для этого формируется таблица состояний комбинаторной системы, соответствующая топологии схемы электрических соединений. Таблица состояний подразделяется на таблицу истинности и таблицу ошибок, таблица истинности составляется их технологически непротиворечивых комбинаций дискретных результатов сигнализаций и значений аналоговых переменных, характеризующих наличие или отсутствие тока, напряжения. Таблица ошибок составляется из технологически противоречивых комбинаций значений переменных.

Недостоверные результаты сигнализации положений коммутационных аппаратов выявляются путем сравнения комбинаций фактических результатов сигнализации и измерений с табличными истинными или ошибочными комбинациями.

Реализация программно-логических методов контроля достоверности измерительной информации предполагается в рамках автоматизированных систем контроля, учета и управления электрообеспечением.

Литература

1. Анищенко, В.А. Надежность измерительной информации в системах электроснабжения / В.А. Анищенко. – Мн.:БГПА, 2000. – 128 с.
2. Анищенко, В.А. Достоверность дублированных измерений энергетических переменных / В.А. Анищенко, А.С. Немкович // Энергетика (Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ). – 2013. – №1. – С. 15-16.
3. Анищенко, В.А. Выбор замещающих значений при обнаружении недостоверных измерений аналоговых переменных / В.А. Анищенко, А.В. Горош // Энергетика (Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ).). – 2001. – №1. – С. 25-31.
4. Анищенко, В.А. Систематический коллективный контроль достоверности измерений в системах электро-, тепло- и газоснаб-

жения / В.А. Анищенко // Энергетика (Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ). – 2001. – №4. – С. 3-9.

5. Анищенко, В.А. Разработка математической модели для диагностики ошибок сигнализации положений коммутационных электрических аппаратов / В.А. Анищенко, А.Л. Шутов // Энергетика (Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ).). – 2000. – №4. – С. 6-12.

УДК 621.3

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОДНОГО ПРОГРЕВА БЕТОНА ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЗДАНИЙ И ООРУЖЕНИЙ АПК

Василевский Ю.Л., Василевский Л.В.

*Белорусский национальный технический университет
город Минск, Республика Беларусь*

При строительстве зданий и сооружений агропромышленного комплекса из монолитного бетона и железобетона в осенне-зимний период широко используется электродный электропрогрев бетона. Данный метод основан на принципе нагрева проводника при прохождении через него переменного тока. Следует отметить, что постоянный ток для этих целей не подходит, так как при его применении происходит электролиз воды, коррозия и экранирование поверхности электродов выделяемыми газами.

Электропрогрев бетона осуществляется следующим образом. В свежееуложенный бетон вводят металлические электроды, через которые пропускают переменный электрический ток. Электрическое сопротивление свежеприготовленного бетона, уложенного в опалубку, увеличивается по мере затвердевания бетона. Оказалось, что на ранней стадии твердения бетон обладает достаточно хорошей электропроводностью; его можно отнести к проводникам второго рода с ионной проводимостью. Включенный в электрическую цепь, он нагревается при прохождении электрического тока. Тепло, выделяющееся при схватывании бетона, способствует интенсификации химического взаимодействия воды с минералами цементного клинкера, что вызывает твердение бетона. При этом чем больше будет сопротивление, тем выше будет напряжение тока.

Однако значительное увеличение сопротивления бетона может сказаться на прогреве бетона. При достижении им критического сопротивления происходит как бы “самоотключение” бетона. Ток используемого напряжения не в состоянии “преодолеть” это возросшее сопротивление, цепь прерывается и электрообогрев прекращается. Следовательно, надо обеспечить такой режим защиты бетона от влаготеплотер, чтобы последний успел прогреться и набрать требуемую прочность.

Расход электроэнергии при электронагреве не превышает 80–100 кВт/ч на 1 м³ бетона и зависит от температуры окружающей среды и продолжительности прогрева. Максимальная температура прогрева и его продолжительность зависят от вида применяемого цемента и требуемой прочности. Эта температура не должна превышать 60° С. Прогрев будет зависеть в значительной степени от размеров электродов. Диаметр стержневых электродов должен быть не менее 5 мм, а ленточных – не менее 15 мм. Нагреваемые электроды создают температурное поле в бетоне. И очень важным условием получения нормального режима прогрева является равномерность температурного поля, а достигается она правильной расстановкой электродов.

Все, что говорилось о прогреве бетона, относилось, к неармированному бетону. При прогреве бетона в железобетонной конструкции надо обязательно учитывать характер и густоту армирования, расположение арматуры и ее диаметр. Оказывается, стальная арматура и хомуты влияют на формирование электрического поля и искажают его. Главное условие нормального электрообогрева – обеспечение равномерности и электрического поля в бетоне, поэтому электроды надо располагать на возможно большем расстоянии от элементов арматуры. Иногда при прогреве железобетонных конструкций можно использовать арматуру в качестве одного из электродов, а в качестве другого используют уложенные на поверхности бетона пластины. Это позволяет прогревать элементы с нормальным армированием, т.е. ненапрягаемой арматурой.

Электропрогрев стал одним из основных способов ускорения твердения бетона на зимних стройках, что несомненно является актуальным для Республики Беларусь. Это один из самых экономичных способов тепловой обработки бетона.

Литература

ТКП 45-5.03-20-2006 (02250). Монолитные и каркасные здания. Правила возведения [Текст]. – Введён впервые; введ. – 2006–03–03. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь; Изд-во стандартов, 2006 — 60 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ЭЛЕКТРОННЫХ СЧЕТЧИКОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ СИММЕТРИРОВАНИЯ НАГРУЗОК В ТРЕХФАЗНОЙ СЕТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Забелло Е. П., д.т.н., Булах В. Г., аспирант

*Белорусский государственный аграрный технический университет
г. Минск, Республика Беларусь*

Современные электронные счетчики электрической энергии на сегодняшний день являются многофункциональными интеллектуальными устройствами, и устоявшееся их название зачастую дезинформирует потребителей, в связи, с чем ряд функций электронных счетчиков остаются невостребованными. В настоящем докладе рассматривается возможность использования информации о фазных и линейных напряжениях, фиксируемой, заполняемой, отображаемой счетчиками и передаваемой на верхний уровень АСКУЭ потребителей.

Данная информация позволяет оценить ряд показателей качества электрической энергии (ПКЭ), такие, например, как медленные изменения напряжения, колебания напряжения, доза фликера и несимметрия напряжений в трехфазных системах.

Из названных выше показателей несимметрия напряжений – наиболее распространенное явление в электрических сетях стран СНГ, так как потребители особенно коммунально-бытового сектора имеют однофазные ответвления (вводы). Особенно это характерно для распределительных сетей 0,38 кВ сельскохозяйственного назначения. В большинстве стран Евросоюза потребительские сети практически не имеют неполнофазных ответвлений, так как все потребители электрической энергии (ЭЭ) имеют трехфазные вводы [1].

Имея такой существенный недостаток как преобладание однофазных вводов, не позволяющее квалифицированно симметриро-

вать нагрузки по фазам, в республике затруднено внедрение нормативных документов [2], [3], определяющих нормы качества ЭЭ и указания по их контролю. Мало того, с 1 января в России введен в действие новый государственный стандарт на КЭ – ГОСТ Р 54149-2010 [4], в котором требования к ПКЭ возросли. Не исключено, что в ближайшем будущем этот стандарт будет введен и в нашей республике, электрические сети которой работают параллельно с сетями стран СНГ и Балтии по межгосударственным электрическим связям с энергосистемами Литвы, России и Украины.

В соответствии с ГОСТ 13109-97 [1] несимметрию трехфазной системы напряжений оценивают двумя основными показателями ПКЭ: коэффициентом несимметрии напряжений по обратной последовательности и нулевой последовательности, которые определяются по следующим выражениям:

$$K_{2n1} = \frac{u_{2(1)i}}{u_{1(1)i}} \cdot 100, \quad K_{0n1} = \sqrt{3} \cdot \frac{u_{0(1)i}}{u_{1(1)i}} \cdot 100$$

где $u_{2(1)i}$ и $u_{0(1)i}$ – действующие значения напряжения обратной и нулевой последовательности основной частоты трехфазной системы напряжений в i -ом наблюдении;

$u_{1(1)i}$ – действующее значение напряжения прямой последовательности основной частоты в i -ом наблюдении.

Согласно [2] коэффициенты K_{2ui} и K_{0ui} должны составлять 2% в течение 95% суток и только 5% времени суток эти показатели качества могут иметь максимальные значения – до 4%. При непрерывном контроле напряжений с помощью трехфазного счетчика группового энергоучета, устанавливаемого, например, на вводе в многоквартирный жилой дом, коттедж, ответвления к садовому товариществу, где несимметрия электрических нагрузок по фазам наиболее ощутима, расчет названных выше коэффициентов возможен на любом временном интервале, в связи с чем появляется возможность в определенной степени управления процессом симметрирования нагрузок по фазам, соблюдать значения K_{2ui} и K_{0ui} в нормируемых пределах. Рассмотрим один из них.

На рисунке 1 приведена схема управления однофазных нагрузок при наличии трехфазного ввода. На схеме показаны элементы системы управления. В частности блок управления, блок переключе-

ния фаз, работающие в случае, когда информация, поступающая через УСПД с трехфазного многофункционального счетчика свидетельствует о том, что показатели, определяемые приведенными выше формулами, выходят за допустимые пределы.

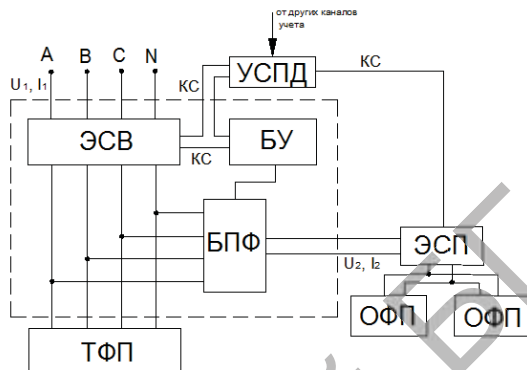


Рис. 1 – Схема управления переключением однофазных нагрузок при наличии трехфазного ввода с целью их симметрирования.

ЭСВ – трехфазный электронный многофункциональный счетчик общего ввода на группу однофазных (ОФП) и группу трехфазных потребителей (ТФП); ЭСП – однофазный электросчетчик; БУ – блок управления; БПФ – блок переключения фаз; УСПД – устройство сбора и передачи данных; КС – канал связи.

Блок-схема управления переключением фаз приведена на рис.2.

Как видно из схемы, переключение нагрузок осуществляется по приоритетам с целью сокращения числа переключений, то есть в первую очередь переключаются на незагруженную фазу потребители, имеющие в данное время наибольшую нагрузку. В принципе приоритеты могут рассматриваться по разным алгоритмам в зависимости от специфики нагрузок в конкретном узле. Главным в данном случае является то, что с применением современных средств автоматизированного учета, контроля и управления нагрузками можно управлять ими не только косвенно по величине с использованием сложных тарифных систем, но и непосредственно – путем симметрирования фазных нагрузок в узлах, где АСКУЭ внедрены в виде многофункциональных систем.

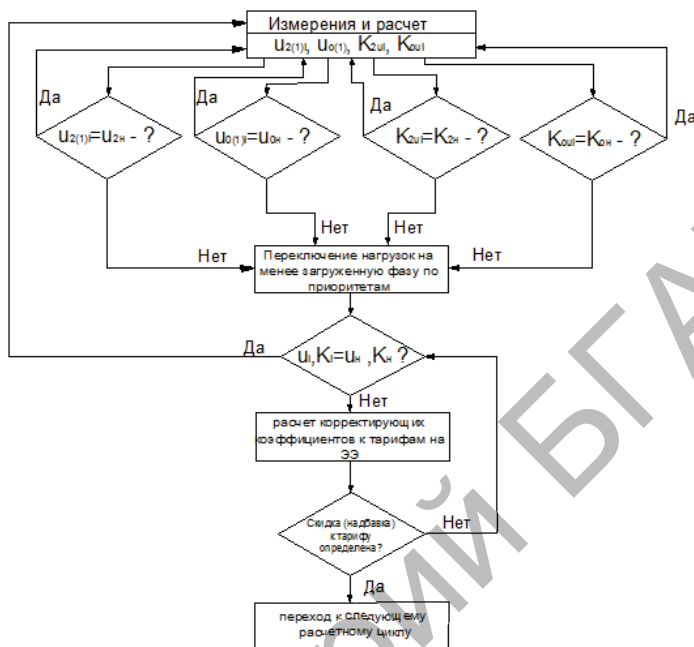


Рис. 2 – Блок-схема выполнения процесса симметрирования нагрузок в реальном времени

Литература

1. Наумов И. В. О качестве электрической энергии и дополнительных потерях мощности в распределительных сетях низкого напряжения России и Германии. «Электрика», 2005 г, №11, с. 19-22.
2. ГОСТ 13109-97. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.
3. ТКП 183.2-2009. Методические указания по контролю и анализу качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. Часть 1, 2.
4. ГОСТ Р 54149-2010 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии (КЭ) в системах электроснабжения общего назначения.

ПРИБОР КОНТРОЛЯ ТЕМПЕРАТУР СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА И СИЛОВОГО КАБЕЛЯ

Зализный Д.И., к.т.н., доцент

*Учреждение образования «Гомельский государственный
технический университет им. П.О. Сухого»*

В системах электроснабжения АПК силовые трансформаторы и кабели могут эксплуатироваться в достаточно сложных тепловых режимах, что связано с сезонностью работы и графиками нагрузки многих потребителей, таких как фермы, хранилища, теплицы. Поэтому задача разработки устройства, позволяющего в реальном времени контролировать тепловые процессы, как в трансформаторах, так и кабелях, осуществляя раннее диагностирование развивающихся в них неисправностей, является достаточно актуальной.



Рис. 1 – Внешний вид
прибора ПКРТ

На кафедре «Электроснабжение» ГГТУ им. П.О. Сухого в рамках задания по Государственной программе научных исследований на тему «Методы и средства для раннего диагностирования электрооборудования по тепловым параметрам» разработан микропроцессорный прибор ПКРТ (рис. 1), предназначенный для контроля тепловых параметров силовых трансформаторов и кабелей, а также датчики для измерения температуры поверхности этих элементов.

Рассмотрим алгоритм совместной работы прибора ПКРТ и компьютера (рис. 2). Прибор ПКРТ осуществляет измерение температуры окружающей среды и температуры поверхности силового трансформатора или кабеля, отображает их значения на дисплее и передаёт в компьютер через интерфейс RS232. На основе этих значений компьютер по математической модели в режиме реального времени рассчитывает температуры обмотки, магнитопровода и масла трансформатора [1] или жилы и оболочки кабеля [2], а также анализирует наличие аномального, то есть дополнительного нагрева этих устройств, вызванного развивающимися в них неис-

правностями. Результаты расчётов передаются обратно в ПКРТ, где выводятся на дисплей.

При постоянном обмене данными между компьютером и ПКРТ запись в память измеренных величин происходит в компьютере. При отсутствии связи ПКРТ записывает данные во встроенную flash-память.

На лицевой панели прибора расположены восемь светодиодных индикаторов.

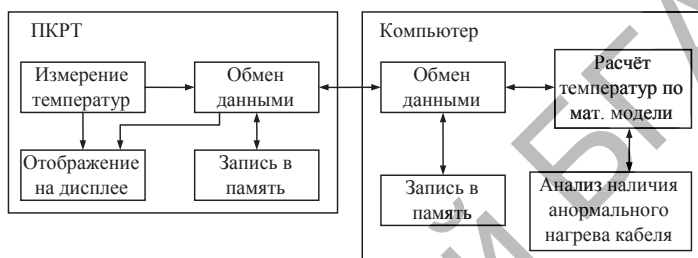


Рис. 2 – Структурная схема алгоритма совместной работы прибора ПКРТ и компьютера

Индикатор «Питание» светится, если имеется напряжение +5 В в блоке питания прибора. Индикатор «Аном. нагрев: 1 уровень» светится, если достигнут первый уровень опасности аномального нагрева силового трансформатора или силового кабеля. Аналогичное назначение имеют индикаторы «Аном. нагрев: 2 уровень» и «Аном. нагрев: 3 уровень». При свечении индикатора «Запись в память» происходит процесс записи измеряемых температур во встроенную flash-память прибора. Индикатор «Работа» должен мигать с секундными интервалами, что свидетельствует о нормальном процессе измерения температур и обмена данными с компьютером. При наличии связи с компьютером должен светиться индикатор «Связь с компьютером». В случае обрыва сигнального кабеля какого-либо из датчиков температуры или короткого замыкания в сигнальном кабеле будет светиться индикатор «Неисправность датчика».

Кнопки «◀» и «▶» предназначены для переключения экранов, отображающихся на дисплее прибора. Так, например, в режиме контроля температур силового кабеля на первые два экрана выводятся текущие значения измеренных величин: температуры окружающей среды и температуры поверхности кабеля. На третий и

четвёртый экраны выводятся расчётные значения температур оболочки и изоляции жилы кабеля. На пятом экране отображается результат анализа наличия аномального нагрева кабеля в виде следующих сообщений: «Идёт анализ...», «Нет», «1 уровень опасн.», «2 уровень опасн.», «3 уровень опасн.».

Применение предлагаемого прибора в системах электроснабжения, в том числе и АПК, повысит надёжность эксплуатации силовых трансформаторов и силовых кабелей, что снизит ущерб от возможного недоотпуска электроэнергии. Кроме того, не возникнут дополнительные потери электроэнергии в резервирующих источниках при срабатывании АВР и АПВ в случае внезапного отказа трансформатора или кабеля. А это уже потенциальный энергосберегающий эффект.

Литература

1. Зализный, Д.И. Расчёт температур основных элементов силового масляного трансформатора на основе анализа температуры поверхности его бака / Д.И. Зализный, О.Г. Широков // Изв. высш. учебн. заведений и энерг. об-ний СНГ. Энергетика. – 2012. - №4. – С. 18-28.
2. Зализный, Д.И. Математическая модель тепловых процессов одножильного силового кабеля / Д. И. Зализный, С. Н. Прохоренко // Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ - Энергетика. - 2012. - №5. - С. 25 - 34.

УДК 621.313

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА НАПРЯЖЕНИЯ

В.М. Збродыга, к.т.н., доцент,
А.И. Зеленькевич, ст. преподаватель

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

Одним из важных показателей качества электроэнергии является несимметрия напряжения.

Появление несимметрии напряжений в трехфазных сетях приводит к дополнительным потерям активной мощности, снижению

срока службы электрооборудования и экономических показателей его работы [1,2].

Как известно [3], при выборе средств симметрирования наиболее рационально в первую очередь задействовать уже имеющиеся в электрических сетях технические средства.

Для обеспечения симметрии напряжений при несимметричной нагрузке на подстанциях 10/0,4 кВ возможно применение следующих устройств:

- трансформаторы со схемой соединения обмоток «звезда-зигзаг с нулевым проводом»;
- трансформаторы со схемой соединения обмоток «звезда- звезда с нулевым проводом с симметрирующим устройством» (ТМГСУ);
- тиристорные симметрирующие устройства.

Трансформаторы со схемой «звезда-зигзаг с нулевым проводом» имеют нечетную одиннадцатую группу соединения обмоток и не могут быть установлены на параллельную работу с трансформаторами «звезда-звезда с нулевым проводом» и «звезда- звезда с нулевым проводом с симметрирующим устройством», имеющими четную группу.

Трансформаторы со схемой соединения обмоток «звезда- звезда с нулевым проводом с симметрирующим устройством» увеличивают сопротивление петли «фаза-нуль», что ухудшает срабатывание защит при однофазных коротких замыканиях.

Специальные тиристорные симметрирующие устройства обладают высокой стоимостью и из-за некоторой нелинейности характеристик увеличивают несинусоидальность напряжения.

Авторами предложен трехфазный симметрирующий трансформатор трансформаторов со схемой «звезда-зигзаг с нулевым проводом» с четной группой соединения обмоток [4].

Схема соединения его обмоток представлена на рисунке 1.

Первичные обмотки трансформатора соединены по схеме «звезда». Вторичные обмотки состоят из трех частей, которые размещены на разных стержнях магнитопровода и включены последовательно, с соотношением числа витков $a_1 : a_2 : a_3$ — $1/2 : 1/4 : 1/4$.

Вторичное напряжение трансформатора равно геометрической сумме напряжений трех частей обмотки, находящихся на разных стержнях магнитопровода.

Векторная диаграмма вторичных напряжений представлена на рисунке 2.

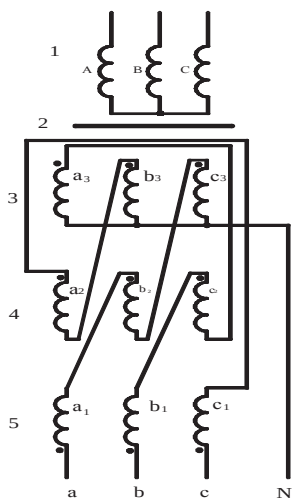


Рис. 1 – Схема соединения обмоток трансформатора

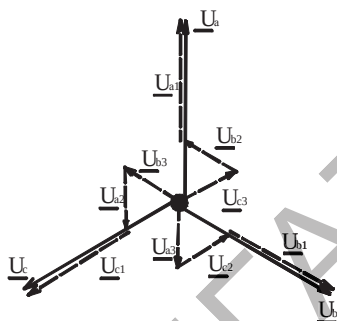


Рис. 2 – Векторная диаграмма вторичных напряжений трансформатора

При несимметричном характере нагрузки токи нулевой последовательности протекают по вторичным обмоткам трансформатора. Эти токи равны по величине и имеют одинаковое направление во всех трех фазах в любой момент времени. Обмотки низшего напряжения выполняются так, чтобы токи нулевой последовательности обтекали половины фазных обмоток одной фазы и четвертей обмоток двух других фаз в противоположных направлениях на каждом из стержней магнитопровода. Тогда в каждом из стержней магнитные потоки нулевой последовательности, создаваемые соответствующими частями обмотки, также будут направлены встречно. В результате магнитные потоки нулевой последовательности половины фазной обмотки будут практически полностью компенсировать сумму магнитных потоков нулевой последовательности четвертей обмоток двух других фаз. Результирующие магнитные потоки нулевой последовательности в стержнях будут равны нулю.

Предложенный трехфазный трансформатор имеет четную группу соединения обмоток и обладает симметрирующими свойствами схемы «звезда-зигзаг с нулевым проводом». Он обеспечит симметрию напряжений при несимметричном характере нагрузки, а также возможна его параллельная работа с трансформаторами «звезда-звезда с нулевым проводом».

Литература

1. Анчарова Т.В, Гамазин С.И, Шевченко В.В. Экономия электроэнергии на промышленных предприятиях. М.: Высшая школа. 1990.

2. Шидловский А.К, Борисов Б.П. Симметрирование однофазных и двухплечевых электротехнологических установок. Киев. Наукова думка. 1977.

3. Жежеленко И.В. Высшие гармоники в системах электроснабжения промпредприятий. М.: Энергия. 1974.

4. Трехфазный симметрирующий трансформатор с четной группой соединения обмоток: пат. 16008 Респ. Беларусь, МПК7 Н 01F 30/12 / А.И. Зеленкевич, В.М. Збродыга; заявитель Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет» - № а 20100121; заявл. 2010.02.01; опубл. 30.06.2012 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2012. – № 3. – С. 180-181.

УДК 631.371: 621.31

ОБ ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ ТРАНСФОРМАТОРА

Збродыга В.М., к.т.н., доцент, Янукович Г.И., к. т. н., профессор,
Косяк М.П., ассистент

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

Производители стремятся изготовить трансформатор с самыми низкими капитальными затратами. Эксплуатирующие организации также интересуют минимальные издержки при их эксплуатации.

Поэтому авторами предлагается методика оптимизации параметров при проектировании трансформатора, которая позволяет получить не самый дешевый трансформатор, а наиболее дешевую трансформацию энергии. То есть трансформатор, у которого первоначальные капитальные вложения в сумме с текущими затратами на его эксплуатацию за определенный промежуток времени будут минимальными. При этом трансформатор обладает высокими техническими характеристиками и минимальными совокупными дисконтированными затратами.

Совокупные дисконтированные затраты:

$$СДЗ = K + (I_{ПЭ} - I_A) \alpha_T. \quad (1)$$

где K - капиталовложения в изготовление трансформатора, руб.;
 $I_{ПЭ}$ - стоимость потерь электроэнергии в трансформаторе, руб./год;
 I_A - амортизационные отчисления, руб./год; α_0 - дисконтирующий множитель.

Капиталовложения в изготовление трансформатора для различных вариантов расчета будут различаться стоимостью активной части:

$$K = K_{из.пр.} \cdot 3_M (G_1 + G_2) + K_{из.ст.} \cdot K_{отх} \cdot 3_{СТ} (G_Y + G_C) \quad (2)$$

где $K_{из.пр.}$ - коэффициент, учитывающий стоимость изоляционных материалов и стоимость изготовления обмотки; 3_M - стоимость обмоточного провода, руб./кг; G_1, G_2 - масса обмоток высшего и, соответственно, низшего напряжения, кг; $K_{из.ст.}$ - коэффициент, учитывающий стоимость изготовления магнитопровода; $K_{отх.}$ - коэффициент, учитывающий отходы при раскroe стали; $3_{СТ}$ - стоимость электротехнической стали, руб./кг; G_Y, G_C - масса ярм и стержней магнитопровода, кг.

Амортизационные отчисления

$$I_A = \frac{K}{T}, \quad (3)$$

где T - нормативный срок службы трансформатора, лет.

Стоимость годовых потерь электроэнергии

$$I_{ПЭ} = \Delta W_T c_{Э}, \quad (4)$$

где ΔW_T - годовые потери электроэнергии в трансформаторе, кВт·ч/год; $c_{Э}$ - тариф на электроэнергию, руб./(кВт·ч).

Годовые потери электроэнергии равны:

$$\Delta W_T = (P_K + \kappa_{Э} Q_K) \left(\frac{S_{\max}}{S_H} \right)^2 T_{Э} + (P_X + \kappa_{Э} Q_X) t_X, \quad (5)$$

где P_K - потери короткого замыкания, кВт; P_X - потери холостого хода, кВт; $\kappa_{Э}$ - экономический эквивалент, показывающий вели-

чину активной мощности, необходимой для производства и распределения единицы реактивной мощности; Q_K - реактивная составляющая мощности короткого замыкания трансформатора, кВ·А $\cdot$ р; $S_{\max}$ - максимальная нагрузка трансформатора, кВ·А; S_n - номинальная мощность трансформатора, кВ·А; $T_{\text{э}}$ - время максимальных потерь, ч/год; t_X - продолжительность работы трансформатора за год, ч/год.

Оптимальными будут параметры трансформатора, которые обеспечивают наименьшие совокупные дисконтированные затраты за расчетный период:

$$CДЗ = \min . \quad (6)$$

Расчеты, выполненные для трансформатора со схемой соединения обмоток «звезда-треугольник с зигзагом» мощностью 10 кВА и напряжением 380/220 В, позволили сделать следующие выводы:

1. Значения оптимальных конструктивных параметров трансформатора определяются соотношением стоимости обмоточного провода и тарифа на электроэнергию. При этом изменение нормативного срока службы и продолжительности работы трансформатора в году, а также стоимость электротехнической стали практически не влияет на значения оптимальных конструктивных параметров.

2. С ростом стоимости обмоточного провода при действующем тарифе на электроэнергию снижается оптимальная масса обмоток и магнитопровода, а оптимальные значения потерь холостого хода и короткого замыкания возрастает. При этом увеличиваются совокупные дисконтированные затраты на трансформацию электроэнергии.

3. Использование алюминиевого обмоточного провода при изготовлении трансформатора по сравнению с медным приводит к увеличению материалоемкости обмоток и магнитопровода, но при этом снижаются капитальные вложения и совокупные дисконтированные затраты.

Литература

1. Будзко И. А., Лещинская Т.Б., Сукманов В.И., Электроснабжение сельского хозяйства. - Москва: Колос, 2000. – 536 с.

УДК 004.5;621;658.512

ПРОЕКТИРОВАНИЕ РАБОЧИХ ОРГАНОВ МАШИН ПО УХОДУ ЗА МЕЛИОРАТИВНЫМИ КАНАЛАМИ: ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ

Кротюк Ю.М., к.т.н., доц., Басаревский А.Н., к.т.н., Гривачевский А.Г., к.т.н., доц., *ОИПИ НАН Беларуси, РУП «НПЦ механизации сельского хозяйства» г. Минск, Республика Беларусь*

Мелиоративные осушительные и осушительно-увлажнительные системы в Республике Беларусь представляют собой сложный комплекс технических сооружений и устройств. В целом они включают в себя около 136,3 тыс. гидротехнических сооружений.

Типичным и важнейшим элементом мелиоративных систем являются различного назначения каналы и водоприемники. Общая протяженность каналов в республике составляет приблизительно 175 тыс. км. От состояния каналов во многом зависит работоспособность всей мелиоративной системы. При неудовлетворительном отведении воды коллекторным или магистральным каналом затрудняется выход воды из дрена, что приводит к повторному заболачиванию осушенных мелиоративной системой площадей.

Основными причинами, приводящими к нарушению работоспособности каналов, являются их заиливание, зарастание древесной и травяной растительностью, сползание грунта с откосов.

При избытии влаги и высокой температуре воздуха в каналах повышается рост растительности. Это приводит к значительному снижению пропускной способности воды в канале, при этом повышаются уровни воды, увеличиваются потери на фильтрацию и испарение, образуются подпоры, а также увеличивается шероховатость русла, что приводит к изменению проектных профилей каналов. Вследствие указанных факторов необходимо периодически уничтожать сорную растительность на каналах. Существует несколько способов уничтожения сорной растительности: механический, химический, биологический, термический. Наиболее эффективным в настоящее время является механический, который включает в себя ремонт и реконструкции каналов машинами с механическим рабочим оборудованием. При этом, очистка каналов в Беларуси осуществляется ковшовыми экскаваторами, что неизбежно приводит к нарушению их профиля.

Таким образом, существует насущная потребность в создании специализированной машины для очистки каналов (каналоочистителя), эффективно производящего очистку каналов без нарушения их профиля и, по возможности, с минимальными энергозатратами.

При этом общепринятым решением при создании таких машин является оснащение тракторной техники манипулятором с рабочим органом, который и определяет эффективность выполнения технологического процесса. Проектирование рабочих органов является сложной конструкторской задачей, так как требует учета значительного количества факторов и требует специальных исследований, а именно необходимо:

- провести теоретические исследования механизированного взаимодействия ротационных рабочих органов на травяную растительность и наносы мелиоративных каналов;
- определить характер влияния параметров и режимов работы ротационных рабочих органов на энергетические и качественные показатели выполнения технологических процессов при уходе и восстановлении профиля мелиоративных каналов;
- провести экспериментальные исследования процесса механического воздействия ротационных рабочих органов на травяную растительность и наносы мелиоративных каналов при уходе и восстановлении их профиля.

После выполнения исследований, перечисленных выше, необходимо принятие обоснованных проектных решений на стадиях разработки рабочих органов машин для ухода за мелиоративными каналами. Принятие обоснованных решений в условиях большого количества альтернативных решений невозможно без использования средств автоматизированного проектирования и инженерного анализа. В основном это связано с тем, что экстремальные условия работы таких машин, сложность их формы и различные условия эксплуатации делают исключительно трудным и дорогим осуществление натурных экспериментов, особенно, если речь идет об установлении предельных (разрушающих) нагрузок. В данном случае затраты снижаются путем выполнения прочностного тестирования модели на компьютере, а не в процессе производственных испытаний.

Кроме того, можно добиться существенного сокращения времени проектирования параллельно разрабатывая несколько вариантов машин с различными силовыми и агротехническими характери-

ками ротационных рабочих органов и выбирая оптимальное решение путем моделирования влияния на их прочностные характеристики травяной растительности и наносов мелиоративных каналов.

Моделирование эксплуатационных характеристик будущего изделия еще на стадии его проектирования, до изготовления физического прототипа, экономит значительные средства и существенно снижает сроки разработок.

В связи с изложенным, авторы считают целесообразным создание специализированного комплекса программных средств автоматизированного проектирования и инженерного анализа рабочих органов машин для ухода за мелиоративными каналами. В рамках данной работы будут разработаны специализированные программные средства, которые позволят выполнять различные расчеты силовых и агротехнических характеристик процесса воздействия ротационных рабочих органов на обрабатываемую среду с возможностью выбора оптимальной рабочей схемы и расчета рациональных параметров комплекса машин для ухода за мелиоративными каналами и восстановления их профиля.

При этом должны быть решены следующие задачи:

- на основе единой базы данных разработаны специализированные программные средства автоматизации расчетов силовых и агротехнических характеристик процесса воздействия различных ротационных рабочих органов на обрабатываемую среду;
- разработаны программные средства расчета параметров ротационных рабочих органов машин для ухода за мелиоративными каналами и восстановления их профиля;
- разработаны конечно-элементные и расчетные модели для проведения инженерного анализа работы ротационных рабочих органов при изменении силовых и агротехнических характеристик процесса;
- проведен инженерный анализ и выбор рационального варианта построения рабочих органов с целью уменьшения объема используемого материала без ущерба прочностным и эксплуатационным характеристикам;
- разработаны программные средства, реализующие методики расчета рациональных параметров комплекса машин для ухода за мелиоративными каналами и восстановления их профиля.

В настоящее время сотрудниками РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» и ОИПИ НАН Беларуси в партнерстве с ОАО «Кохановский экскаваторный завод» подготовлен проект задания в состав ГНТП «Информационные технологии» «Разработать и внедрить специализированный комплекс программных средств автоматизированного проектирования рабочих органов машин для ухода за мелиоративными каналами».

Список литературы

1. Четыркин Б.Н. Сельхозмашины и основы эксплуатации машино-тракторного парка/ Б.Н. Четыркин. - М.: Агропромиздат, 1989.-275с.
2. Попов Л.А. Эксплуатация машино - тракторного парка в агропромышленном комплексе/ Л.А. Попов. Учебное пособие. - Сыктывкар: Сыктывкарский лесной институт, 2004.-152с.

УДК 621.316.925.1

ИССЛЕДОВАНИЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ТРАНСФОРМАТОРА ПРИ ВНЕШНИХ ПОВРЕЖДЕНИЯХ

Ломан М.С., м.т.н.

*Белорусский национальный технический университет,
Минск, Беларусь.*

Важным этапом разработки устройства микропроцессорной дифференциальной защиты является комплексная проверка функционирования дифференциальной защиты в широком диапазоне режимов работы трансформатора [1].

Математическое моделирование позволяет провести исследование работы дифференциальной защиты во всем объеме возможных режимов, в том числе в режимах, которые не могут быть реализованы при натурных испытаниях в энергосистеме из-за опасности повреждения дорогостоящего оборудования [2]. В докладе представлены результаты исследования функционирования дифференциальной защиты трансформатора методом математического моделирования в режимах внешних коротких замыканий (КЗ).

Для проведения исследования были применены математическая модель понижающего трансформатора 110/10 кВ и математическая модель разрабатываемой дифференциальной защиты.

На осциллограммах (рисунки 1, 2), полученных при математическом моделировании, показаны вторичные токи трансформаторов тока (ТТ) стороны 110 кВ I1 и стороны 10 кВ I2 трансформатора, блокировок по второй Block G2 и по пятой Block G5 гармоникам, сигналы работы определителя внешних повреждений EXT, срабатывания измерительных органов МУ, срабатывания дифференциальной ступени с торможением $\text{Trip Id}>$, срабатывания дифференциальной отсечки $\text{Trip Id}>>$.

В режиме внешнего двухфазного КЗ (рисунок 1) в начальный момент КЗ апериодическая составляющая тока приводит к насыщению ТТ в двух фазах стороны 10 кВ, что вызывает срабатывание измерительного органа дифференциальной защиты МУ. Действие на отключение блокируется по второй гармонике Block G2. Кроме того, срабатывает определитель внешнего повреждения EXT, который также блокирует действие на отключение. Дифференциальная не срабатывает при внешнем двухфазном КЗ.



Рис. 1 – Осциллограммы внешнего двухфазного КЗ.

В режиме внешнего трёхфазного КЗ (рисунок 2) в начальный момент КЗ апериодическая составляющая тока приводит к насыщению ТТ в трёх фазах. Измерительный орган дифференциальной защиты МУ срабатывает по фазам А и В. Сигнал тока в фазе С искажен в меньшей степени и недействие измерительного органа дифференциальной ступени обусловлено тормозной характеристикой. Действие на отключение по фазам А и В блокируется по второй гармонике Block G2. Кроме того, срабатывает определитель внешнего повреждения EXT. Дифференциальная не срабатывает при внешнем трёхфазном КЗ.



Рис. 2 – Осциллограммы трёхфазного КЗ.

Выводы:

1. Дифференциальная защита не срабатывает при внешних КЗ, сопровождающихся насыщением ТТ, алгоритм определения внешнего КЗ показал правильные результаты работы.
2. Выбранные алгоритмы могут быть применены в устройстве микропроцессорной дифференциальной защиты трансформатора.

Литература

1. Разработка микропроцессорной защиты силового понижающего трансформатора / Ломан М.С. // Материалы международной научно-технической конференции «Энергосбережение – важнейшее условие инновационного развития АПК». – 2011, Минск.
2. Микропроцессорная защита силовых понижающих трансформаторов / Романюк Ф.А., Королев С.П., Ломан М.С. // Энергетика – Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ. – № 5, 2011.

УДК 621.316.1

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ПОВРЕЖДЕНИЙ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЛИНИЯХ 6 - 10 кВ

Мирошник А. В. к. т. н., доц., Коробка В. А.

Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени Петра Василенко, г. Харьков, Украина

Отличительной особенностью распределительных воздушных линий 6-10 кВ является разветвленность и большая протяженность.

Вследствие недоотпуска электроэнергии при аварийных отключениях потребители несут убытки, зависящие от длительности отключений, а длительность отключений в значительной степени определяется временем поиска повреждения. Поэтому проблема внедрения средств автоматизации, предоставляющих диспетчеру информацию о зоне повреждения в аварийно отключенной линии, становится все более актуальной.

Уменьшение величины недоотпуска электроэнергии возможно или за счет сокращения длительности поиска повреждения и ремонтно-восстановительных работ, или за счет обеспечения резервного питания потребителей, или за счет локализации части сети с повреждением.

Сейчас в эксплуатации массово распространены разветвленные распределительные линии с линейными разъединителями в магистрали и на ответвлениях для возможности ручной коммутации с целью изменения конфигурации сети. Эти линии, как правило, не имеют никаких дополнительных средств автоматизации. С целью уменьшения недоотпуска электроэнергии в случае возникновения повреждения в линии предлагалось несколько средств [1, 2, 3] повышения надежности электроснабжения:

- указатели повреждения;
- линия, оборудованная системой мониторинга режимов;
- линия, оборудованная пунктами автоматического секционирования и резервирования на базе реклоузеров;
- линия, оборудованная пунктами автоматического секционирования на базе разъединителей нового поколения РЛК - 10.

Целью статьи является сравнительная оценка эффективности диагностирования повреждений в оборудованных средствами автоматизации распределительных воздушных линиях 6-10 кВ.

Для уменьшения неопределенности в процессе принятия решения относительно стратегии действий оперативной выездной бригады (ОВБ) по поиску повреждения диспетчеру нужна, кроме факта срабатывания выключателя линии на подстанции, дополнительная информация о зоне повреждения.

В линии с указателями поврежденных участков на стадии выбора стратегии поиска повреждения диспетчер не имеет информации о зоне повреждения, поврежденный участок выявляет ОВБ по сработавшему указателю при осмотре трассы линии.

Линия, оборудованная разработанной на кафедре электроснабжения ХНТУСХ системой мониторинга режимов распределительных сетей (СМ РЭС) [3], помогает персоналу, эксплуатирующему воздушные линии электропередачи, производить оперативный поиск и локализацию мест повреждений. СМ РЭС предназначена для оперативного мониторинга и контроля аварийных состояний и метеопараметров в заданных точках электрических сетей 6-10 кВ. В состав СМ РЭС входит диспетчерская станция (БД совместно с компьютером) и до 98 устанавливаемых на опорах выносных блоков (БВ) по числу контролируемых точек в воздушных линиях. Такая система оперативно представляет диспетчеру информацию о местоположении поврежденного участка линии.

Оборудование распределительной воздушной линии 6-10 кВ пунктами автоматического секционирования и резервирования на базе реклоузеров [2], существенно повышает надежность электроснабжения и при наличии канала связи информирует диспетчера о зоне повреждения, но линия при этом делится не более чем на 2 – 5 контролируемых участков, что существенно уступает диагностическим возможностям СМ РЭС. Широкое внедрение реклоузеров сдерживается, в первую очередь их высокой стоимостью.

Линия с разъединителями РЛК-10 [1] требует значительно меньших инвестиций в линейную коммутационную аппаратуру, по сравнению с сетью с реклоузерами, хотя следует отметить, что для контроля наличия напряжения в сети каждый разъединитель должен быть оборудован датчиками напряжения, а для работы двигателя привода разъединителя нужен источник питания, а это требует дополнительных инвестиций. В дополнительных инвестициях нуждается также система телесигнализации от автоматизированных разъединителей, без которой диспетчер не будет иметь в режиме реального времени информации о локализации разъединителем поврежденного участка линии, и, таким образом, возможности диагностической функции автоматизированной распределительной линии с разъединителями РЛК-10 останутся такими же, как и для линии с неавтоматизированными разъединителями, за исключением визуального контроля состояния разъединителя во время обхода ОВБ аварийно отключенной линии.

Выводы. Для оценки эффективности оборудования распределительных линий средствами автоматизации в технико-экономичес-

ких расчетах нужно сравнить их влияние не только на величину ущерба от недоотпуска электроэнергии, но и на величину эксплуатационных затрат на диагностические мероприятия по поиску места повреждения.

Литература

1. Разъединители наружной установки на 10 кВ: Каталог. Завод электротехнического оборудования. - Великие Луки. - 2010. - 18 с.
2. Пункт сетевого АВР с применением вакуумных реклоузеров РВА/TEL-10 / [А. С. Галичий, В. И. Рябоконь, В. Е. Лаврентев и др.].- Электрические сети и системы. – 2006. - №1. - С. 14-20.
3. Мирошник А. В. Мониторинг коротких замыканий в сетях с изолированной нейтралью / А. В. Мирошник, В. А. Коробка // Энергетика: управление, качество и эффективность использования энергоресурсов: Сб. тр. Шестой Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. – Благовещенск. Изд-во Амурского гос. университета, 2011. - Т. 1 - С. 204-209.

УДК 621.316.1

АНАЛИЗ ОТКАЗОВ В СЕЛЬСКИХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ (НА ПРИМЕРЕ ВИТЕБСКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ)

Протосовицкий И.В., к.т.н, доцент, Зеленькевич А.И., ст.
преподаватель, Кулаковский Д.А., аспирант
*УО «Белорусский Государственный Аграрный Технический
Университет», Минск, Республика Беларусь*

Сельские распределительные сети являются важной составляющей частью всей энергосистемы и обеспечивают электроэнергией ответственных потребителей агропромышленного комплекса (объекты животноводства, объекты переработки сельскохозяйственной продукции, жилой и коммунально-бытовой сектор). Производство сельскохозяйственной продукции напрямую зависит от уровня надежности сельских распределительных сетей и качества своевременно поставляемой электрической энергии.

Для исследования функционального состояния сетей был рассмотрен филиал Витебские электрические сети РУП «Витебскэнерго». Основная часть нагрузки сконцентрирована в сельских райо-

нах, и это обуславливает значительную протяженность распределительных сетей при относительно небольшом энергопотреблении и высокой социальной значимости филиала для данной области. Основной задачей Витебских электрических сетей является обеспечение надежного бесперебойного электроснабжения населения, объектов социальной сферы, промышленных и сельскохозяйственных предприятий и организаций.

При обработке статистических данных по аварийным отключениям в распределительных сетях были выделены наиболее повреждаемые элементы:

1. Элементы воздушных линий:
 - изоляторы ШФ-20В(Г);
 - провода АС сечением до 35 мм²;
2. Элементы кабельных линий:
 - силовые кабели;
 - соединительные муфты;
3. Элементы трансформаторных подстанций и распределительных пунктов:
 - силовые трансформаторы мощностью до 250 кВ·А;
 - опорные изоляторы;
 - изоляторы ПНБ-10;
 - разрядники РВО-10.

Основными причинами аварийных отключений в распределительных сетях являются природно-климатические (температура, ветровые нагрузки, влажность, атмосферные осадки, перенапряжения), эксплуатационные (моральный износ и высокая загруженность оборудования, некачественный ремонт, нарушение условий эксплуатации) и внешние причины (хищение электрооборудования, наезд автотранспорта, попадание на электрооборудование животных и птиц).

Воздушные линии в сельских распределительных сетях 10-0,4 кВ являются наиболее проблемным звеном в цепочке передачи электроэнергии к потребителю из-за своей большой протяженности и разветвленности. Большинство аварийных отключений в сельских распределительных сетях происходит именно в этом звене.

Используя статистические данные по отказам и аварийным отключениям, произошедшим в распределительных сетях, можно проанализировать уровень надежности и сделать прогнозный расчет отказов на следующий период эксплуатации электрооборудования.

В качестве примера рассмотрены отключения воздушных линий по причине обрыва и перегорания провода. Статистические данные об отказах взяты из оперативных журналов за период с 2007 по 2012 гг.

Исходя из полученных и обработанных данных, получена функция распределения отказов воздушных линий по причине обрыва и перегорания провода в филиале Витебские электрические сети.

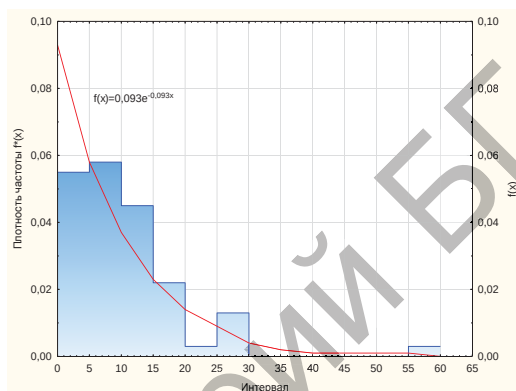


Рис. 1. Гистограмма с наложенной теоретической функцией плотности распределения вероятности отказов

Литература

1. Лещинская Т.Б. Многокритериальная оценка технико-экономического состояния распределительных электрических сетей/ Т.Б. Лещинская, В.В. Князев // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ №2 – Москва, 2010. – С. 14.
2. Микрюков Д.Н. Модель прогноза отказов электрооборудования/ Д.Н. Микрюков // Сборник научных трудов профессорско-преподавательского состава Рязанской ГСХА – Рязань, 2006. – С. 314.
3. Вентцель Е.С. Теория вероятностей и ее инженерные приложения: учеб. пособие для втузов/ Е.С. Вентцель, Л.А. Овчаров. – 2-е изд., стер. – М.: Высш. шк., 2000. – 480 с.
4. Шеметов А.Н. Надежность электроснабжения: учеб. пособие/ А.Н. Шеметов. – Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ им. Г.И. Носова», 2006. – 141 с.

УДК 631.371:621.311.004.18

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И ПРАКТИЧЕСКАЯ
РЕАЛИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ
СИСТЕМ**

Ракутько С.А., д.т.н., доцент

*ГНУ СЗНИИМЭСХ Россельхозакадемии, г. Санкт-Петербург,
Российская Федерация*

Перспективы инновационного развития АПК во многом определяются решением вопросов обеспечения энергосбережения и повышения энергоэффективности. В статье обоснован подход к созданию устройства для контроля энергоэффективности сельскохозяйственных энергетических систем (СЭС). Понятие СЭС охватывает совокупность источников энергии различного вида и передающих ее сетей, энергоприемников, трансформирующих полученную энергию в продукцию, соединенных между собой и связанных общностью режимов в непрерывном процессе преобразования, распределения и потребления энергии при общем процессе управления этими режимами.

Единым энергетическим параметром каждого иерархического уровня или элемента СЭС на момент времени τ служит величина энергоемкости, вычисляемая как отношение энергии, подводимой на вход $Q_n(\tau)$ к энергии на его выходе $Q_k(\tau)$. Непосредственное измерение этих величин в системе может быть затруднено. Решением данной проблемы является применение метода аналогий, при котором анализ гидравлических, пневматических, механических схем производится с учетом сходства дифференциальных уравнений, связывающих энергетические параметры различных физических систем [1]. Рассмотрение иерархии объектов СЭС позволяет выделить исходную абстракцию – энергетический оператор (ЭО), как сосредоточенный компонент энергетических цепей (ЭЦ), образующих СЭС, в которых протекают процессы преобразования энергии и переноса вещества.

Предложено выделять активные (АЭО) и пассивные ПЭО операторы в ЭЦ, условно связанные между собой линиями взаимного влияния физических величин, характеризующими энергетическое

состояние операторов. В соответствии с функциональными зависимостями между продольными и поперечными воздействиями ПЭО подразделяются на пропорциональные ПЭОⁿ, дифференциальные ПЭО^o и интегральные ПЭО^u [2].

Будем считать консервативными i -е операторы ЭЦ, энергия на которых $Q_i^{кон}$ является полезно используемой в данном процессе. Диссипативными будем считать i -е операторы, энергия на которых $Q_i^{дис}$ не оказывает полезного влияния на результаты процесса и должна быть отнесена к потерям.

В общем случае подводимая к СЭС энергия

$$\sum Q_i^{подв.}(\tau) = \sum Q_i^{дис}(\tau) + \sum Q_i^{кон}(\tau). \quad (1)$$

Полезно используемая энергия

$$\sum Q_i^{исп.}(\tau) = \sum Q_i^{кон}(\tau). \quad (2)$$

Значение энергоёмкости СЭС определяется по выражению

$$\varepsilon(\tau) = \frac{\sum Q_i^{подв.}(\tau)}{\sum Q_i^{исп.}(\tau)} = 1 + \frac{\sum Q_i^{дис}(\tau)}{\sum Q_i^{кон}(\tau)}. \quad (3)$$

Устройство для контроля энергоэффективности СЭС, представленное на рисунке 1, состоит из комплекта измерительных преобразователей 1... 12 (для примера они показаны в количестве 12 шт.), размещенных в контрольных точках СЭС и фиксирующих значения измеряемых физических величин, например, напряжения и тока, силы и скорости, давления и потока.

Выходы измерительных преобразователей соединены с соответствующими входами коммутатора 13, выходы которого соединены с соответствующими входами первого 14, второго 15 и третьего 16 сумматоров, выходы которых соединены с соответствующими подвижными контактами двухпозиционных переключателей 17...19, первые и вторые неподвижные контакты которых соответственно соединены с входами четвертого 20 и пятого 21 сумматоров, выходы которых соединены с входами делителя 22, выход которого соединен с входом блока сложения с единицей 23, выход которого соединен с входом индикатора 24.

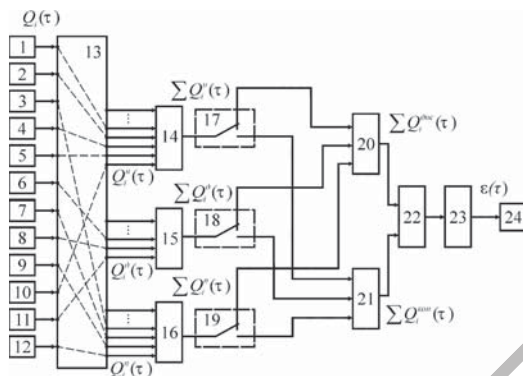


Рис. 1. Блок-схема устройства для контроля энергоэффективности СЭС

Предложенное устройство для контроля энергоэффективности СЭС по величине энергоемкости может являться составной частью системы оптимизации энерготехнологических процессов в АПК.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ракутько, С.А. Оптимизация энерготехнологических процессов в АПК на основе прикладной теории энергосбережения / С.А.Ракутько // Труды 8-й Межд. научно.-техн. конференции 16-17 мая 2012 г., ч.1.- Москва, ГНУ ВИЭСХ.-С.64-70.

2. Сигорский, В.П. Математический аппарат инженера / В.П. Сигорский.- Киев: Техніка, 1975.- 768с.

3. Ракутько, С.А. Оптимизация энергопотребления в сельскохозяйственных энергетических системах / С.А.Ракутько, А.Э.Пацуков // Материалы межд. агроэкологического форума. Т.2. Экологические аспекты производства продукции растениеводства; энергообеспечение и информационные технологии в сельском хозяйстве. СПб: ГНУ СЗНИИМЭСХ Россельхозакадемии, 2013.- С.170-178.

УДК 338.45:621.38; 5815:57.0842:575224.46;

ЭНЕРГОАУДИТ: МЕТОДОЛОГИЯ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРЕДПРИЯТИЙ

Русан В.И., д.т.н., профессор УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», Ходыко С.С., к.т.н., с.н.с.
ведущий инженер ЧПУП «Энергия-ТЭР»

Энергоаудит, как известно, – это всесторонняя оценка деятельности предприятия, связанной с затратами на энергию различных видов, топливо, воду и некоторые энергоносители, направленная на выявление возможности экономически эффективной оптимизации потребления энергетических ресурсов. Результатом энергоаудита является энергетический паспорт, в котором и предлагаются мероприятия по повышению энергетической эффективности и энергосбережения. Основная ошибка, которую допускают руководители промышленных и обслуживающих предприятий и организаций – это отсутствие системного подхода к энергосбережению. Конечно, можно обойтись единичными организационными мероприятиями (сменить окна в помещениях, установить светодиодные лампы вместо обычных и т. д.). Это даст определенный эффект, но долгосрочным он не станет. Для энергоемких предприятий после внедрения рекомендованных мероприятий – экономия значительная. Энергосистемы предприятия играют ключевую роль в производственном процессе, определяющую уровень качества и конкурентоспособность продукции. Оптимизация работы энергетических систем уменьшает сумму энергозатрат, что в свою очередь благоприятно влияет на деятельность предприятия: повышается конкурентоспособность выпускаемой продукции, увеличивается прибыльность предприятия, высвобождаются дополнительные финансовые средства.

Одним из способов оптимизации расхода энергетических ресурсов является проведение энергетического обследования, которое позволяет выявить нерациональное использование энергоресурсов и их потери, а также предложить ряд мероприятий по увеличению эффективности использования ТЭР.

Энергетическое обследование производственных предприятий включает в себя следующие этапы:

- сбор и анализ документации, содержащей информацию о потреблении и оплате энергетических ресурсов;
- определение структуры потребления энергоносителей;
- анализ структуры и динамики затрат на ТЭР;
- определение текущих зависимостей расходов ТЭР от объемов выпуска продукции или переработки сырья по структурным подразделениям предприятия и по предприятию в целом;
- анализ существующей системы учета ТЭР;
- проведение инструментального обследования (с использованием стационарных средств учета и специализированного энергоаудиторского оборудования) и разработка энергетических балансов по видам энергоносителей (топливу, тепловой энергии, электрической энергии, сжатому воздуху, технической, оборотной и питьевой воде и т.д.);
- анализ разработанных энергетических балансов, определение эффективности использования ТЭР, потенциала и приоритетных направлений энергосбережения;
- разработка мероприятий, направленных на повышение энергетической эффективности;
- составление энергопаспорта предприятия.

По оценкам экспертов, например, энергоаудит промышленных предприятий позволяет повысить энергоэффективность производства на 35% и снизить затраты бюджета на 10-15%.

Следует отметить, что энергоаудит способствует энергосбережению в уже построенных и функционирующих зданиях, в том числе и по домашним потребителям (рис. 1).

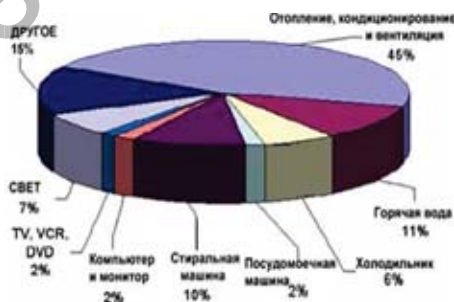


Рис. 1 Ориентировочная диаграмма распределение энергии по бытовым потребителям

Надлежащее обследование и внедрение рекомендуемых на его основе мероприятий должно приводить к существенному снижению потребляемой энергии. Однако на практике иногда это не всегда так.

Практика анализа выполненных энергетических обследований показывает, что бывают и не качественно выполненные энергоаудиты. Десять наиболее распространенных ошибок энергоаудитов, выявленных при анализе 330 отчетов, приведены в таблице 1.

Таблица 1

Наиболее распространенные ошибки энергоаудитов,
выявленных при анализе 330 отчетов по энергоаудиту

№№ п/п	Наиболее распространенные ошибки энергоаудита	Частота обнаружения, %
1	Некорректный отчет	30
2	Завышение ожидаемых показателей экономии	53
3	Ошибочный анализ счетов	57
4	Неудовлетворительное описание здания	60
5	Занижение сметы на монтаж или полное ее отсутствие	60
6	Неудовлетворительный выбор энергосберегающих мероприятий	63
7	Не указаны затраты полного срока эксплуатации	73
8	Срок эксплуатации рекомендуемого оборудования слишком велик или не указан	73
9	Мало данных об объеме внедрения мероприятий	77
10	Упущенные возможности	80

Это может привести либо к не настолько высокой, как хотелось бы, экономии, либо вообще к ее отсутствию, а в отдельных случаях даже к росту энергозатрат и не обоснованному вложению средств. Это влечет за собой неудовлетворенность заказчиков и дискредитацию идеи энергосбережения в целом.

Проведенное в России исследование в рамках программы по стимулированию инвестиций в энергосбережение, показало, что российские компании очень консервативно подходят к экономии энергоресурсов. Руководители недооценивают этот потенциал примерно в 2–3 раза. При этом, как правило, под энергозатратами компании понимают снижение общих затрат. Общие затраты почти всегда представляются на сегодняшний день важнее, чем доля энергозатрат в себестоимости продукции. Специалисты по энергоаудиту утверждают, что практически на любом предприятии есть возможности для энергосбережения от 15 % и выше. Только неза-

тратные (организационные) меры могут принести компании 5–6 % энергосбережения. Речь идет о ликвидации всех потерь, связанных с обычной бесхозяйственностью. Классическая ситуация, касающаяся 70–80% предприятий: в большинстве из них используется для теплоснабжения огромная котельная, которая раньше, в советские времена, обеспечивала все предприятия и в дополнение к этому заводской поселок. Прошло время, предприятие изменило профиль выпускаемой продукции либо частично, либо полностью. Котельная, которая стоит в стороне от цехов, совершенно не эффективна. Необходимость реконструкции системы теплоснабжения с установкой индивидуальных котельных – одно из возможных решений в этой ситуации. Часть из них может устанавливаться непосредственно в цехах, где имеется технологически потребляющее оборудование.

В стратегии развития предприятия в принципе не уделяют достаточного внимания вопросам экономии энергоресурсов и более эффективному их использованию. Зачастую предприятие подходит к энергоэффективности бессистемно, хотя энергосберегающие проекты реализуют почти все. Компании занимаются в основном приборами учета, технологическим оборудованием, теплоизоляцией зданий, тепловым хозяйством и так далее. Но вместе с тем только у трети предприятий существует комплексный план по энергосбережению. Это означает, что на предприятии есть сотрудник или подразделение, которое обязано беспокоиться об энергосбережении не только в киловатт-часах, но и в денежном выражении. Это небольшая доля компаний, у которых в стратегии и политике предприятия есть раздел повышения энергоэффективности. Доля компаний, где благосостояние или заработок энергоменеджеров зависит напрямую от экономии, минимальна. В лучшем случае практикуются премии или иные выплаты. Могут оштрафовать, или, в случае остановки конвейера, уволить.

Еще один элемент системного подхода, который необходим компаниям, – это учет затрат. Тот метод, с помощью которого предприятие подходит к нему, а именно система учета потребления на уровне отдельных цехов и предприятия в целом, несовершенен. Адекватная оценка своего потенциала для энергосбережения и использование этих ресурсов для качественного скачка являются необходимым условием выживания на современном рынке.

Разработка и внедрение программы энергосбережения на предприятии требует четкого плана осознанных действий. Энергоэффективная и надежная работа энергосистемы – главная цель энергоменеджмента предприятия. В хорошо налаженной энергосистеме предприятия разделить функции энергоэффективности и надежности нельзя. Если везде утечки и нерациональные режимы, это, в конце концов, вызовет сбой. Ненадежная система не сможет быть энергоэффективной. А специальный раздел управления – энергоменеджмент необходим для того, чтобы работники предприятия, используя энергию и энергетические ресурсы, могли эффективно и безопасно реализовать технические возможности оборудования и технологических процессов при решении производственных задач.

Практика управления энергетическим хозяйством весьма сложна и проблемная. Но существует ряд нижеследующих конкретных шагов по повышению энергоэффективности предприятий:

1. Постановка задачи по созданию энергоменеджмента на предприятии, что требует документально оформить решение руководства о создании системы энергоменеджмента на предприятии.

2. Определение исходного состояния и подготовка программы энергосбережения. Для этого необходимо оценить эффективность использования энергетических ресурсов и надежность работы энергокомплекса предприятия.

3. Определить источники финансирования и специалистов для исполнения программы.

4. Реализация программы.

5. Оценка результатов исполнения программы и внесение корректив.

Вместе с тем необходимо заметить, что, например в России, имеются значительные возможности в повышении энергоэффективности за счет проведения незатратных и малозатратных организационных мероприятий по энергосбережению.

Заслуживает внимания практика энергетического сервиса (рис. 2). Энергетический сервис – это



Рис. 2. Механизм работы энергетического сервиса

услуга, главной целью которой является осуществление исполнителем действий, направленных на энергосбережение и повышение энергетической эффективности использования энергетических ресурсов заказчика. Экономия, прибыль или позитивный денежный результат, который заказчик получает на своем объекте за счет энергосберегающих мероприятий, делится между исполнителем и заказчиком.

Особенностями энергетического сервиса является то, что:

- 1) потребитель энергоресурса не должен предварительно нести никаких затрат и расходовать какие-либо средства;
- 2) риск ответственности за получения энергосберегающего эффекта берет на себя субъект, реализующий проект;
- 3) все затраты на проект после его реализации возмещаются платежами, которые производятся из полученной экономии средств на оплату энергетических ресурсов.

Этот опыт, несомненно, представляет интерес и для предприятий нашей страны

Выводы

1. Основная ошибка, которую допускают руководители производственных и обслуживающих предприятий и организаций – это отсутствие системного подхода к энергосбережению.

2. Зачастую предприятие подходит к энергоэффективности бессистемно, хотя энергосберегающие проекты реализуют почти все.

3. Специалисты по энергоаудиту утверждают, что практически на любом предприятии есть возможности для энергосбережения от 15 % и выше. Только незатратные (организационные) меры могут принести предприятию или организации 5–6 % энергосбережения.

4. Имеются случаи некорректно выполненного энергоаудита (независимо от качества рекомендуемых им энергосберегающих мероприятий), который может привести либо к не настолько высокой, как хотелось бы, экономии, либо вообще к ее отсутствию, а в отдельных случаях даже к росту энергозатрат и неоправданному вложению средств.

5. По оценкам экспертов, энергоаудит производственных предприятий позволяет повысить энергоэффективность производства на 35% и снизить затраты бюджета на 10-15%.

6. Энергоаудит так же способствует энергосбережению в уже построенных и функционирующих зданиях и сооружениях.

7. Заслуживает внимания реализация энергетического сервиса – услуги, главной целью которой является осуществление исполнителем действий, направленных на энергосбережение и повышение энергетической эффективности использования энергетических ресурсов заказчика.

Использованные источники

1. Научно-технический журнал «Энергобезопасность и энергосбережение»: <http://www.endf.ru/>
2. Русан В.И., Букато В.М. Энергосбережение в АПК. Его потенциал через призму энергоаудита. Мн.: Энергетика и ТЭК, № 2 (59), 2008 г.
3. Электронный журнал по энергосбережению: <http://escosys.narod.ru/>
4. <http://energoeffekt.gov.by/laws.html>
5. [http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title= Энергоаудит&oldid=54792798](http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=Энергоаудит&oldid=54792798)»

УДК 621.316

ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВЕННОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПОСРЕДСТВОМ РАЗРАБОТКИ УСТРОЙСТВА СИММЕТРИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЙ

Самарин Г.Н., д.т.н., доц., Сукиасян С.М., к.т.н., проф., Егоров М.Ю., ассистент *ФГБОУ ВПО "Великолукская государственная сельскохозяйственная академия", г. Великие Луки, Российская Федерация*

Одной из актуальных проблем сельских трехфазных электрических сетей напряжением 0,4 кВ с глухозаземленной нейтралью является несимметрия напряжений, известная также как «перекос фаз». Для однофазных потребителей данная проблема тесно связана с проблемой уровня напряжения на вводах.

Несимметрия напряжений является одним из показателей, по которому оценивают качество электрической энергии в трехфазных электрических сетях напряжением 0,4 кВ в соответствии с ГОСТ 13109-97 [3]. По этим нормам коэффициент несимметрии напряжения по нулевой последовательности не должен превышать 4 %.

Одним вариантов устранения несимметрии напряжений в сельских электрических сетях напряжением 0,4 кВ является использование специального устройства симметрирования напряжений, разрабатываемого на кафедре «МЖ и ПЭЭСХ» Великолукской ГСХА. Оно позволяет снижать несимметрию напряжений в трехфазной сети, непосредственно воздействуя на величину фазных напряжений.

Функциональная схема разрабатываемого устройства представлена на рисунке 1. На устройство симметрирования напряжений трехфазной сети оформляется патент на изобретение, поэтому техническая реализация указанных на функциональной схеме блоков и их параметры не раскрываются.

На входы A1, B1, C1 подаются фазные напряжения, а с выходов A2, B2, C2 снимается симметричная трехфазная система напряжений. Теоретически устройство способно устранять несимметрию напряжений до 100 % и может эффективно применяться как для индивидуального, так и для группового улучшения качества электроэнергии по величине несимметрии.

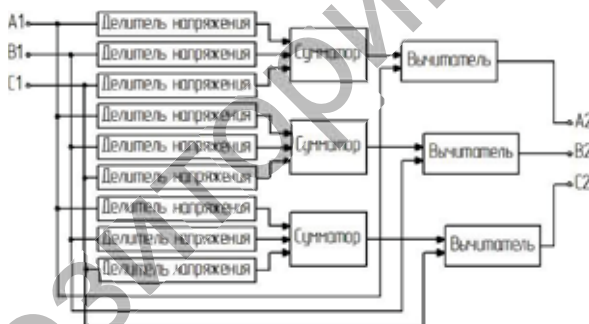


Рис. 1 – Функциональная схема устройства симметрирования напряжений трехфазной сети

Эксперимент в лаборатории доказывает, что заложенный в принципиальную схему устройства симметрирования напряжений алгоритм функционирования работоспособен. Кроме того, экспериментально установлено, что устройство способно обеспечивать симметричную систему напряжений на выходе даже в случае такого довольно опасного явления, как обрыв нейтрального провода в сети.

В процессе теоретического исследования схемы устройства симметрирования напряжений была выявлена возможность уstra-

нять в трехфазной сети высшие гармоники, кратные трем. Данный вывод необходимо проверить экспериментальным путем.

Дальнейшие эксперименты и теоретические изыскания будут связаны с исследованием режимов работы трехфазной сети с данным устройством, а также нахождением оптимальных параметров элементов схемы устройства. Принципиально-структурная схема лабораторной установки для исследования работы устройства симметрирования напряжений при различных режимах трехфазного напряжения на входе и различной нагрузке на выходе представлена на рисунке 2.



Рис. 2 – Принципиально-структурная схема лабораторной установки для исследования УСН

На вход установки подается трехфазное напряжение: симметричное, с различной природой и величиной несимметрии, с составляющими высших гармоник. Его величина фиксируется измерительным преобразователем, оцифровывается и поступает на персональный компьютер. То же самое происходит и с током в фазных проводах, величина которого фиксируется измерительным преобразователем посредством трансформаторов тока ТА1-ТА3. Аналогичным образом фиксируются напряжения и токи на выходе устройства симметрирования напряжений. К выходу установки предполагается подключать различные нагрузки: симметричные и несимметричные активные, активно-индуктивные, емкостные и смешанные нагрузки. Также, используя пониженное напряжение питания установки, можно провести исследование работы устройства симметрирования напряжений в режиме одно-, двух- и трехфазного короткого замыкания на выходе.

Для того чтобы можно было наладить промышленный выпуск устройства симметрирования напряжений, необходимо рассчитать

технически и экономически обоснованный ряд номинальных мощностей для различных по мощности потребителей, оптимизировать параметры устройства под наиболее часто встречающийся уровень несимметрии напряжений в сетях 0,4 кВ с учетом возможности обрыва нулевого провода до устройства.

Список литературы

1. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. – М.: Высшая школа, 1967. – 776 С.
2. Гальперин, М.В. Электротехника и электроника. – М.: Форум, 2009. – 480 С.
3. Лещинская, Т.Б., Наумов, И.В. Электроснабжение сельского хозяйства. – М.: Колосс, 2008. – 655 С.
4. Никулин В.И. Теория электрических цепей. – М.: РИОР: ИНФРА-М, 2013. – 240 С.
5. Шатень, Г., Боэ, М., Буи, Д., Вайан, Ж., Веркингер, Д. Учебник по общей электротехнике, – М.: Техносфера, 2009. – 624 С.

УДК 620.9

К ВОПРОСУ О МЕТОДАХ РЕСУРСО- И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ

Смоляк С. Г., к. ф. н., доцент, *УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь*

За последние полвека мир существенно изменился. Эти изменения можно охарактеризовать как смену мировоззренческой парадигмы: во-первых, вместо эволюционной модели социального развития с её однолинейной схемой постоянного экономического роста и неограниченности энергетических ресурсов сформулировалась концептуальная модель коэволюционного развития природы и общества. Во-вторых, XXI столетие очертило необходимость решения главной проблемы, стоящей перед цивилизацией - проблему устойчивого цивилизационного развития.

Одним из средств разрешения вышеочерченной задачи является повышение эффективности производства посредством сбережения ресурсов, к которым принято относить природный и человеческий потенциал, и энергосбережение как процесса реализации научных,

технических, экономических, правовых, политических и организационных мер государства, направленных на экономию и эффективное использование электрической (снижения потерь в э/сетях, электроприводе, бытовых приборах, др.) и тепловой энергии (снижение теплотерь посредством экономии газа, нефтепродуктов, воды, в том числе в системе теплоснабжения). Беларусь не обладает значительными ресурсами. Так, доля ресурсного потенциала в национальном богатстве Беларуси составляет примерно 8-10% природный и 70-75% человеческий потенциал [1, с. 7]. В этом контексте особую актуальность приобретает рачительное и эффективное его использование на основе инноваций.

Планом социально-экономического развития страны на 2011-2015 гг. предполагается снижение ресурсо- и энергозатрат в сферах бытового энергосбережения, ЖКХ, промышленности. В частности, предполагается снижение материалоёмкости промышленной продукции на 5-7%, а энергоёмкости ВВП на 29% [2, с.15]. Большие задачи по энергосбережению предстоит решить в сфере АПК, являющимся энергоёмким производством. Их решение возможно благодаря не только инновационным разработкам в сферах сельскохозяйственного машиностроения и технологий производства с/х продукции, но в не меньшей мере ещё двум факторам: во-первых, более эффективной организации структуры сельскохозяйственных производителей и, во-вторых, человеческому потенциалу.

Как известно, в любом обществе в любое историческое время имеется многообразие экономических форм хозяйствования [3, с.109]. Каждая из этих форм держится на соответствующей ей «энергетике» и ориентирована на определенные данной энергетикой технологии. В частности, в Средние века вся аграрная экономика была семейной и сводилась к «локальной» энергетике и технологиям: гужевой транспорт, миллионы лошадей с соответствующей технологией воспроизводства этой энергии и предметов потребления в миру – кузницы, ветряные мельницы и т. д. С XIX столетия начинает формироваться новая энергетика», включающая машины, иные механизмы. И тем не менее вплоть до 20-х годов XX века энергетика и технологии до машинного производства были доминирующими. Всё меняется с 30-х годов прошлого столетия, когда крупное коллективное сельскохозяйственное производство становится доминирующим. Семейное крестьянское хозяйство уxo-

дит в прошлое. В этих условиях промышленное производство ориентируется на удовлетворение потребностей крупных сельскохозяйственных коллективов.

В современных условиях семейное производство частично восстанавливается. К такого рода формам сельского хозяйства следует отнести мелкие фермерские хозяйства и, главным образом, личные подворья сельских жителей, дачные хозяйства и зарождающиеся туристические крестьянские усадьбы. Однако промышленность Республики Беларусь не ориентирована на удовлетворение потребностей данного сектора сельскохозяйственной отрасли, продолжая выпуск техники для крупных производителей. Такая ситуация свидетельствует о дисгармонии в соотношении доминантных и эксплоярных форм экономической деятельности в сфере АПК, а значит сказывается и на решении задачи повышения ресурсо- и энергосбережения.

Касаясь вопроса человеческого потенциала в решении проблемы ресурсо- и энергосбережения необходимо указать на тот факт, что человек составляет ядро производительных сил в единстве его биологической, интеллектуальной (знаниевой) и праксиологической составляющих. В этом контексте человеческий фактор действительно выступает в качестве главного условия развития науки, техники, а значит и в решении вопроса о ресурсо- и энергосбережении.

Подытоживая вышеизложенное можно констатировать, что в современных условиях основу динамичного развития Республики Беларусь составляют ресурсо-и энергосберегающие производства, инновационные структурные преобразования в сфере экономики Беларуси. Для повышения эффективности этих процессов необходимо, **во-первых**, разработать стратегию и тактику развития семейных (малых) форм сельскохозяйственного производства; **во-вторых**, скорректировать стратегию промышленного производства по удовлетворению потребностей сектора малых форм сельскохозяйственного производства; **в-третьих**, разработать эффективный механизм взаимодействия малых и больших экономических форм; **в-четвертых**, расширять среду благоприятных условий для образовательного, культурного и научного роста креативно мыслящей личности, ориентируя её творчество на создание инновационных продуктов. В этом аспекте целесообразно обратить внимание не на количественные показатели научного творчества студентов и магистрантов вузов, а на качественную сторону их творчества, критериями которо-

го могут быть инновационность идей по разрешению тех или иных проблем в сфере АПК.

Литература:

1. Свириденко, А. И. Резервы оптимизации ресурсопотребления и ресурсосбережения в экономике Республики Беларусь / А. И. Свириденко // Энерго- и материалосберегающие экологически чистые технологии : материалы IX Междунар. науч.-техн. конф. (Гродно, 20-21 окт. 2011 г.) / редкол.: А. И. Свириденко (отв. ред.) [и др.]. – Минск : Беларуская навука, 2012. – С. 5 – 12.

2. Мясникович, М. В. Структурная политика и модернизация экономики республики Беларусь / М. В. Мясникович // Белорусский экономический журнал. – 2011. - № 2. – С. 4 – 15.

3. Шанин, Т. Формы хозяйства вне систем / Т. Шанин // Вопросы философии. – 1990. - № 8. – С. 109 – 114.

УДК 621.3.072.2

ОСОБЕННОСТИ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Счастный В.П., *к.т.н., директор ЧУП «СВП-энерго»*, Жуковский А.И., *к.т.н., директор ЧУП «КРМ Инжиниринг»*, Зеленькевич А.И., *ст. преподаватель УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»*, г. Минск, Республика Беларусь

Для выполнения целевых показателей энергосбережения и норм удельного расхода ТЭР на производимую продукцию и услуги и для повышения эффективности функционирования производств предприятиям необходимо изыскивать резервы энергосбережения. В докладе рассмотрены возможности энергосбережения, которые предоставляет компенсация реактивной мощности (КРМ) в электрических сетях промышленных предприятий.

Эффективность использования электрической мощности потребителем характеризуется коэффициентом мощности ($\cos\varphi$). В электрических сетях большинства промышленных предприятий он находится в пределах 0,6–0,8, соответственно, потребляемая реактивная мощность может составлять от 75 до 130% величины потребляемой активной мощности.

Компенсация реактивной мощности в электрических сетях предприятий позволяет решить ряд технико-экономических задач.

Снижение потерь энергии в электрических сетях предприятий. Анализ данных, полученных в результате обследования некоторых типичных предприятий в различных отраслях промышленности [1], свидетельствует о том, что установка 1 квар мощности компенсирующих устройств позволяет экономить в среднем от 40 до 80 кВт·ч электроэнергии в год. Разбежка значений показателя обусловлена конфигурацией схем электроснабжения предприятий и расположением границ раздела балансовой принадлежности электрических сетей; напряжением электрических сетей и величинами реактивных нагрузок потребителей; типами и мощностью силовых трансформаторов; длиной, сечением и материалом проводников линий электропередачи; графиками работы производств.

Важный момент в решении задачи компенсации реактивной мощности – выбор её способа, определяющего типы и места расположения компенсирующих устройств в системе электроснабжения предприятия. В качестве примера приведены данные о снижении потерь энергии в электрической сети кузнечного корпуса ОАО «Кузнечный завод тяжёлых штамповок» при различных способах компенсации реактивной мощности.

Таблица

Данные о снижении потерь энергии

Способ КРМ	Годовые потери энергии в сети, тыс. кВт·ч	Годовое снижение потерь энергии, тыс. кВт·ч
Без КРМ	101,0	—
Индивидуальная	61,5	39,5 (-39,1%)
Групповая	68,0	33,0 (-32,7%)
Централизованная	64,6	36,4 (-36,0%)

Из таблицы следует, что индивидуальная КРМ в сравнении с групповой и централизованной позволяет дополнительно уменьшить годовые потери энергии в сети соответственно на 6,5 (6,4%) и 3,1 (3,1%) тыс. кВт·ч. Способ КРМ в электрической сети предприятия следует выбирать на основании технико-экономического сравнения разных вариантов. В ряде случаев возможно одновременное применение нескольких способов КРМ, к примеру: индивидуаль-

ной компенсации на вводах мощных удалённых от центров питания электроприёмников и централизованной – на шинах цеховых ТП.

Сокращение объёмов потребления реактивной энергии из сетей энергоснабжающих организаций. В настоящее время в Беларуси плата за реактивную энергию (принимаемую и выдаваемую) с абонентов не взимается. Однако политика Министерства энергетики в области снижения потерь энергии на транспорт и повышения ответственности потребителей за нарушение режимов потребления электроэнергии даёт основания полагать, что введение платы за реактивную энергию – возможно в ближайшем будущем.

По предварительным подсчётам, плата за потребляемую (выдаваемую) реактивную энергию составит для предприятий 5-8% от величины платы за активную энергию. Компенсация реактивной мощности с применением компенсирующих устройств с автоматическим регулированием мощности позволит сократить до минимума потребление реактивной энергии из сети энергоснабжающей организации, выдачу реактивной энергии в сеть и, как следствие, минимизировать размеры платы за потреблённую (выданную) реактивную энергию.

Повышение пропускной способности электрических сетей предприятий. Важное, а в ряде случаев определяющее, свойство компенсации реактивной мощности заключается в снижении полной мощности нагрузки в электрических сетях предприятий.

Компенсация реактивной мощности в электрической сети 0,4 кВ позволяет разгрузить силовые трансформаторы и увеличить их пропускную способность в среднем на 15%; обеспечить дополнительный резерв мощности трансформаторов предприятия по полной и активной мощности. Резервы мощности трансформаторов могут задействоваться для подключения вновь проектируемых потребителей, что позволит сократить издержки на реконструкцию (расширение) электрической сети предприятия.

Повышение качества электроэнергии в электрических сетях предприятий. Компенсация реактивной мощности в электрических сетях, содержащих преобразователи регулируемого электропривода, а также установки индукционного нагрева и дуговые сталеплавильные печи, имеет свои особенности. Вследствие нелинейности вольтамперных характеристик указанные устройства потребляют из сети несинусоидальный ток, что вызывает искажение формы

напряжения, то есть появление высших гармоник, отрицательно влияющих на работу как элементов электрической сети, так и компенсирующих устройств. В указанных условиях компенсация реактивной мощности с применением обычных конденсаторных установок невозможна. Необходимо использовать фильтрокомпенсирующие устройства (ФКУ), представляющие собой комбинации L-С фильтров с последовательным соединением дросселей и конденсаторов.

Фильтрация высших гармоник позволяет увеличить общий эффект от компенсации реактивной мощности на 20% и более. И это без учёта повышения качества напряжения в сети, эффект от которого объективно оценить весьма сложно.

В последние годы интерес предприятий к внедрению новых и модернизации существующих компенсирующих устройств возрос из-за жёсткой государственной политики энергосбережения, необходимости разгрузки электрических сетей предприятий в целях наращивания производственных мощностей.

Стремление отдельных предприятий решить проблему КРМ самостоятельно, без должного технико-экономического обоснования специалистами, часто приводит к негативным последствиям: неэффективное расходование средств, преждевременный выход из строя оборудования, в том числе с распространением аварий на основное производство.

К решению проблемы компенсации на промышленных предприятиях необходим индивидуальный подход, включающий анализ электрических нагрузок, графиков потребления реактивной мощности; исследование качества напряжения в электрических сетях; расчёт параметров и выбор компенсирующих устройств; технико-экономическое обоснование.

Литература

1. Жуковский А.И., Счастный В.П., Зеленкевич А.И. Компенсация реактивной мощности в электрических сетях промышленных предприятий // Энергия и Менеджмент. — 2013. — № 4-5. — С. 23–26.

Тукжанов С. Х., *Западно-Казахстанский аграрно-технический университет им. Жангир хана, г. Уральск, Республика Казахстан*

Одним из ключевых факторов стоимости получаемого сельскохозяйственного продукта, является его энергоёмкость. А именно, количество энергии, затрачиваемое на производство единицы продукции. Несомненно, существенное влияние оказывает географическое положение и климатические условия, но отрицать недостатки в используемых технологиях, технических устройствах и системе управления, тоже не стоит.

Сельское хозяйство, для повышения конкурентоспособности выпускаемой продукции, неизбежно сталкивается с необходимостью модернизации. Ключевой целью, которой, является повышение производительности и снижение энергоёмкости.

Наиболее перспективными, в плане модернизации, являются следующие направления:

- генетический потенциал;
- техническое оснащение;
- технологии;
- система управления.

Повышение энергоэффективности и грамотная организация энергосбережения, позволят существенно сократить энергозатраты на единицу получаемой сельхозпродукции. К тому же потенциал энергосбережения в сельском хозяйстве огромен.

В последние годы в качестве действенных мер снижения энергопотребления в агропромышленном комплексе используются:

- проведение энергоаудита и составление энергетического паспорта
- отходы животноводства и растениеводства (опилки, солома, ветки деревьев) для отопления
- использование теплоты, образуемой за счет вентиляционных выбросов помещений животноводства, для нагревания воды и обогрева помещений с молодняком
- регулировка температуры системы отопления в зависимости от возраста животных
- внедрение тепловых насосов и устройств регулирования систем вентиляции

- строительство биогазовых установок
- совершенствование контроля и учета энергопотребления
- использование естественного холода
- применение вторичного промышленного сырья для обогрева парников, сушки зерна, кормов

Энергосбережение в сельском хозяйстве, если оно эффективно, дает колоссальную экономию энергии и сокращает энергоемкость продукции.

Разумеется, целесообразно использовать сразу комплекс соответствующих мер. Однако даже внедрение части мероприятий приводит к действенным результатам в части энергосбережения.

Сегодня вопросы повышения энергоэффективности в сельском хозяйстве получили гораздо меньшую огласку, чем повышение энергоэффективности в сфере ЖКХ, в бюджетной сфере и в промышленности. Между тем, для агропромышленного комплекса энергосбережение актуально ничуть не меньше, чем для других отраслей народного хозяйства.

Мероприятия по повышению энергетической эффективности в сельском хозяйстве предусмотрены государственной программой энергосбережения, однако направлены они не столько на повышение эффективности использования энергоресурсов, сколько на снижение расхода энергии при производстве сельхозпродукции (в том числе снижение нерациональных трат).

Основные виды энергоресурсов, потребляемые агропромышленным комплексом, - это горюче-смазочные материалы, тепловая и электрическая энергия, а также газ. По мнению многих специалистов, огромные перспективы для отрасли открывает альтернативная энергетика и, в первую очередь, возможность переработки органических отходов в биогаз посредством биогазовых установок.

В числе других мероприятий, которые помогут отечественному сельскому хозяйству сократить энергозатраты, стоит назвать применение новых технологий обработки почвы, использование энергоэффективного тракторного парка, а также рекуперация тепла, выделяемого животными.

Также важным шагом на пути к переходу к энергоэффективному хозяйству можно назвать использование активных и пассивных систем использования солнечного излучения. В их числе следует обратить внимание на солнечные коллекторы. Солнечные коллекто-

ры преобразуют прямые и рассеянные солнечные лучи в тепло. Инфракрасное излучение, которое проходит сквозь облака, также поглощается и преобразуется в тепло.

Резервуар-теплообменник представляет собой систему преобразования, поддержания и сохранения тепла, полученного от энергии солнца, а также и от других источников энергии (например, традиционный отопитель, работающий на электричестве, газе или дизтопливе), которые страхуют систему при недостаточном количестве солнечной энергии. Нагретая вода поступает из теплообменника внутреннего блока в радиаторы системы отопления, а вода из резервуара используется для горячего водоснабжения. Особо хочется отметить солнечную архитектуру. Существует несколько основных способов пассивного использования солнечной энергии в архитектуре. Используя их, можно создать множество различных схем, тем самым получая разнообразные проекты зданий. Приоритетами при постройке здания с пассивным использованием солнечной энергии являются: удачное расположение дома; большое количество окон, обращенных к югу (в Северном полушарии), чтобы пропускать больше солнечного света в зимнее время (и наоборот, небольшое количество окон, обращенных на восток или запад, чтобы ограничить поступление нежелательного солнечного света в летнее время); правильный расчет тепловой нагрузки на внутренние помещения, чтобы избежать нежелательных колебаний температуры и сохранять тепло в ночное время, хорошо изолированная конструкция здания.

Расположение, изоляция, ориентация окон и тепловая нагрузка на помещения должны представлять собой единую систему. Для уменьшения колебаний внутренней температуры изоляция должна быть помещена с внешней стороны здания. Однако в местах с быстрым внутренним обогревом, где требуется немного изоляции, или с низкой теплоемкостью, изоляция должна быть с внутренней стороны. Тогда дизайн здания будет оптимальным при любом микроклимате. Стоит отметить и тот факт, что правильный баланс между тепловой нагрузкой на помещения и изоляцией ведет не только к сбережению энергии, но также и к экономии строительных материалов. Пассивные солнечные здания - идеальное место для жизни. Здесь полнее ощущается связь с природой, в таком доме много естественного света, в нем экономится электроэнергия.

Пассивное использование солнечного света обеспечивает примерно 15% потребности обогрева помещений в стандартном здании и является

важным источником энергосбережения. При проектировании здания необходимо учитывать принципы пассивного солнечного строительства для максимального использования солнечной энергии. Эти принципы можно применять везде и практически без дополнительных затрат.

Во время проектирования здания также следует учитывать применение активных солнечных систем, таких как солнечные коллекторы и фотоэлектрические батареи. Это оборудование устанавливается на южной стороне здания. Чтобы максимизировать количество тепла в зимнее время, солнечные коллекторы в Европе и Северной Америке должны устанавливаться с углом наклона более 50° от горизонтальной плоскости. Неподвижные фотоэлектрические батареи получают в течение года наибольшее количество солнечной радиации, когда угол наклона относительно уровня горизонта равняется географической широте, на которой расположено здание. Угол наклона крыши здания и его ориентация на юг являются важными аспектами при разработке проекта здания. Солнечные коллекторы для горячего водоснабжения и фотоэлектрические батареи должны быть расположены в непосредственной близости от места потребления энергии. Главным критерием при выборе оборудования является его эффективность.

Литература

1. Арутюнян А. А. Основы энергосбережения – Энергосервис, 2007г.
2. Матвеев О. А. Энергосбережение: тактика или стратегия? – ЭКО, 2010г., №2.

УДК 621. 311. 017

ПРИМЕНЕНИЕ УТОЧНЕННЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ РАСЧЕТА И АНАЛИЗА РЕЖИМОВ РАБОТЫ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ 6-20 КВ

Фурсанов М.И., профессор, д.т.н., Гапанюк С.Г, ассистент
*УО «Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь*

В последние годы строительство или реконструкция трансформаторных подстанций не обходится без устройства в них автоматизированных систем контроля и учета электроэнергии (АСКУЭ) и систем телемеханики, позволяющих осуществлять дистанционный

контроль и управление коммутационными аппаратами, сбор, обработку и передачу необходимых параметров режима работы сети.

Сегодня, дать ответ на вопрос, какое количество электроэнергии теряется в сети можно получить по данным цифровых приборов учета, однако ни один прибор не может сказать, какова структура этих потерь и какие мероприятия будут приводить к снижению этой величины.

Для полноценного использования имеющихся данных и авторами разработан уточненный метод расчета режимов и потерь электроэнергии в распределительных электрических сетях 6-20 кВ [1] снимающий ряд привычных допущений при расчете сете данного класса напряжения.

В качестве примера произведем расчет и анализ режима работы простейшей электрической сети изображенной на рисунке 1, используя предложенный авторами алгоритм.

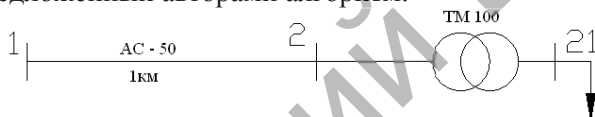


Рис. 1 – Схема тестовой распределительной линии

Зададимся необходимыми исходными данными (Таблица 1) и проведем несколько серий расчетов потерь мощности при различных величинах коэффициента загрузки ($K_z=10, 20, 30, 40, 50$ и 100%), изменяя значение напряжения в центре питания от 9,5 до 11 кВ.

Таблица 1

Исходные данные для расчета схемы сети

Описание	Значение	Единицы измерения
Параметры сети		
Номинальное напряжение	10	кВ
Напряжение источника питания	9,5..11	кВ
Длина линии	1	км
Номинальная мощность трансформатора	100	кВА
Режимные параметры узла нагрузки		
Коэффициент загрузки	10..1000	%
Коэффициент мощности	0,7	о.е.

Описание	Значение	Единицы измерения
Справочные данные		
Линия 1-2		
Удельное активное сопротивление	0,6	Ом/км
Удельное реактивное сопротивление	0,355	Ом/км
Трансформатор 2-21		
Потери мощности холостого хода	0,365	кВт
Активное сопротивление	22,7	Ом
Реактивное сопротивление	41,155	Ом

Для удобства представления результатов расчета на одной диаграмме, величина потерь мощности приводится по отношению к величине полученной при напряжении в узле 1 равном 11 кВ для каждой из величин мощности нагрузки.

Расчеты показали, что величина потерь мощности может как снижаться (при $K_z \geq 50\%$), так и увеличиваться (при $K_z < 40\%$) при повышении напряжения, в отличие от общепринятой обратной зависимости.

Так же важно отметить, что существуют такие режимы, которых величина потерь мощности практически не зависит от напряжения на шинах питающей подстанции (при $K_z \approx 40\%$).

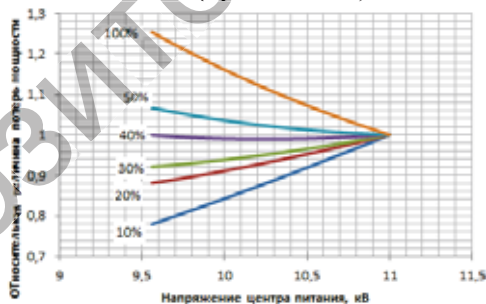


Рис. 2 – Результаты расчета режимов.

Аналогичные расчеты могут быть проведены для исследования влияния других параметров на режим работы сети. Так же благодаря данному алгоритму появляется возможность более детального анализа не только суммарных потерь мощности и электроэнергии, но их структуры

Литература

1. Фурсанов М. И., Гапанюк С.Г. Алгоритм и программа для расчета и анализа режимов и потерь электроэнергии в распределительных электрических сетях 6 – 20 кВ. // Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ. Энергетика. – 2013. – № 2. – С. 11 – 20.

УДК 621. 311. 017

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ СЕТЯМИ 35 кВ И ВЫШЕ

Фурсанов М.И., профессор, д.т.н., Золотой А.А., доцент, к.т.н.,
Макаревич В.В., ст. преподаватель УО «Белорусский национальный
технический университет, г. Минск, Республика Беларусь

Современные электрические сети постоянно развиваются в интеллектуальном направлении. Массовое внедрение оперативных вычислительных средств, микропроцессорных устройств на новой аппаратной базе, операционных систем, облачных технологий контроля и управления процессами в паре с синтезом перечисленных и других инноваций с силовым электрооборудованием с каждым годом делает электрические сети «умнее». Процесс интеллектуализации электрических сетей подчиняется общемировым тенденциям развития IT-технологий. Новые интеллектуальные условия эксплуатации электрических сетей требуют возрастания роли автоматизированных систем в управлении сетями и энергосистемами. Одна из таких систем для электрических сетей 35 кВ и выше разработана БНТУ совместно со специалистами ООО «БелАИС» и внедрена в опытную эксплуатацию в РУП «Минскэнерго».

В общем виде структура автоматизированной системы управления электрическими сетями напряжением 35 кВ и выше представлена на рисунке 1.

Помимо традиционных для оперативно-информационных комплексов функций сбора, хранения и отображения информации особенностью разработанной автоматизированной системы является возможность решения ряда технологических и режимных задач с использованием данных телеметрии.

Система строится на трёх информационных базах данных:

- базе данных текущих параметров;

- базе данных элементов схемы электрической сети;
- базе данных технических характеристик.

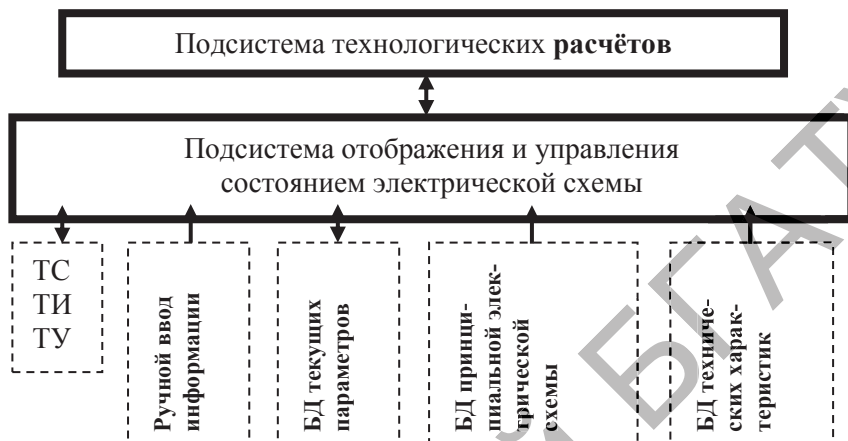


Рис. 1. Структура автоматизированной системы управления электрическими сетями напряжением 35 кВ и выше

База данных текущих параметров формируется на основе информации, поступающей от оборудования подстанций (ТС, ТИ) и действиями эксплуатационного персонала (ТУ, установка плакатов, заземления и т. д.). База данных схемы электрической сети представляет собой описание электрических связей всех объектов схемы и их свойств. База данных технических характеристик включает паспортные данные всех объектов схемы (марки и длины проводов линий, сопротивления трансформаторов и пр.)

Программное обеспечение системы обеспечивает заполнение баз данных и взаимодействие их между собой при реализации различных задач автоматизации, выполняемых соответствующими подсистемами. Подсистема отображения и управления состоянием электрической схемы принимает информацию от телемеханики и оперативного персонала, выполняет ее обработку, отображение на схемах различного уровня детализации и сохранение в базе данных текущих параметров. В базе данных содержатся полное описание объектов схемы и их свойств. Программное обеспечение анализирует положение коммутационных аппаратов, выделяет различными цветами включенные, отключенные и заземленные участки сети.

Для выполнения расчетов подсистема отображения и управления формирует математическую модель схемы электрической сети на данный момент ее состояния и передает в подсистему технологических расчетов. Результаты технологических расчетов отображаются на схеме электрической сети и в табличном виде.

В режиме имитации имеется возможность изменения текущих положений коммутационных аппаратов и задание режимных параметров с последующим выполнением расчетов смоделированных режимов. Режим имитации может использоваться для прогнозирования результатов переключений, расчета уставок защит, анализа действий персонала в аварийных ситуациях, обучения диспетчеров и прочего.

Разработанная автоматизированная система позволяет выполнять оперативные расчеты режимов и потерь электроэнергии в реальном времени по данным телеметрии и осуществлять непрерывный мониторинг состояния электрической сети. В режиме имитации возможен расчет оптимальной схемы питания потребителей в ремонтных режимах.

К основным функциям, выполняемым автоматизированной системой можно отнести:

1. Функции сбора и первичной обработки телеметрической информации, устройств телемеханики: прием информации (ТИ и ТС), первичная обработка оперативной информации (масштабирование, фильтрация).

2. Функции отображения информации и контроля технологических параметров сети.

3. Функции регистрации текущей и аварийной

4. Функции управления:

5. Функции установки плакатов: «Не включать! Работают люди», «Не включать! Работа на линии» и т. д.

6. Функции регистрации пользователей:

7. Функции технологических расчетов сети 35 кВ:

- расчет установившегося режима основной электрической сети 35 кВ и выше по данным телеметрии с учётом АРН трансформаторов.

- Оптимизация коэффициентов трансформации трансформаторов в основной электрической сети 35 кВ и выше.

- Расчет емкостных токов линий 35 кВ.

- Расчет токов КЗ в разомкнутой части электрической сети 35 кВ и выше.
- Расчет точек нормального разрыва в разомкнутой электрической сети 35 кВ и выше.

УДК 621. 311. 017

**ОПЫТ РАСЧЁТОВ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ 0,38-10 КВ РУП
"ГОМЕЛЬЭНЕРГО"**

Фурсанов М.И., профессор, д.т.н., Золотой А.А., доцент, к.т.н.,
Макаревич В.В., ст. преподаватель УО «Белорусский национальный
технический университет, г. Минск, Республика Беларусь

В настоящее время в энергосистемах активно проводится работа по установке в электрических сетях цифровых приборов учёта электроэнергии. Уже практически закончена установка цифровых учётов электроэнергии на всех низковольтных вводах 6–10 кВ питающих трансформаторов и линиях связи с соседними энергоподразделениями и в ведётся работа по их установке на головных участках распределительных линий 6–10 кВ, т.е. ожидается практическая обвязка цифровыми учётами всех точек поступления электрической энергии в сети 0,38–10 кВ.

Важнейшим преимуществом цифровых приборов является то, что они, кроме привычных интегральных показателей способны регистрировать и накапливать различные режимные показатели, в том числе и графики потребления электроэнергии с получасовыми или часовыми срезами. Это позволит выполнять оперативные расчёты потерь электроэнергии методами, ранее не применявшимися из-за отсутствия необходимой режимной информации. В тоже время следует отметить, что далеко не все цифровые приборы учёта электроэнергии оснащены устройствами сбора и передачи данных. Это приводит к тому, что на практике регулярный сбор графиков за расчётный период со всех цифровых приборов пока ещё затруднён. После решения этой проблемы планируется перейти на совместный расчёт потерь электроэнергии в сетях 0,38–10 кВ базирующийся на методе графического интегрирования. На сегодняшний день сети 10 кВ счи-

таются методом средних нагрузок, а сети 0,38 кВ по обобщённым показателям. Пример такого расчёта представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты расчёта потерь электроэнергии за декабрь 2012 года

Наименование РЭС	Отпуск электроэнергии	Потери электроэнергии									
		Условно- постоянные		Нагрузочные 10 кВ		Нагрузочные 0,38 кВ		Нагрузочные		ВСЕГО	
		тыс.кВтч	%	тыс.кВтч	%	тыс.кВтч	%	тыс.кВтч	%	тыс.кВтч	%
Будо-Кошелевский	8 212,647	261,386	3,18	105,067	1,28	511,800	6,16	616,867	7,51	878,253	10,69
Ветковский	3 874,348	219,239	5,66	34,154	0,88	84,590	2,18	118,744	3,06	337,983	8,72
Гомельский городской	82 065,912	874,542	1,07	613,478	0,75	3 886,000	4,74	4 499,478	5,48	5 374,020	6,55
Гомельский сельский	17 076,407	382,974	2,24	354,037	2,07	1 029,000	6,03	1 383,037	8,10	1 766,011	10,34
Добрушский	6 547,503	218,465	3,34	83,598	1,27	245,100	3,74	328,698	5,02	547,163	8,36
Всего по Гомельскому ФЭС	117 776,817	1 956,606	1,66	1 190,334	1,42	5 756,490	6,96	6 946,824	8,89	8 903,430	10,52
Жлобинский городской	13 069,711	245,885	1,88	103,869	0,79	1 226,000	9,46	1 329,869	10,18	1 575,754	12,06
Жлобинский сельский	5 639,745	210,709	3,74	62,972	1,10	399,200	7,07	462,172	8,19	672,881	11,93
Кормянский	2 406,522	134,085	5,57	22,024	0,91	145,500	6,05	167,524	6,96	301,609	12,53
Рогачевский	11 459,594	394,999	3,45	120,192	1,05	659,800	5,76	779,992	6,81	1 174,991	10,25
Чечерский	2 410,198	94,578	3,92	24,198	1,00	183,600	7,62	207,798	8,62	302,376	12,55
Всего по Жлобинскому ФЭС	34 985,770	1 080,256	3,09	333,255	2,61	2 614,100	2,94	2 947,355	3,42	3 424,027	11,51
Ельский	3 103,650	130,307	4,20	49,591	1,59	67,080	2,16	116,671	3,76	246,978	7,96
Житковичский	6 646,862	262,684	3,95	80,753	1,21	516,900	7,78	597,653	8,99	860,337	12,94
Калинковичский	12 131,726	361,057	2,98	137,382	1,13	549,100	4,53	686,482	5,66	1 047,539	8,63
Лельчицкий	4 398,310	150,703	3,43	77,802	1,77	123,200	2,80	201,002	4,57	351,705	8,00
Мозырский городской	19 769,403	313,429	1,59	258,026	1,31	842,200	4,26	1 100,226	5,57	1 413,655	7,15
Мозырский сельский	4 496,666	139,546	3,10	48,099	1,07	98,870	2,20	146,969	3,27	286,515	6,37
Наровлянский	2 026,325	64,905	3,20	25,353	1,25	55,930	2,76	81,283	4,01	146,188	7,21
Петриковский	5 985,060	237,139	3,96	69,110	1,15	163,900	2,74	233,010	3,89	470,149	7,86
Всего по Мозырскому ФЭС	58 558,002	1 659,770	2,83	746,116	2,41	2 417,180	3,16	2 813,296	5,40	3 423,066	8,23
Брагинский	2 144,976	138,724	6,47	15,503	0,72	97,510	4,46	113,013	5,27	251,737	11,74
Лоевский	2 283,426	148,169	6,49	19,911	0,87	110,000	4,77	129,911	5,69	278,080	12,18
Октябрьский	2 789,664	180,424	6,47	31,880	1,14	69,060	2,49	100,940	3,62	281,364	10,09
Речицкий городской	12 448,510	207,021	1,66	118,641	0,95	1 047,000	8,40	1 165,641	9,36	1 372,662	11,03
Речицкий сельский	6 904,269	313,537	4,54	76,346	1,10	421,056	6,09	497,402	7,20	810,939	11,75
Светлогорский	12 500,573	348,790	2,79	77,357	0,62	706,600	5,64	783,957	6,27	1 132,747	9,06
Хойникский	4 347,821	123,723	2,85	49,680	1,14	349,600	7,98	399,280	9,18	523,003	12,03
Всего по Речицкому ФЭС	43 419,239	1 460,388	3,36	389,318	2,80	2 800,826	3,19	3 190,144	7,34	3 650,532	10,71
РУП	254 739,83	6 157,02	2,42	2 659,02	1,05	13 588,60	5,53	16 247,62	6,38	22 404,64	8,80

Анализируя структуру потерь электроэнергии (рисунок 1) мы видим, что львиную долю (61%) от общих потерь в сетях 0,38-10 кВ составляют потери в сетях 0,38 кВ, в то время как нагрузочные потери в сетях 10 кВ составляют 12% и условно постоянные потери 27%. Из анализа нагрузочных потерь в сетях 0,38 кВ по составляющим, т.е. по РЭСам видно, что они находятся в пределах от 2,2 до 9,4 %, что в принципе нормально и явных аномалий не наблюдается. Большая доля потерь в этих сетях обуславливается тем, что практически вся энергия, поступившая в сети 10 кВ за минусом небольшого числа крупных потребителей питающихся от сети 10 кВ и потерь в этих сетях проходит до конечных потребителей по сетям 0,38 кВ, которые в десятки раз более объёмные чем сети 10 кВ.



Рис. 1 Структура потерь электроэнергии в сетях 0,38-10 кВ РУП "Гомельэнерго"

Если сравнивать расчётные технические потери с фактическими (отчётными), определяемыми как разница между электроэнергией поступившей в сеть 10 кВ по показаниям приборов учёта и электроэнергией оплаченной потребителями по данным предприятий энергосбыта то видно, что фактические потери электроэнергии больше расчётных в 1,3 – 1,9 раза.

УДК 621. 311. 017

МЕТОД СОВМЕСТНОГО ОПЕРАТИВНОГО РАСЧЁТА ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ 0.38-10 КВ ОЭС БЕЛАРУСИ

Фурсанов М.И., профессор, д.т.н., Золотой А.А., доцент, к.т.н.,
Макаревич В.В., ст. преподаватель

*УО «Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь*

Под оперативными расчетами понимается определение нагрузочных потерь электроэнергии на основе режимной информации (электроэнергии, активных и реактивных мощностей, коэффициентов мощности, токов, напряжений) оперативно получаемой по данным диспетчерских ведомостей, оперативных измерительных комплексов и автоматизированных систем учета и контроля электроэнергии. Ранее проведение таких расчетов в электрических сетях 0,38–10 кВ не представлялось возможным из-за отсутствия необходимых режимных данных. В ближайшие годы предусматривается установка цифровых учётов электроэнергии на всех низковольтных вводах 6–10 кВ питающих трансформаторов, линиях связи с соседними энергоподразделениями и головных участках распределитель-

ных линий 6–10 кВ, т.е. ожидается практическая обвязка цифровыми учётами всех точек поступления электрической энергии в сети 0,38–10 кВ, что как раз и позволяет выполнять оперативные расчеты потерь электроэнергии в данных сетях методами, ранее не применявшимися из-за отсутствия необходимых режимных данных.

Разработана методика оперативного расчёта потерь электроэнергии, позволяющая определять потери в электрических сетях 0,38 кВ на основе режимной информации сетей 10 кВ. Для выполнения оперативных расчётов технических потерь электрическую сеть 0,38–10 кВ в расчётном периоде необходимо представлять в виде совокупности **пофазных** схем замещения.

В качестве исходной информации используются топология и параметры схем замещения и режимные данные: средние мощности и типовые графики потребителей электрических сетей 0,38 кВ, по сети 6–10 кВ графики активных и реактивных нагрузок вводов 6–10 кВ силовых трансформаторов 35–750 кВ, полученные по данным цифровых систем учёта или в результате моделирования графиков электрических нагрузок на основе факторного анализа.

Методика содержит структурный алгоритм оперативных расчётов технических потерь в сетях 0,38–10 кВ:

1. На основе графиков нагрузок вводов 6–10 кВ определяются активные и реактивные мощности нагрузок n -х потребителей схем замещения сети 0,38 кВ за k -й час расчётного периода.
2. По ним вычисляются токи в фазных и нулевых проводах ветвей в сети 0,38–10 кВ.
3. Рассчитываются нагрузочные потери активной мощности в ветвях распределительных линий.
4. Рассчитываются совокупные потери электроэнергии в сети в виде суммы технических потерь электроэнергии в ветвях всех схем замещения.

Выводы

1. Разработана методика оперативного расчёта потерь электроэнергии, позволяющая определять потери в электрических сетях 0,38 кВ на основе режимной информации сетей 10 кВ
2. Предложенная методика позволяет повысить точность определения потерь электроэнергии в сетях 6–10 кВ за счёт более точного распределения нагрузок между трансформаторами потребительских подстанций, по сравнению с традиционным распределением

нагрузки ЦП пропорционально установленным мощностям трансформаторов потребительских подстанций.

3. Методика позволяет анализировать величину прироста потерь в указанных сетях из-за несимметричного подключения потребителей и схемной несимметрии за счёт пофазного расчёта схем 6-10-0,38 кВ.

Литература

1. Фурсанов М. И., Определение и анализ потерь электроэнергии в электрических сетях энергосистем. – Мн.: УВИЦ при УП "Белэнергосбережение", 2005.– 207 с.: ил.

2. Фурсанов М. И., Золотой А. А., Макаревич В. В. Учёт потребителей энергоисточников в расчётах распределительных электрических сетей 6-10 кВ. «Изв. высш. учебн. заведений и энерг. объединений СНГ. Энергетика». – 2011. – № 4. – С. 15 – 17.

3. Фурсанов М. И., Золотой А. А., Макаревич В. В. Расчёт режимов и потерь мощности в электрических сетях 0,38 кВ с учётом повторного заземления нулевого провода «Изв. высш. учебн. заведений и энерг. объединений СНГ. Энергетика». – 2007. – № 5. – С. 5 – 18.

4. Правила устройства электроустановок / Минэнерго СССР – 6-е изд., перераб. и доп. — М.: Энергоатомиздат, 1986 — 648 с.: ил.

УДК 621. 311. 017

ПРОГРАММНО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ARRES ДЛЯ РАСЧЕТА И АНАЛИЗА РЕЖИМОВ И ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ 0,38–10 КВ (ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ОПЕРАТИВНЫХ РАСЧЕТОВ)

Фурсанов М.И., профессор, д.т.н., Макаревич В.В.,

ст. преподаватель, Мышковец Е.М., ассистент

УО «Белорусский национальный технический университет,

г. Минск, Республика Беларусь

Представляется усовершенствованная версия программно-вычислительного комплекса (ПВК) ARRES разработанного в НИИЛ «Электроэнергетические системы и их автоматизация» энергетического факультета Белорусского национального технического университета.

ПБК ARRES предназначен для решения широкого круга эксплуатационных задач расчёта и анализа режимов и потерь электроэнергии в распределительных электрических сетях 0,38–10 кВ и выполняет следующие эксплуатационные задачи при различных вариантах задания исходной информации:

1. Расчёт параметров режима и потерь электроэнергии в электрических сетях 0,38–10 кВ по режимным данным сетей 6–10 кВ на основе схем распределительных линий (РЛ) 0,38–10 кВ в однолинейном исполнении с указанием числа фаз. В качестве режимной информации электрических сетей 6–10 кВ используются либо графики активных и реактивных нагрузок вводов 6–10 кВ силовых трансформаторов, полученные по данным цифровых систем учета либо эти же графики, но полученные путем факторного анализа либо отпуски электрической энергии на отходящих линиях 6–10 кВ. Кроме того в качестве режимной информации по электрическим сетям 0,38 кВ должны быть заданы средние активные и реактивные мощности потребителей и их типовые графики.

2. Расчёт параметров режима и потерь электроэнергии по данным ГУ при кодировании схемы сети пофазно. В соответствии с разработанной авторами методики для выполнения расчётов технических потерь электрическую сеть 0,38–10 кВ в расчётном периоде необходимо представлять в виде совокупности пофазных схем замещения.

3. Расчёт параметров режима и потерь электроэнергии в сети 0,38 кВ по данным нагрузок потребителей при кодировании схемы сети пофазно.

4. Расчёт параметров режима и потерь электроэнергии по данным ГУ и известном полезном отпуске каждому потребителю (оплаченной потребителем электроэнергии), при этом параметры ГУ распределяются пропорционально данным по оплате за потреблённую электроэнергию.

5. Оптимальное подключение нагрузок по фазам – оптимальное подключение потребителей по фазам с целью достижения минимума несимметрии токов и напряжений.

Помимо эксплуатационных задач комплекс позволяет решать задачи проектирования (модернизации) электрических сетей 0,38 кВ:

1. Электрический расчёт проектируемой распределительной линии, где выполняется суммирование проектных нагрузок проекти-

руемой РЛ, далее определяется потокораспределение, рассчитываются токи и потоки мощности по участкам РЛ, напряжения в узлах и потери напряжения по участкам, потери мощности по участкам и токи однофазных, двухфазных и трехфазных коротких замыканий во всех узлах схемы проектируемой РЛ.

2. Выбор коммутационных аппаратов на головных участках линии. Предлагается список всех подходящих по расчетным параметрам предохранителей и автоматических выключателей из справочников.

3. Выбор числа и мощности трансформаторов проектируемой подстанции. Производится выбор типа нагрузки подстанции с характерным расчётным сезоном и среднесуточной температурой предусматривается резервирование с соседними подстанциями.

4. Определение габаритов при переходе через инженерные сооружения. По выбранному участку проектируемой РЛ будет графически отображен выбранный участок РЛ (пролёт) с реальной кривой провисания провода и отметкой габарита у инженерного сооружения.

5. Оптимальное подключение потребителей по фазам по критериям минимума несимметрии токов и напряжений (фазировка).

Для удобства восприятия исходной информации предлагается табличная и графическая формы ее представления. В качестве исходной информации используются топология и параметры схем замещения и режимные данные: средние мощности и типовые графики потребителей электрических сетей 0,38 кВ, по сети 6–10 кВ графики активных и реактивных нагрузок вводов 6–10 кВ силовых трансформаторов 35–750 кВ, полученные по данным цифровых систем учёта или отпуска электрической энергии по данным приборов учёта на отходящих линиях 6–10 кВ.

Графическое отображение схемы формируется на основе топологии сети и предусматривает два режима:

1. Создание графического отображения существующей схемы РЛ 0,38 кВ на основе закодированной информации в табличном редакторе.

2. Создание новой схемы РЛ 0,38 кВ в графическом редакторе.

Комплекс ARRES представляет широкие сервисные возможности по вводу и переработке топологической и режимной информации, удобный интерфейс отображения, предварительного просмотра, печати и конвертации в MS Excel всех результатов расчёта.

Вывод: Рассмотренный комплекс используется во многих структурных подразделениях энергосистемы Республики Беларусь: РУП «Могилёвэнерго», РУП «Брестэнерго», РУП «Гродноэнерго», РУП «Гомельэнерго», применяется в учебном процессе при выполнении курсовых и дипломных проектов.

УДК 621.311.017

**МЕТОДИКА ПОЭТАПНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ЗАМЕНЫ
ТРАНСФОРМАТОРОВ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ 6-10КВ НА ОСНОВЕ
ТЕОРИИ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ**

Фурсанов М.И., д.т.н., проф., Петрашевич Н.С., аспирант
УО «Белорусский национальный технический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь

Применительно к оценке эффективности использования капитальных затрат на замену трансформатора в качестве результирующего показателя можно принять величину изменения приведенных эксплуатационных затрат ΔZ_{ij} , а в качестве влияющего фактора – значение капитальных затрат на замену j-о трансформатора на i-й K_{ij} . В этом случае формула показателя чувствительности S_{ij} примет вид:

$$S_{ij} = \frac{\Delta Z_{ij}}{K_{ij}}. \quad (1)$$

В экономике энергетики [1] отношение $\Delta Z_{ij}/K_{ij}$ называется «индексом доходности» (ИД). Очевидно, что ИД выполняет роль коэффициента чувствительности. Таким образом, $ИД_{ij}$ при замене j-о трансформатора на i-й определится по формуле:

$$ИД_{ij} = \frac{\Delta Z_{ij}}{K_{ij}}. \quad (2)$$

Капитальные затраты K_{ij} на замену j-о трансформатора на i-й могут быть определены по формуле [2]:

$$K_{ij} = C_i + K_{Mi} + K_{dj} - K_{ликj}, \quad (3)$$

где C_i – стоимость приобретения нового i-о трансформатора, у.е.;

K_{Mi} – стоимость монтажа i -о трансформатора на подстанции, у.е.;

K_{Dj} – стоимость демонтажа j -о трансформатора, у.е.;

$K_{ликj}$ – ликвидная стоимость j -о трансформатора, у.е.

После несложных преобразований получим:

$$\Delta Z_{ij} = \sum_{t=0}^{T_p} (\Delta W_{ij} \cdot \beta_H + P_T \cdot (C_j - C_i)) \cdot (1 + E)^{-t} - C_i - K_{Mi} - K_{Dj} + K_{ликj}, \quad (4)$$

где ΔW_{ij} – изменение величины потерь в сети после замены j -о трансформатора на i -й;

t – годы расчета, $t=1, T_p$;

T_p – расчётный период;

β_H – стоимость 1 кВт·ч потерь электроэнергии, у.е./кВт·ч;

C_j – стоимость приобретения нового j -о трансформатора, у.е.;

P_T – суммарный коэффициент отчислений от стоимости трансформаторов, о.е.;

E – норма дисконтирования затрат;

С учетом (3) и (4) формулу (2) перепишем в виде:

$$ИД_{ij} = \frac{\sum_{t=0}^{T_p} (\Delta W_{ij} \cdot \beta_H + P_T \cdot (C_j - C_i)) \cdot (1 + E)^{-t} - C_i - K_{Mi} - K_{Dj} + K_{ликj}}{C_i + K_{Mi} + K_{Dj} - K_{ликj}}. \quad (5)$$

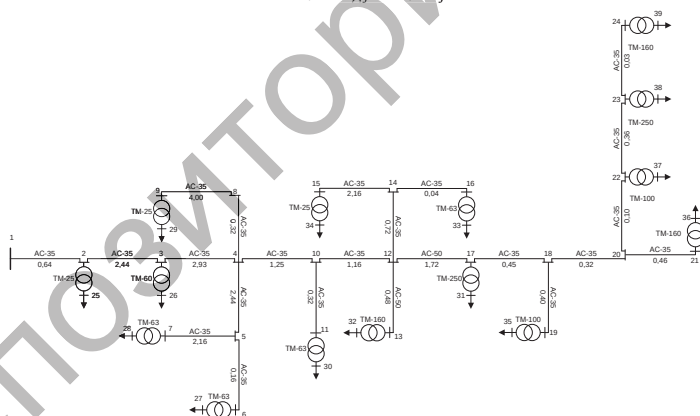


Рис. 1 – Схема разветвлённой электрической сети 10кВ

Индекс доходности $ИД_{ij}$ вполне удовлетворяет требованиям как показатель эффективности. Очевидно, что наиболее эффективным мероприятием по оптимизации сети при замене трансформаторов будет то, при котором величина $ИД_{ij}$ будет наибольшей.

Разработанная математическая модель была апробирована при оптимизации сети распределительной линии 10 кВ (рис. 1), входящую в состав Толочинского РЭС.

После проведения численных расчетов и оптимизации электрической сети получено, что замена трансформаторов на подстанциях исследуемой схемы должна осуществляться в следующей последовательности (таблица 1):

Приведенная в таблице 1 последовательность может быть использована при внедрении мероприятий по модернизации исследуемой распределительной сети

Таблица 1

Последовательность замены трансформаторов в сети схемы рис.1 на основе теории чувствительности

Шаг оптимизации	Шифр подстанции	Установленный трансформатор	Рекомендуемый трансформатор	ИД при замене
1	17-31	ТМ-250	ТМ-400	0,379
2	13-32	ТМ-160	ТМ-400	0,326
3	22-37	ТМ-100	ТМ-160	0,211
4	24-39	ТМ-160	ТМ-400	0,052
5	23-38	ТМ-250	ТМ-400	0,034

Выводы

1. Разработана методика поэтапной оптимизации замены трансформаторов распределительных электрических сетей 6-10 кВ на основе теории чувствительности.

2. Показано, что наиболее эффективен первый шаг оптимизации, который особенно важен в условиях ограниченности финансовых средств.

Литература

1. Падалко Л.П. Математические методы оптимального планирования развития и эксплуатации энергосистем – Минск: Высшейшая школа, 1973. – 200с.

2. Федин В.Т., Фурсанов М.И. Основы проектирования энергосистем: учебное пособие для студентов энергетических специальностей: в 2 ч. частях. – Минск: БНТУ, -2010.

УДК 338.45:621.38; 5815:57.0842:575224.46;

ПРАКТИЧЕСКИЕ СОВЕТЫ ПО ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЮ НА ОСНОВЕ ПРОВЕДЕННЫХ ЭНЕРГОАУДИТОВ

Ходыко С.С., ведущий инженер, Чернущик В.В., зам. директора,
Чернущик В.И., директор ЧПУП «Энергия-ТЭР»

Экономия материальных и энергетических ресурсов в сфере народнохозяйственного комплекса и быта, являющаяся основой стабильного развития Республики Беларусь, требует неотложного реагирования отраслевой науки и практики как в сфере производства, так и в сфере быта. Это требует обоснования приоритетных направлений разработок ресурсосберегающих технологий, обновления парка технических средств с высококачественными показателями для нового поколения, конкурентоспособными как на внутреннем, так и на внешнем рынках практически всех отраслей народного хозяйства. Такой подход позволит обеспечить существенный рост производительности труда, экономии топлива и энергии, создание оптимальных условий для труда и отдыха населения любой страны.

Как известно, любое изделие оказывает воздействие на окружающую среду, которое может иметь место на любой стадии его жизненного цикла: получение сырья, производства, выпуска в обращение, использования, технического обслуживания, повторного использования и утилизации. Данные воздействия могут быть как несущественными, так и значительными, краткосрочными или долгосрочными, локальными либо глобальными. Так, например, широкое использование электрических и электронных изделий, традиционных и нетрадиционных источников энергии, теории ядерного распада, и др. обострило проблему их влияния на окружающую среду и требует необходимости принятия законодательных, а также управляемых рынком требований к проектированию с учетом экологических аспектов.

Поэтому, на основе многолетней научно-производственной практики, в том числе энергетического обследования и экспресс-энергоаудита промышленных предприятий и организаций социальной и коммунально-бытовой сферы, ниже приводятся краткие практические советы не только для эксплуатационников по практическому энергосбережению и охране

окружающей среды, но и для теоретиков и разработчиков оборудования и технологических процессов, а также дизайнеров интерьеров.

I. Если доля энергозатрат составляет:

1.1. 5–10% - энергоаудит можно не проводить при потреблении менее 1,5 тыс. т у.т.;

1.2. 11–15% - энергоаудит проводить необходимо;

1.3. 16–20% и более - энергоаудит следует проводить срочно.

II. Советы по энергосбережению в:

2.1. Промышленности.

2.1.1. Оценка оборудования требует хорошего знания технологий и систем. Для определения потерь в процессе производства необходимо создать программу контроля и проверки на соответствие техническим условиям. Учет всех видов энергопотребляющих установок, их количества и основных технических показателей может занять некоторое время. Осложнить этот процесс также может отсутствие хорошего взаимодействия между различными отделами на предприятии. Тем не менее, этот этап учета энергопотребления является чрезвычайно важным.

2.1.2. Требования по экономии к нижеследующему оборудованию.

2.1.2.1. Компрессоры: определение и устранение утечек воздуха (20%); рациональное использование воздуха; минимизация перепадов давления (3%); использование наименьшего, пригодного для нормальной деятельности давления; соответствие мощности компрессора и времени работы нагрузки (15%); использование эффективных регуляторов напряжения; оптимизация работы распределительной системы; использование для сжатия наружный воздух, если он прохладнее чем внутренний; поддержание установки в хорошем техническом состоянии (2%); использование тепла, выделяющегося при компрессии (20%).

2.1.2.2. Двигатели: поддержание напряжения; минимизация фазовых дисбалансов; поддержание высокого КПД; использование эффективных преобразователей и трансформаторов; уменьшение потерь в распределительных сетях; применение приводов с переменной скоростью вращения; замена на более эффективный двигатель; оптимизация мощности и размера двигателя.

2.1.2.3. Вентиляторы: проектирование системы чтобы входные и выходные воздуховоды были по возможности прямыми; использование поворотных лопаток, выпрямителей и разделителей потоков для управления потоками воздуха; оптимизация размеров воздуховодов: с увеличением размеров уменьшаются потери на трение, и

соответственно снижаются расходы на содержание; модифицирование потока в соответствии с потребностью при помощи входных лопаток, выходных компенсаторов или скорости вращения; осуществление регулярного обслуживания (смазка и замена подшипников, натяжения и замена ремней приводов, обслуживание или замена двигателя, чистка вентилятора).

2.1.2.4. Паровые системы: использование пароотделителей и конденсатоотводчиков; уменьшение потерь от утечек; применение теплоизоляции для уменьшения потерь тепла; обслуживание и наладка котлов каждые 3-6 месяцев; использование заслонок в дымоходах для уменьшения потерь, связанных с отходящими газами; максимизация объема возвращающегося конденсата; использование тепла уходящих газов и непрерывной продувки; обеспечение эффективного сжигания топлива за счет автоматизации горелок.

2.1.2.5. Насосные установки: малая эффективность насосных систем во многих случаях обусловлена использованием неоправданно мощных систем, что приводит к нарушению их эксплуатационного режима.

2.1.2.6. Нагревательные процессы: снижение температуры уходящих газов; уменьшение объема уходящих газов; использование обогащенного кислородом воздуха в камере сгорания; использование тепла уходящих газов.

2.1.3. Для небольших организаций проведение энергосберегающих мероприятий необходимо начинать с анализа потребления тепловой и электрической энергии и мер по возможному снижению потребления, разработки энергетического паспорта.

2.2. Жилищно-коммунальном хозяйстве.

2.2.1. Учет потребления ресурсов: установка счетчиков потребления тепла и горячей воды, а также счетчика холодной воды в здании; установка двух тарифного счетчика электроэнергии в помещениях общего пользования.

2.2.2. Теплоизоляция здания: устройство двойных тамбуров, монтаж автоматических доводчиков на входных дверях в подъездах и подвалах, приведение в порядок дверных замков и уплотнение щелей; замена старых оконных рам на стеклопакеты в помещениях общего пользования и оптимизация вентиляции; восстановление межпанельных герметизирующих швов при помощи эластичных наполнителей; теплоизоляция чердачных помещений, технических этажей и подвалов; внешняя теплоизоляция стен и перекрытия зда-

ния; утепление крыши (теплопроводность плоских крыш большинства зданий в 3-4 раза превышает стандарты, такие крыши нуждаются в дополнительном утеплении).

2.2.3. Экономия электроэнергии: пропаганда применения энергоэффективной бытовой техники класса А+, А++; установка ламп со светодиодами в помещениях общего пользования; замена ламп накаливания в подъездах на люминесцентные энергосберегающие светильники; применение фото акустических реле для управляемого включения источников света в подвалах, технических этажах и подъездах домов; применение систем микропроцессорного управления частотно-регулируемыми приводами электродвигателей лифтов;

2.2.4. Модернизация системы теплоснабжения: замена неисправной запорной арматуры и отдельных участков трубопроводов; монтаж теплоизоляции на трубопроводы системы отопления; реконструкция теплоузла – замена узла системы отопления на современный для автоматизированного регулирования подачи теплоносителя в индивидуальном тепловом пункте; установка реле времени циркуляционного насоса.

2.2.5. Реконструкция системы отопления: балансировка стояков системы отопления, монтаж термостатных вентилей (замена соединительных узлов отопительных приборов на регулируемые) на подъемных и опускных разводящих трубопроводах системы отопления (стояках).

2.2.6. Реконструкция индивидуального теплового пункта: монтаж пластинчатых теплообменников и реконструкция индивидуального теплового пункта с открытой на закрытую схему теплоснабжения здания.

2.2.7. Устройство местной системы теплоснабжения: монтаж крышной котельной в многоквартирном доме или строительство пристроенной котельной на группу зданий и др.

2.3. Жилых домах, квартирах и офисах не следует.

2.3.1. Выбрасывать деньги за счет потерь тепла через окна, а лучше проветривать помещение чаще, но при этом открывать окно широко и всего на несколько минут. На это время необходимо отключать термостатный вентиль на радиаторе отопления.

2.3.2. Эксплуатировать физически и морально устаревший отопительный котел, ибо современный отопительный котел – лучший способ экономить энергию. Причем, современный низкотемпературный или конденсатный котел обходится примерно на 40 % меньшим количеством энергии, чем устаревшая отопительная техника.

2.3.3. Преграждать путь теплу и наносить на отопительные приборы (батареи) дополнительную облицовку, которая поглощает до 20 % тепла.

2.3.4. Перегревать квартиру потому, что каждый дополнительный градус температуры в помещении обойдется примерно в 6 % дополнительных затрат на энергию.

2.3.5. Отапливать котельную вместо квартиры. Необходимо термоизолировать отопительный котел, водоподогреватель, трубы отопления и горячего водоснабжения.

2.3.6. Выпускать тепло. Необходимо термоизолировать ниши для отопительных батарей и разместить в них отражательную фольгу. Благодаря этому можно сэкономить до 4 % затрат на отопление.

2.3.7. Эксплуатировать отопительную систему без современного отопительного регулятора для снижения затрат на отопление.

2.3.8. Эксплуатировать «лампочки Ильича», морально и физически устаревшие бытовые приборы.. Целесообразнее использовать энергосберегающие лампы в осветительных приборах. Энергосберегающие лампы потребляют энергии примерно на 80 % меньше, чем традиционные лампы накаливания, а служат в 8-10 раз дольше. Особую ценность представляют светодиодные лампы. Современные же бытовые приборы часто обходятся меньшей энергией, чем их предшественники.

III. Следует помнить, что.

3.1. Самая дешёвая энергия — это та, которую Вы не купили: это не только сохранит энергию и деньги, но и полезно для здоровья и повышает производительность труда.

3.2. Автоматизированная система «умного дома» осуществляет управление инженерным оборудованием в оптимальном режиме, что позволяет сократить затраты на использование энергоресурсов, потребляемых зданием (горячей и холодной воды, тепла, электроэнергии, воздуха и т.д.), продлить срок службы электросети и приборов и создать исключительно комфортные условия в помещениях.

3.3. Не следует забывать о чрезвычайной полезности для здоровья живых существ, особенно человека, отрицательно заряженных ионах, которых практически не бывает внутри электрометаллических каркасов и особо вредных производств.

3.4. Переработка макулатуры – процесс гораздо более чистый и менее энергоёмкий, чем варка целлюлозы.

3.5. Успех любого дела определяется нижеследующими:

3.4.1. Математическим выражением: $Y = Ц \times P \times Д > C,$ где Y – величина успеха; Ц – величина поставленной цели; P – величина ресурсов для достижения поставленной цели; Д – величина действия; C – суммарная величина сопротивления успеху	3.4.2. Графическим изображением: 
--	---

АЛГОРИТМ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ СИТУАЦИИ И ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЯ ПРИ ХРАНЕНИИ ЗЕРНА

Шевчик Н.Е., к.т.н., доцент, Солдатенко А.А., главный инженер проекта, УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

Сохранение зерна с минимальными потерями зерновой массы и качества зерна – важнейшая задача, которая стоит перед комбинатами хлебопродуктов. Одним из путей решения этой задачи является создание высокоинтеллектуальных систем управления процессом хранения зерна.

Работа систем поддержки принятия решения связана с постоянным контролем состояния зерновой массы с целью выявления очагов, в которых могут быть большие потери зерна (очаги самосогревания), и обеспечение комплекса мер по уменьшению физиологической активности зерна и микроорганизмов в этих очагах (снижение температуры и влажности зерна в очагах). Чем раньше очаги будут выявлены, тем меньше будут реальные и потенциальные потери. Эффективность принятия решения этой задачи в значительной степени зависит от выбора критерия оценки.

В работе рассмотрены два критерия оценки состояния зерновой массы при хранении:

- контроль температуры;
- потери в массе сухого вещества.

На сегодняшний день наибольшее распространение получил первый критерий. При таком подходе ситуация принятия решения отождествляется с возникновением очага самосогревания зерна. Суть самосогревания находится в активизации дыхания компонен-

тов зерновой массы, что приводит к поглощению кислорода из межзернового пространства, выделении тепла, влаги, углекислого газа и продуктов метаболизма [1]. И действительно, для такого подхода к оценке состояния зерна при хранении наиболее лучшим параметром является температура, поскольку этот параметр наиболее быстро изменяется при развитии очага самовозгорания [2]. Также на температуру зерна оказывает влияние процесс теплообмена с окружающей средой [2]. И так как этот теплообмен достаточно интенсивный, то возможно диагностировать очаг самосогревания только в конце первой или в начале второй стадии самосогревания [1], что малоэффективно. Зачастую поднять эффективность диагностики ситуации принятия решения можно, выявляя развитие очага самовозгорания на ранних стадиях первого этапа его развития. На первой стадии самосогревания температура зерна меняется незначительно, и она мало зависит от биологических процессов, происходящих в этот период в зерне. Поэтому для диагностирования ситуации принятия решения на ранних стадиях температура зерна непригодна.

В данной ситуации более корректно пользоваться измерением потерь в массе сухого вещества, поскольку:

- 1) изменение данного параметра при хранении зерна определяется только интенсивностью биологических процессов, происходящих в массе зерна;

- 2) этот параметр легко связать с экономическими показателями;

- 3) существуют нормы природных потерь зерна при хранении, с которыми можно соотнести данный параметр;

- 4) нет необходимости измерять мгновенное значение данного параметра, также для принятия решения нас интересует динамика изменения данного параметра, а не его абсолютное значение, поэтому точность измерения данного параметра не будет влиять на точность прогнозирования.

С применением такого подхода к диагностике ситуации принятия решения экономический эффект будет достигнут за счет приближения реальных прогнозных потерь в массе зерна при его хранении до норм природных потерь.

Использование прогнозирования в процессе диагностики самосогревания позволяет оценить возможность возникновения негативного процесса на ранней его стадии развития. Наиболее выгодно проводить

диагностику возникновения очага самосогревания на ранних стадиях развития, прогнозируя изменение массы сухого вещества зерна и сравнивая ее с нормами природных потерь. По превышениям значений прогнозируемых показателей нормированных значений можно судить про возникновение ситуации, которая требует от технолога принятия решения.

Чтобы понять, как должен выглядеть уточненный алгоритм диагностики ситуации принятия решения, рассмотрим несколько рабочих ситуаций, приведенных в таблице:

№	Температура зерна, °С		Влажность зерна, %		Наружная температура °С		Потери в массе сухого вещества, %		Примечание
	начало	конец	начало	конец	начало	конец	прогнозируемые	нормированные	
1	25	19,4	13,5	13,5	10	10	0,0189	0,01	
2	5	15,8	14,5	14,5	20	20	0,0095	0,01	
3	15	10,4	14,5	14,5	2	2	0,0182	0,01	
4	5	18,6	15	15	25	25	0,012	0,01	Потери 15 суток были в норме
5	10	10	20	20,04	2,5	2,5	0,23	0,01	

1. В первой ситуации температура зерна уменьшилась. По результатам измерения температуры зерно в порядке, но оно нуждается в подработке, потому что потери в массе больше нормы.

2. Если во второй ситуации принимать решение по влажности и температуре, то технолог может констатировать развитие очага самосогревания. Но при рассмотрении потерь в массе сухого вещества, возникновения очага самосогревания не подтверждается.

3. В третьей ситуации система измерения температуры не диагностирует возникновение очага самосогревания. Но, изменение потерь в массе сухого вещества превышают нормированное значение. Отсюда видно, что ситуация принятия решения присутствует.

4. В четвертой ситуации система измерения температуры показывает, что необходимо принимать решение. Но если обратить внимание на изменение потерь в массе, то ситуации принятия решения возникнет только на 16 – е сутки хранения.

5. В пятой ситуации система измерения температуры со стандартным алгоритмом не будет диагностировать ситуацию принятия решения. Как показывает данный пример, охлаждение зерна до 10 °С не обеспечивает нормированные потери в массе зерна, хотя его

температурное поле стабильное. Поэтому возникает сомнение в экономической эффективности хранения сырого и влажного зерна при низкой температуре.

Выше описанные ситуации показывают, что использование одной температуры как критерия диагностирования ситуации принятия решения некорректно. Тем более нецелесообразно использование одной температуры для прогнозирования ситуации принятия решения. Использование температуры совместно с характеристикой потерь сухого вещества в массе позволяют получить наиболее полную картину при принятии решения. Для прогнозирования ситуации принятия решения необходимо разработать математическую модель потерь в массе сухого вещества в зависимости от условий хранения. Данная математическая модель может быть встроена в программные комплексы технологов элеваторов и складов силосного типа.

Литература

1. Трисвятский Л.А. Хранение зерна. – 5-е изд., перераб. и доп. – М. Агропромиздат, 1985. – 351 с.
2. Сергунов В.С. Дистанционный контроль температуры зерна при хранении. – 2-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1987. – 174 с.

УДК 621.314

К ВОПРОСУ РАСЧЕТА ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В СЕЛЬСКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

Шевчик Н.Е., к.т.н., доцент, Протосовицкий И.В., к.т.н., доцент, Протосовицкий Д.И., аспирант УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г.Минск, Республика Беларусь

Известно, что переходные процессы возникают при коммутациях электрических сетей [1]. Указанные процессы часто сопровождаются перенапряжениями. Расчёт параметров перенапряжений (их амплитуда и длительность) представляет практический интерес.

В настоящее время достаточно полно проработаны вопросы расчетов переходных процессов высоковольтных электрических сетей (10-750 кВ). Их особенностью является большая длина линий электропередач (ЛЭП), и, как следствие, большая емкость. Кроме того,

в сетях с изолированной нейтралью однофазное замыкание на землю не является аварийным режимом. Но оно сопровождается переходными процессами, и, следовательно, перенапряжениями, время которых значительно.

Анализ литературы [2] показал, что для появления перенапряжений необходимы следующие условия:

- параметры сети (емкость и индуктивность элементов) должны иметь характеристики, изменение которых способно привести к образованию в ней колебательного контура;
- перенапряжения возникают, если в колебательном контуре затухание меньше критического. Это затухание вносится нагрузкой электрической сети, поэтому повреждения электрооборудования происходят, как правило, в режиме неполной загрузки;
- определенный характер начального события: феррорезонансные перенапряжения возникают при неполнофазных режимах, а дуговые перенапряжения - при определенном характере дуги (однополупериодическая или аperiodическая) однофазного замыкания на землю. При металлическом замыкании или непрерывно горящей дуге перенапряжений не возникает.

Для сетей напряжением 10-750 кВ приведено множество формул расчета параметров перенапряжений.

Информации же по переходным процессам низковольтных электрических сетей 0,4 кВ с глухозаземленной нейтралью практически нет. Объясняется это тем, что промышленные сети выполнены, в основном, кабелем, имеют высокую плотность нагрузки и степень загрузки оборудования составляет в среднем около 60%. В этих условиях коммутационные перенапряжения небольшие и быстро затухают.

В электрических сетях сельскохозяйственного назначения плотность нагрузки небольшая, выполнены они в основном, воздушными линиями. Степень загрузки оборудования меньше 25%. Кроме того, часто на трансформаторных подстанциях 10/0,4 кВ имеются установки для компенсации реактивной мощности. Вместе с нагрузкой индуктивного характера они образуют колебательный контур. Это означает, что условия для появления коммутационных перенапряжений выполняются.

Защита электроустановок от перенапряжений является одной из основных задач при их эксплуатации. Для правильного выбора защиты необходима информация об амплитуде и длительности пере-

напряжений, которая определяется в результате расчета переходных процессов и зависит от параметров электрической сети и токоприемников.

Целью данной работы является постановка задачи для анализа перенапряжений при переходных процессах в электрических сетях сельскохозяйственного назначения.

Для достижения цели необходимо решить следующие задачи:

1. проанализировать электрические сети сельскохозяйственного назначения 0,4 кВ с глухозаземленной нейтралью;
2. провести расчет параметров переходного процесса.

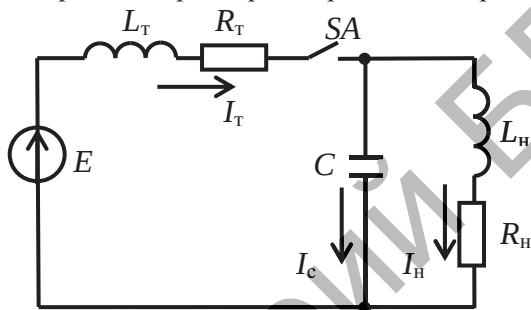


Рис. 1 Расчетная схема электрической сети

Для анализа взята электрическая сеть с трансформатором мощностью 100 кВА со схемой соединения обмоток У/У_н, который питает три трехфазные линии, выполненные проводом А-35 длиной по 0,6 км. На трансформаторной подстанции имеется установка для компенсации реактивной мощности с конденсаторами, подключенная на стороне 0,4 кВ.

Схема замещения одной фазы электрической сети приведена на рис. 1.

В данной схеме:

E – ЭДС вторичной обмотки трансформатора, В;

$L_{тр}$, $R_{тр}$ – параметры вторичной обмотки трансформатора;

C – ёмкость конденсаторной батареи для компенсации реактивной мощности, мкФ;

L_n , R_n – параметры нагрузки;

При построении схемы сделаны следующие допущения:

1. нагрузка принята сосредоточенная;

2. сопротивление линии электропередач входит в нагрузку;
3. емкостное сопротивление линии электропередач 0,4 кВ принято равным нулю;
4. напряжение вторичной стороны трансформатора синусоидальное.

Из схемы видно, что при отключении выключателя SA во втором ее контуре будет происходить обмен энергией между емкостью C и индуктивностью нагрузки L_n . Частота колебаний зависит от значений емкости и индуктивности.

При включении выключателя SA индуктивность трансформатора $L_{тр}$ и емкостное сопротивление второго контура (имеет место при перекompенсации реактивной энергии) вызовут колебания напряжения. Колебания напряжений могут возникнуть и при размыкании выключателя, если между его контактами возникнет дуга.

И в первом и во втором случаях собственная частота колебаний может совпасть с частотой ЭДС. Это вызовет резонанс токов или напряжений, и отрицательно скажется на работе электрической сети.

Для определения возможности перенапряжений и расчета их параметров необходимо:

1. определить параметры схемы замещения в номинальном режиме загрузки электрической сети;
2. разработать (или применить известную) методику расчета длительности и амплитуды перенапряжений при отключении и включении выключателя;
3. провести исследования параметров перенапряжений в зависимости от изменения степени и характера нагрузки и мощности конденсаторов для компенсации реактивной мощности.

Литература

1. Теоретические основы электротехники: В 3-х т. Учебник для вузов. Том 2. – 4-е изд. / К.С. Демирчян, Л.Р. Нейман, Н.В. Коровкин, В.Л. Чечурин. – СПб.: Питер, 2006.
2. <http://gendocs.ru/v6093>
3. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Учебник для вузов. М.: Высшая школа, 1986.
4. Байбурин Э.Р., Математическая модель сети напряжением 6/10 кВ при переходных процессах. Молодые ученые в реализации приоритетного национального проекта «Развитие АПК»// Материа-

лы I Всероссийской научно — практической конференции молодых ученых. 2006.- Уфа: Башкирский ГАУ, - С. 119-121

5. <http://forca.ru>

6. <http://www.news.elteh.ru/arh/2002/17/06.php>

УДК 631.171:621.316.1

К ВОПРОСУ ИССЛЕДОВАНИЯ КАЧЕСТВА НАПРЯЖЕНИЯ В СЕЛЬСКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

Янукович Г.И. к.т.н., профессор, Туник А.Ю. ассистент,
*УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет»*, г. Минск, Республика Беларусь

На уровне проектирования линии электроснабжения проектировщиками принимаются меры по симметрированию нагрузки. Но несмотря на все усилия таким образом возможно лишь минимизировать несимметрию, а не ликвидировать её целиком.

Несимметрия нагрузок вызывает несимметрию напряжений. Одни однофазные электроприемники могут оказаться под повышенным напряжением, другие — под пониженным. На выводах трехфазных электроприемников появляется несимметричная система напряжений. Отклонения напряжения у электроприемников перегруженной фазы могут превысить нормально допустимые значения, в то время как отклонения напряжения у электроприемников других фаз будут находиться в нормируемых пределах. При несимметричном режиме работы сети существенно ухудшаются условия работы как самих электроприемников, так и всех элементов сети, снижается надежность работы электрооборудования и системы электроснабжения в целом [1].

При наличии в сети несимметрии напряжений по проводам линий электропередачи будут протекать токи обратной и нулевой последовательности. Это приводит к увеличению суммарных токов в отдельных фазах сети и к увеличению потерь активной мощности, что может быть недопустимым с точки зрения нагрева электрооборудования. Токи нулевой последовательности протекают постоянно через заземлители.

На кафедре электроснабжения разработано новое симметрирующее устройство для регулирования и симметрирования напряже-

ния в трехфазной сети с нулевым проводом, которое содержит магнитопровод и три обмотки.

Задачей симметрирующего устройства является повышение качества напряжения в трёхфазной четырехпроводной сети путём перераспределения токов нагрузки в фазных проводах, упрощение конструкции симметрирующего устройства и снижение стоимости симметрирования.

Поставленная задача достигается тем, что предоставляемое симметрирующее устройство включает в себя имеющие одинаковое число витков, включенные в расщепку соответствующего фазного провода источника питания.

Так как коэффициент трансформации устройства равен единице, то произойдет взаимное выравнивание токов во всех фазах независимо от величины нагрузки. Последнее приводит к симметрированию напряжения при несимметричной нагрузке фаз.

Устройство содержит магнитопровод замкнутой формы и три обмотки, содержащие одинаковое число витков. Начала обмоток подключены к источнику питания, концы – к линиям электропередачи с несимметричной нагрузкой.

При работе симметрирующего устройства большие значения токов в некоторых фазах будут трансформироваться в другие фазы, где ток меньший. Это приводит к перераспределению токов по фазам при несимметричной нагрузке, что существенно повышает качество напряжения.

На кафедре электроснабжения БГАТУ был произведен эксперимент с различными режимами несимметрии, в результате которого была выявлена высокая степень эффективности разработанного симметрирующего устройства. Схема эксперимента представлена на рисунке 1.

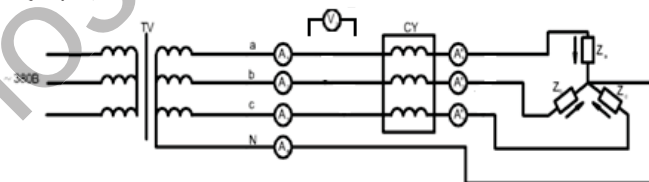


Рис. 1. Схема трансформатора со схемой соединения обмоток «звезда-звезда-нуль» с симметрирующим устройством

При выполнении данного эксперимента были созданы различные варианты несимметрии нагрузки, от полностью симметричной до полного обрыва одной из фаз. При этом были произведены из-

мерения как с использованием симметрирующего устройства, так и при его отсутствии. Измерены силы тока в фазах и нулевом проводе. Измерены линейные и фазные напряжения на участках до симметрирующего устройства и после его.

Представленное симметрирующее устройство позволяет в значительной степени компенсировать несимметрию напряжений по фазам и снизить силу тока в нулевом проводе. Однако наибольшая эффективность работы устройства возможна только при достаточно высокой степени несимметрии нагрузки и определённом количестве витков катушек в устройстве. Поэтому использование представленного устройства рационально в сетях с большим количеством однофазных потребителей. При анализе результатов измерений была определена зависимость силы тока в нулевом проводе от количества витков в симметрирующем устройстве. Соответственно усиление симметрирующего эффекта (снижение коэффициентов несимметрии) при увеличении количества витков.

Коэффициент несимметрии по нулевой последовательности существенно снижается с ростом количества витков симметрирующего устройства. Коэффициент несимметрии по обратной последовательности ведёт себя более неоднозначно. В неглубокой несимметрии (при силе тока в нулевом проводнике не превышающей номинальный ток трансформатора) он возрастает при увеличении витков С. У., но в глубоком дисбалансе начинает резко снижаться. Из этого можно сделать вывод, что изучаемое устройство наиболее эффективно для использования с нагрузкой, имеющей существенную неравномерность по фазам.

Так же данное симметрирующее устройство обладает рядом преимуществ: невысокая стоимость, исключает необходимость реконструкции участка линии и замены трансформатора, трансформатор остаётся в полной совместимости с системой по группе соединения.

Литература:

1. Янукович Г.И. Качество электрической энергии и способы его повышения / Г.И. Янукович. – Минск: БГАТУ, 2008.
2. Янукович Г.И., Королевич Н.Г., Селицкая О.Ю., Збрадыга В.М. Устройство для симметрирования напряжения при несимметричной нагрузке фаз. Патент №16121, РБ, 27.09.10

УДК 621.311.

**АВТОМАТИЧЕСКОЕ СЕКЦИОНИРОВАНИЕ
ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ 6-10 КВ ПРИ НАЛИЧИИ СРЕДСТВ
АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ЭНЕРГОУЧЕТА**

Забелло Е.П., д.т.н. проф., УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», Тополев В.А., аспирант РУП «БЕЛТЭИ», г. Минск, Республика Беларусь

В публикации [1] была рассмотрена методика выбора мест установки аппаратов автоматического секционирования воздушных распределительных сетей, в основу которой были положены упорядоченные зависимости сроков окупаемости секционирующих устройств (реклоузеров) от их числа при установке в сетях нескольких районов электрических сетей (РЭС) с различной плотностью нагрузок. Учитывая, что в настоящее время распределительные сети в основном закольцованы (схемные решения рассмотрены нами в [2]) имеется возможность оперативного анализа электрических нагрузок на отходящих фидерах с применением средств дистанционного автоматизированного энергоучета для сбора, обработки и выдачи информации в корпоративную сеть сетевого предприятия. Подобная информация является не только коммерческой, но и технической, которая может служить для расчета режимов электропотребления и соответственно для перераспределения нагрузок при помощи средств автоматизации на основе анализа потерь энергии и отклонений напряжения в узлах питания.

На рисунке 1 приведен вариант схемы секционирования магистральной линии напряжением 10 кВ с установкой двух реклоузеров в оборудованном распределительном устройстве, к шинам 10 кВ которого подключены собственные генерирующие источники (СГИ) малой мощности. Таким источником может быть, например, местная, принадлежащая потребителю биогазовая энергоустановка. Наличие подобной установки даже при отсутствии возможности параллельной работы с энергосистемой (ЭС) позволяет получить существенный экономический эффект как для потребителя, так и для энергосистемы путем использования обоснованных алгоритмов режимного взаимодействия ЭС и СГИ [3,4].

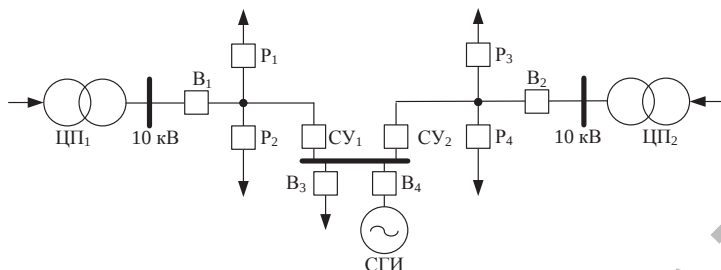


Рис. 1 – Вариант схемы секционирования распределительных сетей 10 кВ на магистральном участке связи между смежными питающими подстанциями. В1, В2 – выключатели в комплектных распределительных устройствах питающих подстанций; P1...P4 – коммутационные аппараты на ответвлениях от ВЛ-10 кВ от магистрали; СУ1, СУ2 – секционирующие устройства (реклоузеры) в распределительном устройстве.

В общем виде перераспределение нагрузок в некоторое время между энергосистемой и местным энергоисточником осуществляется с применением следующих расчетных формул:

$$P_{\Sigma}^* = P_{\Sigma C}^* + P_{СГИ}^* = \frac{P_{\Sigma C t} + P_{СГИ t}}{\sum_{t=1}^{24} (P_{\Sigma C t} + P_{СГИ t})} \cdot 100\% , \quad (1)$$

$$P_{\Sigma C t}^* = \frac{P_{\Sigma C t}}{\sum_{t=1}^{24} P_{\Sigma C t}} \cdot 100\% , \quad (2)$$

$$P_{\Sigma C t}^* = P_{\Sigma}^* - P_{СГИ}^* , \quad (3)$$

где P_{Σ}^* , $P_{\Sigma C}^*$, $P_{СГИ}^*$ – относительные значения среднечасовых мощностей соответственно суммарной, потребляемой в данном узле из энергосистемы и отдаваемой в сеть СГИ.

В [3] показано, что наиболее эффективно работает энергосистема с местными энергоисточниками в случае их участия в покрытии пиковых нагрузок. При наличии в распределительном устройстве с секционирующими устройствами СУ и СУ2, а также на вводе от СГИ соответствующих технических средств АСКУЭ с передачей информации на верхний уровень, обеспечивается возможность применения обоснованных методик расчета нормальных режимов электрических сетей, например, предложенной в [4], где полагает-

ся, «что мощность нагрузок в узлах распределительной сети каким-то образом оценены, определены или смоделированы». Наличие средств АСКУЭ в данном случае снимает названную выше проблему и позволяет обеспечить следующие режимы работы в узле с СГИ, применяя соответствующую коммутационную аппаратуру:

- работа СГИ на собственную нагрузку при отключенных СУ1 и СУ2 и включенном В3;

- работа СГИ параллельно с энергосистемой при включенном СУ1, В3 или СУ2, В3, так как магистральная линия между ЦП-1 и ЦП-2 должна работать в разомкнутом режиме;

- отключение СГИ и питание собственной нагрузки от сетей энергосистемы при отключенном В4 и включенным В3, СУ1, СУ2.

С учетом условий режимного взаимодействия между ЭС и СГИ первый из приведенных выше вариантов реализуется в часы пиковых нагрузок энергосистемы, в результате чего энергосистема «разгружается»; второй вариант используется в часы дефицита мощности в энергосистеме и ее наличия у СГИ; третий вариант применим в часы ночных провалов нагрузки, что тем самым выравнивает график электрической нагрузки ЭС.

Литература

1. Забелло Е.П. Тополев В.А. Выбор мест установки аппаратов при автоматическом секционировании воздушных линий 6-10 кВ. – “Энергетика и ТЭК”. – 2013. - №5. – с.14-16.

2. Забелло Е.П. Тополев В.А. Общая концепция построения сельских распределительных сетей на современном этапе их модернизации и автоматизации. – “Энергетика и ТЭК”. – 2012. - №7/8. – с.16-19.

3. Забелло Е.П. Тополев В.А. Режимы работы блок-станций при параллельной работе с электрическими сетями энергосистемы – “Энергетическая стратегия”. – 2012. - №1. – с.28-31.

4. Фурсанов И.И., Золотой А.А., Макаревич В.В. Учет потребительских энергоисточников в расчетах распределительных электрических сетей 6-10 кВ. - «Энергетика» (Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ). – 2011. - №4. – с. 11-15.

УДК 621.316.11

ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ ПРОГРАММ ПО АНАЛИЗУ РЕЖИМОВ И ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ

Соловей А.В., ст. преподаватель,
*УО «Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь*

Передача электрической энергии по сетям от мест ее производства до потребителей должна осуществляться при минимальных трудовых и материальных затратах. Однако в процессе передачи электроэнергии по электрическим сетям часть выработанной энергии теряется и до потребителей не доходит. Эту часть общепринято называть потерями электроэнергии.

Потери электроэнергии в электрических сетях являются важнейшим показателем экономичности их работы. Данный показатель позволяет осуществлять анализ и организацию мероприятий по снижению уровня потерь электроэнергии до минимального значения.

Для снижения потерь электроэнергии необходимо оценить величину потерь, проанализировать структуру потерь, выявить их очаги, разработать организационно-технические мероприятия по снижению потерь, осуществить их нормирование в энергосистемах [1].

Наибольшая величина потерь в электрических сетях приходится на распределительные сети 0,38-10 кВ (около 60% от общих потерь). Определение потерь электрической энергии в таких сетях представляет особые трудности из-за многочисленности элементов, отсутствия данных о нагрузках и параметрах сети [2].

На данный момент создано множество компьютерных программ, позволяющих упростить выполнение приведенных выше задач. Но с учетом технического прогресса данные программы требуют совершенствования.

Совершенствование программ подобного рода – весьма трудоемкий процесс, который должен предусматривать: анализ и доработку математической модели задачи, внедрение в алгоритм программы новых возможностей с учетом роста и модернизации электрических сетей, усовершенствование пользовательского и графического интерфейса программы.

Для анализа режима и потерь электроэнергии в распределительных электрических сетях можно выделить следующие основные пути для совершенствования существующего программного обеспечения:

1) В распределительных сетях напряжением 10 кВ установлены устройства телемеханики, которые позволяют производить измерение параметров режима (ток, напряжение) дистанционно в режиме реального времени. Эту информацию можно использовать в качестве исходных данных для расчета в компьютерной программе. При этом появляется возможность произвести анализ существующего режима работы сети, затем произвести расчеты с целью минимизации уровня потерь электроэнергии в данной сети.

2) Для городских распределительных сетей, которые в основном представляют собой замкнутые сети, но в целях экономичности работают в разомкнутом режиме, необходимо производить с помощью компьютерных программ расчеты по определению оптимальных мест точек разрыва сети (т.е. необходимо учесть наличие и положения коммутационных аппаратов). Эти расчеты реализованы в программном комплексе GORSR [3], который был разработан кафедрой «Электрические системы» БНТУ и используется в Минских кабельных сетях.

3) В Республике Беларусь развивается строительство промышленных блок-станций, установленная мощность которых в настоящее время составляет 558 МВт. Блок-станции предприятий работают в основном для покрытия собственных нагрузок, а излишки выработанной электроэнергии передают в энергосистему. В компьютерных программах для корректного расчета необходимо учитывать блок-станции как потребитель и источник электроэнергии одновременно. Для этого необходимо использовать суточные графики потребления (выдачи) электроэнергии, которые указаны в договорах электроснабжения между энергосистемой и владельцем блок-станции. При наличии средств телеизмерения на основе полученной информации эти графики можно автоматически формировать в режиме реального времени.

4) С учетом развития операционных систем компьютерные программы для анализа режима и потерь электроэнергии в настоящее время требуют актуализации в области пользовательского интерфейса. Основными критериями усовершенствования программ в области интерфейса являются:

- простота и наглядность (минимальное количество необходимой информации, все элементы должны располагаться удобным для пользователя образом);
- ввод информации не должен быть проблематичен для пользователя;
- вывод информации должен содержать всю необходимую для пользователя информацию (может быть представлен графически);
- возможность чтения информации из файлов Microsoft Excel (Microsoft Access).

5) В программе также должно быть реализовано графическое отображение схемы сети. Его необходимо сделать наиболее удобным для пользователя, при этом на графике должна представляться вся необходимая для анализа информация.

Все представленные пути совершенствования компьютерных программ для анализа режима и потерь электроэнергии в настоящее время весьма актуальны и должны реализовываться.

Усовершенствованный программный продукт предлагается для внедрения в структурные подразделения энергосистемы, что обеспечит снижение потерь электроэнергии и повышение экономичности работы энергосистемы в целом.

Литература

1. Определение и анализ потерь электроэнергии в электрических сетях энергосистем / М.И.Фурсанов. – Минск: УВИЦ при УП «Белэнергосбережение», 2005. – 208 с.
2. Потери электроэнергии в электрических сетях энергосистем/ В.Э.Воротницкий, Ю.Ф.Железко, В.Н.Казанцев, и др.; Под ред. В.Н. Казанцева – М.: Энергоатомиздат, 1983г. – 386 с.: ил.
3. Фурсанов М.И., Муха А.Н. Программно-вычислительный комплекс «GORSR» для расчета и оптимизации распределительных (городских) электрических сетей 10(6) кВ // Изв. высш. учеб. Заведений и энерг. Объединений СНГ. Энергетика. – 2000. – № 3. – С. 34 – 39.

СЕКЦИЯ 2 НЕТРАДИЦИОННЫЕ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

502.173 (574)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В КАЗАХСТАНЕ

Алдияров М.С., магистрант Западно-Казахстанский аграрно-технический университет им. Жангир хана, г. Уральск, Республика Казахстан

Программа по развитию электроэнергетики Республики Казахстан на 2010 - 2014 годы носит концептуальный характер и разработана как одна из основополагающих частей стратегии, реализующей Стратегический план развития Республики Казахстан до 2020 года и Государственную Программу по форсированному индустриально-инновационному развитию Республики Казахстан на 2010 - 2014 годы.

Электроэнергетика, являясь одной из базовых отраслей, играет важную роль в экономической, социальной сфере любого государства. Поэтому электроэнергетический комплекс определен как один из приоритетных секторов экономики Республики Казахстан и рассматривается как динамично сбалансированная система: энергетика - экономика - природа - общество при устойчивом развитии электроэнергетики на базе новых высокоэффективных технологий и постоянного снижения энергоемкости внутреннего валового продукта страны.

В послании народу президент страны Нурсултан Назарбаев поставил задачу создать инновационные и передовые производства в республике. Одним из таких направлений может стать развитие солнечной энергетики.

Будущее, несомненно, принадлежит возобновляемой солнечной энергетике. Солнце является практически неисчерпаемым, абсолютно безопасным, в равной степени всем принадлежащим и доступным источником энергии. Полное количество солнечной энергии, поступающей на поверхность Земли за год, не только во много раз превышает энергию мировых запасов нефти, газа, угля, урана и других энергетических ресурсов, но почти в десять тысяч раз

больше современного энергопотребления. В настоящее время все больше стран планируют в своих энергетических программах крупномасштабное использование солнечной энергии. В программных документах и посланиях президент нашей страны Нурсултан Абишевич Назарбаев также указывает на необходимость расширенного использования возобновляемых источников энергии.

Громадная территория (2,7 млн км²) и низкая плотность населения (5,5 чел/км²) часто является сдерживающим фактором в развитии регионов, когда многие населенные пункты находятся на значительном расстоянии от крупных электростанций, сконцентрированных, в основном, около угольных и газовых месторождений. Это ведет к большим потерям энергии при транспортировке по линиям электропередач. По некоторым данным, они достигают до 60%. Прокладка линий доставки электроэнергии очень дорога и часто экономически нецелесообразна. В результате при наличии крупных запасов традиционных энергетических ресурсов (0,5% от мировых запасов топлива, примерно 30 млрд. т условного топлива) потребители отдаленных районов Казахстана испытывают дефицит электроэнергии. В Казахстане более 5 тыс. поселков и большое количество крестьянских хозяйств, зимовок скота не обеспечены электроэнергией (данные бюро ЮНЕСКО за 2009 год).

Географическое расположение Казахстана и связанная с ним относительно высокая солнечная активность и большое количество солнечных часов (2000÷3000 ч) в году делают нашу страну привлекательной для развития солнечной энергетики.

Однако основной и наиболее перспективной формой использования солнечной энергии являются фотоэлектрические системы прямого преобразования солнечного излучения в электрическую энергию. Эти системы не содержат каких-либо движущихся механических узлов и не основаны на тепловых процессах, что сказывается на их надежности и долговечности. Солнечные батареи – все более популярный вариант снабжения электричеством и горячей водой помещений самого разного назначения. В странах, где в календаре преобладают ясные дни, солнечные батареи для дома можно встретить повсеместно: на крышах многоэтажек и частных вилл, теплиц и промышленных объектов. В последние годы эти чрезвычайно полезные устройства получили широкое распространение и на постсоветском пространстве. Экологичные источники энергии

позволяют создать систему энергоснабжения, автономную от центральной, и экономить невозобновляемые ресурсы.

Солнечная батарея – это несколько объединённых фотоэлектрических преобразователей (фотоэлементов) – полупроводниковых устройств, прямо преобразующих солнечную энергию в постоянный электрический ток.

Солнечная батарея работает следующим образом:

1. Фотоны ударяются о поверхность солнечной батареи и поглощаются её рабочим материалом, например кремнием.

2. Фотоны, сталкиваясь с атомами вещества выбивают из него его родные электроны. В результате чего возникает разность потенциалов. Свободные электроны начинают двигаться внутри вещества, чтобы погасить разность потенциалов. Возникает электрический ток. Так как солнечная батарея это полупроводник, электроны движутся только в одном направлении.

3. Получаемый ток солнечная батарея преобразует в постоянный и отдает его потребителю или аккумулятору.

Низкий КПД солнечных батарей можно было бы компенсировать большой площадью, например, покрыть всю пустыню Сахару фотоэлементами - и готова мощнейшая солнечная электростанция. Однако кремниевые полупроводники, на основе которых производятся солнечные батареи, очень дорого стоят. И чем выше КПД, тем дороже материалы. Вследствие этого доля солнечной энергии в сегодняшней энергетике невелика. Однако в связи с не бесконечностью ископаемого топлива, доля энергии получаемой солнечными батареями будет неминуемо возрастать. Так же росту использования солнечных батарей способствуют разработки направленные на повышение КПД и понижение их стоимости.

Полупроводниковые солнечные батареи имеют очень важное достоинство - долговечность. При том, что уход за ними не требует от персонала особенно больших знаний. Вследствие этого солнечные батареи становятся все более популярными в промышленности и быту. Несколько квадратных метров солнечных батарей вполне могут решить все энергетические проблемы небольшой деревушки. В странах с большим количеством солнечных дней - южной части США, Испании, Индии, Саудовской Аравии и прочих - давно уже действуют солнечные электростанции. Некоторые из них достигают довольно внушительной мощности.

Разновидности батарей: Монокристаллические кремниевые фото-элементы наиболее эффективны и популярны у потребителей. Их получают в расплаве кристаллов кремния высокой чистоты, при котором расплав отвердевает при контакте с затравкой кристалла. В процессе охлаждения кремний постепенно застывает в форме цилиндрической отливки монокристалла диаметром 13 – 20 см, длина которого достигает 200 см. Получаемый таким образом слиток нарезается листочками толщиной 250 – 300 мкм. Поэтому пластины имеют не квадратную форму, а как бы восьмиугольную, у круглого стержня отрезаются края. Такие элементы имеют более высокую эффективность по сравнению с элементами, вырабатываемыми другими способами, КПД достигает 19 %, благодаря особой ориентации атомов монокристалла, которая способствует росту подвижности электронов. Кремний пронизывает сетка из металлических электродов. Традиционно монокристаллические модули вставлены в алюминиевую рамку и закрыты противоударным стеклом. Цвет монокристаллических фото-элементов – темно-синий или черный.

Поликристаллический кремний является основной альтернативой монокристаллам. У него более низкая себестоимость. Кристаллы в нем ещё агрегатные, но имеют различную форму и ориентацию. Этот материал, по сравнению с темными монокристаллами, отличается ярко синим цветом. Совершенствование процесса производства элементов данного типа позволяет сегодня получать компоненты, характеристики которых лишь немного уступают по электрическим показателям монокристаллу. Чистота поликристаллического кремния немного ниже, поэтому КПД достигает 16-17%. Хотя поликристалл и дает меньше КПД, но выигрывает в том что может лучше работать при пасмурной погоде и под большим углом падения солнечных лучей. Если панель направлена на юг, то утром и вечером будет работать более эффективно. Ресурс моно и поликристаллических пластин примерно одинаков, более 30 лет. Дegradация 20% наступает после 25 лет использования.

Аморфный кремний или попросту тонкопленочный производят путем напыления на необходимую поверхность. Это может быть стекло, а может быть и любая гибкая поверхность. Качественные тонкопленочные панели покрытые защитным слоем прозрачной пленки можно свернуть в трубочку или придать другую форму. Если бы все было так хорошо, то других бы панелей не было бы во-

обще в продаже. За такую мобильность приходится расплачиваться более высокой ценой, более низким КПД всего 7-9% и ресурсом, срок службы таких гибких батарей около 7 лет. Деграция 10-15% начинается с 4 года пользования.

Другие преимущества кремниевых солнечных батарей – это экономичность, бесшумность, экологическая чистота и способность работать в условиях рассеянного света при облачности и даже при дожде. Этот вид солнечной энергии получил название фотоэнергетика (ФЭ). Современный мировой рынок ФЭ – это быстроразвивающаяся отрасль мировой экономики с возрастающим темпом роста. Объем производства солнечных фотоэлектрических систем с 2000 по 2004 год увеличивался в среднем на 30 процентов в год, в предкризисные 2005–2007 годы превышал 50 процентов, а в наиболее трудный 2008 год составил 11 процентов.

Элементной базой ФЭ являются полупроводниковые фотоэлектрические преобразователи (ФЭП), конвертирующие солнечную энергию в электрическую. В настоящее время около 90 процентов ФЭП изготавливается на основе пластин поли- и монокристаллического кремния, а оставшуюся часть составляют тонкопленочные ФЭП на основе аморфного кремния (5–6 процентов) и полупроводниковых соединений (4–5 процентов). Средний уровень КПД кремниевых фотоэлементов постоянно увеличивается. Солнечные батареи первых спутников Земли имели КПД 4–6 процентов. Сегодня в серийном выпуске солнечные элементы с КПД 16–17 процентов, а наивысшее значение 24,7 процента получено в лабораторных условиях на монокристаллах кремния при теоретическом пределе 28 процентов. По существующим прогнозам благодаря уникальным физико-химическим свойствам и высокому уровню развития кремниевых технологий лидирующая роль этого материала для фотоэнергетики сохранится.

По степени распространенности в земной коре кремний занимает второе место после кислорода, составляя почти 30 процентов по весу, что является важным при планировании больших объемов фотоэнергетики. В настоящее время проводятся широкомасштабные разработки технологий, снижающих стоимость «солнечного» кремния, который вследствие более низких требований по содержанию примесей должен быть значительно дешевле «электронного» кремния, т.е. кремния, используемого для изготовления полу-

проводниковых электронных приборов. Например, если еще несколько лет назад основным материалом для фотоэнергетики были отходы производимого полупроводниковой промышленностью электронного кремния, то уже в 2008–2009 гг. были введены в строй заводы, ориентированные на выпуск «солнечного» кремния. Его производство в настоящее время (90–100 тысяч тонн в год) более чем в 2,5 раза превышает производство «электронного» кремния. Для этого уже освоено производство «солнечного» металлургического кремния, на котором изготовлены ФЭП с КПД 16,4 процента, что позволит снизить к 2012 г. почти в три раза стоимость вырабатываемой электроэнергии (до 1 евро за ватт) в основном только за счет снижения стоимости исходного материала и существенно сократить срок возврата вложенных средств. Дальнейшее снижение стоимости до 0,6–0,75 евро к 2020-му и 0,3–0,4 евро к 2030 г. будет происходить за счет уменьшения толщины пластин с 250 до 100 микрон и совершенствования технологии тонкопленочных кремниевых ФЭП. Необходимо отметить, что для осаждения тонких пленок также необходимы кремниевые подложки. Поэтому потребность в кремнии будет возрастать с увеличением производства запланированных мощностей ФЭ, а Казахстан богат сырьевыми ресурсами для производства этого материала.

Темпы роста и планы развития солнечной энергетики, которые намечают промышленно развитые страны, впечатляют масштабом. Если сегодня солнечная энергетика занимает менее одного процента в общемировом объеме произведенной электроэнергии, то к 2040 году эта доля должна возрасти до 30 процентов. Как известно, основным сырьевым материалом при производстве фотоэлектрических преобразователей энергии (ФЭП) для солнечных батарей является кремний - полупроводник номер один в мире. Отрасль по созданию солнечных батарей также развивается в мире семимильными шагами с приростом производства на 30–45 процентов ежегодно. Следствием этого бума явился сохраняющийся до настоящего времени дефицит исходного материала, которым является высокочистый кремний. Особенно с учетом того, что, помимо производства ФЭП, кремний пользуется спросом у предприятий микроэлектроники, оптики, машиностроения, химической промышленности, металлургии, фармацевтики и других. На основе кремния изготавливается свыше 95 процентов всех полупроводниковых устройств.

Будущее за солнечной энергией. Сегодня активно разрабатываются различные способы концентрации этой энергии с целью повышения КПД солнечных батарей. На увеличении коэффициента полезного действия может положительно сказаться и использование кремния более высокой частоты. Если мы научимся его получать, наша продукция будет более конкурентоспособной.

Список литературы

1. "Кремниевые солнечные батареи" Глиberman А.Я., Зайцева А.К., 1961 г., стр.3, стр 5, стр 14, Госэнергоатомиздат.
2. Интернет ресурс: http://sunandwind.ru/alternativnay_energetika/solnechnaya-elektrostantsiya-v-kazahstane-poleznyie-tsifryi.html
3. Журнал «Энергетик», 2013г, № 3, с.21

УДК 674:621.928

СНИЖЕНИЕ ЭНЕРГОЗАТРАТ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ТВЕРДОГО ТОПЛИВА В ВИДЕ БРИКЕТОВ ИЗ БИОМАССЫ

Вороновский И.Б., к.т.н., доцент

*Таврический государственный агротехнологический
университет, г. Мелитополь, Украина*

В Украине был исследован и проанализирован потенциал нетрадиционных и возобновляемых источников энергии и выполнена оценка сельскохозяйственных отходов из энергетических культур, биодизеля, биоэтанола [1]. Экономический потенциал биомассы в Украине, доступной для получения энергии, составляет 27 млн. тонн условного топлива на год [2].

Наиболее экономически выгодным является использование твердого топлива из биомассы в виде брикетов т.к. это не требует замены котлов и экономит средства на транспортных расходах.

Сельскохозяйственная биомасса, которая может использоваться как топливо, имеет ряд особенностей, которые отличаются от традиционных энергоресурсов. Наиболее важной топливно-энергетической характеристикой биомассы является ее теплотворная способность, которая зависит от множества факторов: генетических особенностей энергетических растений; влияния окружающей среды; условий хранения; влажности.

Анализ затрат показывает, что сушка сырья перед измельчением и прессованием занимает 34,2% общих затрат. Кроме того, сушка эффективна для измельченной биомассы. Анализ типового технологического процесса позволяет сделать вывод, что снижение энергозатрат на производство единицы продукции можно добиться, исключив сушку при одновременном перераспределении энергии на измельчение и прессование (табл. 1) [3].

После предварительного измельчения биомассы с влажностью 20-30%, без применения сушки, выполняется тонкое измельчение. Такой путь позволяет получить уменьшение помола до значений 100-50 мкм при одновременной активации биомассы перед прессованием.

Таблица 1

Сравнительная характеристика разных видов топлива

Вид топлива	Влажность, %	Теплотворная способность, МДж/кг	Содержание серы, %	Содержание золы, %
Природный газ	-	35-38 МДж/м ³	0	0
Каменный уголь	-	15-25	1-3	10-35
Дизельное топливо	-	42,5	0,2	1,0
Мазут	-	42	1,2	1,5
Отходы дерева, щепа	40-45	10,5-12,0	0	2,0
Брикеты из дерева	7-8	14,8-16,5	0,1	1,0
Брикеты из соломы	8-10	12,5-14,8	0,2	4,0

Мелкоизмельченная и одновременно активированная биомасса с влажностью 10-14% требует в 25 раз меньшей энергии при прессовании в шнековых прессах, где реализуется эффект снижения динамической вязкости биомассы за счет наличия больших скоростей сдвига.

Поэтому была разработана конструкция дезинтегратора, где используются два принципа измельчения: удар и истирание одновременно [4]. В начале измельчения в большей степени используется удар, на конечной стадии измельчения – в большей степени используется истирание. Такая конструкция позволяет снизить энергозатраты на измельчение при одновременном повышении качества помола.

Удар и истирание происходит между рабочими кольцами 2, конструкция которых представлена на рис. 1. При столкновении биомассы с отверстиями происходит измельчение за счет удара, а в зазоре между вращающимися навстречу друг другу колесами, происходит измельчение истиранием. Внешний вид колеса представлен на рис. 2.

При применении для измельчения различных видов биомассы такого принципа помола средний размер тонины составляет 70 мкм при производительности 3,6 т/ч. При этом дезинтегратор потребляет мощность 18 кВт.

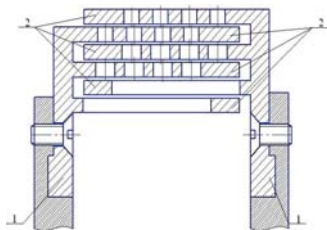


Рис. 1 – Рабочие колеса дезинтегратора
1 – рабочие диски; 2 – рабочие кольца



Рис. 2 – Рабочее кольцо

Новый технологический процесс исключает из цепи измельчения молотковую дробилку, вместо которой применяется дезинтегратор. Дезинтегратор может обеспечивать измельчение до уровня 5...10 мкм. Кроме этого, дезинтегратор может выполнять измельчение биомассы с уровнем влажности до 40 %, что исключает из технологического процесса сушку.

Тонкий помол биомассы будет способствовать активному сдвигу слоев прессуемого материала внутри шнекового пресса, их саморазогрев до пластичного состояния, а, следовательно, и снижению энергозатрат на прессование по причине снижения динамической вязкости увлажненной и разогретой биомассы. Конечный продукт – брикет, имеет характеристики на уровне древесного угля, что соответствует международным стандартам.

Литература

1. Біопалива: Технології, машини, обладнання / В.О. Дубровін, М.О. Корчемний, – К.: «Енергетика і електрифікація», 2004. – 256 с.
2. Новітні технології біоенергоконверсії: Монографія / Я.Б. Блюм, Г.Г. Гелетуха та інші – К.: «Аграр Медіа Груп», 2010. – 326 с.
3. Бунецький В.О. Аналіз технологічних процесів отримання твердого палива у вигляді пеллет або брикетів / В.О. Бунецький // Інститут рослинництва ім. Юр'єва НААН, Вісник центру наукового забезпечення АПВ Харківської обл., Вип. 10, 2011. – с. 328-340.

4. Технології та обладнання для використання поновлюваних джерел енергії в сільськогосподарському виробництві / Під ред. Кравчука В.І., Дубровіна В.О. // Укр.НДПВТ ім. Л. Погорілого, Дослідницьке, 2010, - 184 с.

УДК 621.362.2

СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГОУСТАНОВКА НА ОСНОВЕ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Диордиев В. Т., д.т.н., профессор; Кашкарёв А. А.
*Таврический государственный агротехнологический университет,
г. Мелитополь, Украина*

Сегодня трудно отрицать важность альтернативной энергетики в мировой экономике и будущего мира [2, 5]. Украина не является исключением. Добавляет актуальности данному вопросу стоимость энергоресурсов, которая стало увеличивается.

Анализ последних исследований. Солнечной энергетике характерны определенные недостатки [5]: работа днем, зависимость общей мощности установки от площади покрытия, нецелесообразность фокусировки солнечных лучей на чувствительных элементах, хрупкость фотоэлементов, снижение их КПД при нагревании. Влияние этих недостатков уменьшают за счет модернизации способов изготовления фотоэлементов и готовых энергоустановок, а также добавление охлаждения корпуса и подложки батарей [3, 4]. Но эти меры, в большинстве, приводят к усложнению конструкции и стоимости установки. Поэтому возникает задача принципиального изменения или усовершенствования солнечных энергоустановок.

В результате анализа литературных источников уделено внимание термоэлектрическим элементам Пельтье [2, 6, 7], которые получили распространение в задачах охлаждения компьютерных микросхем и автомобильных холодильников.

Для работы модуля необходим источник постоянного тока. Если уровень пульсаций будет выше 5%, тогда характеристики модуля ухудшаются. Постоянный ток может быть создан источником тока и источником напряжения [6].

Цель статьи заключается в изучении возможности использования термоэлектрических модулей (ТЭМ) Пельтье как электрогенерирующего элемента солнечной батареи, а также предоставить предложения по конструкции солнечной энергоустановки.

Основные материалы исследования. Для изучения ха - тик ТЭМ разработан стенд, который позволил определить диапазон изменения контролируемых параметров в режиме термопары и генератора напряжения. В пробных экспериментах использовался ТЭМ с такими параметрами: мощность - 60 В; максимальное напряжение - 15,2 В, максимальный ток - 6 А, максимальная разница температур - 27 С° ; омическое сопротивление - 1,3 ~ 1,5 Ом.

Полученные данные показывают нелинейные зависимости между напряжением питания, температурой обложек модуля и тока потребления модулем (рис. 1, а). В дальнейших исследованиях необходимо уточнить влияние температуры обложек друг на друга при различных видах охлаждения и соответственно чувствительность элементов на нарушение режимов теплоотвода.

Как видно из графика изменения тока (рис. 1, а), ТЭМ, как фотоэлементы, имеет насыщения в диапазоне 1,5 А (максимальный ток в режиме охлаждения для данного типа модуля составляет 6А), что не позволяет приравнять мощность охлаждения к мощности генерирования и требует дополнительных исследований. Насыщение обусловлено увеличением разности температур, при котором снижается сопротивление модуля. В исследуемом диапазоне напряжение на выводах модуля растет линейно (рис. 1, б), что соответствует линейному росту мощности (рис. 1.в).

Проведенные пробные эксперименты показали возможность использования ТЭМ в качестве генераторов электроэнергии, но дальнейшая работа в этом направлении предполагает большой объем экспериментов и разработку солнечной энергоустановки, которая позволит обеспечить непрерывную работу модулей.

Предлагаемую солнечную энергоустановку на основе термоэлектрических элементов можно отнести к электротеплогенераторам, которые используют возобновляемые низкопотенциальные источники. Она может применяться в области для снабжения электричеством и теплом любых объектов.

Известная солнечная панель [3], содержащий защитное покрытие из кровельных материалов с высоким коэффициентом тепло-

проводности, теплопроводный слой из цементно-песчаной стяжки с металлическим порошком, расположенные в нем гофрированные трубопроводы для подвода и отвода теплоносителя, теплоотражающий экран и теплоизоляционный слой. Ее недостатками являются работа только в день с положительной температурой окружающей среды, отсутствие возможности ре - регулирования температуры теплоносителя и генерирования электричества.

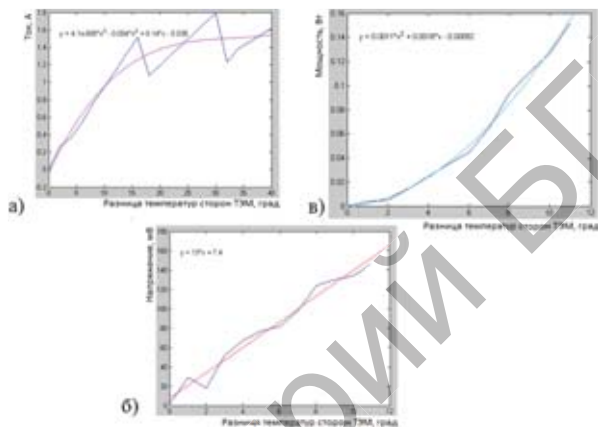


Рис. 1. Статические характеристики изменения тока, напряжения и мощности (а, б, в) ТЭМ при нагревании одной стороны

Наиболее близким по технической сущности и достигнутым результатом является комбинированная солнечная энергоустановка [4], которая содержит корпус, внешнее защитное покрытие, полосы голографической пленки, внутреннее защитное покрытие, с внутренней стороны которой закреплены полосы фотоэлектрических преобразователей таким образом, чтобы они чередовались с полосами голографической пленки на внутреннем защитном покрытии через одну, с теплопроводящей пастой, которые размещены на абсорбере, в котором находятся трубы с теплоносителем, расположенных в теплоизоляционном слое, между корпусом защитными покрытием, выполненным из поликарбоната, голографической пленкой и фотоэлектрическими преобразователями установлены резиновые прокладки. Недостатками данной конструкции является работа только в день, и сложность их производства.

В основу энергоустановки поставлена задача, обеспечения использования солнечной энергоустановки круглосуточно в течение года и обеспечить регулировку температуры теплоносителя.

Поставленная задача решается тем, что солнечная энергоустановка, содержащая раму, внешнее защитное укрытие, уплотнители, трубопроводы в теплопроводном слое, электрогенерирующие элементы, одна сторона которых контактирует с внешним защитным укрытием через теплопроводную пасту, а другая - с теплопроводным слоем со встроенными трубопроводами, согласно конструкции внешнее защитное покрытие с одной стороны рамы является теплопоглощающим материалом, а с другой - прозрачным для инфракрасного излучения, а в качестве электрогенерирующих элементов использованы ТЭМ.

Техническая суть и принцип работы предложенной солнечной энергоустановки представлено на рис. 2 и рис. 3.



Рис. 2. Солнечная энергоустановка. Изображение в разрезе

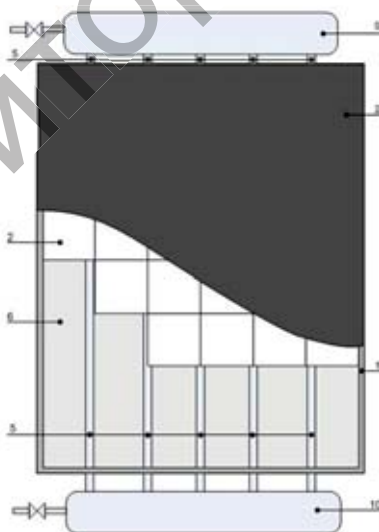


Рис. 3. Солнечная энергоустановка. Вид сверху

Солнечная энергоустановка на основе термоэлектрических элементов состоит из рамы 1, накрытой Теплопоглощающая теплопроводным защитным укрытием 2 и укрытием прозрачным для инфракрасного излучения 3 уплотненных с рамой с помощью уплотнителей 4, теплопроводный слой 5 со встроенными трубопроводами 6 в для подвода и отвода теплоносителя к ТЭМ 7, одна сторона которых контактирует с внешним защитным укрытием 2 через теплопроводную пасту 8, а другая - с теплопроводным слоем 6 со встроенными трубопроводами 5, соединяющие баки 9 и 10 с охладителем или нагревателем, в зависимости от режима работы энергоустановки, ТЭМ с стороны укрытия 3.

В теплое время года энергоустановка устанавливается Теплопоглощающая защитным укрытием 2 до Солнца. Инфракрасное излучение поглощается укрытием 2 и передается в термоэлектрических преобразователей 7 через теплопроводную пасту 8, создавая зону высокой температуры. При необходимости подается теплоноситель в трубопроводы 6 для создания зоны низкой температуры с обратной стороны термоэлектрических преобразователей 7. Нагрузка до энергоустановки подключается таким образом, чтобы охлаждалась и сторона термоэлектрических преобразователей 7, которая подогревается Солнцем, а нагревалась сторона охлаждаемой теплоносителем. Таким образом обеспечивается генерация электричества и подогрев теплоносителя. Причем, в качестве нагрузки могут выступать стандартные нагреватели.

В холодное время года энергоустановка устанавливается за- им укрытием 2 в тень, а прозрачным укрытием 3 - к Солнцу. В таком случае, зона высокой температуры создается из стороны теплопроводного слоя 5, а низкой - защитного укрытия 2, которое охлаждается наружным воздухом. Нагрузка подключается таким образом, чтобы охлаждалась и сторона термоэлектрических преобразователей 7, которая подогревается Солнцем через теплопроводный слой 5, а нагревалась сторона охлаждаемой защитным укрытием 2. При отключении нагрузки в холодное время года установку можно использовать для нагрева воды.

Выводы. Такая установка позволит круглосуточно получать теплую воду и электричество в течение всего года. Результатом проделанной работы является:

- обоснование использования ТЭМ Пельтье в области солнечной энергетики;
- получение статических генераторных и тепловых характеристик элементов Пельтье;
- предложение конструкции солнечной энергоустановки на основе данных элементов.

Дальнейшая работа будет заключаться в : определении характеристик термоэлектрических элементов, разработке стенда для их испытания и исследования; изучении основных характеристик генераторного режима, в контексте источника электрического тока. Эти исследования позволят обосновать условия использования и режимы работы солнечной энергоустановки.

Литература

1. Анатычук Л.И. Анизотропный термоэлемент в режиме генерации ЭДС и тока / Л.И. Анатычук, А.В. Прибыла // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. – 2011, - №3. – С. 17-19.
2. Боднарук В.И. Состояние и тенденции развития измерительных термоэлектрических преобразователей переменного тока / В.И. Боднарук, Д.Д. Ташук // Термоэлектричество. – 2009, - С. 75-85.
3. Патент UA 68060, МПК⁶ F24J 2/42. Сонячна панель / О.Т. Возняк, М.Є. Касинець, С.П. Шаповал. – заявка № u201111010 від 14.09.2011. - публ. 12.03.2012, бюл. № 5/2012.
4. Патент UA 98680, МПК¹² H01L 31/058, F24J 2/00, G02B 5/32. Комбінована сонячна енергоустановка/ С.В. Губін, О.В. Юревич. – заявка a201006698 від 31.05.2010. публ. 11.06.2012, бюл. № 11/2012.
5. Ринейська Л.С. Сталий розвиток, екологічний менеджмент та альтернативна енергетика / Л.С. Ринейська, В.В. Левченко // Економічний простір. – 2011, - 54. – С. 294-302.
6. Термоэлектрические источники питания [Электронный ресурс] / Институт термоэлектричества. – Режим доступа: <http://ite.inst.cv.ua>.
7. Элементы Пельтье [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://peltier.narod.ru>.

УДК 621.577: 620.92

ВЕТРОТЕПЛОНАСОСНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ДЛЯ ПРИУСАДЕБНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ ВЕТРА

Жарков В.Я. к.т.н., доцент

*Таврический государственный агротехнологический университет,
Мелитополь, Украина*

На отопление и горячее водоснабжение расходуется около трети топлива. Однако тратить высококачественную электрическую энергию для получения низкопотенциального тепла противоречит здравому смыслу. Тепло необходимо получать от ВНИЭ – за счет энергии Солнца, ветра, биомассы и т.д. В частности, для теплоснабжения фермерских и крестьянских хозяйств могут использоваться разработанные и запатентованные ТГАТУ ветротепловые установки (ВТУ), непосредственно преобразующие энергию ветра в тепловую энергию. В связи с этим, особое внимание привлекают тепловые насосы (ТН), которые за счет незначительного количества первичной энергии позволяют повысить потенциал низкотемпературных источников до требуемого уровня [1,2].

Главная сфера применения ТН – это нагрев теплоносителя для систем отопления и горячего водоснабжения зданий и сооружений. По прогнозам МЭК, доля систем отопления с использованием ТН к 2020 году возрастет до 75%. К сожалению, если в развитых странах счет работающих ТН ведется на миллионы, то во всех странах СНГ работают единичные установки, созданные, в основном, на элементной базе холодильного оборудования, ввозимого из стран Западной Европы.

Для оценки энергетической эффективности ТН используется коэффициент преобразования (КОП), представляющий собой отношение тепла, отдаваемого тепловому потребителю Q_H , к затраченной работе привода компрессора W . Его необходимо отличать от аналогичного отношения Q_L/W , применяемого в холодильной технике и называемого в дальнейшем $КОП_{охл}$.

Поскольку $Q_H = W + Q_L$, получается

$$КОП_K = КОП_{охл} + 1. \quad (1)$$

КОП для цикла Карно имеет вид

$$КОП_K = \frac{T_L}{T_H - T_L} + 1 = \frac{T_H}{T_H - T_L}. \quad (2)$$

В ТГАТУ запатентована ветротеплонасосная энергоустановка, преобразующая энергию ветра в теплоту [1]. В качестве низкопотенциального источника теплоты используется земля и, как вариант, – грунтовая вода. Применение различных холодильных агентов определяет предельную температуру нагрева теплоносителя: для хладона R22 – это +45°C.

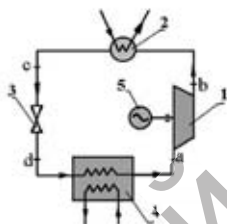


Рис. 1. Принципиальная схема парокompрессорного ТН

Газ сжимается в компрессоре 1, идет в конденсатор 2, где отбирается тепло Q_H . Рабочее тело превращается в жидкость. Последняя проходит через дроссель 3, где ее температура дополнительно снижается до T_L . Образующийся влажный пар превращается в сухой в испарителе 4, где подводится тепло Q_L .

Недостатком известных способов работы ТН является использование в циркуляционном контуре фреонов или аммиака, которые из-за теплового загрязнения и разрушения озонового слоя запрещены в соответствии с Киотским протоколом. Кроме того, существующие способы предусматривают принудительное сжатие вредоносного низкокипящего рабочего тела, что вызывает повышение требований ко всем элементам контура и, следовательно, увеличение материалоемкости и стоимости ТН.

В ТГАТУ запатентован способ работы ТН [2], позволяющий использовать в качестве рабочего тела экологически безопасные хладагенты с плюсовой температурой кипения при атмосферном давлении ($T_{\text{кип}} > 273 \text{ K}$). В качестве высококипящего вещества используют этанол ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$), а для изменения агрегатного состояния рабочего тела, вместо его сжатия компрессором в конденсаторе, осуществляют расширение в испарителе. Параметры этанола: критиче-

ская температура $T_{кр}=516,1\text{K}$ ($243,1^{\circ}\text{C}$); критическое давление $P_{кр}=63,9$ Па; температура кипения при атмосферном давлении ($P=0,1$ МПа) $T_{кип}=351,3$ К ($78,3^{\circ}\text{C}$); удельная теплота испарения $r=840$ кДж/кг; теплоемкость газообразного этанола в диапазоне температур от 0 до 100°C составляет $C_p=1,34...1,69$ кДж/кг.град. Для работы ТН принимаем диапазон рабочих температур от небольшой минусовой до $48...64^{\circ}\text{C}$ (в зависимости от потребностей потребителя). При снижении в испарителе давления до $P=1,33$ кПа температура кипения снижается до $T_{кип}=270,4$ К ($-2,3^{\circ}\text{C}$). При давлении пара в конденсаторе $P=26,7$ кПа этанол конденсирует при температуре $T_{кип}=224,6$ К ($48,4^{\circ}\text{C}$). При давлении пара $53,4$ кПа этанол конденсирует при $T_{кип}=336,5$ К ($63,5^{\circ}\text{C}$).

Рабочий режим ТН подбирают индивидуально в зависимости от температуры T_L низкопотенциального источника и потребностей в температуре T_H потребителя высокопотенциального тепла.

Литература

1. Патент 64691 UA, МПК (2011.01) F03D7/06, F24J3/00, F25B29/00. Ветротеплонасосная энергоустановка / В.Я. Жарков. – Опул. 10.11.2011. – Бюл. № 21.
2. Патент 70630 UA, МПК (2012.01) F25B30/00. Способ работы теплового насоса / В.Я. Жарков. – Опул. 25.06.2012. – Бюл. № 12.

УДК 63:(620. 95:504.064.34)

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ПЕРЕМЕШИВАНИЯ БИОМАССЫ В МЕТАН-ТЕНКЕ БИОГАЗОВОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ

Капустин Н.Ф., к.т.н., Снежко Э.К., к.т.н.,
РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации
сельского хозяйство», г. Минск, Республика Беларусь

Узким местом метантенков (ферментеров), вырабатывающих биогаз на биогазовых энергетических установках (БГЭУ), являются недостаточно эффективные и энергозатратные перемешивающие устройства (мешалки), периодически приводимые в действие от электродвигателей, находящихся, как правило, в условиях агрессивных жидких сред. Они требуют периодического ручного управ-

ления со стороны оператора установки для разрушения образующейся на поверхности биомассы (субстрата) корки, препятствующей нормальному выходу биогаза на поверхность. Таким образом, создание автономно работающих энергоэффективных перемешивающих устройств является весьма актуальной задачей.

В целом, эффективность работы метантенков в большой степени зависит от таких факторов, как вид сбрасываемых отходов, кислотность среды, температурный режим и наличие перемешивающих устройств.

[1]. В большинстве случаев сбрасыванию подлежат заранее определенные отходы, кислотность среды также однозначна и неизменна. Кислотность, как и температурный режим, должна строго соответствовать физиологическим и биохимическим свойствам метаногенных бактерий. Перемешивание же иногда рассматривается как необязательный процесс. Однако отсутствие перемешивающих устройств может негативно сказаться на жизнедеятельности метантенка большого объема, в котором может резко снизиться активность метаногенов в глубинных слоях биомассы и образуется большое количество пены на поверхности. Но с повышением интенсивности перемешивания, возрастают и энергозатраты на его осуществление. В установках малого объема до 2 м³ возможно не устанавливать мешалки или использовать простые ручные устройства. Метантенки средних размеров могут иметь более сложные мешалки небольшой производительности. В крупногабаритных метантенках, которыми оснащаются предприятия агропромышленного комплекса Республики Беларусь, перемешивающие устройства просто необходимы. Проанализируем самые известные способы перемешивания, особенно с небольшими затратами энергии, и пути повышения их энергоэффективности.

В частности, рассмотрим перемешивание за счет гравитационных сил (Рис.1). Оно происходит в метантенках проточного типа, находящихся под определенным наклоном к линии горизонта, причем их камера разделена на несколько секций перегородками. Недостатком такого способа является его малая интенсивность. Большой производительностью отличаются гидравлические способы перемешивания. Общим приемом для метантенков этого типа является забор жидкости с поверхности массы и нагнетание ее в более глубокие слои. Распространены также газовые способы, когда часть

выработанного газа откачивается из реактора, сжимается компрессором и нагнетается в аппарат для организации барботажа [1]..

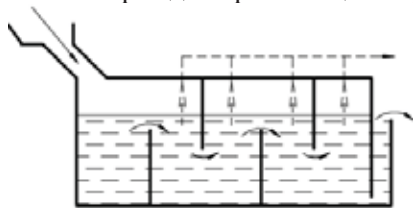


Рис. 1.

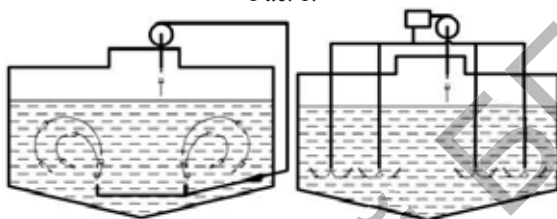


Рис. 2

Биогаз может нагнетаться через дно, боковую стенку или купол (Рис.2). Каждый из этих способов имеет свои недостатки. При размещении форсунок в дне резервуара или в нижней части боковой стенки невозможным станет их ремонт и замена без остановки и осушения метантенка. При верхнем размещении оборудования утяжеляется купол и усложняется его демонтаж.

Газовые способы являются наиболее эффективными, потребление энергии при этом меньше, чем у гидравлических устройств.

Однако и они требуют значительных затрат энергии. Нами предложен проект задания по разработке и внедрению автономно работающей мешалки, использующей разность температур биомассы и газовой среды в метантенке. Научная идея проекта заключается в использовании преобразователей низко потенциальной тепловой энергии в механическую работу для перемешивания биомассы.

Новизна предлагаемых авторами проекта преобразователей подтверждена полученными патентами на изобретения [2-5]. На основании выполненных исследований отрабатываются расчетные и экспериментальные модели с подбором параметров тепловых двигателей роторного типа. Они необходимы для создания перемешивающих и разрушающих корку устройств, увеличивающих выход биогаза в метантенках БГЭУ. Выполнена действующая модель ро-

тора теплового двигателя, преобразующего низко потенциальную энергию теплового потока в работу и создающего крутящий момент на валу ротора.

Задачей исследователей являлось снижение энергопотребления и повышение надежности работы мешалки метантенка БГЭУ. С этой целью метантенк, имеющий горизонтально-цилиндрическую емкость, разделенную центральной неподвижной перегородкой с люком и задвижкой на камеры начальной и конечной стадии брожения, был оснащен общей для камер реверсивной мешалкой, выполненной в виде вала со спицами-лопатками, прикрепленными к навивке винтовой цилиндрической спирали. Метантенк снабжен обогревателями камер начальной и конечной стадии брожения, насосом и ветродвигателем с редуктором. При этом свободный конец вала реверсивной мешалки сообщен через редуктор с валом ветродвигателя, образуя общий узел реверсивной мешалки.

Кроме того, к спицам-лопаткам были прикреплены витки дополнительной винтовой цилиндрической спирали, снабженной насаженными на нее с возможностью изменения своего объема при изменении температуры термочувствительными элементами. Эти элементы выполнены в виде установленных соосно на кольцевых заглушках наружных и внутренних камер переменного объема (сильфонов). Внутренняя полость между камерами была заполнена теплоносителем, например аммиачной водой. Обогреватели камер способствовали созданию дополнительного крутящего момента за счет архимедовых сил, действующих на термочувствительные элементы при нагреве заключенного в них теплоносителя и расширении камер.

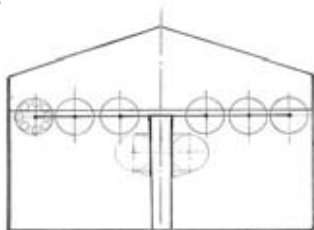


Рис. 3

На рис 3 изображен вариант мешалки для метантенка с вертикально-цилиндрической емкостью, а на рис. 4 вид сверху на эту мешалку.

Мешалка состоит из поворотной рамы (сектора) с несколькими барабанами, установленной с возможностью вращения и перемещения относительно центральной стойки. торцевые стенки каждого из барабанов установлены под углом друг к другу и оснащены равномерно по окружности соединяющими их емкостями переменного объема (сильфонами), заполненными легкокипящей жидкостью (теплоносителем). За счет разности температур емкостей переменного объема, находящихся в погруженном состоянии и над поверхностью биомассы, происходит, соответственно, расширение находящегося в них теплоносителя (аммиачной воды) или его сжатие.



Рис. 4

За счет этого происходит вращение барабанов и перемешивание биомассы с разрушением корки на ее поверхности. В процессе вращения барабанов с помощью установленных на них лопастей происходит также вращение самого сектора по поверхности метантенка.

Возможность, и, в особенности, необходимость установки перемешивающего устройства определяется, в первую очередь, целевым продуктом, требованиям к продуктивности и бесперебойности подачи газа.

Литература:

1. Arthur C. Schlicht. The Gaslifter. A time-honored, proven anaerobic digester mixing system. Walker Process Equipment, Aurora: 2001.
2. Патент на изобретение BY 12450, 2009 г., «Устройство для перекачивания жидкости».
3. Патент на изобретение RU 2027898, Бюл.из. РФ, № 3, 1995 г., «Способ работы тепловой трубы».
4. Патент на изобретение BY №13669, Бюл. №5, 2010 г. «Тепловой двигатель».
5. Патент на изобретение BY №17276, 2013г., «Метантенк для биогазовых установок».).

УДК 63:(620.95:504.064.34)

**РЕАЛИЗАЦИЯ БИОГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ**

Капустин Н.Ф., к.т.н., Снежко Э.К., к.т.н.,
*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского
хозяйства», г. Минск, Республика Беларусь*

В эпоху истощения запасов ископаемых энергоносителей мировое развитие таких альтернативных направлений как ветро-биогелио-геотермальной энергетики позволяет не только сократить потребление исчерпаемых ресурсов, но и улучшить всемирную экологическую ситуацию.

Биоэнергетика – производство энергии из биотоплива различных видов – альтернативное направление, зарекомендовавшее себя в европейских странах. Особая роль в развитии биоэнергетики отведена производству энергии из биогаза [1].

В последние годы данное направление получило развитие и в Республике Беларусь. Эффективное внедрение биогазовых технологий позволяет получать не только электрическую и тепловую энергию, но и высококачественные органические удобрения из эпизоофизиологически безопасного животноводческого сырья после его переработки в биогазовых установках.

Работу действующих в настоящее время в Республике Беларусь биогазовых установок, имеющих различные конструктивные исполнения, применяемые технологии, исходное для сбраживания сырье, объединяет схожие трудности, возникающие в процессе их эксплуатации.

Специалистами РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» был проведен мониторинг работы ряда биогазовых установок, позволивший определить основные проблемные моменты в ходе эксплуатации.

Прежде всего, недостаточная биотехнологическая оценка сырьевой базы приводит к невозможности достижения заданной проектной мощности. Так, использование технологии гидросмыва при удалении экскрементов животных в СГЦ «Западный» Брестского района, привело к низкому содержанию сухого вещества в свиных стоках, предназначенных для переработки в биогазовой установке.

В ходе дальнейшей эксплуатации, рецептура используемого субстрата корректировалась. В частности, добавление растительной биомассы в количестве 10% от общей дозы загрузки, позволило увеличить содержание органического сухого вещества в субстрате, а следовательно и суточный выход биогаза до $5450 \text{ м}^3/\text{сут}$, достигнув заданной проектной мощности в 520 кВт.

Энергетический биогазовый комплекс в СПК «Рассвет» Кировского района мощностью 4,8 МВт, работающий на навозе КРС и кукурузном силосе, после введения в эксплуатацию также не вышел на проектную величину в поставленные сроки. При комбинированной работе двух модулей с использованием двухступенчатой технологической схемы получения биогаза (эффективный, но более энергозатратный процесс), выработка электроэнергии составила лишь 47% от заданной величины. Лабораторный анализ сырьевой базы и сбраживаемого субстрата показал, что энергетическая ценность исходного сырья, в частности, растительной биомассы, не обладает достаточным потенциалом для реализации заданной технологии. Необходимая доля органики в сухом веществе кукурузного силоса, может быть получена, если будут выдержаны все требования, предъявляемые к возделыванию, уборке и заготовке кукурузы на энергетические цели. На сегодняшний день решается вопрос о поиске альтернативных высокоэнергетических культур для переработки в данной биогазовой установке.

Наличие песка и инородных предметов в исходном сырье (размер твердых частиц превышает 10 мм) приводит к преждевременному износу технологического оборудования, в частности, перемешивающих устройств, насосов подачи субстрата, закупорке субстратопроводов, уменьшению полезного объема ферментера, и как следствие, снижению выхода биогаза (рис.1).



Рис. 1 – Инородные частицы и износ рабочих органов установки

Буферные отстойные емкости, песколовки, измельчители и прочие устройства, а также техническое обслуживание и ремонт оборудования в регламентированные сроки, способствуют решению данной проблемы, тем самым увеличивается срок службы оборудования и снижается необходимость в дополнительной внеплановой очистке ферментера.

Более детальное лабораторное исследование субстрата на всех этапах ферментации, а также реализация эксплуатационных требований к биогазовым установкам позволит избежать возникновения описанных сложностей.

Литература

1. Об утверждении национальной программы развития местных и возобновляемых энергоисточников на 2011-2015 годы и признании утратившим силу постановления совета министров Республики Беларусь от 7 декабря 2009 г. №1593: Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 10 мая 2011г. № 586

УДК.621.3

К ВОПРОСУ РАЗВИТИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИКИ В БЕЛАРУСИ

Константинова С. В., к.т.н.,

*УО «Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь»*

Одним из перспективных направлений развития возобновляемой энергетики в мире является ветроэнергетика. Использование энергии ветра помогает решить многие проблемы энергоснабжения удаленных объектов и получить независимость от местных энергоснабжающих организаций. Сегодня существуют самые противоположные мнения по поводу развития ветроэнергетики в нашей стране. Но, общепризнано то, что Беларусь обладает значительным ветроэнергетическим потенциалом. Скорость ветра в Беларуси из года в год колеблется мало и находится в пределах 2,7 - 3,9 м/сек. Именно величина скорости ветра явилась основой концепции неэффективности ветроэнергетики в Беларуси, так как при скорости ветра менее 6 м/сек ветроэнергетика считалась нерентабельной в силу её малой удельной плотности. Следует отметить, что плотность ветровой энергии в Беларуси достаточно низкая. Поэтому

использование в широких масштабах ветровой энергии в Беларуси связано с созданием и разработкой методов её уплотнения.

Согласно исследованиям отечественных энергетиков и климатологов, ветроэнергетические ресурсы нашей страны по электрическому потенциалу оцениваются в 223,6 млрд. кВт.ч. Наличие в Беларуси значительных ветроэнергоресурсов было подтверждено результатами исследований, проведенных в 1996-1998 гг. специалистами Госкомгидромета, НППП "Ветромаш" и ГП "Белэнергосетьпроект". Для развития белорусской ветроэнергетики имеются необходимые начальные научно-технические документы: ветроэнергетический атлас (разработчик - институт "Белэнергосетьпроект") и ветроэнергетический банк данных (разработчик - НППП "Ветромаш"), с помощью которых можно с высокой достоверностью оценивать технико-энергетические параметры ВЭУ и ветроэнергетических станций (ВЭС), а также энергетический потенциал мест эксплуатации ветротехники. Самый главный недостаток ВЭУ – это нестабильность выработки электроэнергии, что делает такие установки непригодными для массового промышленного применения, особенно в тех отраслях, где требуется большое количество энергии.

Ветрогенераторы можно разделить на две категории: промышленные и для частного использования. Промышленные (до 6МВт) устанавливаются государством или крупными энергетическими корпорациями, их объединяют в сети, создается крупная ветроэлектростанция. Единственное важное требование для ВЭС – высокий среднегодовой уровень ветра. Для эффективной работы сетевых ветрогенераторов необходимо, во-первых, подключение их к сети сопоставимой мощности и, во-вторых, высокое качество электроэнергии, обеспечиваемое этой сетью. Кроме того необходима стабильная законодательная и нормативная база, позволяющая независимым производителям продавать электроэнергию энергосистемам и даже включать свои генерирующие мощности в эту энергосистему. Для частного использования (коттеджи, загородные дома и т.д.) автономные ветрогенераторы мощностью 0,5-5кВт подходят практически идеально. Небольшие ветровые электростанции успешно действуют во многих странах мира. В США, где множество ферм и малых городов расположено в труднодоступной местности, всячески поощряется строительство ветрогенераторов 1,5 кВт, Малые и средние ветровые турбины, как правило, снабжают электричеством острова или небольшие отдаленные поселения.

Известно, что мощность, вырабатываемая ветрогенератором, пропорциональна кубу скорости ветра. На практике ветер дует с постоянной скоростью и направлением только в аэродинамической трубе, таким образом, мощность, вырабатываемая ветрогенератором, является постоянно меняющейся во времени величиной. Согласно сложившейся практике, большинство современных ветрогенераторов начинают крутить свои лопасти при скорости ветра примерно 8 миль в час (3,5 м/с). В настоящее время создаются и совершенствуются новые ветродвигатели, способные работать при всё меньших скоростях ветра (0,5-1,5 м/с). "Сверху" ограничение обычно устанавливается для скорости 25 миль в час (11,2 м/с) – главным образом, из-за вибраций, способных привести систему к разрушению. В глубине материков направление ветра часто меняется. Кроме того, на разной высоте ветер ведет себя по-разному, а для высот до 50 метров характерны нестационарные по силе и направлению потоки. Среднегодовые скорости воздушных потоков на стометровой высоте превышают 7 м/с. Непостоянство силы ветра требует аккумуляции энергии на периоды затишья. Существующие аккумуляторы электроэнергии могут работать с хорошей отдачей лишь с малыми ветрогенераторами, поэтому энергию ветра можно аккумулировать в продукте, который она производит, - в смолотой муке, измельченных кормах, воде, наполнившей водонапорную башню, что повышает ценность применения ветровой энергии именно в сельском хозяйстве.

В настоящее время существуют разные типы ВЭУ с различными техническими и энергетическими характеристиками. Но, несмотря на большое разнообразие ветротехники, предлагаемой на мировом рынке, особенности ветровых регионов Беларуси позволяют использовать далеко не всякое ветроэнергетическое оборудование. Нельзя забывать, что отсутствие опыта в ветроэнергетической индустрии, как и любой другой, чревато негативными последствиями. Освоение ветроэнергетики в Беларуси необходимо вести, ориентируясь на ВЭУ зарубежного производства внутриконтинентального базирования. Вместе с тем, каждому внедрению должно предшествовать детальное обследование места строительства ВЭУ. Невыполнение условий по результатам обследований может привести к значительным ошибкам в оценке выработки энергии. Миниэнергетические комплексы на базе ВЭУ позволяют добиться полной автономии электроснабжения индивидуального потребителя, но стоимость преобразования энергии ветра в электрическую всё ещё достаточно высока.

Литература

1. Лаврентьев Н.А, Жуков Д.Д. Белорусская ветроэнергетика - реалии и перспективы. //«ЭСКО –электронный журнал энергосервисной компании «Экологические системы» №1, январь 2007
2. Пекелис В.Г. Лаврентьев Н.А., Камлюк Г.Г, Ветроэнергетика Беларуси//«ЭСКО –электронный журнал энергосервисной компании «Экологические системы»№4, апрель2008, №3, март 2010
3. Константинова С.В. Типы ветродвигателей. Новые конструкции и технические решения // Энергетика и ТЭК. - 2013.- №1 .

УДК 631.365

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЗИМНИХ ТЕПЛИЦ

Коротинский В.А., к.т.н., доцент, Гаркуша К.Э., к.т.н., доцент
*УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет», г. Минск, Республика Беларусь*

ГП «Зеленхоз» является обособленным структурным подразделением УКПП «Витебское ГЖКХ». Основной производственной деятельностью предприятия является выращивание цветов, рассады цветочной и овощной, деревьев, кустарника, озеленение города и торговля.

Теплицы находятся в блоках с общим центральным коридором. В них производится выращивание цветов в горшках, рассады, отдельных цветочных культур в почвенном грунте. Теплица № 1 имеет размеры 15х70 м², теплицы №№ 2–8 одинаковые размером 9х40 м² каждая.

Если рассматривать данный блок в плане, то сразу обращает на себя внимание тот факт, что отношение периметра наружных стен к площади теплиц велико, т.е. сама планировка предполагает значительные теплопотери в окружающую среду. Наружные стены утеплены пленкой. Так как площадь стен значительно меньше площади кровли, то эффект от данного утепления не велик. Современные теплицы строят блочными с высокими наружными стенами и общими внутренними перегородками.

Для повышения энергоэффективности тепличного хозяйства, как показали результаты энергетического обследования, необходимо предпринять, в первую очередь, следующее:

1. С целью уменьшения ветровой нагрузки на боковую поверхность теплиц необходимо со стороны господствующих ветров установить защитные светопрозрачные ограждения из пластиковой сетки.
2. Для снижения затрат электрической энергии на содержание теплиц необходимо заменить светильники со старыми люминесцентными лампами энергосберегающими источниками света.
3. На первом этапе можно реконструировать теплицу, отведенную под выращивание роз, применив в качестве ограждений конструкцию из двухслойной вентилируемой пленки Патилюкс. При хороших показателях работы данной конструкции можно распространить опыт на другие теплицы.

Экономический эффект от внедрения ветрозащитного ограждения из пластиковой сетки достигается за счет уменьшения тепловых потерь. Поэтому годовая экономия тепловой энергии от внедрения ветрозащитного ограждения из пластиковой сетки рассчитывается исходя из уменьшения теплоотдачи на защищенной боковой поверхности теплиц.

Для обдуваемых поверхностей коэффициент теплоотдачи принимается равным ($\text{Вт/м}^2\text{°C}$)

$$\alpha = 3 + 10 \cdot v^{0,5}$$

где v – расчетная скорость ветра (средняя скорость ветра за январь).

Для климатических условий г. Витебска $v = 4,2$ м/с. Коэффициент теплоотдачи при этом будет равен $\alpha = 3 + 10 \cdot v^{0,5} = 3 + 10 \cdot 4,2^{0,5} = 23,5$ $\text{Вт/м}^2\text{°C}$. Этому значению соответствует термическое сопротивление теплоотдаче на наружной поверхности ограждающей конструкции $R_n = 1/\alpha = 1/23,5 = 0,043$ $\text{м}^2\text{°C/Вт}$. При рассекании ветра защитной сеткой скорость его у боковых стен не будет превышать значения 1,0 м/с и соответственно $\alpha_1 = 3 + 10 \cdot 1,0^{0,5} = 13$ $\text{Вт/м}^2\text{°C}$ или $R_{n1} = 1/\alpha_1 = 1/13 = 0,077$ $\text{м}^2\text{°C/Вт}$.

Годовая экономия тепловой энергии (Гкал) от защитного ограждения из пластиковой сетки рассчитывается по выражению

$$\Delta Q_{\text{сет}} = A_{\text{сет}} \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{н}}) \cdot (1/R_n - 1/R_{n1}) \cdot T_{\text{от}} \cdot 24 \cdot n \cdot 0,86 \cdot 10^{-6},$$

где $A_{\text{сет}}$ – площадь защищаемого участка ограждающих конструкций, м^2 ; $t_{\text{вн}}$, $t_{\text{н}}$ – температура воздуха внутри помещения и снаружи соответственно, $^{\circ}\text{C}$; $t_{\text{вн}} = 16^{\circ}\text{C}$; $t_{\text{н}} = -31^{\circ}\text{C}$; R_n , R_{n1} – фактическое и

достигнутое термическое сопротивление теплоотдаче на наружной поверхности ограждающей конструкции до выполнения и после выполнения мероприятия, $\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$; $T_{\text{от}}$ – продолжительность отопительного периода, суток (принимается равным 202 сут); 24 – число часов в сутках, ч; n – поправочный коэффициент на разность температур, принимается по климатологическим данным для региона, где внедряется мероприятие (0,4 – 1,2); принимаем $n = 0,45$; 0,86 – переводной коэффициент $\text{кВт} \cdot \text{ч}$ в Гкал .

Коэффициент сокращения потерь тепловой энергии через ограждающие конструкции в первом случае составит $r = (R_{\text{н1}} - R_{\text{н}}) / R_{\text{н}} = (0,077 - 0,43) / 0,043 = 0,8$.

Боковая площадь ограждения одной теплицы блока 2 $18 \times 84 \text{ м}^2$ со стороны господствующих ветров (южная сторона) составляет $201,6 \text{ м}^2$. Годовая экономия энергии при применении ветрозащитного ограждения из пластиковой сетки составит (Гкал)

$$\Delta Q_{\text{сет}} = 201,6 \cdot (16 - (-31)) \cdot (1/0,043 - 1/0,077) \cdot 202 \cdot 24 \cdot 0,45 \cdot 0,86 \cdot 10^{-6} \quad \text{что со-}$$

$$= 182,5$$

ответствует экономии топлива $\Delta B = 31,9 \text{ т.т.}$

В денежном выражении при стоимости теплоты 479431 руб/ Гкал , экономия составит

$$\Delta C_{\text{сет}} = 182,5 \cdot 479431 = 87500000 \text{ руб.}$$

Стоимость конструкции ограждения с учетом установки опор через 2,5 м и их бетонирования составляет 5800000 руб.

Согласно данным [1] стоимость сетки универсальной (яч.30, высота 1,5 м, длина 20 м) составляет 15344 руб/ м^2 . При длине защитного ограждения 84 м необходимо 5 рулонов сетки, стоимость которой составит $1,5 \cdot 20 \cdot 5 \cdot 15344 = 2301600$ рублей. Укрупненные капиталовложения в защитное ограждение составляет

$$K_{\text{сет}} = 5800000 + 2301600 = 8101600 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости мероприятия:

$$T = \frac{K_{\text{сет}}}{\Delta C_{\text{сет}}} = \frac{8101600}{87500000} = 0,1 \text{ года.}$$

Расчеты по внедрению заграждающей сетки для остальных теплиц соответствуют вышеприведенным расчетам и сведены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты расчета эффективности внедрения защитных ограждений
из пластиковой сетки для теплиц

№ бло- ка	Наименование теплицы	$A_{\text{сет}}, \text{ м}^2$	$\Delta Q_{\text{шт}}$ Гкал	ΔB , т у.т.	ΔC , тыс. руб.	K , тыс. руб.	T , лет
1	№ 1	70,0	63,4	11,1	30389	6841	0,2
	№ 2-8	40,0	36,2	6,3	17365	3820	0,2
2	№ 2-4	201,6	182,5	31,9	87520	8102	0,1

Литература

1. Интернет-магазин ООО «Сетка»: [сайт]. [2013]. URL: www.setkashop.by (дата обращения: 1.10.2013).

УДК 620.91(075.8)

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛАБОРАТОРИИ БИОГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ МГЭУ ИМ. А.Д. САХАРОВА В РАЗВИТИИ БИОГАЗОВОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Кучур С.С., к.т.н., доцент

*Международный государственный экологический университет
им. А.Д. Сахарова, г. Минск, Республика Беларусь*

В сельском хозяйстве республики насчитывает около 9 тыс. животноводческих ферм. Потенциальные возможности получения товарного биогаза от переработки годовой биомассы животноводческих комплексов в РБ очень значительны и могут составить более 1 млн. тонн условного топлива в год.

Основные научные и технологические проблемы внедрения биогазовых установок:

- отсутствие комплексных, адаптированных к условиям РБ технологий;
- недостаточное научное обоснование всех звеньев цепи от производства до потребления энергии.

На базе Учебно-научного комплекса «Волма» - центра возобновляемых источников энергии МГЭУ им. А.Д.Сахарова, расположенного в д. Волма Дзержинского р-на, совместно НППЦ по механизации сельского хозяйства НАН Беларуси при финансовой поддержке Центра международной миграции и развития ФРГ (Centrum für internationale Migration und Entwicklung (CIM) создана лаборатория биогазовых технологий.

Основное технологическое оборудование лаборатории.

Система автоматической дистилляции Vapodest 30s - проведение дистилляции растворов после стадии разложения при анализе по Кьельдалю, а также для физического разделения летучих кислот с помощью водяного пара.

Газоанализатор BIOLYZER LT - периодический анализ и регулярный контроль биогенных технологических газов: метан CH_4 - (0 – 100) % ; диоксид углерода CO_2 – (0 – 100) %; кислород O_2 - (0 – 25) %; сероводород H_2S - (0 - 5 000) pmm).

Газовый хроматограф Кристалл 5001 - анализ сложных многокомпонентных смесей органических и неорганических соединений.

Спектрометр "ElvaX" – качественный и количественный анализ проб на содержание химических элементов от Cl (атомный номер $Z=17$) до U ($Z=92$) в широком диапазоне концентраций. Точность определения массовых долей металлов не менее 0,1%.

Эвдиометры (12 комплектов) - реализация параллельно или одновременно различных стадий процесса брожения биосырья. Процедура может быть применена для всех органических твердых веществ и жидкостей, которые могут быть использованы в качестве субстрата (сырья) для производства биогаза. Тесты такого рода позволяют определить:

- возможности анаэробного биологического разложения материала или смеси материалов и выхода биогаза;
- скорости анаэробного разложения исследуемого материала с использованием различных катализаторов процесса;
- тормозящее действие ингибиторов процесса, содержащихся в исследуемом материале в различном диапазоне их концентраций.

Также лаборатория укомплектована: сушильный шкаф; муфельная печь; электронные весы; РН-метр; магнитная мешалка; термостат; водяная баня; измельчитель проб и другим оборудованием.

Современное технологическое оборудование лаборатории позволяет проводить широкий спектр научных исследований по оптимизации состава биосырья и разработке комплексных технологий, адаптированных к конкретным условиям.

Следует отметить, что для оптимальной жизнедеятельности различных типов бактерий, участвующих в трех стадиях метанообразования, требуется обеспечение определенных технологических режимов. Поэтому определение влияния каждого фактора на коли-

чество и качество образующегося биогаза в настоящее время является актуальной научной и технологической задачей.

Проведен анализ 30 проб биологического сырья (субстрата) – навоза крупного рогатого скота (КРС) различных сельскохозяйственных предприятий. Влажность сырья составила (78 – 93) %. Концентрация органического сухого вещества (ОСВ) в составе сухого вещества составила 72 – 91 %. В пересчете на 1 кг сырой массы (СМ) исходного субстрата концентрация ОСВ составила от 64,9 г/(кг СМ) до 176,1 г/(кг СМ).

Содержание ОСВ в субстрате – одна из основных характеристик сырья для производства биогаза. Учитывается, в первую очередь для:

- оценки качества субстрата и расчета выхода метана и биогаза в целом при проведении маркетинговых исследований на предмет строительства и обоснования мощности биогазовых установок;
- оптимизации режимов эксплуатации биогазовых установок, например, объемов загрузки реактора;
- расчета микробной нагрузки с целью поддержания стабильности процесса анаэробного сбраживания.

В соответствии с ТКП 17.02.05-2011 «Порядок расчета экономической эффективности биогазовых комплексов» выход биогаза от навоза КРС составляет $0,250-0,340 \text{ м}^3/(\text{кг ОСВ})$. При среднем значении этого показателя $0,295 \text{ м}^3/(\text{кг ОСВ})$ выход биогаза с 1 т сырой массы навоза КРС для обследованных предприятий составит от $19,2 \text{ м}^3$ до $51,9 \text{ м}^3$. Фактическое отличие объема выхода биогаза составляет 2,7 раза. При приближенном расчете по данному ТКП получим выход биогаза $35,4 \text{ м}^3$ с 1 т среднестатистического навоза КРС.

Соотношение органических кислот (летучих жирных кислот) дает информацию о состоянии процесса анаэробного брожения. Накопление кислот вызывает задержку развития метановых бактерий вплоть до полной остановки процесса разложения. Исследования показали, что вариация их концентрации составляет (656 – 1188) мг/кг. Данный показатель также существенно влияет на потенциальный объем выхода биогаза.

Проведенный анализ показал, что для решения практических задач фактический выход биогаза необходимо рассчитывать на основании проведения комплексных лабораторных исследований.

Перспективные направления работы лаборатории.

1. Разработка технологий, адаптированных к реальным условиям производителей, а также рекомендаций с технико-экономическим обоснованием по внедрению биогазовых установок для конкретных животноводческих комплексов, СПК, фермерских хозяйств.

2. Проведение на базе лаборатории обучающих семинаров и курсов повышения квалификации для специалистов действующих и строящихся биогазовых комплексов (по всем видам биосырья).

УДК 621.311 (620.9)

**О ВОЗМОЖНОСТЯХ ЛОКАЛЬНОЙ ГЕНЕРАЦИИ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ
ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ**

Милаш Е.А., старший преподаватель
*УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет», г. Минск, Республика Беларусь*

Мировая энергетика в настоящее время взяла курс на переход к рациональному сочетанию традиционных и новых источников энергии. Характерной тенденцией развития мировой экономики в этот период будет систематическое снижение доли органического топлива и компенсирующий рост доли возобновляемых энергетических ресурсов.

Согласно Программе освоения месторождений полезных ископаемых и развития минерально-сырьевой базы Республики Беларусь на 2011 – 2015 годы и на период до 2020 года [1] по мероприятию «Наращивание собственного топливно-энергетического потенциала...» с общим объемом финансирования 14,8 млрд. руб. предусмотрена подготовка атласа геотермальных ресурсов Беларуси. В указанном документе по мероприятию «Изучение геотермальных условий недр отдельных участков территории Беларуси» с общим объемом финансирования 3,3 млрд. руб. предусмотрено определение геотермальных параметров в пробуренных или используемых в качестве теплообменников скважинах.

Ресурсы внутриземного геотермального тепла целесообразно разделить на два направления: локализованные гидротермальные и повсеместно распространенные петротермальные. Первые из них представлены теплоносителями-флюидами – подземными водами, паром

и пароводяной смесью. Вторые представляют собой петротермальную энергию, содержащуюся в «сухих» горячих горных породах, нагреваемых за счет глубинного кондуктивного теплового потока.

Отдельный интерес представляет извлечение тепловой энергии, заключенной в твердых «сухих» горячих горных породах.

С учетом того, что в земной коре на глубинах, превышающих 3 – 4 километра, температура твердых пород превышает 100 – 150 °С, увеличиваясь до 300 – 400 °С при глубинах свыше 6 километров, использование такого теплоэнергетического потенциала представляется весьма перспективным.

Первая петротермальная циркуляционная система (далее – ПЦС) извлечения тепла пористых пластов была создана в 1963 году в Париже. Сейчас во Франции функционируют более 60-ти таких систем и более десятка городов обогреваются теплом и освещаются электроэнергией, полученной на основе петротермальных ресурсов.

В США в 1977 году по проекту Лос-Аламосской национальной лаборатории начала создаваться первая ПЦС с гидроразрывом практически непроницаемого массива раскаленных гранитов. Гидравлический разрыв пласта – это формирование трещин в массивах горных пород под действием подаваемой в них под давлением жидкости. В настоящее время в США на основе ПЦС реализовано 224 проекта петротермального теплоснабжения, а до 2050 года планируется дополнительно построить петротермальные установки общей мощностью до 100 ГВт.

В 1983 году английские ученые повторили американский опыт, создав экспериментальную ПЦС с гидроразрывом в Корнуэлле. В настоящее время активно ведутся разработки на основе петротермальной энергии тепла Земли в Германии, Франции, Италии, Японии, Швейцарии, Китае и других странах. В Австрии на основе петротермальных технологий в ближайшее время планируется строительство электростанции мощностью 1 ГВт с хорошими экономическими показателями.

Российской некоммерческой организацией «Фонд поддержки освоения и развития петротермальной энергетики «ТЕРМОЛИТ-ЭНЕРГО» разработана технология утилизации тепла глубинной скальной породы земной коры, известной как «усиленная (инженерная) геотермальная система». Ее основой является инновационный способ бурения глубоких и сверхглубоких (6 – 12 км) геотер-

мальных скважин со скоростью до 30 метров в час диаметром от 250 до 500 мм при температуре на забое скважины до 400 °С.

Особенности условий работы оборудования, а именно: высокая температура в призабойной зоне, длительность эксплуатации труб и породоразрушающего инструмента, влекут за собой особые требования к технологии бурения, выбору бурильных и обсадных труб, цементных растворов, креплению скважин, а также измерительной технике.

Для развития в Республике Беларусь использования петротермальной энергии необходимо провести несколько этапов работ. На первом этапе представляется целесообразным изучение возможности и экономической целесообразности использования петротермальной энергии применительно к условиям Республики Беларусь для проведения исследований по определению мест и глубин залегания, температур пористых пластов и зон естественной трещиноватости, проницаемость которых позволяет организовать принудительную фильтрацию теплоносителя с эффективным извлечением энергии горных пород.

На втором этапе развития данного направления необходимо обсуждение предложений по созданию энергетических установок, доведенных до промышленного освоения.

Извлечение и использование теплоты, аккумулированной в «сухих» горячих горных породах земной коры, с целью выработки на ее основе электроэнергии и тепла целесообразно рассматривать для локальных (децентрализованных) потребителей, расположенных в отдаленных и энергодефицитных районах.

Литература

1. Программа освоения месторождений полезных ископаемых и развития минерально-сырьевой базы Республики Беларусь на 2011 – 2015 годы и на период до 2020 года. Утв. постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 04.04.2011 г. № 431.

2. Петротермальная энергетика России. Перспективы освоения и развития / Гнатусь Н.А. Вестник Российской Академии естественных наук, 2011. – 98 с.

УДК 621:662.997

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА НОРМАТИВНЫЕ КЛИМАТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ВОЗДУХА ХОЛОДНОГО ПЕРИОДА ГОДА Г. МИНСКА

Молокович Е.М., преподаватель-стажер, Бутыко А.А., ст. преподаватель, Пашинский В.А., к.т.н., доцент, *Международный государственный экологический университет имени А.Д. Сахарова*; Петровская В.В., *ГУ «Республиканский гидрометеорологический центр» г. Минск, Республика Беларусь, г. Минск, Республика Беларусь*

Климат на Земле меняется с рекордной скоростью вызывающий изменение температуры у поверхности Земли. Так, увеличение среднегодовой температуры за тысячелетие составило 1°C , а в XX веке температура на Земле увеличилась на $0,63^{\circ}\text{C}$ (по другим данным на $0,8^{\circ}\text{C}$).

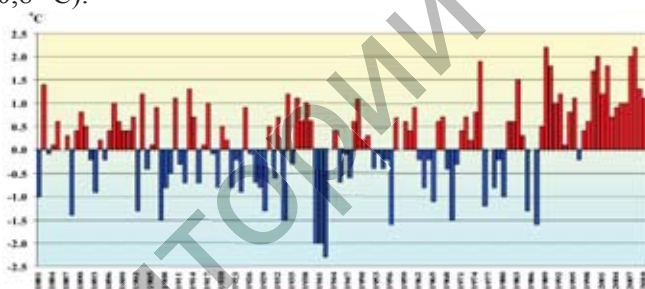


Рис. 1 – Отклонение средней годовой температуры воздуха от климатической нормы ($5,8^{\circ}\text{C}$) в Беларуси за период 1881-2010 гг.

Предварительные оценки последствий изменения климата показали, что потепление серьезным образом отразится на энергетике, так как нормативный удельный годовой расход тепловой энергии на отопление производственных, жилых и общественных зданий непосредственно связан со средней температурой наружного воздуха в отопительном периоде и продолжительностью отопительного периода.

Вследствие данного обстоятельства Министерство энергетики Республики Беларусь и Министерства жилищно-коммунального хозяйства Республики Беларусь утвержден и введен в действие ТКП «Правила подготовки и проведения осенне-зимнего периода энергоснабжающими организациями и потребителями тепловой энергии» с изменениями в

вопросе сокращения количества дней включения и выключения отопления с 5 дней на 3 дня.

В связи с этим, возникла заинтересованность в исследовании изменения нормативных климатических параметров воздуха холодного периода года в г. Минске и их соответствие действующими строительным нормам проектирования.

При определении температуры наружного воздуха в отопительном периоде и продолжительности отопительного периода использовались сетевые приземные наблюдения ГУ «Республиканский гидрометеорологический центр» по отделу метеорологических наблюдений (ОМН) Минск за период с 1980-2012 гг.

В результате выполненных исследований установлено, что с 1980 по 2012 гг. средняя расчетная температура воздуха за отопительный период в г. Минске возросла, для среднесуточной температурой воздуха равной и ниже 8°C , с $-1,07^{\circ}\text{C}$ до $+0,02^{\circ}\text{C}$, а для среднесуточной температурой воздуха равной и ниже 10°C , с $+0,06^{\circ}\text{C}$ до $+0,56^{\circ}\text{C}$.

Расчетная продолжительность отопительного периода с 1980 по 2012 гг., для начала отопительного периода для среднесуточной температурой воздуха равной и ниже 8°C , уменьшилась на 4,8 % и составила 185 сут., для среднесуточной температуры воздуха равной и ниже 10°C , соответственно – 3,9 %, что составило 213 сут. Расчетные значения градусо-суток отопительного периода с 1980 по 2012 гг., со среднесуточной температурой воздуха равной и ниже 8°C , увеличилось на 4,4 % и составила $3845,8^{\circ}\text{C}\cdot\text{сут.}$, со среднесуточной температурой воздуха равной и ниже 10°C , соответственно – 3,1 %, что составило – $3577,7^{\circ}\text{C}\cdot\text{сут.}$

УДК 631.151.6

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИНТЕГРИРОВАННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Омаров Р.А. д.т.н. Райымбеков А.Е. с.н.с. Байболов А.Е. в.н.с.
Омар Д.Р. м.н.с. *Казахский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства, г. Алматы, Казахстан*

Перспективным решением эффективного использования нетрадиционных источников энергии является применение устройства,

позволяющего реализовать принцип интегрирования их энергий, схема которого показана на рисунке 1.

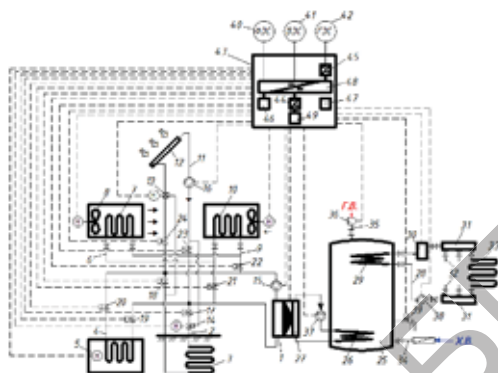


Рис. 1 – Схема устройства для интегрированного использования энергий возобновляемых источников энергии с микропроцессорным управлением

Устройство содержит соединенную с испарителем 1 теплового насоса систему сбора и утилизации тепла низкопотенциальных источников: тепла грунта, контур поглощения тепла охлаждаемых продуктов 4 с насосом 5 для перемешивания продукции, контур поглощения избыточного тепла из воздуха помещения 6, осуществляемого посредством теплообменника 7 и вентилятора 8, тепла удаляемого из помещения воздуха 9, осуществляемого посредством теплообменника 10, тепла от солнечной энергии 11, содержащий солнечные коллекторы 12, подключенные через трехходовые клапаны 13 и 14 к контуру циркуляции низкопотенциального теплоносителя 2, позволяющих обеспечить прямую гидравлическую связь между солнечными коллекторами 12 и испарителем 1 теплового насоса для прямой передачи энергии от солнечных коллекторов испарителю или непосредственную связь между грунтовым теплообменником 3 и солнечными коллекторами 12 для восполнения запасов тепла в окружающем грунте в периоды избытка солнечной энергии. Система сбора и утилизации тепла низкопотенциальных источников снабжена циркуляционными насосами 15 и 16, клапанами 17...24 для автоматического подключения устройств сбора и утилизации тепла низкопотенциальных источников к испарителю теплового насоса или отсоединения от него.

Устройство также содержит систему теплоснабжения, включающую: емкостной водонагреватель 25, контур отопления 28, включающий теплообменник 29, коллекторные распределительные трубы 31 с ответвлениями 32, трубопровод для нагретой воды 35, проточный водонагреватель 36 для доведения температуры горячей воды до требуемой технологической величины.

Система электроснабжения содержит фотоэлектрическую станцию (ФЭС) 40, ветроэлектрическую станцию (ВЭС) 41, микрогидроэлектростанцию (ГЭС) 42, блок управления 43.

УДК 621:662.997

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕРМОРЕНОВАЦИИ ЗДАНИЙ

Пашинский В.А. к.т.н., доцент, Бутько А.А., инженер
*Международный государственный экологический университет
им. А.Д. Сахарова, г. Минск, Республика Беларусь*

Переход к массовому строительству энергоэффективного жилья предусмотрен Комплексной программой по проектированию, строительству и реконструкции энергоэффективных жилых домов в Республике Беларусь на 2009–2010 гг. и на перспективу до 2020 г.[1]. В результате этого перед проектировщиками, строителями и эксплуатационниками возникла необходимость поиска новых конструктивно-технологических решений, строительных материалов направленных на повышение сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций от 3,2 до 6 м²·°С/Вт.

Первым на решение данной проблемы откликнулся строительный рынок, на котором появились теплоизоляционные материалы используемые для тепловой защиты ограждающих конструкций зданий. В Республике Беларусь производятся такие теплоизоляционные материалы как минеральная (базальтовая) вата БЕЛТЕП марки ПТМ, пенополистирол (пенопласт) марки ППТ и плиты теплоизоляционные «Термопир». Технические характеристики минеральной ваты, пенополистирола и плит теплоизоляционных «Термопир» представлены в табл. 1.

Термореновация зданий является энергосберегающим мероприятием и достигается за счет увеличения термического сопротивле-

ния ограждающих конструкций, что позволяет уменьшить тепловые потери.

Капитальные вложения в изготовление термореновации здания площадью в 1000 м^2 различными теплоизоляционными материалами толщиной 50 мм приведены в табл. 2.

Таблица 1

Техническая характеристика теплоизоляционных материалов

№ п/п	Показатели	Теплоизоляционный материал		
		Минераль-ная вата	Пенополи-стирол	«Термопир»
1	Плотность, кг/м^3	80–150	10–35	30–200
2	Теплопроводность при $t = 25 \text{ }^\circ\text{C}$, $\text{Вт/м}\cdot^\circ\text{C}$	0,04–0,041	0,036–0,044	$\leq 0,023$
3	Класс горючести	НГ	Г4	Г1
4	Прочность на сжатие при 10% линейной деформации (МПа)	10–50	0,04–0,25	0,29
5	Водопоглощение по объему за 24 ч, %	0,5	0,5–4	0,22
6	Паропроницаемость, $\text{мг/м}\cdot\text{ч}\cdot\text{Па}$	0,47–0,56	0,05	0,071
7	Предел прочности при изгибе, МПа, не менее	0,18–0,25	0,25–0,40	0,29
8	Термостойкость, $^\circ\text{C}$	НГ	110	150
9	Срок эксплуатации, лет	>50	50	50

Оценка эффективности использования средств, направляемых на реализацию энергосберегающих мероприятий, производится на основании системы показателей [2]: простого срока окупаемости; динамического срока окупаемости; чистого дисконтированного дохода; внутренней нормы доходности; индекса прибыльности.

Для расчета принята термореновация здания площадью 1000 м^2 , температура воздуха внутри помещения и снаружи соответственно равны 18 и $-1,6 \text{ }^\circ\text{C}$ для г. Минск, продолжительность отопительного периода равна 202 сут.

Расчет годовой экономии тепловой энергии за счет снижения тепловых потерь через ограждающие конструкции, простого срока окупаемости приведены в табл. 3.

Расчет чистого дисконтированного дохода (ЧДД) для ставки дисконтирования (Е) 10% представлен в табл. 4.

Таблица 2

Капитальные вложения в термореновацию здания площадью 1000 м²

№ п/п	Показатели	Теплоизоляционный материал		
		Минеральная вата	Пенополистирол	«Термопир»
1	Плотность материала, кг/м ³	80	35	30
2	Стоимость материалов и приспособлений, млн. руб.	71,0	75,8	93,4
	в т.ч. теплоизоляция	47,5	52,3	69,9
	дюбеля	4,0	4,0	4,0
	сетка	6,6	6,6	6,6
	штукатурка	3,9	3,9	3,9
	краска	9,0	9,0	9,0
3	Стоимость строительно-монтажных работ, млн. руб.	35,5	37,9	46,7
4	Капиталовложения, млн. руб.	110,1	117,5	144,8

Таблица 3

Годовая экономия тепловой энергии и простой срок окупаемости

№ п/п	Показатели	Теплоизоляционный материал		
		Минеральная вата	Пенополистирол	«Термопир»
1	Величина достигнутого изменения термического сопротивления,	-1/1,25	-1/1,38	-1/2,17
2	Годовая экономия тепловой энергии, Гкал	59,82	64,23	106,89
3	Снижение потребления электроэнергии, кВт·ч	742	796	1325
4	Экономия топлива на источнике электроснабжения, т у.т.	0,208	0,223	0,371
5	Экономия топлива от снижения потребления тепловой энергии, т у.т.	11,0	11,81	19,6
6	Суммарная экономия топлива, т у.т.	11,21	12,03	19,97
7	Годовая экономия денежных средств, млн. руб.	23,1	24,8	41,1
8	Простой срок окупаемости капиталовложений, лет	4,77	4,74	3,52

Динамический срок окупаемости, определяемый по таблице 3, равен для минеральной ваты и пенополистирола составляет соответственно 6,34 и 5,93 года, а для теплоизоляционных плит «Термопир» равен 4,19 года.

Внутренняя норма доходности определяется в точке, соответствующей нулевому значению чистого дисконтированного дохода и равна для плит «Термопир» 0,254, что выше ставки дисконтирования, а минеральной ваты и пенополистирола 0,178, что меньше ставки дисконтирования.

При расчете индекса прибыльности использовали итоговые значения эксплуатации здания за первые 10 лет. Для минеральной ваты $\dot{I}_e = 1,41$, пенополистирола $\dot{I}_e = 1,42$ и плит «термопир» $\dot{I}_e = 1,86$.

Таким образом, в результате расчета полученные значения динамического срока окупаемости, чистого дисконтированного дохода, внутренней нормы доходности и индекса прибыльности подтверждают эффективность использования кредитных средств, при ставке дисконтирования 10% и направляемых на выполнение данного энергосберегающего мероприятия для всех теплоизоляционных материалов.

Таблица 4

Год	Расчет чистого дисконтированного дохода			ЧДД при $E = 0,1$		
	Рента R_t , млн. руб					
	М	П	М	П	М	П
0	-	-	-	-110,1	-117,5	-144,8
1	25,3	27,2	44,0	-82,3	-92,8	-104,8
2	25,3	27,2	44,0	-61,4	-70,3	-68,5
3	25,3	27,2	44,0	-42,4	-49,8	-35,4
4	25,3	27,2	44,0	-25,5	-31,2	-5,3
5	25,3	27,2	44,0	-9,8	-14,3	22,0
6	25,3	27,2	44,0	-4,5	1,0	46,8
7	25,3	27,2	44,0	8,5	15,0	69,4
8	25,3	27,2	44,0	20,3	27,7	89,9
9	25,3	27,2	44,0	31,0	39,2	108,5
10	25,3	27,2	44,0	40,8	49,7	125,5
Итого	253,0	272,0	440,0			

Примечание: М – Минеральная вата, П – пенополистирол; Т – «Термопир»

Литература

1. Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 1 июня 2009 г. № 706 «Об утверждении Комплексной программы по проектированию, строительству и реконструкции энергоэффективных жилых домов в Республике Беларусь на 2009–2010 годы и на перспективу до 2020 года».

2. Постановление Министерства экономики Республики Беларусь, Министерства энергетики Республики Беларусь и Комитета по энергоэффективности при Совете Министров Республики Беларусь от 24 декабря 2003 г. № 252/45/7 «Об утверждении Инструкции по определению эффективности использования средств, направляемых на выполнение энергосберегающих мероприятий».

УДК 620.92

ГИБРИДНАЯ СИСТЕМА ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Сиротюк С.В., к.т.н., доцент,

Львовский национальный аграрный университет, г. Львов, Украина

Одной из особенностей аграрного производства есть значительная рассредоточенность производственных объектов с относительно малым единичным энергопотреблением, которое создает определенные трудности в построении эффективных централизованных энергетических систем, и в то же время, благоприятные предпосылки для создания автономных и гибридных систем энергообеспечения с использованием возобновляемых источников энергии.

Основным сдерживающим фактором на пути использования возобновляемых источников энергии является существенная нерегулярность (сезонная, суточная и кратковременная) их поступления. Эта естественная неравномерность предопределяется сезонными климатическими изменениями, суточной флуктуацией температурно-влажностно-светового режима окружающей среды и кратковременными изменениями, вызванными случайными возмущениями потоков энергии. Однако, следует отметить, что эта неравномерность для каждого из видов возобновляемой энергии проявляется несинхронной. Поэтому, есть возможность компенсации отдельных нерегулярностей за счет совместного использования разных естественных энергетических источников для систем энергообеспечения производственных и бытовых объектов.

Эта идея положена в основу создания единой системы комплексного использования разных возобновляемых источников энергии для регулярного энергообеспечения сельскохозяйственных и бытовых объектов. В частности, в составе такой системы могут быть использованы следующие виды возобновляемых источников: солнечная тепловая и фотоэлектрическая, ветровая, гидравлическая энергия малых рек, низкотемпературная и высокотемпературная энергия почвы, воды и воздуха и другие.

Суммарное использование во времени определенных видов энергии $E_{\Sigma n}(t)$ в технологических процессах аграрных предприятий и в быту может быть отображено в следующем виде

$$E_{\Sigma n}(t) = \sum_{i=1}^n [E_{i,el}(t) + E_{i,th}(t) + E_{i,m}(t)], \quad (1)$$

где $E_{i,el}(t)$ - потребность в электроэнергии; $E_{i,th}(t)$ - потребность в тепловой энергии; $E_{i,m}(t)$ - потребность в механической энергии; i - разновидности технологических процессов и нужд.

Анализ поступлений энергетических ресурсов возобновляемых источников показал, что существует возможность взаимной их компенсации. Например, в осенне-зимне-весенний период года наблюдается значительное повышение интенсивности ветрового потока, в то время, как в летний период характеризуется значительным повышением уровня поступления солнечной радиации при существенном снижении энергии ветра.

Следует отметить также, что поступления всех видов возобновляемых источников энергии характеризуются стохастичностью и могут рассматриваться как случайные процессы.

Кроме того, эти процессы имеют широкий динамический диапазон и быстро изменяемые временные характеристики. В общем виде полное поступление энергии $E_{\Sigma}(t)$ от возобновляемых источников во времени может быть записано в виде

$$E_{\Sigma}(t) = f(v_{cp}) \cdot f_v(t, d, s) \cdot f_v(t) + f(I_{cp}) \cdot f_s(\alpha, d, s) \cdot f_s(h_{xm}) + f(T_{cp}) \cdot k_m \cdot f_g(s). \quad (2)$$

где $f(v_{cp})$ - функция части энергии ветрового потока предопределенная среднегодовой скоростью; $f_v(t, d, s)$ - детерминированная функция мгновенного, суточного и сезонного изменения интенсивности ветрового потока; $f_v(t)$ - стохастическая функция мгновенного значения скорости ветрового потока; $f(I_{cp})$ - функция части солнечного энергетического потока предопределенная географическим расположением объекта; $f_s(\alpha, d, s)$ - детерминированная функция мгновенного, суточного и сезонного изменения интенсивности солнечного излучения; $f_s(h_{xm})$ - стохастическая функция метеорологического влияния; $f(T_{cp})$ - функция части энергии, которая может быть реализована с отбором теплоты почвы предопределенная сред-

негодовой температурой почвы; κ_m - коэффициент типа грунтового теплообменника геотермальной подсистемы; $f_g(s)$ - детерминированная функция сезонного изменения температуры почвы.

Поэтому, управление энергетическими потоками, в зависимости от потребности потребителей, должно осуществляться в автоматическом режиме на базе анализа параметров энергетической системы.

При построении гибридной системы энергообеспечения необходимо различать виды энергии по их качеству, которое предопределено возможностью эффективного превращения одной в другую и технологической потребностью. Среди видов энергии, которые берутся к вниманию, наивысшим качеством характеризуется электрическая энергия. Она может быть использована в технологических процессах непосредственно и легко может быть преобразована в тепловую, лучевую, механическую. Электрическая энергия может быть получена из ветро-электрической, солнечной фотоэлектрической установок, а также из микро гидроэлектростанций. Заслуживает внимания механическая энергия, которая может быть использована непосредственно для привода рабочих органов машин и оборудования, а также эффективно преобразована в электрическую. Относительно тепловой энергии, то она есть самого низкого качества, и которая может быть использована лишь в тепловых технологических процессах при определенных ее температурных параметрах. Кроме того, этот вид энергии сложно эффективно превратить в механическую и электрическую.

Таким образом, построение гибридной системы управления энергетическими потоками должно базироваться на интеллектуальных принципах многокритериального анализа состояния и управления в результате тесной взаимосвязи между структурными элементами энергетической системы. Структура математической модели гибридной системы энергообеспечения объектов с использованием возобновляемых источников энергии и взаимосвязи ее элементов подана на рисунке.

Поданный материал является основанием для разработки математической модели, исследование которой позволит обосновать и оптимизировать конфигурацию системы энергообеспечения сельскохозяйственных объектов и установить оптимальный уровень замещения потребности в энергии с использованием средств возобновляемой энергетики.

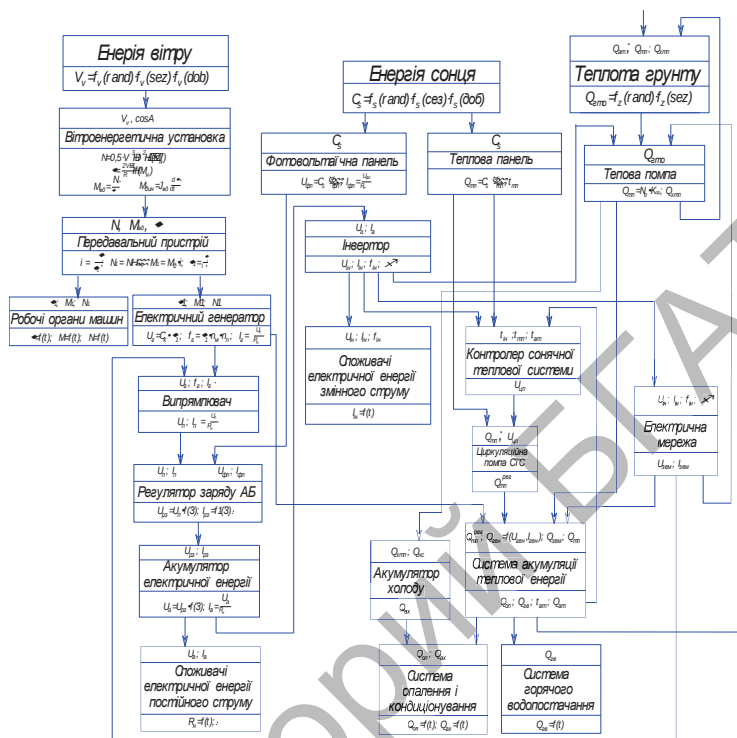


Рис. 1. Структурная схема математической модели системы комплексного использования возобновляемых источников энергии.

Литература

1. Кінаш Р., Бурнаєв О. Вітрове навантаження і вітроенергетичні ресурси в Україні. – Львів.: Видавництво науково-технічної літератури, 1998. – 1152 с.
2. Корчемний М., Федорейко В., Щербань В. Енергозбереження в агропромисловому комплексі. – Тернопіль: Підручники і посібники, 2001. – 984 с.
3. Боярчук В.М., Сиротюк В.М., Сиротюк С.В., Воробкевич В.Ю., Гальчак В.П., Смик В.К. Комплексне енергозабезпечення малих переробних підприємств за рахунок поновлюваних джерел енергії. Праці Таврійської ДАТА. -Вип. 34. - Мелітополь: ТДАТА, 2005. -С. 98-105.

**О ПРОБЛЕМАХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ
ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ НА НЫНЕШНЕМ ЭТАПЕ
РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА**

Степук Л.Я., *д.т.н., профессор, РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»* Прищепов М.А., *д.т.н., доцент, Шупилов А.А., к.т.н., доцент, УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь*

Известно, что в Беларуси энергоёмкость ВВП, в том числе и сельскохозяйственной продукции, выше в 2, а то и в 3 раза по сравнению с США, Канадой, Японией и странами Западной Европы. В этом есть значительная доля объективных причин, которые не позволяют и не позволят нам абсолютно сравниться по показателям энергоёмкости с упомянутыми странами. А объясняется это, прежде всего, худшими почвенно-климатическими условиями. По этой причине Беларусь относится к зоне рискованного земледелия. Это прямо или косвенно, но повышает энергоёмкость нашего ВВП, включая и продукцию сельского хозяйства. Поэтому всё списывать на нашу безалаберность, хотя она имеет место и в значительной мере, было бы несправедливо.

В связи с этим, важно определиться, в каком направлении нам идти, чтобы снизить энергоёмкость производимой нами продукции в 2 раза, или получить в 2 раза больше продукции при тех же расходах топливно-энергетических ресурсов, или продолжать хозяйствовать с проблемами по-прежнему, ориентируясь на нетрадиционные источники энергии, на получение которых требуются колоссальные денежные средства, которых у нас нет. Очевидно, что наиболее приемлемым для нас является первое направление. Результатом этого явится существенное увеличение более дешёвой конкурентоспособной продукции. На полученные деньги от её реализации мы сможем закупать углеводородные энергоресурсы и по мировым ценам в течение, как минимум, 30 – 40 лет. (Прогнозные сроки исчерпания энергоресурсов: угля – 1120 лет, нефти – 53, природного газа – 73 года.).

Однако в последние 1,5 – 2 десятилетия активизировалась тема альтернативных, так называемых, возобновляемых источников энергии (ВИЭ). При этом существующие проблемы в сельскохозяйственном производстве, обуславливающие сверхнормативное расходование энер-

горесурсов, как бы ушли на задний план. Но пока они будут существовать, понятно, что реальной экономии энергоресурсов в сельском хозяйстве не получить. Посмотрим, насколько оправдано при этом делать ставку на масштабное использование ВИЭ.

В настоящее время существует пять общепризнанных типов ВИЭ: биотопливо, геотермика, солнце, ветер, малые гидроэлектростанции.

Основным сдерживающим развитие ВИЭ фактором является недостаток капиталовложений, квалифицированного персонала для работы со сложными технологиями, а также стоимость отчуждаемых для ВИЭ участков земли (ВИЭ обладают невысокой плотностью энергетических потоков и они непостоянны во времени). Другими словами, главным ограничением, затрудняющим развитие ВИЭ, являются высокие инвестиции в инфраструктуру и технологии.

Итак, *биологическое топливо* – разнообразные заменители ископаемых энергоресурсов, изготовленные в основном из растительного сырья. Это биодизель – топливо из масличных культур, и биоэтанол – из того, что содержит целлюлозу. Биоэтанол – это технический спирт. Основное сырьё для биодизеля в Европе – рапс.

Для того, чтобы хотя бы частично заменить нефтепродукты этиловым спиртом или биодизелем, нашей индустрии придется создать практически с нуля инфраструктуру для новой отрасли. А это потребует солидных инвестиций.

В будущем конкурентоспособность биотоплива станет ещё ниже, поскольку растущий спрос на энергетическое сырьё будет способствовать повышению цен на зерно и семена масличных культур.

Информация к размышлению. Размеры финансирования производства биотоплива впечатляют. Так, корпорация «Бритиш Петролеум» намерена в течение следующего десятилетия вложить в научные исследования в рассматриваемой области около \$ 1,5 млрд. Корпорация Chevron сначала инвестировала \$ 3,5 млн. в техасскую компанию по производству биодизеля, а затем решила потратиться только на один биотопливный проект (совместно с Технологическим институтом Джорджии) \$ 12 млн. и т.д. В Северной Америке «транспортный» биоэтанол производят в основном из кукурузы. В течение последнего десятилетия власти США выделили фермерам \$ 7 млрд. дотаций на выращивание кукурузы, необходимой для изготовления спирта. В итоге, в США (самом крупном потребителе спирта для авто) на этанол приходится лишь 2 % рынка.

Широко распространяется «зеленое горючее» в Германии. Однако казна ежегодно тратит более 100 млн. евро на дотации.

По данным авторитетных источников, на выпуск одной единицы этанола в настоящее время ведущими странами тратится 1,3! единицы ископаемого топлива [1].

Основными проблемами применения в качестве топлива рапсового масла, по данным германских экспертов, стали: потеря мощности, более высокий расход топлива в сравнении с традиционным дизелем (примерно на 5 %), более короткие интервалы проведения технического обслуживания, замены масла, сбои в работе выпускных клапанов, быстрый выход из строя топливных насосов.

Думая о перспективе применения биоэтанола в республике, нельзя недооценивать отечественные традиции слишком уважительного отношения к спирту.

Приведенная краткая информация о состоянии дел в области производства и потребления биотоплива в мире убедительно свидетельствует о том, что оно для нас пока является виртуальным.

Низкопотенциальное топливо можно использовать с помощью тепловых насосов (ТН). Принцип действия ТН известен уже более 150 лет (изобретен лордом Кельвином в 1852 году). Применение теплонасосных установок (ТНУ) позволяет преобразовывать низкопотенциальную возобновляемую природную тепловую энергию во вторичную низкопотенциальную теплоту (НПТ) более высоких температур, пригодных для теплоснабжения. ТН «вовлекает в дело» НПТ естественного происхождения (тепло грунта, грунтовых вод, природных водоёмов, солнечную энергию) и техногенного (источники: промышленные отходы, очистные сооружения, вентиляция и т. д.) с температурой от +3 до +40°C – такую, которая может быть напрямую использована для теплоснабжения.

В настоящее время находят определенное применение ТН различной мощности в США, Японии, Швеции, Швейцарии, Германии. Однако везде программы по внедрению ТНУ датируются и в весьма значительных объемах.

В ФРГ для преодоления снижения продаж ТН была выделена крупная государственная дотация: на 1 кВт тепловой мощности ТН, запущенного в эксплуатацию, выплачивалось 300 марок.

Вторая причина – суровые климатические условия. На большинстве территорий глубина промерзания грунта зимой достигает до 1,5 метров и более. Прокладка коммуникаций для отбора тепла грунта на большой

глубине значительно удорожает проекты. Немаловажное значение имеет невостребованность круглогодичного использования тепла от вторичных энергетических ресурсов.

Если учесть совокупные затраты на оборудование (стоимость импортных образцов ТН держится в пределах \$ 700 – 1200 на 1 кВт тепловой мощности), на сооружение глубоких теплотрасс для низкотемпературных теплоносителей, то необходимо с большой долей осторожности утверждать об экономической эффективности при использовании такого низкопотенциального тепла в условиях Республики Беларусь.

Использование вторичных источников предприятий в большинстве случаев возможно лишь для собственных нужд, теплоснабжения собственных помещений, обеспечения горячей водой в санитарных и технологических целях. И это направление надо развивать и применять там, где это действительно эффективно. Но рассматривать этот источник для энергообеспечения государства в сколь заметном объёме нам представляется преждевременным.

Что касается перспектив производства и использования энергии ветра и солнечной энергии в республике, то по этому поводу были многочисленные публикации еще в 1990^е годы ведущих энергетиков страны. По их единодушному мнению, возобновляемые источники энергии не могут рассматриваться как база энергообеспечения нашего государства. В лучшем случае за счет этих источников, а также биогаза, можно обеспечить менее 1% потребности в энергии. Аргументы их убедительны, понятны и неоспоримы. Географические и климатические условия Беларуси не позволяют масштабно развивать эту нетрадиционную энергетику. У нас практически нет «продуктивного» ветра (средняя скорость 4 метра в секунду).

Очень часто сторонники развития производства ветроустановок приводят опыт Дании, Германии, которые серьёзно продвинулись в использовании энергии ветра. При этом они «забывают», что энергия будет производиться только тогда, когда дует ветер. В такой «ветряной» стране как Дания более половины времени электроэнергия не вырабатывается из-за тихой погоды. Поэтому стоимость её в 5 – 8 раз выше, чем на любых других электростанциях. Аналогичная ситуация и в Германии. Поэтому власти приплачивают производителям «ветряной» энергии, иначе никто просто не стал бы её покупать по столь высоким ценам.

Обеспечение республики электроэнергией с помощью фотоэлектрических установок ещё более проблематично. Даже в Германии стои-

мость 1 кВт·ч такой энергии в 30-50 раз больше, чем на угольных, атомных, газовых и других электростанциях. Для обеспечения республики электроэнергией с помощью фотоэлектрических установок требуются огромные площади солнечных батарей, так как необходимо помимо производства электроэнергии, еще и запастись её на ночное время.

Что касается переработки навоза, получаемого на крупных животноводческих комплексах и фермах в биогазовых реакторах, то, по нашему мнению, здесь следует ставить во главу угла вопрос не столько о получении энергии (её не получают в заметных объемах в странах с более теплым климатом), сколько о решении экологических проблем, связанных с утилизацией полужидкого и жидкого навоза.

Основная причина сложившегося негативного состояния окружающей природной среды вокруг животноводческих комплексов и крупных ферм состоит в том, что получаемые навозные стоки вносятся, как правило, на близлежащие поля и в недопустимо высоких объемах. В результате в почве происходит интенсивное накопление нитратов, фосфатов, тяжёлых металлов и вымывание их теми же стоками в более глубокие горизонты, вплоть до грунтовых вод.

А происходит это потому, что для отвозки стоков крайне не хватает топлива и техники для рассредоточения их на большие территории с допустимой нагрузкой (200 кг азота на один гектар).

Сегодня уже не является секретом, что на территориях вокруг животноводческих комплексов и ферм, на многих личных подворьях происходит интенсивное загрязнение грунтовых вод и, как следствие – плохое качество воды в шахтных колодцах. А ведь экологическая безопасность – одна из главных составляющих национальной безопасности в целом.

Пресная вода – это ресурс в отличие от всех рассматриваемых источников энергии, не имеющий эквивалентных заменителей. Без неё невозможен не только экономический прогресс, но и сама жизнь.

Реализуемые в республике в настоящее время опытные биогазовые проекты не решат полностью названную проблему. А объясняется это тем, что даже переработанный в биореакторах навоз крупного рогатого скота, свиней, птичий помёт практически не уменьшается в объемах, его нельзя спускать в реки, водоёмы, отводить в понижения местности по причине наличия в нём вредных веществ. Следовательно, проблема утилизации навозных стоков по-прежнему будет оставаться чрезвычайно актуальной.

Подытоживая сказанное, следует отметить: для того, чтобы точно оценить все издержки и выгоды от реализации проекта, нужно правильно, объективно оценить все издержки и выгоды, которые приносит отсутствие проекта.

И непросто оценить отсутствие проекта. В первую очередь необходим объективный анализ той среды производства, для которой предназначается проект, на предмет оптимального ведения этой сферы с точки зрения энергосбережения. Только такой подход позволит безошибочно определить виртуальность или реальность проекта на перспективу, а, следовательно, степень риска выделения средств на его осуществление.

Приведенные в начале статьи цифры по энергоёмкости сельскохозяйственной продукции, получаемой в нашей стране, по сравнению с аграрноразвитыми странами, несмотря на приведенные там же имеющие место объективные причины, свидетельствуют о далеко не оптимальном ведении сельского хозяйства, о наличии ряда весьма существенных нерешенных проблем. И пока они не будут решены, широко-масштабное выделение средств на получение энергии из ВИЭ преждевременно и расточительно, хотя вопросами получения энергии из ВИЭ заниматься необходимо.

Литература.

1. Оптовик, № 29, 2006

УДК 621.577+697.1

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ СИСТЕМА ОТОПЛЕНИЯ РАССРЕДОТОЧЕННЫХ ОБЪЕКТОВ НА БАЗЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ В КАЗАХСТАНЕ

СЫДЫКОВ Ш.К., к.т.н., **Умбеткулов Е.К.**, к.т.н., доцент,
*Казахский национальный аграрный университет,
г. Алматы, Казахстан*

В последние годы во всем мире ведутся исследования, направленные на поиск и вовлечение в топливно-энергетический баланс возобновляемых источников энергии (ВИЭ), таких как энергия солнца, ветра, гидроэнергия малых рек и др. Потенциальные возможности применения этих источников велики, а их экологическая чистота не вызывает сомнений.

В Республике Казахстан предпринимаются серьезные шаги по вовлечению и использованию ВИЭ в различных отраслях экономики, общественном и жилом секторах.

Принятая Стратегия «Казахстан-2050» и другие программные документы ставят амбициозные цели и четкие ориентиры на построение устойчивой эффективной модели экономики, определяющей приоритеты развития энергетики страны на долгосрочную перспективу с учетом увеличения масштабов использования ВИЭ [1,2]. В электроэнергетике доля альтернативной возобновляемой энергетики должна достичь 50% в 2050 году. В энергоэффективности ставится задача по снижению энергоемкости ВВП на 10% к 2015 году и на 25% к 2020 году по сравнению с исходным уровнем 2008 года [3,4].

В настоящее время на огромной территории Казахстана насчитывается более миллиона рассредоточенных жилых домов и производственных объектов, требующих успешного решения вопросов их отопления в условиях дефицита местного и дороговизны привозного топлива. Эта проблема усугубляется постоянным ростом цен на энергоносители (с вступлением Казахстана в ВТО они могут значительно возрасти), что приводит к необходимости активизации внедрения ВИЭ, в частности энергии Солнца, ветра и низкопотенциальных источников теплоты. Последние предусматривают использование тепловых насосов (ТН) или их комбинацию с другими видами энергии.

Из многообразия разновидностей ТН в данной работе рассматривается вариант использования в системе отопления тепловых насосов «воздух-вода» (ТНВХВ), основными достоинствами которых являются: простота конструкции, невысокая стоимость и возможность использования в климатических условиях большинства регионов Казахстана. Для повышения эффективности этой системы предусмотрен предварительный подогрев наружного воздуха, поступающего в ТНВХВ в наиболее холодные дни.

На основе анализа многолетних климатических данных нами установлена целесообразность использования ТНВХВ в южных, юго-восточных и юго-западных регионах Казахстана.

Ключевым вопросом, от которого в значительной степени зависит эффективность применения ТНВХВ, является недопущения чрезмерного снижения температуры поступающего наружного воздуха. Для этой цели в предлагаемой системе отопления предусмотр-

рен предварительный подогрева наружного воздуха, поступающего в ТНВХВ, с использованием теплоты подвального помещения и грунтового воздухопровода.

Структурная схема энергосберегающей системы с ТНВХВ представлена на рисунке 1.

Целевая функция предлагаемой системы отопления:

$$Q = f(W_{EL}; Q_1 \dots Q_n; S \dots S_n; l \dots l_n) \rightarrow \max$$

где W_{EL} – электроэнергия затрачиваемая на привод компрессора;

Q – теплопроизводительность ТНВХВ;

$Q_1 \dots Q_n$ – совокупность тепловых потоков;

$S \dots S_n$ – сечение воздухопроводов, см²;

l – длина грунтового воздухопровода, м;

Q_0 – тепловой поток наружного воздуха;

Q_1 – теплота подвального воздухопровода;

Q_2 – теплота грунтового воздухопровода;

Q_3 – суммарный тепловой поток, поступающий в ТНВХВ;

Q_4 – тепловая энергия, отдаваемая в бак-аккумулятор;

Q_5 – теплота, поступающая в систему отопления;

Q_6 – тепловая энергия, затрачиваемая на горячее водоснабжение.

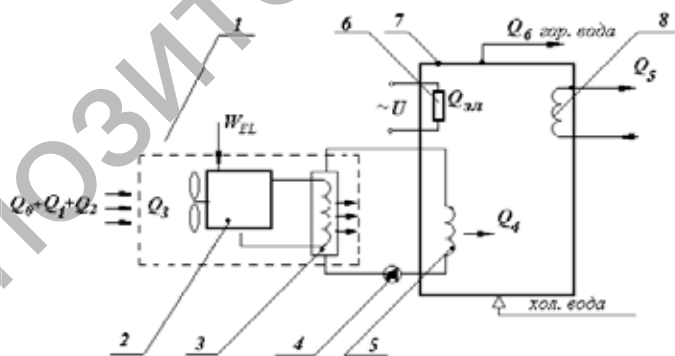


Рис. 1 – Структурная схема энергосберегающей системы с ТНВХВ:

1– тепловой насос ТНВХВ; 2 – компрессор; 3 – конденсатор; 4 – циркуляционный насос; 5 – теплообменник конденсатора; 6 – электроподогреватель ТЭН; 7 – бак-аккумулятор; 8 – теплообменник системы отопления

При низких температурах вода в баке-аккумуляторе дополнительно нагревается электроподогревателем:

$$Q + Q_{эл} \geq Q_{нотр}$$

Целевая функция наружного воздуха, поступающего в ТНВХВ, с учетом его подогрева теплом подвального помещения и грунта

$$Q_3 = f(Q_0 + Q_1 + Q_2) \rightarrow \max$$

На рисунке 2 приведена принципиальная схема предварительного подогрева наружного воздуха, поступающего в ТНВХВ, с указанием траектории его прохождения через подвальные и грунтовые воздухопроводы. Из рисунка 2 видно, что наружный воздух сначала поступает в объемный воздухопровод подвального помещения 9, далее проходит через протяженный грунтовый воздухопровод 10 и затем всасывается вентилятором в ТНВХВ. Объемный воздухопровод подвального помещения представляет собой закрытый короб (на рисунке 2 выделен желтым цветом), прилегающий к пустующим стенам подвала. Изготовить такой короб можно из недорогих и доступных материалов (например, пенопласта). Тепло в таком воздухопроводе аккумулируется за счет теплоты: подвального помещения, обратной трубы из системы отопления (на рисунке 2 - синяя труба) и воздуха, отработанного в ТНВХВ.

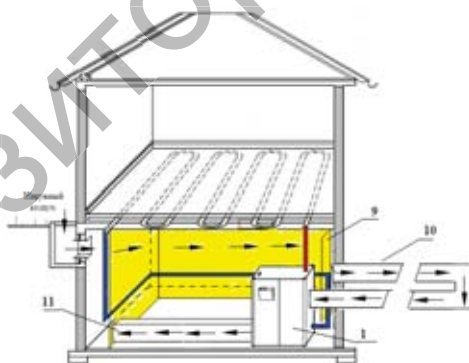


Рис. 2 – Принципиальная схема подогрева наружного воздуха, поступающего в ТНВХВ: 1 – тепловой насос ТНВХВ; 9 – воздухопровод подвального помещения; 10 – грунтовый воздухопровод; 11 – обратный воздух ТНВХВ

Грунтовый воздухопровод прокладывается на глубине незамерзающего слоя (1,2-1,4 м) по территории, прилегающей к отапливаем-

мому дому или зданию. Сечение и длина грунтового воздухопровода зависит от допустимых пределов территории объекта, площади отапливаемого помещения, местных климатических условий и т.д.

Конструкции подвального и грунтового воздухопроводов могут быть самыми различными в зависимости от площади подвального помещения и возможностей территории, прилегающей к дому или зданию. В случае отсутствия подвала, заглубленное помещение для ТНВХВ можно соорудить на прилегающей территории.

Применение энергосберегающей системы предварительного подогрева наружного воздуха позволяет повысить эффективность работы ТНВХВ до 20-25%, по сравнению с существующими аналогами.

Нами планируется разработать рекомендации по созданию энергосберегающих систем локального отопления различной мощности, степени автоматизации и стоимости. Для сложных систем отопления будут разработаны системы автоматизации и дистанционного контроля и управления с применением специальных пакетов прикладных программ на базе GSM-модем или Интернет.

Литература

1. Послание Главы государства народу Казахстана от 14 декабря 2012 года «Стратегия «Казахстан – 2050»: новый политический курс состоявшегося государства». [Электронный ресурс] /Режим доступа <http://www.edu.gov.kz/ru/zakonodatelstvo/arkhiv/poslanija-prezidenta-rk-narodu-kazakhstana/>
2. О Концепции по переходу Республики Казахстан к "зеленой экономике". [Электронный ресурс] /Режим доступа http://tengrinews.kz/kazakhstan_news/2-protSENTa-vvp-v-god-napravit-kazahstan-na-zelenuyu-ekonomiku-234658/
3. Закон Республики Казахстан от 4 июля 2009 года №165-IV зрк «О поддержке использования возобновляемых источников энергии». [Электронный ресурс] /Режим доступа http://online.zakon.kz/Document/?doc_id=30445263
4. Закон Республики Казахстан от 13 января 2012 года № 541-IV «Об энергосбережении и повышении энергоэффективности». [Электронный ресурс] / Режим доступа http://online.zakon.kz/Document/?doc_id=31112351

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПЛЕНОК ДЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Сычик В. А. д. т. н., Русан В. И. д. т. н., инженеры Волков Н. Н.,
Адамович В. Ю., Пасеко И. В.

*УО «Белорусский государственный аграрно-технический
университет» г. Минск, Республика Беларусь*

Электрооптические преобразователи солнечной энергии в электрическую конструктивно базируется на триодных униполярных структурах типа металл-диэлектрик-полупроводник (МДП). Основным элементом таких МДП – структур является подзатворный диэлектрический слой, обычно представляющий оксид полупроводника [1]. Стандартной является структура типа Si- SiO₂-Al. Формирование подзатворных оксидных слоев осуществляется методом термического окисления в сухом и влажном кислороде. Однако полученные таким методом слои являются пористыми, обладают заниженным значением ϵ , ρ_v , электрической прочностью и нестабильностью этих параметров. Этим недостаткам практически лишен метод формирования слоев SiO₂ в кислородной плазме тлеющего разряда, для реализации которого необходимо специальное устройство подвода формовочного потенциала [2].

Нами для получения подзатворного слоя SiO₂ указанным методом разработано устройство для формирования диэлектрических пленок в кислородной плазме.

На рисунке 1 приведена конструкция устройства.

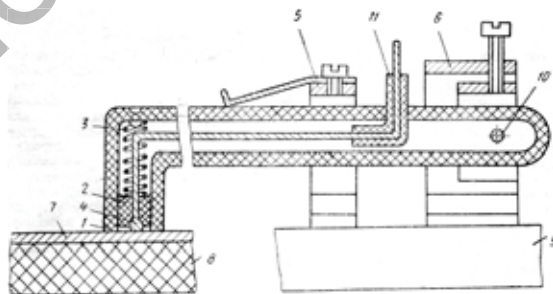


Рис. 1

Устройство для формирования диэлектрических пленок содержит остов 1 токоввода, диэлектрическую пробку 2, пружину 3, токопроводящий зонд 4, прижимное устройство 5, концевое устройство 6, образец 7 – пленки металла или полупроводника, нанесенного на изолирующую подложку 8, корпус 9 устройства, ось 10 и диэлектрическую оболочку 11.

Остов токоввода выполнен из жаростойкого вакуумного диэлектрика с оплавленным концом, в который введена ось 10. Остов подвижно соединен с концевым устройством, позволяющим свободно поворачивать и перемещать остов токоввода на оптимальные расстояния в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Концевое устройство жестко соединено с корпусом устройства.

Второй конец остова токоввода имеет чистую притертую поверхность. Диэлектрическая пробка, в которой закреплен токопроводящий зонд свободно плавает внутри остова токоввода.

Устройство работает следующим образом.

Требуемое давление токопроводящего зонда на поверхность полупроводникового образца 7 осуществляется пружиной. Диэлектрическая пробка притерта по отверстию остова токоввода и обеспечивает надежную его изоляцию и изоляцию пружины от кислородной плазмы. Выходящий из остова токоввода токопроводящий зонд 4 одет в диэлектрическую оболочку, которая плотно прилегает к стенкам остова токоввода. Прижимное устройство, жестко закрепленное на корпусе устройства, служит для получения нужного давления наконечника остова токоввода на поверхность окисляемого образца и для предотвращения смещения остова токоввода в горизонтальной плоскости.

Для получения диэлектрического окисного слоя на полупроводниковом образце последний подводится к окну плазменного генератора. Выходящая из генератора кислородная плазма омывает поверхность образца, подлежащую окислению, в результате чего происходит взаимодействие ионов полупроводника с кислородом, т.е. образуется и растет слой окисла, причем структура и толщина окисной пленки зависят от формовочного потенциала.

Выбором при помощи прижимного устройства и концевого устройства требуемого прилегания конца остова токоввода к окисляемому образцу можно получить высокую защиту контакта токопроводящего зонда 4 и образца от взаимодействия кислородной

плазмы, что приведет к увеличению формовочного потенциала без переброса тлеющего разряда на остов токоввода, т.е. позволит увеличить толщину растущего диэлектрического слоя и улучшить его структуру.

Надежный контакт токопроводящего зонда с образцом обеспечивается в течение всего процесса окисления в плазме O_2 оптимальным выбором давления пружины.

В результате возможно получение диэлектрического подзатворного слоя заданной в пределах от 0,01 до 1 мкм толщины с однородной структурой и высокими электрическими свойствами.

Литература

1. Сычик В. А. Измерительные преобразователи излучений на основе полупроводниковых приборных структур. – Мн.: Выш. школа, 1991. – 179 с.
2. Колдун М. М. Солнечные элементы. – М.: Наука, 1987. – 190 с.

УДК 681.3

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ НАГРЕВА ПОДЛОЖЕК

Сычик В. А. д. т. н., Русан В. И. д. т. н., инженеры Волков Н. Н.,
Адамович В. Ю., Пасеко И. В.

*УО «Белорусский национальный технический университет»
г. Минск, Республика Беларусь*

В технологии оптоэлектронных приборов нагрев подложек осуществляется посредством терморезистивных элементов и инфракрасных ламп [1]. Однако такие устройства нагрева не обеспечивают локальный нагрев подложек и вариацию их температуры в широких пределах, потребляют в процессе работы значительную электроэнергию.

Нами разработано устройство нагрева как полупроводниковых, так и диэлектрических подложек, которое обеспечивает локальный нагрев подложек с регулированием их температуры и минимальным потреблением электроэнергии. Такой эффект достигнут вследствие размещения нагревательного элемента внутри металлического столика, на котором закреплена подложка. Нагревательный эле-

мент выполнен из электропроводящей термостойкой пластины, которая термически закрыта и электрически изолирована от столика. Конструкция устройства нагрева подложек изображена на рисунке 1.

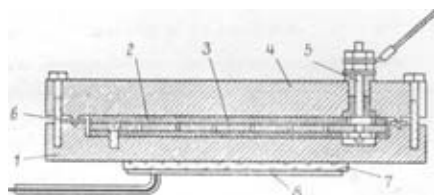


Рис. 1

Предлагаемый нагреватель содержит корпус 1 столика, диэлектрические прокладки 2, нагревательный элемент 3, крышку 4 столика и вакуумный токоввод 5.

Корпус столика выполнен из теплопроводящего неокисляемого и термостойкого материала, например из нержавеющей стали. Нагревательный элемент изготовлен из тугоплавкого металла (вольфрам, молибден и т.д.) плоской формы и размещен в выфрезерованном окне корпуса столика, причем одной стороной он жестко соединен с корпусом столика, в другой – с вакуумным токовводом. Вакуумный токоввод выполнен по стандартной технологии и жестко закреплен на крышке столика. Вторым токовводом является контакт поверхности столика с корпусом установки. Крышка столика вакуумно плотно соединена с его корпусом с помощью вакуумного уплотнения – металлической прокладки.

Диэлектрические прокладки, служащие для предотвращения короткого замыкания нагревательного элемента и максимальной передачи от него тепла на стенки корпуса, изготовлены из тугоплавкого вакуумного и теплопроводящего диэлектрика (например, окиснобериллиевой керамики).

С целью обеспечения непрерывности термостабильности процесса диэлектрическая подложка 7 с нанесенным слоем окисляемого вещества 8 жестко закрепляется на столике и подводится к кокну плазменного генератора.

Процесс подогрева подложки осуществляется следующим образом.

В момент подачи с помощью токоввода питающего напряжения постоянного или переменного тока на нагревательный элемент -

пластину он начинает быстро нагреваться. Выделяемое тепло посредством теплопередачи через диэлектрические теплопроводящие прокладки передается на металлический столик с закрепленной на ней подложкой и равномерно нагревает подложку. Выход на оптимальный режим нагрева происходит в течение 3 – 5 минут.

В начальный момент процесса нагрева используются токи высокой плотности, в результате чего происходит скоростной нагрев столика, поскольку выделяемая тепловая энергия расходуется только на его нагрев, причем поверхность столика равномерно нагревается по всей плоскости соприкосновения с подложкой благодаря высокой теплопроводности диэлектрических прокладок и минимальному объему, занимаемому плоским нагревателем внутри столика.

После достижения необходимой температуры расход электроэнергии снижается в связи с уменьшением плотности тока нагревателя до значения, требуемого для поддержания оптимальной температуры подложки.

Потребляемая устройством нагрева подложек электрическая мощность $P = U \cdot I$, где $U \cong 12$ В питающее напряжение, не превышает 5 Ватт, в то время как аналогичные нагревательные устройства потребляют электрическую энергию мощностью более 50 Ватт.

Литература

1. Бубенников А. Н. Физическое моделирование и технология полупроводниковых приборов и ИС. – М.: Высш. школа, 1989. – 360 с.
2. Сычик В. А. Измерительные преобразователи излучений на основе полупроводниковых приборных структур. – Мн.: Высш. школа, 1991. – 179 с.

УДК 621.577

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ В СИСТЕМАХ ВЕНТИЛЯЦИИ ПТИЧНИКОВ

Трошев Д.С.

*УО «Гомельский государственный технический университет
имени П.О. Сухого», г. Гомель, Республика Беларусь*

Расчет средней температуры и среднего расхода воздуха на содержание птицы. Так как при выращивании птицы в зависимости от

ее возраста температура изменяется, то определим среднюю температуру удаляемого из птичника воздуха, °C:

$$t_{CP} = \sum \frac{t_i \cdot \tau_i}{n} \quad (1)$$

где t_i - температура внутри птичника при определенном возрасте птицы, °C (данные из технологии выращивания бройлеров по РУП «Белоруснефть-Особино»);

τ_i - продолжительность периода с постоянной температурой, сут;

n - продолжительность посадки птицы, сут.

$$t_{CP} = 961 / 42 = 22,9 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Средний расход воздуха составит, м³/ч:

$$V_{CP} = \sum \frac{v_i \cdot \tau_i}{n} \cdot z \quad (2)$$

где v_i - расход воздуха на одну птицу при определенном возрасте птицы, м³/ч (данные из технологии выращивания бройлеров по РУП «Белоруснефть-Особино»);

τ_i - продолжительность периода с определенным расходом, сут;

z - количество птицы в птичнике;

n - продолжительность посадки птицы, сут.

Таблица 1

Данные для расчета средней температуры в птичнике
(для производства бройлеров)

Температура, t_i , °C	Дни τ_i	$t_i \cdot \tau_i$
30	2	60
29	4	116
27	3	81
26	3	78
25	3	75
24	3	72
23	3	69
22	3	66
21	5	105
19	5	95
18	8	144
Итого	42	961

По птичникам среднее количество птицы составляет 25000 шт. Тогда средний расход воздуха составит 16779 м³/ч.

Таблица 2

Исходные данные для расчета среднего расхода воздуха по птичникам
(для производства бройлеров)

Масса птицы, кг	Воздухо- обмен на 1 голову, м ³ /ч	День достиже- ния массы	Средний воздухообмен за период содержания, м ³ /ч	Продолжи- тельность периода содержания
0,05	0,074	1	0,074	1
0,1	0,125	4	0,0995	3
0,2	0,21	6	0,1675	2
0,3	0,285	11	0,2475	5
0,4	0,353	14	0,319	3
0,5	0,417	16	0,385	2
0,6	0,479	18	0,448	2
0,7	0,537	19	0,508	1
0,8	0,594	21	0,5655	2
0,9	0,649	22	0,6215	1
1,4	0,904	26	0,7765	4
2	1,181	35	1,0425	9
2,4	1,354	42	1,2675	7

Установка воздушного теплового насоса

Для утилизации тепловой энергии вентвыбросов возможно два варианта: установка рекуператора теплоты или теплового насоса. Применение рекуператора тепловой энергии позволяет утилизировать до 70% сбросного тепла. Для утилизации оставшейся части теплоты предлагается установить тепловой насос. Однако если его устанавливать только на нагрев приточного воздуха, то его эффективность по сравнению с пластинчатым рекуператором не является очевидной. Это связано с тем, что, во-первых тепловой насос потребляет значительное количество электрической энергии, а во-вторых по закону сохранения энергии мы не можем охлаждать воздух до температуры ниже температуры окружающей среды, так как это приведет к повышению температуры воздуха в птичнике и как следствие нарушению теплового режима содержания птицы. Однако если часть тепла использовать для компенсации тепловых потерь через ограждающие конструкции, то это позволит значительно увеличить глубину утилизации теплоты вентвыбросов. Для этого часть приточного воздуха с более высокой температурой должна подаваться вблизи ограждающей конструкции, тем самым компенсируя тепловые потери.

Для птичников РУП «Белоруснефть-Особино» теплопотери через ограждающие конструкции после терморенновации составляют приблизительно 250 Гкал/год.

Действительный коэффициент преобразования реально цикла можно рассчитать по формуле[1]:

$$\mu_{ПТН} = \mu_{ид} \cdot \varphi, \quad (3)$$

где $\mu_{ид}$ – коэффициент преобразования идеального цикла Карно;

φ – коэффициент, учитывающий реальные процессы, осуществляемые рабочим телом в ПТН.

$$\mu_{ид} = \frac{T_K}{T_K - T_O}, \quad (4)$$

где T_K и T_O – температура кипения и конденсации рабочего тела.

$$T_K = 273 + (t_{CP} + (5 \div 10)), \text{ К}, \quad (5)$$

$$T_O = 273 + (t_{ВЫБ} - (2 \div 4)), \text{ К}, \quad (6)$$

где t_{CP} , $t_{ВЫБ}$ – температуры горячего источника теплоты (нагреваемого воздуха) на выходе из конденсатора и холодного источника теплоты (охлаждаемого воздуха) на выходе из испарителя ПТН.

Практические значения φ составляют 0,55–0,70, при этом более низкие значения соответствуют более крупным агрегатам[1].

Для нахождения минимальной температуры удаляемого воздуха после теплового насоса составим уравнение теплового баланса:

$$Q_{КОНД} = \frac{\mu}{\mu - 1} \cdot V_{CP} \cdot C_{ВОЗД} \cdot (t_{CP} - t_{ВЫБ}) \cdot \rho \cdot N_{РАБ} \cdot \eta \cdot 10^{-6} \quad (7)$$

$$Q_{КОНД} = V_{CP} \cdot C_{ВОЗД} \cdot (t_{CP} - t_{CP.OT}) \cdot \rho \cdot N_{РАБ} \cdot \eta \cdot 10^{-6} + Q_{OT}^{ГОД}$$

где $C_{ВОЗД} = 0,24$ ккал/(кг·°C) – теплоемкость воздуха;

$t_{CP.OT} = -1$ °C – средняя за отопительный период температура наружного воздуха для г. Гомеля [2];

$\rho = 1,18$ кг/м³ – плотность воздуха; $N_{РАБ}$ – число часов работы системы вентиляции за отопительный период, ч:

$$N_{РАБ} = (N_{OT} - N_{ПЕР}) \cdot 24 \quad (8)$$

$N_{ПЕР}$ – межпосадочный период, сут;

Т.к. $Q_{\text{ИСП}} = f(t_{\text{ВЫБ}})$ и $\mu = f(t_{\text{ВЫБ}})$, то задавая температуру $t_{\text{ВЫБ}}$, методом последовательных приближений уравниваем 2 уравнения системы уравнений (7). Таким образом минимальная средняя температура выброса составит $-7,8^{\circ}\text{C}$.

Рассчитаем экономию условного топлива от применения теплового насоса, работающего на теплоте вентвыбросов при минимальной температуре выбросов.

Теплота, отобранная в испарителе, Гкал :

$$Q_{\text{ИСП}} = V_{\text{СР}} \cdot C_{\text{ВОЗД}} \cdot (t_{\text{СР}} - t_{\text{ВЫБ}}) \cdot \rho \cdot N_{\text{РАБ}} \cdot \eta \cdot 10^{-6} \quad (9)$$

Количество электроэнергии, затраченное в компрессоре, тыс. кВт·ч:

$$W_{\text{КОМ}} = \frac{1}{\mu - 1} \cdot Q_{\text{ИСП}} \cdot 1,16 \quad (10)$$

Количество теплоты, отданное в конденсаторе, Гкал:

$$Q_{\text{КОНД}} = \frac{\mu}{\mu - 1} \cdot Q_{\text{ИСП}} \quad (11)$$

Экономия тепловой энергии, т у.т.[3]:

$$\Delta B_{\text{ГЭ}} = Q_{\text{ГОД}} \cdot 0,175 \quad (12)$$

Увеличение расхода условного топлива за счет роста потребления электрической энергии, т у.т.:

$$\Delta B_{\text{ЭЭ}} = (\Delta W_{\text{В}} + W_{\text{КОМП}}) \cdot 0,28 \cdot 10^{-3} \quad (13)$$

Изменение расхода условного топлива, т у.т.:

$$\Delta B = \Delta B_{\text{ГЭ}} - \Delta B_{\text{ЭЭ}} \quad (14)$$

Таблица 3

Расчет экономии условного топлива от внедрения теплового насоса

$t_{\text{ВЫБ}},$ $^{\circ}\text{C}$	μ	$Q_{\text{ИСП}},$ Гкал	$Q_{\text{КОНД}},$ Гкал	$W_{\text{КОМ}},$ тыс. кВт·ч	$\Delta B_{\text{ГЭ}},$ т у.т.	$\Delta B_{\text{ЭЭ}},$ т у.т.	$\Delta B_{\text{ГОД}},$ т у.т.
-7,8	4,84	519,8	655,3	157,1	114,68	51,45	63,23
-7	4,93	506,3	635,0	149,3	111,12	49,24	61,88
-5	5,19	472,4	585,0	130,6	102,38	44,03	58,35
-3	5,48	438,6	536,4	113,4	93,86	39,21	54,65
-1	5,81	404,7	488,9	97,6	85,55	34,79	50,76
1	6,17	370,8	442,5	83,2	77,44	30,74	46,71
3	6,58	337,0	397,3	70,0	69,53	27,04	42,48
5	7,06	303,1	353,1	58,0	61,80	23,70	38,10
7	7,60	269,2	310,0	47,3	54,25	20,69	33,56

Так же проследим зависимость изменения экономии условного топлива от внедрения теплового насоса в зависимости от температуры выброса охлажденного воздуха. Расчеты аналогичны вышеприведенным. Результаты приведены в таблице 3 и на рисунке 1.

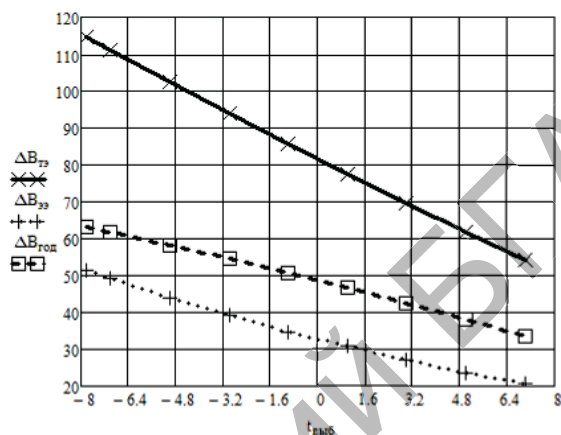


Рис. 1 – Результаты расчета экономии условного топлива от внедрения теплового насоса в т.у.т. при различных $t_{\text{ВЫБ}}, ^\circ\text{C}$

Как видно из расчетов установка теплового насоса дает существенную экономию топливно-энергетических ресурсов.

Список использованных источников

1. Проценко В.П., Радченко В.А. Коэффициент преобразования парокон-прессионных тепловых насосов./ В.П. Проценко // Тепло-энергетика – 1998 – №8, С 32-42.
2. Строительная климатология/ Изменение № 1 СНБ 2.04.02-2000. Дата введения 01.07.2007г. – Минск : Міністэрства архітэктуры і будаўніцтва Рэспублікі Беларусь, 2007 – 35с.
3. Приказ Министерства статистики и анализа Республики Беларусь от 21 декабря 1999 г. №281 "Об утверждении государственной статистической отчетности по формам 4-сн, 11-сн и приложений 1, 2, 3 к ней" [Электронный ресурс] – 2006. Режим доступа <http://arc.pravoby.info/documentd/part3/aktd3567.htm> . Дата доступа 03.09.2013г.

ТЕПЛОВЫЕ НАСОСЫ В СИСТЕМАХ ОХЛАЖДЕНИЯ МОЛОКА

Цубанов И. А. УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

Целью Республиканской программы развития молочной отрасли в 2010-2015 годах является повышение экономической эффективности путем производства конкурентоспособной продукции на базе внедрения интенсивных энерго- и ресурсосберегающих технологий производства. В связи с этим особое значение приобретает внедрение прогрессивных систем охлаждения молока (СОМ) как средства, с одной стороны, повышения сохранности и качества молока, а с другой – снижения энергозатрат.

Анализируя СОМ необходимо обратить внимание на то обстоятельство, что свежесвыдоенное молоко имеет температуру 35°C и может служить вторичным энергоресурсом.

Эффективной СОМ представляется система, состоящая из пластинчатого молокоохладителя и теплового насоса (рис. 1). Водопроводная вода, нагретая при охлаждении молока, может быть использована в системе горячего водоснабжения (например, непосредственно для поения телят и коров).

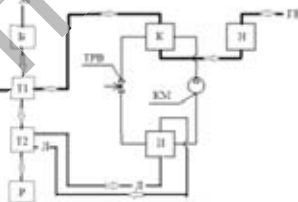


Рис. 1 – Принципиальная схема СОМ с тепловым насосом:

Б – бак-молокосборник; Т1 и Т2 – секции охлаждения водопроводной и ледяной водой; Р – резервуар-термос; К и И – конденсатор и испаритель теплового насоса; КМ – компрессор; ТРВ – терморегулирующий клапан; Н – нагреватель; В, Л и ГВ – водопроводная, ледяная и горячая вода.

Выполним расчет достигаемого экономического эффекта при замене традиционной системы охлаждения с резервуарами-охладителями без рекуператоров теплоты на СОМ с пластинчатым молокоохладителем и тепловым насосом. В обоих вариантах ос-

новным источником теплоты в системе горячего водоснабжения фермы является электроводоподогреватель [1].

Экономический эффект достигается за счет экономии электроэнергии, потребляемой МТФ, и увеличения дохода при повышении сортности молока при быстром его охлаждении.

Исходные данные к расчету:

- число коров $n = 600$ коров;
- среднегодовой удой $M = 5000$ л/год;
- число доек $k = 2$ со средней продолжительностью $\tau = 2,5$ ч;
- температура свежесцеженного молока $t_1 = 35^\circ\text{C}$;
- температура молока на выходе из секции охлаждения водопроводной водой $t_2 = 18^\circ\text{C}$;
- температура охлажденного молока $t_0 = 4^\circ\text{C}$;
- температура холодной воды $t' = 5^\circ\text{C}$;
- температура нагретой воды на выходе из конденсатора теплового насоса $t'' = 45^\circ\text{C}$.

Тепловой поток, передаваемый в секции охлаждения водопроводной водой:

$$\Phi_1 = 0,28c\rho Mn(t_1 - t_2)10^{-6} / (365k\tau), \quad (1)$$

где c – удельная теплоемкость молока, кДж/(кг·К); ρ – плотность молока, кг/м³.

$$\Phi_1 = 0,28 \cdot 3,93 \cdot 1030 \cdot 5000 \cdot 600 (35 - 18) 10^{-6} / (365 \cdot 2 \cdot 2,5) = 31,67 \text{ кВт.}$$

Требуемая холодопроизводительность теплового насоса:

$$\Phi = 0,28k_1c\rho Mn(t_1 - t_2)10^{-6} / (365k\tau), \quad (2)$$

где k_1 – коэффициент неравномерности суточного надоя.

$$\Phi = 0,28 \cdot 1,15 \cdot 3,93 \cdot 1030 \cdot 5000 \cdot 600 (18 - 4) 10^{-6} / (365 \cdot 2 \cdot 2,5) = 30 \text{ кВт.}$$

При заданном температурном режиме работы теплового насоса коэффициент преобразования $\mu = 3$ [2].

Теплопроизводительность теплового насоса:

$$\Phi_2 = \Phi \frac{\mu}{\mu - 1} = 30 \frac{3}{3 - 1} = 45 \text{ кВт.}$$

Количество теплоты, производимой за год и расходуемой на нагрев воды:

- в 1-ой ступени молокоохладителя

$$Q_1 = 365\Phi_1 k\tau = 365 \cdot 31,67 \cdot 2 \cdot 2,5 = 57800 \text{ кВт}\cdot\text{ч};$$

– в тепловом насосе

$$Q_2 = 365\Phi_2 k\tau = 365 \cdot 45 \cdot 2 \cdot 2,5 = 82125 \text{ кВт}\cdot\text{ч};$$

– в системе охлаждения в целом

$$Q = Q_1 + Q_2 = 57800 + 82125 = 139925 \text{ кВт}\cdot\text{ч}.$$

Экономия электроэнергии определяется теплотой, производимой СОМ с молокоохладителем и тепловым насосом: $\Delta Э = Q = 139925 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$.

Экономия электроэнергии в денежном выражении:

$$\Delta C = \Delta Э C_{\text{эл}} = 139925 \cdot 560 = 78358000 \text{ руб.} = 9165\$.$$

Кроме того, увеличение на 15% выхода молока сорта «экстра» взамен молока высшего сорта увеличит доход фермы на $\Delta C_I = 23400\$$.

При расчете экономического эффекта было принято, что 30% увеличения дохода достигается за счет предлагаемой СОМ.

В таком случае суммарный экономический эффект:

$$\Delta C_{\Sigma} = \Delta C + 0,3\Delta C_M = 9165 + 0,3 \cdot 23400 = 16185\$.$$

Литература

1. Яковлева, Т. Электронагрев: экономия энергоресурсов, современные технологии, экологическая безопасность, повышенный уровень комфорта / Т.Яковлева // Энергетика и ТЭК, №7/8, 2010. – С. 12-16.
2. Цубанов, А.Г. К расчету энергоэффективности применения теплонасосных установок в системах теплоснабжения / А.Г. Цубанов, А.Л. Синяков, И.А.Цубанов // Агропанорама, №1, 2011.– С.22-26.

УДК 631.371

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ АБСОРБЦИОННОГО ТИПА С СОЛНЕЧНЫМИ КОЛЛЕКТОРАМИ В СИСТЕМАХ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

Черевко Г.В., д.э.н., профессор, Сиротюк В.Н., к.т.н., профессор,
Сиротюк А.В., к.э.н., доцент, Е. Савченко

Львовский национальный аграрный университет, г. Львов, Украина

В условиях растущего энергетического кризиса ведутся значительные научные исследования, направленные на поиск вариантов

замещения в системах энергоснабжения части энергии с использованием возобновляемых источников. Одним из направлений обеспечения энергетического баланса в системах охлаждения воздуха в помещениях в летний период года есть использование солнечной энергии. Преобразование солнечной лучевой энергии в тепловую может быть осуществлено с наивысшим коэффициентом превращения. В то же время ее превращение в электрическую на базе фотоэлектрических панелей осуществляется обычно с коэффициентом превращения 0,15-0,17, и которая в дальнейшем, также может быть использовать для получения искусственного холода.

В летний период года не чувствуется дефицит тепловой энергии вследствие интенсивной солнечной радиации, однако есть острая потребность технологического холода. Для превращения солнечной тепловой энергии в искусственный холод могут быть использованы тепловые насосы абсорбционного типа, в которых как первичный источник энергии может быть использована тепловая энергия солнца. Причем, тепловая энергия, полученная с помощью солнечных коллекторов без концентрации светового потока, имеет температурный диапазон от 50 до 200 °С и может быть эффективно использована в тепловых насосах абсорбционного типа.

Следует заметить, что тепловые насосы могут работать в инверсном режиме, однако использование солнечной тепловой энергии для отопления производственных, административных и бытовых помещений усложняется низкой ее интенсивностью и суточной длительностью солнечного излучения в зимний период года, когда потребность в отоплении максимальна. Иной является ситуация с потребностью холода в летний период года, когда существенно растет интенсивность солнечной радиации и есть необходимость понижения температуры в производственных и бытовых помещениях, а также в хранилищах временного хранения растительной и животной продукции.

Низкопотенциальная тепловая энергетика, будучи новым направлением холодильной науки и техники, вносит свой вклад в решение мировой проблемы энергосбережения. Это направление связано с экономией топливно-энергетических ресурсов, защитой окружающей среды от теплового и других видов загрязнений и базируется преимущественно на использовании для получения холода, теплоты и электроэнергии солнечных ресурсов.

Применение абсорбционных холодильных машин и тепловых насосов, направленных на создание и внедрение энергосберегающих технологий, может способствовать увеличению выпуска продукции, повышению ее качества, улучшению условий труда на предприятиях, которые будут иметь высокий уровень энергосбережения. В среднем по нашей стране потенциал энергосбережения составляет 30-35% потребление разных видов энергии, а расходы на любое энергосберегающее мероприятие в 2-3 раза меньше, чем на добывание и производство энергоресурсов. Это подтверждает целесообразность и актуальность проблемы, которая касается разработки энергосберегающих технологий и их продвижения на рынок страны.

Таким образом, если использование систем кондиционирования воздуха становится тенденцией, то целесообразно изменить принципиальный подход и к системам хладоснабжения объектов.

Проблема тепло- хладоснабжения больших объектов решается обычно обустройством автономной котельной, тогда как для энергоснабжения объектов малой мощности могут быть использованы солнечные тепловые системы с абсорбционными машинами схема использования которых подана на рисунку.

Первым и основным преимуществом холодильной абсорбционной машины является то, что она не потребляет электроэнергию на реализацию холодильного цикла. Электроэнергия тратится только на перемещение сред – работу насосов и вентиляторов. В данном случае дело не в том, что электроэнергия дорога для потребителя, а в том, есть ли возможным подключение к центральной сети.

Поэтому целесообразно для электроснабжения циркуляционных насосов использовать солнечные фотоэлектрические панели, соответствующей мощности, которые обычно являются достаточно малой по сравнению с тепловой. Это обеспечит полную автономность системы кондиционирования воздуха только с использованием энергии солнца.

Из анализа литературных источников vyplывает, что приведенные затраты на сооружение системы хладоснабжения с использованием абсорбционного теплового насоса значительно меньше от системы с парокомпрессионным тепловым насосом. Эксплуатационные расходы таких систем с использованием абсорбционного теплового насоса также более чем в полтора раза меньше.

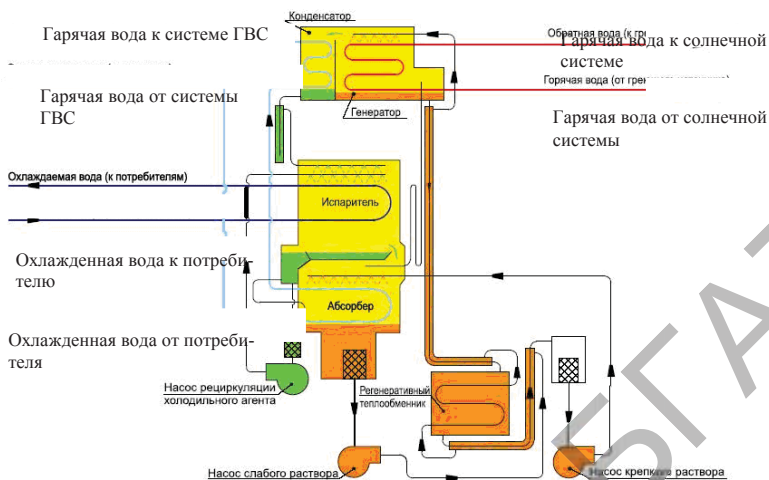


Рис. 1 Одноступенчатая АБХМ, работающая на горячей воде от автономной котельной

Рис. 1 Схема абсорбционной холодильной машины.

Еще одним важным преимуществом машин абсорбции является низкий уровень акустического шума в их работе. Уровень собственных шумов установок даже мощностью в 1500 кВт не превышает 65 дБл. Кроме того, они отвечают требованиям протоколов Монреаля и Киото, то есть не способствуют разрушению озонового слоя и глобальному потеплению, поскольку в машинах абсорбции не используются хладоны, вытек которых и является причиной разрушения озонового слоя.

Однако основным недостатком абсорбционных холодильных установок является низкий коэффициент преобразования энергии, который в лучшем случае приближается к двум. Они также имеют большую металлоемкость и габариты чем парокомпрессионные. Однако следует учитывать, что тепловая энергия намного дешевле электрической, а использование тепловой солнечной энергии позволяет надеяться на повышение эффективности таких систем.

Следует также отметить, что снижение инвестиционных расходов почти в три раза, а эксплуатационных - приблизительно в два раза, дается не так легко, как может показаться на первый взгляд.

Проведенный обзор свидетельствует об экономических, энергетических и экологических перспективах использования тепловых насосов абсорбционного типа, в рефрижеративных системах аграрного производства и быта, благодаря использованию тепловой энергии

солнца, как первичного источника энергии. Эффективность их использования особенно высока в летний период года, который характеризуется значительным потенциалом солнечной энергии и потребностью генерирования искусственного холода. Кроме того, этот период совпадает с вегетацией растений и производством растительной и животной продукции, а также потребностью ее хранения.

Литература

1. Азаров А.И., Анисимов А.В. Исследование абсорбционно-диффузионного холодильника в транспортных условиях // Холодильная техника и технология. - Киев, 1975. -№ 20. -С. 49-53.
2. Холодильные машины: Учебник для студентов втузов специальности «Техника и физика низких температур»/А. В. Бараненко, Н. Н. Бухарин, В. И. Пекарев, Л. С. Тимофеевский: Под общ. ред. Л. С. Тимофеевского.- СПб.: Политехника, 1997 г.- 992с.

УДК 621.516

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ПРИ РАБОТЕ ВОДОКОЛЬЦЕВОГО ВАКУУМНОГО НАСОСА

Шилин В.А., к.т.н., профессор, О.А. Герасимова к.т.н.,
ст. преподаватель

Великолукская ГСХА, г. Великие Луки, Российская Федерация

Наиболее важным в существующих условиях является увеличение производства молока, которого можно добиться при использовании достаточно высокого потенциала пастбищ в летний период. За этот период хозяйства производят 60...65 % всего количества молока. И это не предел.

Поэтому указанное направление имеет большое значение для хозяйств региона, обладающих большими площадями неиспользуемых или нерационально используемых пастбищ, в том числе отдаленных на значительное расстояние от центральной усадьбы.

На это нацелено выполнение долговременной региональной программы «АГРОСЕВЕРОЗАПАД 2015», имеющей научно-исследовательский и прикладной характер с конечной целью – разработка, апробация и внедрение результатов в конкретных сельскохозяйственных предприятиях животноводческого направления ЗАО

«Великолукское» Великолукского района и СПК «Красное Знамя» Новосokolьнического района Псковской области, занимающихся производством молока в условиях пастбищ как перспективного направления в повышении эффективности молочного животноводства.

По предлагаемой нами технологии, в состав вакуумной установки УДС-ЗБ включены: водокольцевой вакуумный насос 1 типа ВВН; магистральный вакуумпровод; преобразователь частоты, датчик вакуумметрического давления, водопровод рабочей жидкости; водосборник.

Анализ научных работ отечественных и зарубежных исследователей показал, что даже незначительное отклонение параметров вакуумного режима доильной установки приводит к росту числа заболеваний коров маститом, вызывает снижение их продуктивности и качества молока. А при неполной загрузке вакуум-силовой установки, когда одновременно доят не 6, а 2 или 4 коровы, существующие насосы работают на полную мощность, а через вакуум-регулятор в систему поступает атмосферный воздух.

Возможность управления частотой вращения короткозамкнутых асинхронных электродвигателей была доказана сразу же после их изобретения. Реализовать эту возможность удалось лишь с появлением силовых полупроводниковых приборов – сначала тиристоров, а позднее транзисторов IGBT. В настоящее время во всем мире широко реализуется способ управления асинхронной машиной, которая сегодня рассматривается не только с точки зрения экономии энергии, но и с точки зрения совершенствования управления технологическим процессом/ 1 /. Общий вид экспериментальной установки для исследования работы вакуумного насоса с преобразователем частоты приведен на рисунке 1.

Установка для проведения исследований включает водокольцевой вакуумный насос с приводом от асинхронного двигателя трехфазного переменного тока, преобразователь частоты ОВЕН 103-4K0-B, датчик-реле вакуумметрического давления ДРМ-Н-20, вакуумпровод с 8-ю кранами для подключения доильных аппаратов, анализатор качества электроэнергии UMG 96 S.

Вакуумпровод выполнен в трех исполнениях различного диаметра из полипропиленовой трубы.

Электрическая часть установки представлена на рисунке 2.



Рис. 1 – Экспериментальная установка



Рис. 2 – Векторный преобразователь частоты с анализатором качества электроэнергии

Изменение частоты вращения вакуумного насоса должно осуществляться при изменении вакуумметрического давления в вакуумпроводе. Для этого установлен датчик-реле разряжения, который подает сигнал на преобразователь частоты, последний же изменяет обороты электродвигателя, и соответственно насоса.

Принцип работы экспериментальной установки заключается в следующем. При подключении преобразователя частоты к источнику трехфазного переменного тока включается в работу асинхронный электродвигатель, вращающий ротор водокольцевого вакуумного насоса. Соответственно, в вакуумпроводе создается рабочее разряжение, необходимое для доения коров на пастбищных комплексах. Оно соответствует 40...44 кПа для аппарата «Профимилк» и при 8-ми подключенных доильных аппаратах, максимального возможного набора, входящего в комплект универсальной доильной станции УДС-ЗБ. Затем производились измерения всех рабочих параметров при 4, 6 и 8 подключенных доильных аппаратах.

В результате проведенных экспериментальных работ выявленные затраты энергии на привод насоса снизились от исходных на 23...26%.

Выполненные эксперименты и полученные предварительные результаты свидетельствуют о перспективности выбранного направления по использованию преобразователя частоты, с точки зрения обеспечения вопроса энергосбережения и обеспечения оптимального рабочего разряжения при дойке.

Литература

1. Шилин В.А. Энергосберегающая система с частотно-регулируемым приводом для пастбищных комплексов / В.А. Шилин, О.А. Герасимова, Вестник ВНИИМЖ, ежеквартальный научный журнал, №1, 2012.

УДК-620.91/98

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЛОМЫ В КАЧЕСТВЕ БИОЛОГИЧЕСКОГО ТОПЛИВА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ

Климкович А.Н. магистрант, УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

В настоящее время во всём мире стоит проблема с энергоресурсами. Во первых это вызвано постоянными повышениями цен, а во вторых – их исчерпаемостью. Как известно традиционные источники энергии рано или поздно закончатся, а способа их восстановления нет. Учёные многих стран занимаются этой проблемой – а именно ищут альтернативу традиционным энергоресурсом. Так планируется перейти с ископаемых видов ресурсов (газа, нефти, угля), на альтернативные аналоги, а именно ими должно стать биологическое топливо.

Индивидуальные отличия тех или иных видов биотоплива заключаются в первую очередь в различном процентном содержании влаги в зависимости от способа получения, места и продолжительности хранения, подверженности естественной или искусственной сушке.

Но мы остановимся и рассмотрим в качестве биологического топлива солому, которую можно использовать в качестве хорошего топлива в воздухонагревателях входящих в состав зерночестительно-сушильных комплексов. Особенно актуально использования воздухонагревателей на соломе в тех хозяйствах, где имеются большие её остатки после уборки зерновых культур. Так же не везде есть возможность использования природного газа в качестве топлива, ввиду его отдалённости от места установки комплекса.

Использование соломы в качестве топлива даёт ряд преимуществ:

»солома это СО₂ – нейтральный вид топлива, при сгорании не образуются выбросы оксидов серы, и поэтому представляет собой экологически чистый источник энергии;

› является местным видом топлива, достаточно распространенным в сельскохозяйственных районах;

› солома — побочный продукт производства зерна, а значит, относительно дешевый вид топлива, в сравнении с традиционным топливом (газом, углем, мазутом)

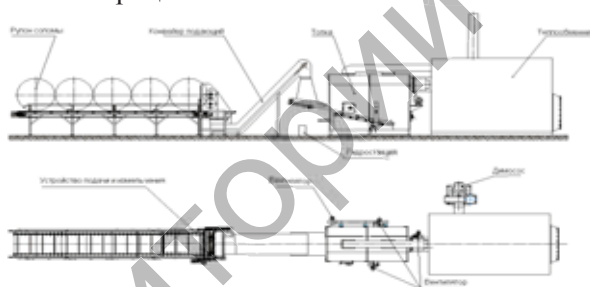
› возобновляемость запасов;

› при фотосинтезе в процессе роста в растениях связывается точно такое же количество углерода, которое выбрасывается в атмосферу при их сжигании (или гниении).

Воздухонагреватель имеет нескольких составляющих:

- устройство подачи и измельчения
- конвейер подающий
- накопительный бункер
- топка
- теплообменник

Технологический процесс сжигания соломы:



Солома рулонами с загружается на устройство подачи. Далее после погрузки солома поступает в устройство измельчения где с помощью барабанов солома измельчается до определённого размера. Это необходимо для более удобной транспортировки её в топку, а так же для более лучшего сгорания. После измельчения солома с помощью подающего конвейера поступает в накопительный бункер, откуда непосредственно будет происходить её подача в топку. Скорость и следовательно количество подаваемой соломы в топку будет зависеть от количества теплоты, которое необходимо будет получать на выходе. Газы, полученные в процессе сгорания поступают в теплообменник, где они нагревают атмосферный воздух и затем удаляются.

Данный воздушнонагреватель универсален. Имеется возможность использования в качестве топлива помимо соломы ещё и древесную щепу, так же являющейся биологическим топливом и продуктом отходов деревообработки.

Таблица 1

Сравнение теплофизических свойств топлива и цен на них

№	Вид топлива	Теплотворная способность		Тепловой эквивалент	Цена топлива	Затраты на получение 1 Мдж
		МДж/кг	кКал/кг			
1	Природный газ	41	9800	1	2700 руб./м3	65,8
2	Дизельное топливо	42,2	10800	1,028	8150 руб./кг	193,1
3	Солома (W=20%)	14,2	3390	0,345	80 руб./кг	5,6
4	Щепа (W=40%)	10,2	2440	0,248	450 руб./кг	44,1
5	Горф фрезерный (W=40%)	10	2386	0,243	180 руб./кг	18
6	Горф брикетный	19,3	4606	0,47	480 руб./кг	24,8

Учитывая теплотворную способность представленных видов топлива а так же цены на них сразу заметно превосходство соломы над другими видами топлива.

Конечно у соломы есть свои недостатки: это трудность при сортировке и доставке, возникает вопросы где и как хранить, использовать солому можно только при оптимальной её влажности, дорогостоящее оборудование для её использования.



Однако при разумном подходе солома будет использоваться как дешёвый, доступный и возобновляемый источник получения тепловой энергии.

Литература

1. Электронный ресурс – режим доступа: <http://www.c-o-k.ru/articles/szhiganie-solomy-dlya-proizvodstva-teplovoy-energii>

Время доступа 30.09.2013

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОЙ КОНФИГУРАЦИИ АВТОНОМНЫХ КОМБИНИРОВАННЫХ ЭНЕРГОУСТАНОВОК С ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ И ВЕТРОГЕНЕРАТОРАМИ

Азизов П.М.-аспирант, Лисовский В.В. – к.т.н., доцент
УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет», г. Минск, Республика Беларусь

Моделирование является важным этапом в выборе оптимальной конфигурации комбинированной энергоустановки. Рассмотренная энергоустановка (рисунок 1), состоит из трех основных подсистем: фотоэлектрического генератора, ветрогенератора и аккумуляторной батареи. Ниже описаны модели компонентов комбинированной энергоустановки.

Поскольку при эксплуатации фотоэлектрической установки наибольший интерес представляет ее работа в режиме максимальной выходной мощности, для оценки фотоэлектрических систем целесообразным представляется использование моделей, описывающих именно такой режим их работы.

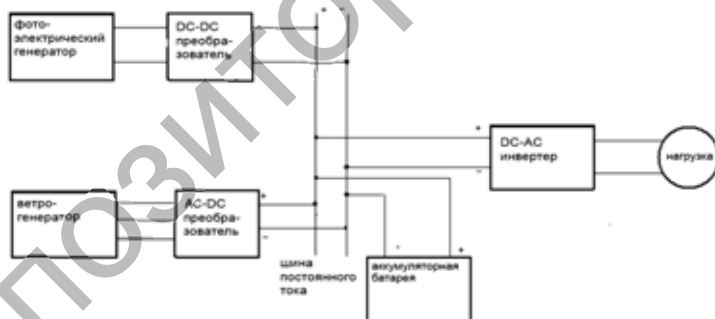


Рис. 1 – Структурная схема комбинированной энергоустановки

Зная мощность солнечного излучения доступны на единицу площади, температуру окружающей среды и данные, указанные производителем фотоэлектрических модулей, выходную мощность фотоэлектрического генератора, $P_{солн}$, можно рассчитать в соответствии со следующими уравнениями [1]:

где $W_{\text{бат}}(t)$ и $W_{\text{бат}}(t-1)$ – запасенная энергия (Вт·ч) в час t и $t-1$, соответственно; $\eta_{\text{бат}}$ – КПД батареи; σ – скорость саморазряда; $W_{\text{солн}}(t)$ и $W_{\text{ветр}}(t)$ – энергия, выработанная фотоэлектрическим и ветрогенератором соответственно, $W_{\text{нагр}}(t)$ – потребность нагрузки в час t , $\eta_{\text{инв}}$ – КПД инвертора.

В описываемом методе выбора конфигурации энергоустановки в качестве критерия оценки надежности системы используется доля покрытия потребности нагрузки [2, 9, 10].

Мощность, $P_{\text{полн}}(t)$, вырабатываемую ветрогенератором и фотоэлектрическим генератором на протяжении часа t можно рассчитать следующим образом:

$$P_{\text{полн}}(t) = P_{\text{солн}}(t) + P_{\text{ветр}}(t) \quad (12)$$

Затем входная мощность инвертора, $P_{\text{инв}}(t)$, рассчитывается исходя из требуемой мощности нагрузки:

$$P_{\text{инв}}(t) = \frac{P_{\text{нагр}}(t)}{\eta_{\text{инв}}} \quad (13)$$

где $P_{\text{нагр}}(t)$ – мощность, потребляемая нагрузкой в течение часа t , $\eta_{\text{инв}}$ – КПД инвертора.

Долю покрытия потребности нагрузки $r_{\text{деф}}$ в рассматриваемый период T можно определить как отношение суммы значений дефицита энергии $W_{\text{деф}}(t)$ для каждого шага моделирования за заданный период к потребности нагрузки в энергии $P_{\text{нагр}}(t)\Delta t$ за этот же период (16). $r_{\text{деф}}$ выбрана критерием для оценки надежности систем, использующих аккумуляцию энергии.

$$r_{\text{деф}}(T) = \frac{\sum_{t=1}^T W_{\text{деф}}(t)}{\sum_{t=1}^T P_{\text{нагр}}(t)\Delta t} \quad (16)$$

T – рассматриваемый период работы энергоустановки (один год).

На рисунке 2 продемонстрирован алгоритм определения надежности энергоснабжения. Набор входных данных алгоритма состоит из почасовых значений облученности, скорости ветра, температуры, мощности нагрузки, а также требуемого уровня $r_{\text{деф}}$ и технических характеристик компонентов системы. Для заданных значений $r_{\text{деф}}$ и периода работы T , определенное подмножество множества

конфигураций может достичь заданной уровня покрытия потребности нагрузки. Оптимальную конфигурацию можно выбрать из этого множества конфигураций по признаку наименьшей нормированной стоимости энергии.



Рис. 2 – Алгоритм выбора оптимальной конфигурации

Литература

1. Markvard T. 2000. Solar electricity, the second ed., USA. Willey.
2. Yang Lu, L., Burnett, J. H.X. 2002. Investigation on wind power potential on Hong Kong islands-an analysis of wind power and wind turbine characteristics. *Renewable Energy* 27, 1-12.
3. Chedid, R., Rahman, S. 1998. A decision support technique for the design of hybrid solar wind power systems. *IEEE Transactions on Energy Conv.* 13(1), 76-83.
4. Eftichios K., Dionissia K., Antonis P., Kostas K. 2006. Methodology for optimal sizing of stand alone photovoltaic/wind generator systems using genetic algorithms. *Solar Energy* 80, 1072-1088.
5. Lysen, E. H. 1983. Introduction to Wind Energy, second ed., SWD 82-1 Holland.
6. Troen, I, Petersen, EL. 1989. European wind atlas. First ed., Roskilde: Riso National Laboratory.
7. Bueno C, Carta JA. 2005. Technical-economic analysis of wind-powered pumped hydrostorage systems. Part I: Model development. *Solar Energy* 78,382-395.
8. Akai TJ. 1994. Applied numerical methods for engineers, seconded, John Wiley and Sons, New York.
9. Abouzahr, I., Ramakumar. R. 1990. Loss of power supply probability of stand alone electric conversion systems: a closed form solution approach. *IEEE Transaction on Energy Conv.* 5(3), 445-452.
10. Abouzahr, I., Ramakumar. R. 1991. Loss of power supply probability of stand alone photovoltaic systems: a closed form solution approach. *IEEE Transaction on Energy Conv.* 6(1), 1-11.

СЕКЦИЯ 3

УДК 621.384.3:636

ИНФРАКРАСНЫЕ ОБОГРЕВАТЕЛИ ДЛЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

Баранов В.В., д.т.н., профессор, Сеньков А.Г., к.т.н., М.Х.-М.
Тхостов, Н.К. Фоменко,

*УО БГУИР, УО «Белорусский государственный аграрный
технический университет», г. Минск, Республика Беларусь*

Актуальность данной работы обусловлена тем, что в Республике Беларусь приоритетными темпами развивается область животноводства, которая является экспорто-ориентированной. На предприятиях агропромышленного комплекса требуется создавать условия для выращивания молодняка животных и птицы в течение всего календарного года. В зимний период, а также весной и осенью процесс выращивания молодняка животных и птицы требует создания комфортных условий, в том числе по температуре. Для создания таких условий возможно использование нагревателей, основанных на инфракрасном (ИК) излучении. В Республике Беларусь, по нашим сведениям, такая задача в области агропромышленного комплекса не решается.

Из литературы известно, что для полного сохранения приплода и выращивания, например, поросят важно создать оптимальные их условия содержания в первые дни жизни. Необходимо иметь в виду, что в зоне нахождения свиноматки должна поддерживаться температура 18-20°C. При более высокой температуре у них наблюдается снижение обмена веществ. Таким образом, температура в зоне рождения поросят-сосунов должна быть равной 30°C и постепенно снижаться за 26 дней до 24°C, за 30 дней до 23°C, за 1,5 месяца – до 22°C, за 2 месяца – до 21°C. Такая задача может быть решена при использовании системы автоматического управления температурой в зоне их роста. В районах с жёсткими климатическими условиями и на фермах, где отсутствует система общего подогрева, как отмечается в [1], целесообразно применять ИК нагреватели направленного действия, например типа ОРИ-1, которые подвешивают над каждым станком.

Решение поставленной задачи объясняется следующим образом.

Как показывает анализ распределения тепловой энергии, приблизительно 82-85% энергии лучистого потока передаётся на нагреваемый объект непосредственно (в исходном виде). Это обеспечивает высокую эффективность и динамику нагрева объекта, а также минимизирует потери тепловой энергии на нагрев всего объёма воздуха в помещении и, соответственно, потолка, стен и пола при теплообмене с воздухом.

Работает электрический обогреватель следующим образом (рис.). При включении галогенных ламп образуется мощный поток ИК излучения (лучистый поток). 90% мощности излучения передаётся в спектральной области 0,95-1,2 мкм. Часть лучистого потока (приблизительно $\frac{1}{2}$) попадает на рефлектор и ~80% его отражается от его поверхности. Т.е. около 40% энергии отражённого лучистого потока оказывается направленным на нагреваемый объект. Причем удельная мощность источника ИК излучения, приведенная к величине замкнутого объёма, составляет 0,02-0,75 Вт/см³.

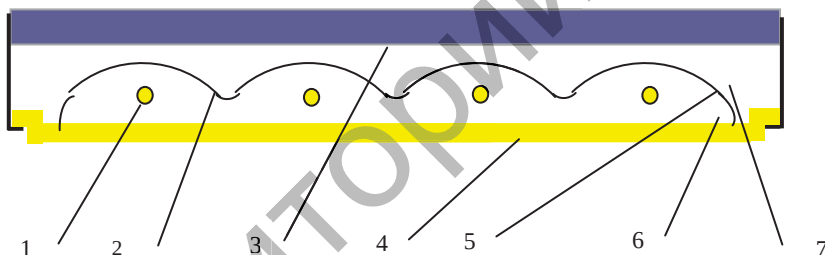


Рис. 1 – Схема нагревательного устройства:

- 1 – Кварцевые галогенные лампы ИК излучения; 2 – Рефлектор;
- 3 – Теплоизолирующая пластина; 4 – Частично непрозрачный для ИК излучения экран; 5 – Элементы крепления; 6 – Замкнутый объём обогревателя (источник ИК излучения); 7 – Незамкнутый объём обогревателя.

В процессе изготовления нагревательного устройства использованы технические средства и «ноу-хау» в области ионно-лучевой и электронно-лучевой технологии для создания эффективных рефлекторов инфракрасного излучения. Все это позволяет решить указанные задачи на высоком научно-техническом уровне.

Методика Госсортоиспытаний может служить базовой стандартной

методикой для предварительных лабораторных и лабораторно–полевых исследований [2]. Близкие по тематике работы опубликованы в [3,4].

Имеется экспериментальный образец нагревательного оборудования для обогрева зон размещения молодняка и птицы площадью 5-7 м² на предприятиях агропромышленного комплекса Республики Беларусь.

Образец обеспечивает энергопотребление порядка 30 Вт/м² для нагрева технологических зон на 1°С при излучении на длине волны 1,5-2,5 мкм, при этом обеспечивается:

- электробезопасность при использовании напряжения питания 220 В или 36 В (в последнем случае, однако, эффективность снижается на 10%);
- возможность дополнительной «подсветки» ультрафиолетовым излучением мощностью 200-250 Вт;
- автоматическое поддержание температуры в зоне обогрева в течение суток.

Аналогом данной разработки может служить нагревательный модуль, изготавливаемый БелОМО [5], который, однако имеет более высокую себестоимость из-за требований к дизайну, т.к. его предназначение – офисное оборудование.

Литература

1. Электрические установки инфракрасного излучения в животноводстве / Д.Н. Быстрицкий, Н.Ф. Кожевникова, А.К. Лямцов, В.П. Мугуров // М.: Энергоиздат, 1981. – 152 с.
2. Наumenko В.Я., Жмойдяк Р.А. Сельское хозяйство Белоруссии. Мн.: Университетское. – 1988. – 157 с.
3. Тхостов М.Х-М., Баранов В.В. / Возможности инфракрасного излучения для предпосевной обработки и сушки семян // Материалы II Международной конференции «Регуляция роста, развития и продуктивности растений». Мн.: 2001.–ИЭБ НАНБ. – С. 204-205.
4. Simulation of a heat flow of infrared heater for thermal treatment of silicon substrates / V.V.Baranov, A.P Dostanko, A.A.Kostyukevich, S.P Kundas, I.S. Schukina // Mixed Design of Integrated Circuits and Systems: Proc. 6 Int. Conf. – Krakow, Poland. 1999. – P.321-326.
5. www.belomo.by

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ

Барков В.И. д.т.н., Токмолдаев А.Б. к.т.н.,
*Казахский научно-исследовательский институт механизации и
электрификации сельского хозяйства, г. Алматы,
Республика Казахстан*

Одно из наиболее перспективных направлений переработки навоза и других органических отходов – биохимическое преобразование путем анаэробного сбраживания. Такое сбраживание позволяет стабилизировать удобрительный потенциал сырья и одновременно получить метан [1-3].

При проведении производственных испытаний биогазовых установок были проведены исследования химического состава навоза и органического удобрения совместно с Казахстанско-Японским инновационным центром при Казахском национальном аграрном университете.

Исследования производилось на низковакуумном растровом электронном микроскопе JSM-6510LA («JEOL», Япония) в комплексе с энергодисперсионным рентгеновским спектрометром.

Результаты анализов по трем группам питательных элементов согласно ГОСТ 20432-83 [4] приведены в таблице.

Содержание главных питательных элементов для растений составляет: фосфора – 0,67 % в исходном навозе и 1,66 % в готовом удобрении, калия, соответственно, 2,97 и 1,32 %, азота 2,16 и 1,98 %. Содержание макроэлементов: кальция – 0,9 и 2,51 %, магния 0,42 и 1,54%, серы 0,19 и 0,12% и микроэлементов: цинк 9,31 и 8,18%, бор 21,37 и 22,05%, медь 0,88 и 1,13%, марганец 0,23 и 0,17%, кобальт 0,19 и 0,61%, железо 0,18 и 0,15% (таблица 1).

Особый интерес вызывает содержание кобальта (0,61%), который является составной частью витамина B₁₂ (цианокобаламин) - ценной кормовой добавки к рациону животных.

Сравнение микрофотографий образцов навоза и органического удобрения говорит о том, что структура удобрения в результате биобработки становится более однородной, размер частиц уменьшается с 50...100 мкм до 7...20 мкм. Этот факт дает возможность сделать вы-

вод о том, что полученное органическое удобрение улучшает структуру почвы и имеет высокие удобрительные свойства.

Исследование и разработка новых методов исследования химического состава органических удобрений получаемых при анаэробной биообработке отходов животноводства с помощью биогазовых технологий позволить обосновать пути повышения их качества и эффективности.

Таблица 1

Химический состав навоза и готового органического удобрения трем группам питательных элементов

Химический элемент	Содержание химических элементов, % по массе	
	исходный навоз	готовое удобрение
<i>Главные питательные элементы</i>		
Фосфор, P	0,67	1,66
Калий, K	2,97	1,32
Азот, N	2,16	1,98
<i>Макроэлементы</i>		
Кальций, Ca	0,9	2,51
Магний, Mg	0,42	1,54
Сера, S	0,19	0,12
<i>Микроэлементы</i>		
Кобальт, Co	0,19	0,61
Бор, B	21,37	22,05
Марганец Mn	0,23	0,17
Железо, Fe	0,18	0,15
Медь, Cu	0,88	1,13
Цинк, Zn	9,31	8,18
<i>Остальные элементы</i>		
Углерод, C	25,36	25,0
Натрий, Na	0,08	0,24
Алюминий Al	0,5	0,15
Кремний, Si	0,74	2,91
Свинец, Pb	0,39	0,1
Олово, Sn	0,81	0,19
Кислород, O	49,12	50,67

Литература

1. MT- Biomethan shließt Pool 2 für Stadtwerke erfolgreich ab. ew: Elektrizitätswirt. 2012.111, №14, с. 12.
2. F. Fantozzi, C. Buratti. Biogas production from different substrates in an experimental Continuously Stirred Tank Reactor anaerobic digester// Bioresource Technology, 2009 – December, Volume 100, Issue 23.

3. Кешуов С.А., Барков В. И. Проблемы использования биоэнергетических установок в сельском хозяйстве// Научно-технический журнал «Малая энергетика», Москва, 2011, №3-4.

4. ГОСТ 20432-83 Удобрения. Термины и определения. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1983. – 16 с.

УДК 544.6:636.08

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-СТАТИСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА СВЕТОКУЛЬТУРЫ В ТЕПЛИЧНОМ КОМБИНАТЕ

Герасимович Л.С., академик НАНБ, д.т.н., профессор,
Михайлов В.В., аспирант

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

В современном тепличном овощеводстве все большее применение находит досвечивание растений искусственными источниками фотосинтетической активной радиации (ФАР).

Ценоз растений как открытой биологической системы в тепличных условиях подвержен многим взаимосвязанным факторам, оптимальное сочетание которых программирует будущую урожайность и рентабельность тепличного комбината.

Важнейшим фактором, который повышает урожайность и им можно управлять в условиях комбината является уровень облученности ФАР источников излучения, также функционально с ним связанное потребление растениями поливочного раствора.

Ранее проведенные исследования показали, что использование светокультуры в тепличном хозяйстве способно увеличить сбор урожая до 30 %. Однако расход электроэнергии на этот процесс довольно высок, так как суммарная установленная мощность распределенных источников ФАР составляет около 1 МВт/га площади теплицы. Учитывая этот факт, текущий мониторинг и оптимальное управление светокulturой обеспечивают снижение расхода электроэнергии.

Цель представленных исследований заключалась в разработке и анализе экспериментально-статистической модели процесса биопродуктивности и влияние на него светокультуры, а также расхода поливочного раствора в условиях современного тепличного комби-

ната, оснащенного инновационным технологическим оборудованием выращивания овощей в малообъемной культуре с капельным поливом. Одним из таких передовых предприятий в Беларуси, освоившим указанную технологию, является отделение Богатырево агрокомбината Ждановичи.

Исследование выполнено методом пассивного эксперимента в производственных условиях на площади 6 га в период 2008-2010 гг.

Для обеспечения поставленной цели были использованы математические методы планирования эксперимента, в частности, некомпозиционные планы второго порядка.

Равнение отклика от независимых переменных с учетом эффектов их взаимодействия и ошибки эксперимента мы представили в виде полинома второго порядка [1]

$$y = b_0 + \sum_{1 \leq i \leq k} b_i x_i + \sum_{1 \leq i < j \leq k} b_{ij} x_i x_j + \sum_{1 \leq i \leq j \leq k} b_{ij} x_i x_j + \sum_{1 \leq i \leq k} b_{ii} x_i^2 \quad (1)$$

где y - параметр оптимизации, k - число факторов, i - нумерация факторов, $b \dots b_n$ - коэффициенты регрессии, описывающие степень влияния каждого фактора на параметр оптимизации, x - варьируемые факторы.

В основе варьируемых факторов были приняты расход поливочного раствора V (фактор X_1), уровень освещенности ФАР E (фактор X_2) и текущее время вегетации культуры (фактор X_3). Урожайность культуры Y на единицу площади является откликом факторного эксперимента. Двухпараметрическая оптимизация светокультуры (урожайность – удельная электроемкость) выполняется после обработки факторного эксперимента с использованием полученного регрессионного уравнения модели. Это предполагает выбор таких параметров и режимов досвечивания, которые обеспечивали бы в условиях тепличного комбината максимум энергоэффективности при получении высокого (заданного) уровня урожайности в течение вегетативного сезона.

Для удобства объяснения полученных данных и применения разработанной статистической модели в расчетах создавали переход от кодированных значений факторов варьирования к натуральным [1]:

$$x = \frac{X_1 - X_{0i}}{\Delta X_i} \quad (2)$$

где x_1 , -значение i -го фактора в кодированном и натуральном масштабе, ΔX_i - интервал варьирования i -го фактора, X_{0i} - уровень i -го основного фактора («0»).

Таблица 1

Интервалы и уровни варьирования факторов					
Факторы	Обозначение кода	Интервалы варьирования	Уровни		
			Верхний +1	Основной 0	Нижний -1
Расход поливочного раствора, V м ³	X1	0,2	0,8	1	1,2
Освещенность E , клк	X2	8	20	12	4
Текущее время вегетации T , мес.	X3	0,5	9,5	9	8,5
Урожайность Y , кг/м ²	Y	20	100	80	60

Методика эксперимента.

В соответствии с методикой велось наблюдение за урожайностью на протяжении вегетационного периода, данные строго фиксировались обслуживающим персоналом комбината в течение всего вегетативного периода. Уровень естественной и освещенности от искусственных источников ФАР определялся люксметром, величина освещенности составляла 4-20 клк. Подача поливочного раствора поддерживалась автоматически и находилась в заданных пределах от 0,8 до 1,2 м³ (в зависимости от периода вегетации и опыта агротехнической службы комбината).

После статистической обработки результатов факторного эксперимента модель регрессионной зависимости урожайности от воздействующих факторов получена в следующем виде:

$$S = 8,653 + 4,825x_1 + 2x_2 + 1,026x_3 - 1,374x_2^2 - 1,345x_3^2 \quad (3)$$

Проверка по критерию Фишера (3) при значимости в 5% подтвердила адекватность представленной модели. Переход к натуральным значениям факторов варьирования модель примет вид:

$$S = -16,4 + 0,58V + 15,83E + 68,2T - 5,56E^2 - 113,4T^2 \quad (4)$$

Анализирование статистических показателей влияния факторов (4) на урожайность определяет текущее время вегетации и воздействие дополнительной освещенности на растения. Потребление питательного раствора в свою очередь имеет линейную характеристику по отношению к интенсивности дополнительного искусственного излучения, а урожайность культуры коррелирует с потреблением влаги (поливочного раствора).

Анализ чувствительности модели к действующим факторам показал существенное влияние освещенности, как важнейшему электротехнологическому процессу повышения урожайности к управляемым параметрам светокультуры.

Литература

1. Максимченко Н.Н. «Экспериментально-статистическая модель процесса формирования лакирующего слоя на направляющих скольжения»/ Н.Н. Максимченко, Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси, 2009.

УДК 631.243.42:628.8/9

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВОЗДУШНЫХ КЛАПАНОВ ДЛЯ СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ МИКРОКЛИМАТА В КАРТОФЕЛЕХРАНИЛИЩАХ.

Гируцкий И.И., д.т.н., доцент, *УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»*,
Яровский Д.М., аспирант, *РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»*, г. Минск, Республика Беларусь

При выборе вентиляционного оборудования важное значение имеет использование подходящего типа клапанов. Необходимо учитывать климатические условия региона, в котором применимо данного вида оборудование. Наиболее распространены клапаны жалюзийного типа.

Примером одного из таких клапанов является, клапан воздушный утепленный КВ с электрическим приводом с системой размораживания.

Клапан состоит из:

- каркаса;
- поворотных лопаток с резиновым уплотнителем;
- шестерен механизма поворотных лопаток;
- привода электрического фирмы «Belimo» (с плавным регулированием).

Данного вида клапаны установлены в картофелехранилище на действующем объекте в ОАО «Сошненское-Агро», где проводились исследования их теплоизоляционных свойств.

Для исследования теплоизоляционных свойств клапанов использовали тепловизионную камеру NEC TH-9100WR. По тепловым снимкам определялись области потерь тепла на клапанах и интенсивность. Также определялось скорость повышения температуры при размораживании. На основании тепловых снимков произведена оценка эффективности дополнительных утепляющих клапанов.

Экспериментальные исследования распределения температуры по площади клапана.

Температура на улице: воздуха -22..-23; стен -18..-20.

Температура в хранилище: воздуха -0,5..-1,5; стен -1,5..-3,5.

По тепловым снимкам выпускных клапанов 1 и 4 (вид с улицы) построены гистограммы (рисунок 1), показывающие распределение температуры по площади клапана. Также сверху гистограмм показана максимальная, минимальная и средняя температура. В 1 клапане включен подогрев (время работы 10 минут).

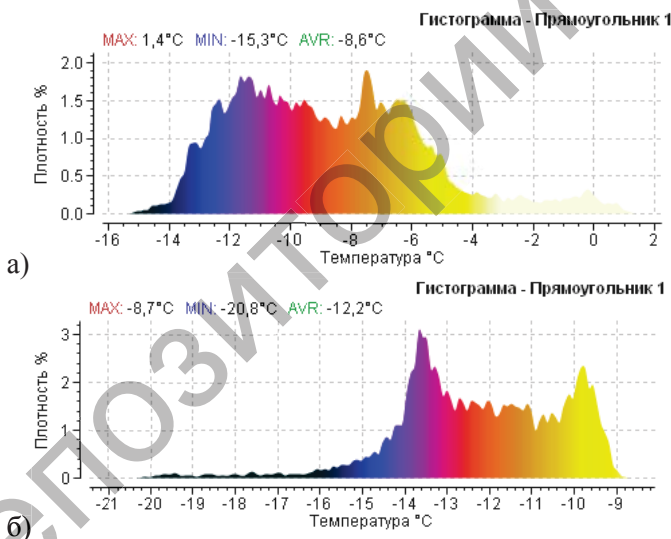


Рис. 1. Гистограммы клапанов (вид с улицы). а) Клапан № 1; б) Клапан № 4.

Ниже представлена гистограмма (рисунок 2) 1-го выпускного клапана и трехмерное изображение теплового снимка (прошло 5 минут после 20 минутного прогревания).

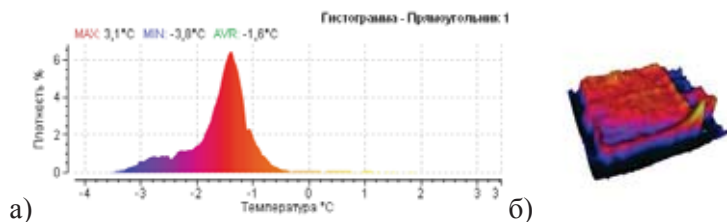


Рис. 2. а) Гистограмма клапана (вид из помещения);
б) Трехмерное изображение теплового снимка

Анализ гистограмм построенных на основании тепловых снимков выпускных клапанов показывает неудовлетворительную степень теплоизоляционных свойств клапанов. Основные области потерь расположены в нижней части клапанов. Также необходимо отметить тепловые потери в местах монтажа.

Анализ тепловых снимков 1-го клапана не позволяет оценить систему размораживания, так как её эффективность не удовлетворительна, но при столь низких температурах открытие клапанов не предусматривается технологией хранения. Также на тепловых снимках видно, что система размораживания действует неравномерно, а в данных температурных условиях некоторые области практически не подогреваются.

В следствии этого появляется необходимость использования клапанов распашного типа. Примером такого клапана является, клапан распашной (одностворчатый) с электрическим приводом и с системой размораживания, который состоит из:

- каркаса;
- двери распашной;
- шестерен механизма двери распашной;
- привода шпиндельного электрического фирмы «Geze».

Данного типа клапаны обладают более низкой теплопроводностью, а значит, являются более эффективными.

Вывод

Экспериментальные исследования, выполненные при низких температурах, выявили недостатки жалюзийных клапанов. Эти клапана обладают высокой теплопроводностью и недостаточно надежным механическим приводом открытия и закрытия. Поэтому целесообразно использовать клапана со значительно более низкой теплопроводностью и совершенно иным механизмом открытия и закрытия.

Литература

1. Современные технологии хранения картофеля [Текст] / С. А. Банадысев, А. Н. Ярохович. – Минск: Наше сельское хозяйство: журнал настоящего хозяина, 2010. - № 10. - С. 4-19.

2. Хранение картофеля и овощей: Инженерные методы создания и поддержания технологического микроклимата [Текст] / В.И. Бодров. – Горький: Волго-Вятское кн. изд-во, 1985. – 224 с.

УДК 635.21.077: 621.365 **ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ СЕМЯН** **КАК СРЕДСТВО ОТКАЗА ОТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ** **ПЕСТИЦИДОВ**

Дубодел И.Б., к.т.н., доцент, Городецкая Е.А., к.т.н., доцент

Кардашов П.В., к.т.н., доцент,

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

Основа дальнейшего подъема урожайности сельскохозяйственных культур состоит в улучшении семеноводства, выведение новых сортов, освоении севооборотов, совершенствовании качества обработки почвы, мелиорации и химизации сельскохозяйственного производства. В вопросе семеноводства первостепенное значение уделяется получению семян с высокими посевными качествами. Этому способствует совершенствование системы семеноводства, перевод его на промышленную основу, разработка и внедрение средств защиты культурных растений. Все другие методы улучшения качества семян, создающих предпосылки к повышению урожайности, являются второстепенными, хотя при определенных условиях могут вызвать существенную прибавку урожая и быть экономически эффективными. К таким методам следует отнести и многочисленные способы предпосевной обработки семян, основанные на различных по своей природе факторах.

Применение пестицидов, несмотря на их значимость, вызывает серьезные проблемы. Интенсивное их использование привело к появлению целой системы неконтролируемых биопроцессов. Выведение современного человека из-под «химического удара», его дли-

тельное и безопасное существование в условиях создавшегося загрязнения окружающей среды возможно при разработке многоплановых комплексных мероприятий. Одним из которых является электрофизические методы обработки.

Повышение посевных качеств семян, урожайности культур и качества урожая происходит только при определенных параметрах, таких как длительность воздействия, частотный диапазон, плотность мощности, пространственные характеристики электромагнитного поля. Кроме этого, каждая сельскохозяйственная культура имеет свой оптимум этих параметров. При этом следует отметить, что даже семена растений одного и того же вида и сорта, произраставшие на разных полях, убранные в разные сроки, высушенные при различавшихся режимах сушки, хранившиеся в разных температурно-влажностных условиях имеют разные оптимумы.

По имеющимся литературным данным и на основе собственных исследований наиболее распространение в сельскохозяйственном производстве в силу большей эффективности, технологичности получили следующие электрофизические методы: обработка семян в электромагнитном поле переменного тока промышленной, высокой и сверхвысокой частоты; в электростатическом поле, в ультразвуковом поле. Отдельного рассмотрения заслуживают активированные водные растворы, которые получают путем магнитной обработки или электрохимическим путем [1,2].

По имеющимся литературным данным и на основе собственных исследований наиболее распространение в сельскохозяйственном производстве в силу большей эффективности, технологичности получили следующие методы обработки: обработка семян в электромагнитном поле переменного тока промышленной, высокой и сверхвысокой частоты, в электростатическом поле, в ультразвуковом поле. Отдельного рассмотрения заслуживают активированные водные растворы, которые получают путем магнитной обработки или электрохимическим путем [1-2].

Эффективность обработки семян оценивали по изменению их агрономических качеств (всхожести и энергии прорастания) по отношению к контрольным (необработанным) образцам, а также по данным измерений морфометрических характеристик растений (длина и масса корней и проростков).

Обработке подвергали семена любистока, шпината, календулы, эхинацеи, огурца, капусты, айвы, люпина. Исследования производили с помощью диэлектрического сепаратора СДЛ-1, изменяя напряжение в диапазоне 2 – 4 кВ. Каждый раз получали три фракции семян, две из которых объединяли, т.к. они были схожими. Распределение по фракциям контролировали визуально и взвешиванием. Показателем удовлетворительной сепарации было взято процентное распределение семян во фракциях при существующем регламенте на семена – наличие не более 3-5 % примесей. После очередного рабочего цикла семена «успокоительно» отлеживались в течение 10 минут.

Энергия прорастания, например, люпина узколистного повышалась на 15-20 %. Четырехдневные проростки уступали контрольным, а семидневные превосходили контрольные образцы по всхожести на 10%, энергии прорастания – на 20%. Эта же тенденция сохранялась и позднее: у 10-дневных обработанных проростков люпина наблюдали повышение и всхожести, и энергии прорастания на 15 % в сравнении с контрольной партией. Кроме того, обработанные семена были совершенно чистые и здоровые, в отличие от контрольных образцов, на которых наблюдали наличие *Penicillium*.

В результате исследований также были определены оптимальные режимы физического воздействия на семена разных культур как способа их предпосевной обработки для возделывания и перед закладкой на хранение.

Задачей дальнейшего исследования является оптимизация параметров технологического процесса обработки семян в отдельности для каждой культуры и для каждого сезона года.

Литература

1. Корко, В.С. Повышение эффективности процессов переработки и контроля влагосодержания злаков электрофизическими методами: монография / В.С.Корко – Минск: БГАТУ, 2006. – 349с.
2. Корко, В.С. Предпосевная доработка семян злаковых культур электрофизическими методами / В.С.Корко, А.Е.Лагутин, Е.А.Городецкая // Агропанорама. – 2009. – №5. – С. 16-19.

УДК 628.984

ПРИМЕНЕНИЕ ИНДУКЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА В ОСВЕЩЕНИИ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА (АПК)

Евминов Л.И., к.т.н., доцент, Кизева В.С., магистрант
*УО «Гомельский государственный технический университет
им. П.О. Сухого», г. Гомель, Республика Беларусь*

На долю затрат на освещение в АПК приходится примерно 20% потребляемой электроэнергии. Имеющиеся в современном сельскохозяйственном производстве технологические процессы (тепличное освещение, освещение птицеводческих и животноводческих помещений и др.), неразрывно связаны с применением искусственного освещения и выбором оптимального варианта его использования.

В последнее время стала популярной тема применения для освещения светодиодных источников света (СД ИС). Именно это направление в освещении считается наиболее перспективным. Однако многие приписываемые светодиодам достоинства на практике не оправдываются.

Между тем, существуют источники света, которые в настоящий момент имеют лучшие технические характеристики, чем светодиоды и примерно в три раза дешевле их. Это - безэлектродные (индукционные) источники света с индукционными лампами.

Индукционная лампа (ИЛ) – энергосберегающий источник света, принцип работы которого основан на электромагнитной индукции и газовом разряде для генерации видимого света. ИЛ представляет собой безэлектродную лампу, состоящую из колбы, наполненной газом, внутренняя поверхность которой покрыта люминофором. Свечение люминофора происходит благодаря электромагнитной индукции. Питание ИЛ осуществляется от сети 220 В. Лампа присоединяется к балласту, который содержит управляющую схему, регулирующую частоту переменного напряжения и силу тока через катушку индуктора, чтобы обеспечить стабильную работу лампы [1]. Проведенные лабораторные испытания показали, что индукционный светильник работает при напряжении от 70 до 250 В.

Выполнена сравнительная оценка основных источников света и сделан вывод о том, что наиболее перспективными являются светоди-

одные и индукционные источники света [2]. Однако индукционные источники света не только значительно дешевле светодиодных, но и превосходят их по многим характеристикам. Кроме того, из-за высокого индекса цветопередачи он дает приятный естественный свет.

В данной работе авторами были проведены испытания индукционного источника света для оценки степени искажений, вносимых им в сеть. В качестве индукционного источника света использовали светильник LVD 03-022 с ИЛ мощностью 150 Вт. Действующие значения напряжения и тока на лампе измерялись с помощью цифрового осциллографа OWON SDS 8202. Для дальнейших исследований данные, измеренные с помощью осциллографа, сохранены в формате BIN и обработаны с помощью системы компьютерной алгебры Mathcad. Анализ полученных результатов показал, что данный источник света не вносит значительных искажений в питающую сеть.

Но и ИЛ имеют свои недостатки. Полностью экологически безопасной ее не назовешь, хотя содержание твердотельной ртути в ней на два порядка ниже, чем в других газоразрядных лампах. Также к недостаткам как индукционных, так и светодиодных светильников можно отнести их высокую стоимость по сравнению с распространенными на сегодняшний день светильниками на основе ДРЛ и ДНаТ.

Однако замену ДРЛ ламп на индукционные можно произвести без замены светильников, что позволит сэкономить значительные средства и время. Так авторами совместно с ОАО «Гомельский ЗИП» была произведена модернизация светильника РСП, в ходе которой лампу ДРЛ 400 Вт заменили на ИЛ Saturn мощностью 150 Вт. ОАО «Гомельский ЗИП» с 2013 года планирует приступить к выпуску индукционных светильников.

В ходе проведенных испытаний была зафиксирована работоспособность модернизированного светильника РСП (в комплекте с ИЛ Saturn 150 Вт). В результате проведенных испытаний были измерены значения горизонтальной освещенности и рассчитан коэффициент равномерности освещения. Результаты представлены в таблице 1.

В результате 1,5 – 2 годичной эксплуатации более 800 индукционных светильников в Речицком ПО «Беларуснефть» были выявлены их высокая эффективность и надежность. Расходы на электроэнергию при замене светильников с лампами ДРЛ на индукционные снизились более чем в 2 раза.

Таблица 1

Коэффициент равномерности освещенности

Расстояние до светильника	Максимальная горизонтальная освещенность, лк	
	Светильник LVD 03-022 150 Вт	Модернизированный светильник РСП 150 Вт
3,5	1,74	1,14
2,5	1,95	1,3

ИЛ являются наиболее перспективными источниками света. Проанализировав результаты проведенной работы, можно сделать вывод о том, что индукционные светильники превосходят светодиодные по следующим характеристикам: имеют больший срок эксплуатации, большую светоотдачу, больший коэффициент мощности и полное отсутствие пульсации.

Также в ходе проведенных испытаний было установлено, что индукционные светильники не вносят существенных искажений в питающую сеть и не теряют работоспособности при снижении напряжения до 70 В. Уровень высших гармоник кривой тока потребляемого из сети не превысил требований, установленных СТБ МЭК 61000-3-2-2006.

В ходе работы модернизирован светильник РСП и зафиксирована его работоспособность в комплекте с индукционной лампой Saturn 150 Вт. Также произведено сравнение светильника LVD 03-022 150 Вт и модернизированного светильника РСП 150 Вт по значению коэффициента равномерности освещения. Оба светильника удовлетворяют требованиям ТКП 45-2.04-153-2009 (02250) по значениям коэффициента равномерности освещения.

Литература

1. Макареня, С. Н. Индукционная лампа - источник качественного и энергоэффективного освещения /С. Н. Макареня, А. Павлов, Н. Фомин // Современная электроника. - 2011. - № 9. - с. 8-13.
2. Евминов, Л.И. Сравнительный анализ различных источников света и оценка электромагнитной совместимости безэлектродных (индукционных) и светодиодных источников света / Л.И. Евминов, В.С. Кизева // Вестник ГГТУ им. П. О. Сухого. - 2013. - № 1. - С. 60-67.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ
ЭЛЕКТРОТЕРМОХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ
ОРГАНИЧЕСКИХ ДИСПЕРСНЫХ ГИДРОСИСТЕМ**

Заяц Е.М. д.т.н., профессор, Чорный А.Д., инженер,
*УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет», г. Минск, Республика Беларусь*

Продукты сельскохозяйственного производства растительного и животного происхождения (овощные и фруктовые соки, молочные сыворотки, растворы для выращивания микроорганизмов, влажные и увлажненные корма и др.) с определенной условностью можно объединить названием «органические дисперсные гидросистемы» (ОГС). С целью повышения эффективности использования питательного потенциала, интенсификации извлечения или образования полезных веществ, а также обеззараживания ОГС подвергают различным видам обработки – механической, термической, химической, комплексной. В общем виде процессы обработки представляют собой гетерогенные реакции ионного обмена между клеткой дисперсной частицы и жидкой фазой ОГС, скорость которых

$$\mathfrak{V} = K \exp \frac{G}{RT} S_{\text{уд}} (C^S - C^0), \quad (1)$$

где K – предэкспоненциальный множитель; G – энергия активации химической реакции; R – газовая постоянная; T – температура; $S_{\text{уд}}$ – удельная площадь реакционной поверхности; $(C^S - C^0)$ – движущая сила процесса; C^S и C^0 – концентрации активных ионов на поверхности мембраны клетки и в объеме раствора.

Традиционные технологии интенсифицируют процессы (1) изменением площади реакционной поверхности (например, измельчением материала), повышением температуры, увеличением концентрации активных ионов путем внесения химреагентов.

Одним из направлений углубления и снижения энергоемкости и обработки ОГС, по нашему мнению, является электротермохимическая обработка, основанная на изменении концентрации активных ионов и температуры путем пропускания электрического тока через среду, расположенную между электродами, разделенными

ионопроницаемой мембраной. В этом случае от количества электричества зависит концентрация ионов в жидкой фазе среды и на поверхности частицы, а также ее заряд и потенциал.

Концентрация ионов в жидкой фазе определяется как

$$C^0 = C^{in} + \frac{q}{F}(\eta_a + \eta_c) \quad (2)$$

где C^{in} – начальная концентрация активных ионов в жидкой фазе; η_a , η_c – выход по току анионов и катионов, соответственно, q – количество электричества, протекающее через ОГС; F – число Фарадея.

Концентрация ионов на мембране клетки дисперсной частицы

$$C^S = C^0 \pm \frac{q\delta^2 \Delta n}{zFD\tau}, \quad (3)$$

где δ – толщина диффузионного слоя; z – заряд ионов; D – коэффициент диффузии ионов в растворе; τ – время обработки; Δn – разность чисел переноса ионов в мембране и растворе.

В формуле (3) знак (+) соответствует концентрации анионов на анодной стороне и катионов на катодной стороне мембраны клетки, знак (–) – концентрации анионов на катодной стороне и катионов на анодной стороне клеточной мембраны.

Концентрация ионов в среде и на поверхности мембраны клетки влияет на заряд дисперсной частицы (4) и на потенциал ее поверхности (5).

Суммарная плотность поверхностного заряда частицы

$$\rho_n = \frac{\rho_b C_{n+}^2 + K_a(\rho_b - \rho_a)C_{n+} - \frac{K_w K_a}{K_b} \rho_a}{C_{n+}^2 + \left(\frac{K_w}{K_b} + K_a\right)C_{n+} + \frac{K_w K_a}{K_b}}, \quad (4)$$

где ρ_a , ρ_b – плотность зарядов кислотной и основной групп, соответственно; K_a , K_b , K_w – константы диссоциации кислотной, основной и водной групп, соответственно.

Потенциал на поверхности частицы

$$\varphi_n = \frac{\rho_n R_y}{2\epsilon_c} \ln \quad (5)$$

где R_y – радиус частицы, ϵ_c – диэлектрическая проницаемость среды.

Применительно к органическим водным растворам основными активными ионами являются H^+ и OH^- , которые и создают на поверхности клетки (частицы) группы кислотных и основных зарядов.

Минимальное, оказываемое мембраной сопротивление диффузии молекул и ионов из внешней среды в клетку и, следовательно, максимальная обработка будут иметь место, когда мембрана электрически нейтральна. В этом случае концентрации H^+ , OH^- и pH являются оптимальными:

$$C_{H^+OH^-} = K_a \left[\frac{\rho_a - \rho_b}{2\rho_b} + \sqrt{\frac{(\rho_a - \rho_b)^2}{2\rho_b^2} + \frac{K_w \rho_a}{K_a K_b \rho_b}} \right], \quad (6)$$

$$pH_{opt} = \lg K_a + \lg \left[\frac{\rho_a - \rho_b}{2\rho_b} + \sqrt{\frac{(\rho_a - \rho_b)^2}{2\rho_b^2} + \frac{K_w \rho_a}{K_a K_b \rho_b}} \right], \quad (7)$$

Причем

$$K_a = \frac{C_{H^+} C_{a^-}}{C_{H^+a^-}}, \quad K_b = \frac{C_{OH^-} C_{b^+}}{C_{OH^-b^+}}, \quad K_w = \frac{C_{H^+} C_{OH^-}}{C_{H_2O}} \quad (8)$$

где C_{H^+} , C_{OH^-} – концентрация ионов H^+ и OH^- , соответственно; C_{a^-} , C_{b^+} – концентрации кислотного и основного продукта.

Оптимальное количество электричества для изменения ионного состава среды:

$$Q_{opt}^{c(a)} = \frac{dC_{c(a_j)}^{a(c)} F \tau}{\int_0^\tau n_{c(a_j)} d\tau} = \frac{\left(\frac{K_a K_w}{K_b} \pm C_{H^+}^{a_0(c_0)} \right) F \tau}{\int_0^\tau n_{c(a_j)} d\tau} \quad (9)$$

где $n_{c(a_j)}$ – число переноса катионов (анионов).

Количество энергии на изменение температуры среды находят общеизвестным расчетом. Распределение температуры в подвижной дисперсной гидросистеме определяется из уравнения теплопереноса

$$\rho C_P \frac{\partial T}{\partial t} + \rho C_P \vec{V} \nabla T = \nabla [\lambda \nabla T] + \gamma E^2 \quad (10)$$

с условиями начальными ($T|_{\tau=0} = T_0$) и граничными $\lambda(x, y, z) \Delta T = \alpha_1 (T_{env} - T)$, где $\lambda(x, y, z)$, $\rho(x, y, z)$, $C_P(x, y, z)$ – теплопроводность, плотность и теплоемкость обрабатываемого материала, α_1 – коэффициент теплоотдачи на границе, T_0 – начальная температура обрабатываемого материала; T_{env} – температура окружающей среды;

$\vec{V}$ – вектор скорости, $\gamma(T, x, y, z)$ – удельная электрическая проводимость материала; $E(x, y, z)$ – напряженность электрического поля.

Совместное решение уравнений (1)–(10) позволит определить диапазон оптимальных значений параметров электрообработки ОГС. Следует отметить, что постановка задачи (1)–(10) является не полной, т. к. она должна быть дополнена уравнениями электро- и гидродинамики для расчета вектора скорости и напряженности электрического поля с соответствующими начальными и граничными условиями. К сожалению, такая система в общем виде не имеет аналитического решения, поэтому точность рассчитываемых параметров будет устанавливаться применяемыми для решения численными методами.

Основными направлениями электротермохимической обработки могут быть: активация воды и водных растворов; обработка влажных кормовых материалов; выделение белков из сырья растительного и животного происхождения; очистка технологических сточных вод предприятий; регуляция биологической активности микрофлоры и др.

УДК 621.35 : 636.085

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОАКТИВИРОВАННЫХ РАСТВОРОВ ПРИ КОНСЕРВИРОВАНИИ ВЛАЖНЫХ КОРМОВ

Кардашов П.В., к.т.н., доцент, Дубодел И.Б., к.т.н., доцент,
Кардашов М.В., аспирант,

*УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет», г. Минск, Республика Беларусь*

Существующие технологии консервирования влажных кормов имеют существенные недостатки. Применение дорогостоящих химических консервантов повышает себестоимость продукции, наносит вред окружающей среде, не обеспечивает должного качества кормов.

Перспективным научным направлением являются разработка технологических процессов повышения эффективности приготовления и обеспечения длительной сохранности влажных кормов применением электрохимических технологий, в частности электроактивацией реагирующих сред.

Анализ научно-технических источников информации свидетельствует, что электроактивированные растворы обладают высокой химической и биологической активностью, имеют низкую себестоимость, экологически чистые, разрешены к применению в различных процессах.

Электроактивированные растворы и электроактивацию биохимических процессов эффективно использовать как альтернативу химическим реагентам при консервировании. Главное условие при химическом консервировании - это равномерное распределение консерванта в силосуемой массе. Срок заполнения траншеи консервированной массой не должен превышать 3-4 дня. При заполнении траншеи большего объема необходимо закладку начинать с торца на всю глубину траншеи секциями 20-25 м. Утрамбованную массу после завершения закладки необходимо укрыть полиэтиленовой пленкой, при отсутствии ее - соломой слоем 50-60 см, желательно влажной.

Суть химического консервирования кормов заключается в подавлении развития гнилостных, маслянокислых бактерий и сдерживании развития молочнокислой микрофлоры. Консерванты подавляют жизнедеятельность плесневых и дрожжевых грибов.

Для консервирования влажных кормов используется кислая фракция анолита, полученная из 1-процентного водно-солевого раствора с уровнем водородного показателя (рН) $pH=2,0-2,5$, окислительно-восстановительного потенциала (ОВП) $ОВП=1100\text{ мВ}$, концентрации активного хлора – не менее 170 мг/л.

Проведены предварительные исследования по применению анолита в качестве консерванта при заготовке сенажа из злаковых и бобовых трав в СПК «Чернели» Ивьевского района Гродненской области. Приготовлено 10 тыс. м³ анолита, который использовали в качестве консерванта при закладке 420 тонн сенажа. Анолит также использован в качестве консерванта при закладке силоса из кукурузы в СПК «Умястовский» Ивьевского района Гродненской области. Приготовлено 50 тыс. м³ анолита, заложено на хранение 1365 тонн силоса. Консервант в силосуемую массу вносили подручными средствами, имеющимися в хозяйстве: путем послыйного орошения через каждые 20-25 см с помощью стационарного дозатора ДКС-100 Г.

Замеры качества кормов, заложенных в траншеи с применением анолита, показали, что их питательная ценность выше, чем в аналогичной траншее без применения консерванта.

ПРЕДПОСЕВНАЯ ОБРАБОТКА СЕМЯН ЗЕЛЕННЫХ КУЛЬТУР ЭЛЕКТРОАКТИВИРОВАННЫМИ РАСТВОРАМИ

Кардашов П.В., к.т.н., доцент, Корко В.С., к.т.н., доцент,
Дубодел И.Б., к.т.н., доцент, Козар С.А., аспирант
УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

Повышение урожайности зеленных культур требует качественной подготовки посевного материала. Использование различных методов воздействия создает благоприятные условия для повышения всхожести семян, увеличения урожайности и улучшения качественного состава готовой продукции. Традиционно применяемые способы повышения всхожести семян, роста и развития сельскохозяйственных культур с помощью физических, химических, механических и биологических стимуляторов, достаточно трудоемки, экологически небезопасны, требуют больших затрат и не всегда дают хороший эффект. Технологические процессы подготовки семян, которые основаны на этих способах, не полностью учитывают их биологические особенности. Анализ литературных источников свидетельствует о том, что эффективность от предпосевной обработки этими способами в среднем составляет 2,5-3%. Недостатки этих способов и методов, такие как энергоёмкость, технологичность и необходимость дополнительных препаратов и технических средств, характеризуют сложность их применения в сельском хозяйстве.

Поиск высокоэффективных мало затратных приемов повышения всхожести семян является актуальным, поэтому в последнее время более привлекательными являются способы с использованием электрических и магнитных полей.

Одним из перспективных способов повышения всхожести семян с одновременным их обеззараживанием является обработка зеленных культур перед посевом электрохимически активированными (ЭХА) растворами. Анолит, фракция ЭХА воды, обладает бактерицидным и фунгицидным действием, а католит, оказывает в ряде случаев биостимулирующее действие на рост и развитие растений. Этот способ экологически чистый, поскольку высокоактивные структуры воды не попадают в конечную продукцию и не влияют на её органолептические свойства.

Задачами экспериментальных исследований являлось определение влияния электрохимически активированных растворов с различным уровнем водородного показателя (рН) и окислительно-восстановительного потенциала (ОВП) на показатели всхожести и энергию прорастания, по сравнению с обычной водопроводной водой при предпосевной обработке семян зеленных культур.

В качестве объекта активирования использовалась водопроводная (питьевая) вода. Электрохимически активированные растворы приготовлены при рабочем токе 4 А и концентрации поваренной соли 10 г/л воды. Обработке подвергали семена зеленных культур: салата «Курлед» и укропа «Геркулес».

Исследования проводили по общепринятой методике проведения агрономической оценки. По результатам обработки семян зеленных культур электроактивированными растворами сделаны следующие выводы.

1. Энергия прорастания и всхожесть семян зеленных культур, определялась при использовании электрохимически активированных растворов со следующими показателями: исходная (водопроводная) вода рН 7,1...7,5, ОВП +250...+309 мВ, католит – рН 7,8...8,2, ОВП -350...-530 мВ, анолит рН 5,1...6,0, ОВП +600...+940 мВ, смесь анолита и католита рН 3,1...4,1, ОВП +700...+900 мВ.

2. Энергия прорастания семян салата превышает контроль на 13,4 %, семян укропа на 5,7 % при обработке католитом.

3. Общая всхожесть семян контрольной партии составила 81,7% для салата и 68,6% для укропа. В результате стимуляции в опытных партиях общая всхожесть выше по сравнению с контролем, причем, в католите общая всхожесть укропа увеличилась более чем на 14%, а салата - на 6,6%.

4. Применение электроактивированных растворов, в частности католита, при обработке семян зеленных культур, способствует

**МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ
СРЕДЫ ХРАНЕНИЯ ПЛОДООВОЩНОЙ ПРОДУКЦИИ**

Ковалев В.А., к.т.н., доцент, Дворник Г.М., к.п.н., доцент,

Скочек И.И., ст. преподаватель,

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», Кулаков А.Т., к.т.н., доцент, УО «Белорусский национальный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

Успех хранения плодоовощной продукции во многом зависит от того, какие условия будут созданы для хранения. Созданием оптимальных условий хранения можно повысить сохранность плодов и овощей и, наоборот, при нарушении режимов хранения можно в значительной степени потерять продукцию.

Важнейшими параметрами среды хранения, которые необходимо контролировать и поддерживать на требуемом уровне являются: температура и относительная влажность, а при хранении в регулируемой газовой среде – ее состав [1].

Температура для хранения большинства плодов и овощей должна быть на уровне около 0 °С. При низкой температуре энергия дыхания плодов и овощей заметно снижается, а следовательно, снижается расход органических веществ и уменьшаются потери влаги.

Влажность воздуха существенно влияет на сохраняемость плодов и овощей. Поскольку овощи содержат много воды, то лучше было бы хранить их при влажности воздуха, близкой 100 %. Однако очень высокая влажность воздуха благоприятна для развития микроорганизмов, и поэтому большинство овощей и плодов приходится хранить при относительной влажности воздуха в пределах от 85 % до 95 %.

Наилучшим решением, максимально обеспечивающим сохранность плодоовощной продукции, в настоящее время признано хранение в регулируемой газовой среде (регулируемой атмосфере). Однако из-за больших капитальных затрат при оборудовании таких хранилищ и значительных эксплуатационных издержек, данный способ еще не получил большого распространения, и наиболее широко применяемым остается хранение в обычной атмосфере с регулируемым температурно-влажностным режимом. И если с контро-

лем температуры при этом, с точки зрения метрологического обеспечения, особых проблем не возникает, то с контролем относительной влажности воздуха – ситуация противоположная [2].

Большинство всех современных измерительных преобразователей относительной влажности воздуха изготавливаются с использованием абсорбционно-емкостных чувствительных элементов. Благодаря высокой точности, надежности, долговременной стабильности емкостных сенсоров приборы на их основе широко используются для измерения влажности во многих отраслях человеческой деятельности. Однако применение емкостных сенсоров в среде с влажностью выше 90 % ограничено из-за их существенного недостатка – дрейфа при длительном нахождении в среде с высокой влажностью. Величина дрейфа увеличивается с ростом влажности, температуры и длительности пребывания при высокой влажности и может достигать 10 %. В условиях высокой влажности эти датчики, кроме того что имеют большую погрешность, могут выходить из строя при попадании на них конденсата, образующегося в результате выпадения точки росы или работы увлажнителей и парогенераторов [3]. Разработчикам систем автоматизации хранилищ следует в обязательном порядке учитывать этот фактор.

В Государственном реестре средств измерений РБ нам удалось отыскать лишь одну модификацию (ДВ2ТС(М)-5Т-5П-АК) измерительного преобразователя относительной влажности типа ДВ2, производимую российской фирмой «Микрофор», допускающую длительное пребывание в среде с высокой влажностью с сохранением нормированных значений метрологических характеристик [4]. В этой модификации преобразователя емкостной сенсор перегревается относительно окружающей среды, в результате чего относительная влажность воздуха в точке измерения не превышает (70-85)%. Преобразователь на основе значений температуры сенсора и измеренной относительной влажности рассчитывает парциальное давление водяного пара. Отдельный измерительный преобразователь контролирует температуру воздуха. Затем на основе известных значений парциального давления и температуры рассчитывается относительная влажность воздуха. Недостатком этого преобразователя может считаться достаточно высокая стоимость.

Более привлекательной по цене альтернативой при этом могут служить измерители на основе психрометрического метода, осно-

ванного на разнице показаний "сухого" и "увлажненного" термометров, тем более что в Госреестре средств измерений есть несколько приборов, способных преобразовывать психрометрическую разность температур в значение относительной влажности.

Литература

1. Волкинд, И.Л. Промышленная технология хранения картофеля, овощей и плодов [Текст]. – М.: Агропромиздат, 1989. – 230 с.
2. Особенности контроля относительной влажности воздуха и газовых смесей на объектах агропромышленного комплекса [Текст] / Энергосбережение – важнейшее условие инновационного развития АПК: материалы международной научно-технической конференции, Минск, 24-25 ноября 2011 г. – Минск : БГАТУ, 2011. – С. 310-312.
3. Измерение влажности в климатических термокамерах [Электронный ресурс]. – 2013. – Режим доступа: <http://www.microfor.ru/htm/application/termokamers.php>. - Загл. с экрана.
4. Государственный реестр средств измерений [Электронный ресурс]. – 2013. – Режим доступа: http://www.belgim.by/grsi_default/... - Загл. с экрана.

УДК 573.086.83:658.26

ВЛИЯНИЕ УФ ОБЛУЧЕНИЯ НА ВСХОЖЕСТЬ И УРОЖАЙНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Козлов Д.Г., к.т.н., ст. преподаватель, Козлов В.Г., к.т.н., доцент,
*ФГБОУ ВПО Воронежский государственный аграрный университет
имени императора Петра I, г. Воронеж, Российская Федерация*

Повышение урожайности сельскохозяйственных культур является главным условием дальнейшего развития сельскохозяйственного производства в условиях тепличного хозяйства. Для решения поставленной задачи проводится комплексная работа по совершенствованию целого ряда агротехнических мероприятий и технических средств, благотворно влияющих на стимуляцию растений. В последние годы для интенсификации растениеводства в практику сельского хозяйства стали внедрять электротехнологические методы [1].

По количеству естественного света территория Российской Федерации делится на 7 световых зон, анализ которых свидетельствует о не актуальном досвечивании растений лишь на Дальнем Востоке вплоть до широты Комсомольска-на-Амуре, который расположен на границе 5-й и 6-й световой зоны. При подготовке рассады в феврале можно обойтись без досвечивания на Северном Кавказе (5-я световая зона), но уже на широте Воронежа, который расположен на границе 3-й и 4-й световой зоны, в феврале и марте для получения качественной рассады требуется электродосвечивание. В центральных областях Нечерноземья электродосвечивание в марте и апреле – основное условие получения здоровой, качественной рассады.

Интенсивность естественного освещения зависит от множества факторов: от времени года и широты местности, т.е. от длины светового дня и высоты стояния солнца; от погодных условий (степени облачности); от ориентации окон, их размера, чистоты оконного стекла; от степени затенения окон строениями и деревьями и даже от цвета стен соседних строений и стен внутри помещения; от наличия или отсутствия светоотражающего экрана.

Если досвечивать рассаду растений ультрафиолетом, то в ней увеличится синтез хлорофилла, так необходимого для процесса роста и развития растений. Ультрафиолетом можно не только ускорять, но также и замедлять рост растений. Это достигается интенсивностью светового излучения [1].

Применение ультрафиолетового облучения в современном растениеводстве и животноводстве дает ощутимый экономический эффект. Специально для сельского хозяйства промышленность выпускает несколько видов ультрафиолетовых облучателей и установок. Наиболее распространены из них: стационарные облучатели типа ЭО-1-30 и ОЭСП 02-2Х40 [3]; переносной облучатель с ртутно-кварцевой лампой ДРТ-375; подвижные облучательные установки типа УО-4 и УОК-1. Использование ультрафиолетового (УФ) облучения в помещениях способствует улучшению микроклимата, вызывая гибель различных микроорганизмов и спор плесневых грибов. Уже в первые 30 мин облучения погибают около 60 % бактерий и 40 % спор плесневых грибов. Микроклимат помещений улучшается также вследствие образования озона при воздействии на воздух УФ лучей. Снижается запыленность помещений на 35-50 %. Способствуя качественному улучшению микроклимата, УФ об-

лучение благоприятно влияет на производство продукции. На рисунке 1 представлен пример освещения теплицы лампами ДРТ-375. Влияние предпосевной обработки семян яровой пшеницы ультра-



Рис. 1 – Освещение теплицы лампами ДРТ-375

фиолетовыми лучами на рост растений и формирование урожая изучался Савельевым В.А. в течении 8 лет [2]. Семена яровой пшеницы Новосибирская 67 обрабатывали под лампой ДРТ-400 за 15–20 дней до посева, продолжительность обработки составляла 1 минуту. Исследования показали, что полевая всхожесть увеличилась на 6 %. Уровень урожайности определяется также такими показателями как число продуктивных стеблей, масса 1000 зерен и озерненность колоса. За период исследований увеличение числа продуктивных стеблей по сравнению с контролем составило 26 шт/м². Масса семян и озерненность колоса существенно не отличались, а прибавка урожая в среднем составила 1,8 ц с гектара.

Задача коренного изменения осветительных установок сельскохозяйственных помещений в направлении снижения капитальных затрат и эксплуатационных расходов может быть решена за счет реализации нового принципа электроосвещения – осветительным установкам и устройствам с щелевыми световодами.

Новый способ освещения помещений щелевыми световодами основан на том, что источники (источник) света большой единичной мощности заключаются в общую оболочку, изолированную от окружающей среды и содержащую оптическую систему, которая направляет излучение ламп в нужных направлениях с малыми потерями. Щелевой световод может иметь жесткое или пленочное исполнение. Он представляет собой прямой или плавно изгибающийся цилиндр, стенки которого частично имеют высокоотражающее зеркальное покрытие, а в остальной части (вдоль образующих) характеризуется светопропускающими свойствами.

Разнообразные осветительные устройства со щелевыми световодами позволяют размещать источники света с их оптическими элементами, а также аппаратурой управления и защиты в специальных камерах вне или внутри помещения. Щелевые же световоды обра-

зуют в необходимых направлениях «светящиеся» линии. При направлении светового излучения только в один торец рабочая длина световода может достигать 40-50 – кратного размера его диаметра. КПД комплекта осветительного устройства со щелевыми световодами около 40%.

Основные преимущества осветительных установок со щелевыми световодами по сравнению с традиционными способами освещения заключается в следующем:

- многократное уменьшение количества устанавливаемых «светоточек» с созданием условий, позволяющих реально осуществлять функции эксплуатации;
- многократное уменьшение расхода дефицитных черных и цветных металлов, необходимых для изготовления светильника и монтажа осветительных установок;
- уменьшение потребления электроэнергии на освещение, обусловленное снижением расчетного коэффициента запаса на 20...70 %, светотехническими преимуществами «светящихся» линий и применением мощных ламп с наибольшей светоотдачей;
- создание комплектных осветительных устройств с высокой степенью заводской готовности, обеспечивающих максимальную индустриализацию электромонтажных работ;
- возможность увеличения при необходимости уровня освещенности в помещениях за счет замены ламп на более мощные при увеличении их числа без дополнительных строительно-монтажных работ по реконструкции осветительных установок;
- ограничение тепловыделений в пространство помещений и возможность утилизации теплоты, излучаемой лампами;
- упрощение и сокращение электрических сетей.

Реальный эффект от приведенных выше преимуществ зависит от тех технических и стоимостных показателей, которыми будут характеризоваться изделия промышленности со щелевыми световодами, а также от конкретных строительно-планировочных условий их применения и предъявляемых требований к освещению. Одной из таких установок является отечественный светодиодный светильник FOCUS UCC 150/100. Это отличная замена лампам ДРЛ.

UCC-150 выполнен на основе светодиодов японской компании NICHIA. Для увеличения надежности светильник разделен на шесть электрически независимых частей и имеет шесть независи-

мых систем термостатирования. Корпус выполнен из алюминиевого профиля со стеклом из оптического поликарбоната. Светильник устанавливается на любые столбы, с посадочным диаметром трубы до 50 мм. По заказу светильник может быть укомплектован креплением на потолок или на стену.



Рис. 2 – Общий вид светильника FOCUS UCC 150/100

Опционально светильники могут быть укомплектованы датчиками освещенности для автоматического включения/выключения при заходе/восходе солнца. На рисунке 2 представлен общий вид светильника FOCUS UCC 150/100.

Светильник не требует дополнительного обслуживания в течение всего срока службы (более 20 лет), кроме периодического промывания струей воды.

Выводы

Применение источников УФ облучения, не только оказывает влияние на повышении энергии прорастания растений, но и позволяет получать лучший результат и прибавку урожая в среднем на 18 %.

Литература

1. Козлов, Д.Г. Повышение всхожести и урожайности культур при УФ облучении // Д.Г. Козлов, А.В. Пахомов // Молодежный вектор развития аграрной науки: Материалы 63-й научной студенческой конференции. – Ч. 2. – Воронеж: ФГБОУ ВПО ВГАУ, 2012. – С. 203-206.
2. Савельев, В.А. Предпосевная обработка семян / В.А. Савельев // Монография. – Курган, 2000. – 201 с.
3. Установки для облучения. Энергоснабжение сельскохозяйственных потребителей – Электронный ресурс – Режим доступа: [URL: <http://forca.ru/knigi/arhivy/energосnabzhenie-selskohozyaystvennyh-potrebiteley-25.html>].

**ТЕХНОЛОГИЯ ВЫДЕЛЕНИЯ БЕЛКОВ
ИЗ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ**

Кривовязенко Д.И., ст. преподаватель
*УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет», г. Минск, Республика Беларусь*

В настоящее время остро стоит проблема нехватки кормового белка в рационе сельскохозяйственных животных. Пополнить рацион животных белковыми добавками возможно за счет вторичной переработки отходов перерабатывающих предприятий. Ежегодно в Республике Беларусь при переработке молока получают до 2 млн. тонн молочной сыворотки, содержащей до двадцати тысяч тонн высокоценного белка. Извлечь который можно с помощью коагуляции. Существующие способы коагуляции (тепловые, химические, электрохимические) позволяют выделить до 50% белка. Предлагаемый электрохимический способ коагуляции позволяет повысить эффективность выделения белка до 90% и снизить энергоемкость путем непосредственного воздействия электрического тока на коллоидную среду.

Суть электрохимической коагуляции состоит в создании в молочной сыворотке концентрации анионов и катионов, соответствующей изоэлектрической точке коагуляции белков путем пропускания электрического тока через зоны, разделенные ионопроницаемой мембраной.

Изменить pH среды можно постоянным электрическим током, регулируя количество электричества Q , при определенном значении которого белок переходит в изоэлектрическое состояние, наиболее благоприятное для его коагуляции. Проведенные экспериментальные исследования подтвердили данные теоретические выкладки.

В работе исследована молочная сыворотка с содержанием сухих веществ 6-7%, начальным pH 4,8 – 5. Измерения проводили в специальных ячейках, наиболее соответствующих технологии обработки молочной сыворотки. Измерительная ячейка (рисунок 1) представляла собой камеру прямоугольной формы из диэлектрического материала с плоскопараллельными электродами из графита, разделенную полиамидной мембранной перегородкой.

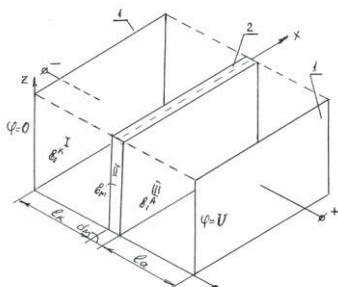


Рис. 1- Измерительная ячейка: 1 – электроды, 2 - мембрана

Молочную сыворотку обрабатывали постоянным электрическим током в ячейке, разделенной мембранной перегородкой, варьируя количество электричества в пределах $(0 \dots 15) \cdot 10^3 \text{ Кл} \cdot \text{кг}^{-1}$, что изменяло рН среды от 5,0 до 11. На рисунке 2 б дана зависимость выделения белка молочной сыворотки от количества электричества. Увеличение Q до $6 \cdot 10^3 \text{ Кл} \cdot \text{кг}^{-1}$ приводит к максимальному выделению белка (85%). Дальнейший рост количества электричества не вызывает заметной коагуляции. Анализируя рисунок 2 а видно, что наибольшему выделению белка соответствует $\text{pH} = 8,9$.

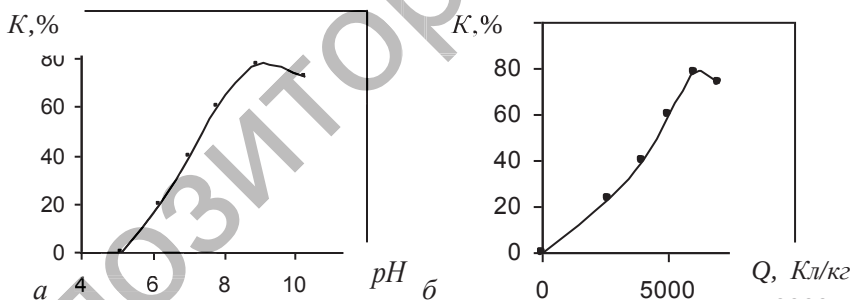


Рис. 2 - Зависимость выделения белка (K) молочной сыворотки от рН (а) и количества электричества Q (б)

Следовательно, определенным воздействием электрического тока, варьируя количество электричества, протекающего через молочную сыворотку можно создать необходимую концентрацию ионов при которой происходит максимальное выделение белков.

Технологический процесс электрокоагуляции показан на рисунке 3. Сыворо́тка подается в электрокоагулятор 7. Обработанный продукт из катодной камеры I поступает в успокоительную емкость 2 затем в центрифугу 6 для выделения коагулята. После центрифугирования и отделения белков сыворо́тка поступает в анодную зону II для повторной обработки и более полного выделения белков.

Таким образом, электрохимическая коагуляция позволяет выделить до 90% белков молочной сыворо́тки, что на 20...30% больше чем при традиционной технологии, снизить отрицательное воздействие на окружающую среду сточных вод молокоперерабатывающих предприятий.

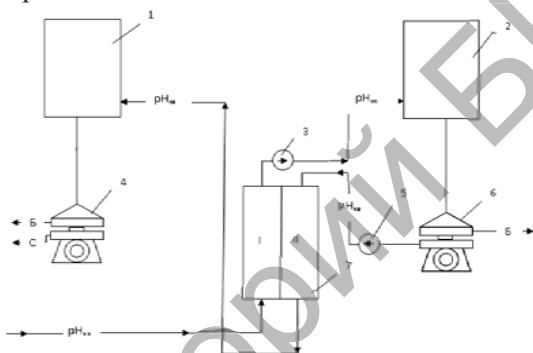


Рис. 3 – Принципиальная технологическая схема электрокоагуляции:

1,2 - успокоительные емкости; 3,5 - вакуум - насос; 4,6 - саморазгружающиеся фильтрующие центрифуги; 7 -электрокоагулятор (I,II – катодная, анодная зоны; $pH_{нк}$, $pH_{кк}$ – начальное и конечное значение pH в катодной зоне; $pH_{на}$, $pH_{ка}$ – начальное и конечное значение pH в анодной зоне), Б - белок, С - молочная сыворо́тка после электрообработки.

Литература

1. Храмцов А.Г., П.Г. Нестеренко Технология продуктов из молочной сыворо́тки.-М.: ВО << Агропромиздат >>,1990.
2. Синкевич Т., Ридель К.П. Молочная сыворо́тка: переработка и использование в агропромышленном комплексе. – М.:<< Агропромиздат >>,1989.
3. Заяц Я.М., Ющанка І.Б. Да пытання электракаагуляцыі бялкоу бульбянога соку. – Мн.: Весці акадэміі аграрных навук Беларусі, 1994, №3.
4. Зонтаг Т. и др. Коагуляция и устойчивость дисперсных систем. – Л.: Химия, 1973.

ДООЧИСТКА СТОКОВ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОФЛОТООКАГУЛЯЦИИ

Крутов А.В., к.т.н., доцент, Нефедов С.С., аспирант, Янко М.В.

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

Животноводческие комплексы оказывают существенное влияние на качество подземных и поверхностных вод. Здесь неизбежно накапливается избыток отходов животноводства и свиноводства, которые в силу целого ряда причин не могут быть полностью утилизированы или использованы в виде органических удобрений. Большинство из них не оборудовано очистными сооружениями и, по оценкам института геохимии и геофизики Национальной академии наук Республики Беларусь, ежегодно около 92 млн. м³ жидких стоков сбрасывается в реки и водоемы, поступает на поля орошения и просачивается до уровня грунтовых вод [1].

По своему воздействию на природные объекты неочищенные стоки животноводческих комплексов эквивалентны отходам высшей категории вредности, в составе которых преобладают органические вещества, аммонийный азот, фосфаты, тяжелые металлы, оказывающие негативное влияние на воду, ухудшающие ее гигиенические и санитарно-химические показатели.

В мировой практике существует несколько способов обеззараживания навоза и стоков с животноводческих ферм. Основными из них являются следующие: 1) биотермический метод; 2) использование химических реагентов; 3) термическая обработка; 4) радиационное облучение; 5) электроимпульсное обеззараживание и др. [2].

В настоящее время широко используется биологическая очистка стоков животноводческих комплексов, особенно там, где навозоудаление осуществляется гидросмывом. Известно, что биологическая очистка не может гарантировать полную очистку воды от патогенных микроорганизмов, поэтому перед спуском в водоем или повторным использованием, направлением на орошение сельскохозяйственных культур ее нужно подвергать обеззараживанию. В процессе транспортировки воды из биологических прудов на внутренней поверхности труб, часто образуются отложения, характер

которых обусловлен свойствами воды и режимом ее движения. Появление отложений уменьшает живое сечение трубопровода и снижает его пропускную способность. Недостаточная скорость движения неочищенной воды в трубопроводе приводит к выпадению из нее грубодисперсных примесей и к образованию донных отложений. Отложения органического происхождения легко загнивают и способствуют ухудшению качества воды и разрушению водопроводных труб. Такие отложения постепенно уплотняются и цементируются различными примесями воды, выпадающими в осадок. Возникающий при этом процесс коррозии приводит к образованию бугристых отложений неправильной формы, состоящих также из гидроксида железа. Образование бугристых отложений повышает шероховатость поверхности труб и увеличивает потери напора в них. Кроме того, на бугристых отложениях легко оседают и задерживаются взвешенные частицы. В тех случаях, когда создаются благоприятные условия для жизнедеятельности тех или иных организмов (наличие питательных веществ и подходящего температурного режима) происходит биологическое обрастание организмами, привнесенными в систему с водой из чехов биологической очистки (биологических прудов), так как она обладает повышенной биогенностью, обусловленной наличием органических примесей, соединений азота и фосфора. Полагают, что появление обрастаний неизбежно, если перманганатная окисляемость воды превышает 4–6 мгО₂/л [3].

Установлено [4], что после процесса биологической очистки жидкой фракции сточные воды имеют слабощелочную реакцию, pH изменяется в пределах 8,0–8,7. Химическое потребление кислорода – 886–2500 мгО₂/л, что свидетельствует о значительном содержании органических веществ. Отмечено также большое содержание (в ряде случаев преобладание) ионов аммония и фосфат-ионов. Именно они лежат в основе образования отложений в трубопроводах. Химический состав сточных вод после биологической очистки характеризуется присутствием в них катионов Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺, NH₄⁺, анионов NO₃⁻, SO₄²⁻, PO₄³⁻, HCO₃⁻, Cl⁻.

Для борьбы с отложениями в трубопроводах, снижения экологической нагрузки на гидросферу рассмотрен метод электрофлоткоагуляционной доочистки сточных вод животноводческих комплексов, что резко сокращает наличие в очищенных водах органических коллоидов, загрязнителей в ионной форме. Так, при электрофлото-

коагуляционной обработке модельных растворов в течение 20 минут с использованием растворимых электродов из низкоуглеродистой стали Ст3 отмечено снижение концентрации ионов аммония и фосфат-ионов в 1,5...2 раза. Плотность тока в проведенных экспериментах составляла 300 А/м². Воздействие электрического тока и образующихся в ходе электролиза ионов Н⁺, ОН⁻ и Cl⁻ усиливает антимикробное действие электрообработки стоков в сотни раз.

Литература

1. Водная стратегия Республики Беларусь на период до 2020 года. Утверждена решением коллегии Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь 11.08.2011г., № 72-Р.

2.Болоцкий, И.Л. и др. Анализ методов обеззараживания животноводческих стоков и помета с ферм//Ветеринария Кубани, - 2008.- №3.- С.17.

3. Микробиология воды: учебное пособие /Н.Г. Наливайко. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета. 2006. – 139 с.

4. И.И. Лиштван, Е.В. Гапанович, В.М. Крайко. Электрофлотокоагуляционная очистка сточных вод животноводческих комплексов//Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя хімічных навук. -2002. -№2. С.86-90.

УДК 620.3:339.137

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КОНТАКТНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЗАРЯДА ПО ПОВЕРХНОСТИ РАЗНОВЫТЯНУТОГО ЭЛЛИПСОИДА ВРАЩЕНИЯ

Лагутин А.Е., к.т.н., Кебец Д.Г., магистрант
УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

Предложены физические модели процесса контактной зарядки разноразнообразного диэлектрического с проводящей поверхностью эллипсоида вращения на электродах разной полярности в электростатическом поле высокой напряженности и появления в нем положительного коронного разряда, возникающего на остриях, сориентированных на слое, отдельных разноразнообразных эллипсоидальных частиц.

На рис. 1 представлена контактная зарядка разновытянутой диэлектрической эллипсоидальной частицы с проводящей поверхностью, так как на поверхности даже сухих семян всегда имеется пленка, конденсируемой из воздуха влаги. При отрицательном потенциале электрода и тонкого заряженного слоя частицы свободные электроны на электроде перейдут в проводящую оболочку эллипсоидальной частицы, и она зарядится отрицательно.

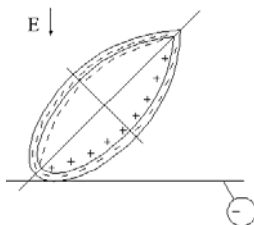


Рис. 1 – Разовытянутая диэлектрическая эллипсоидальная частица с проводящей поверхностью на потенциальном электроде отрицательной полярности в электростатическом поле

Одновременно с этим в диэлектрическом слое частицы произойдет поляризация. В нижнем полуэллипсоиде на границе проводящим слоем сконцентрируются положительные связанные заряды, а в верхнем полуэллипсоиде – отрицательные. Далее, отрицательные свободные заряды, отталкиваясь от отрицательных связанных зарядов верхнего полуэллипсоида, стекнут в свободную нижнюю часть проводящей оболочки, так как связанный положительный заряд со знаком плюс будет скомпенсирован отрицательным зарядом проводящей оболочки.

Таким образом, эллипсоидальная частица будет иметь в верхней половине минусовой связанный заряд от поляризации частицы, а в нижней половине – минусовой заряд от отрицательного свободного заряда оболочки. Учитывая, что оболочка достаточно тонкая (несколько микрон), то можно считать, что центр заряда будет находиться на большой оси эллипсоида и останется на ней и при ориентации частицы большей осью вдоль силовых линий поля.

Расчет поля, образованного заряженным решетом-электродом, электростатического сепаратора. Поле определяется в верхнем полупространстве, образованном пластиной на плоскости $\zeta=0$ шириной $2a$ и длиной $2b$, заряженной до потенциала U_0 и помещен-

ной в бесконечный заземленный экран. В том случае, когда поле определяется в однородной диэлектрической среде с расположенными в ней проводниками, потенциалы которых заданы, мы имеем в чистом виде задачу Дирихле определения потенциала на поверхности полупространства. В общем случае, когда на плоскости $\zeta=0$ имеется ряд заряженных полос, параллельных друг к другу и имеющих потенциалы $U_1, U_2, \dots, U_n$, распределение потенциала в какой-либо плоскости постоянно и может быть определено по формуле

$$U_M = \sum_{k=1}^n U_k \frac{\varphi_k}{\pi},$$

где φ_k - угол видимости полосы с потенциалом U_k из точки М, в которой определяется потенциал. На рисунке 2 приведено рассчитанное по формуле поле двух параллельных полос, заряженных до потенциала $U=1,0$ кВ и помещенных в бесконечный заземленный экран.

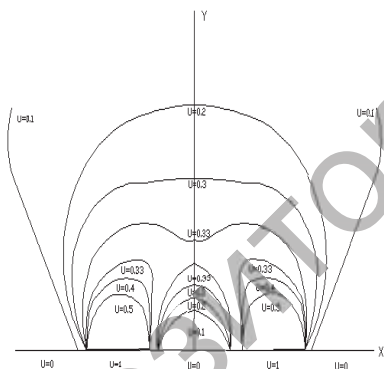


Рис. 2 – Поле двух параллельных заряженных полос

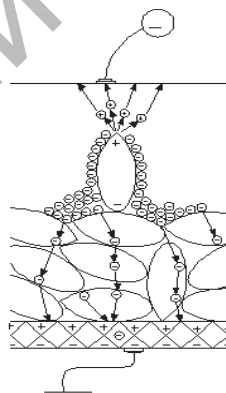


Рис. 3 – Образование потока ионов в межэлектродном пространстве

К расчету униполярного положительного коронного разряда, возникающего при ориентации зерновых частиц на поверхности зернового слоя в межэлектродном промежутке электрического стимулятора семян рассмотрена сориентированная зерновая частица на толстом зерновом слое. При определенных условиях, зависящих от диэлектрических свойств окружающей среды, вершина этой частицы начнет коронировать, образуя тем самым поток ионов, прохо-

дящий через зерновой слой (рис. 3). Т.е. мы имеем униполярный положительный коронный разряд. Положительные ионы двигаются к верхнему электроду системы, имеющему отрицательный потенциал, а отрицательные – по проводящей поверхности зерновых частиц через зерновой слой – к транспортной ленте, лежащей на заземленном электроде.

Предложенные физические модели помогают понять физический смысл процесса контактной зарядки семян в электростатических сепараторах и возникновения положительного коронного разряда в межэлектродном промежутке электрического многослойного стимулятора семян.

Литература

1. Бородин, И.Ф. Анализ действующих сил на зерновую частицу с разноразнонапряженными концами [Текст] / И.Ф. Бородин // Вести РАСХН. – 1999. – №5. – С.25-27.

УДК 620.3:339.137

ОБОСНОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ СЕПАРАЦИИ И СТИМУЛЯЦИИ СЕМЯН РАЗНОВЫТЯНУТОЙ ЭЛЛИПСОИДАЛЬНОЙ ФОРМЫ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ

Лагутин А.Е., к.т.н., Кебец Д.Г., магистрант УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

Использование различия в физических свойствах компонентов семенной массы позволяет не только очищать семена от сорных примесей, но и выделять для семенных целей наиболее биологически ценные семена. В свою очередь биологическая ценность семян характеризуется их посевными качествами – всхожестью, энергией прорастания, силой начального роста.

Для выполнения в полном объеме исследований по сепарации и стимуляции семян разноразнонапряженной эллипсоидальной формы в электрическом поле разработана концепция решения этой проблемы, которая представлена в виде структурно-логической схемы (рис. 1), определяющей последовательность выполнения в работе разноплановых, отдельных и в то же время комплексных исследований.

Для технологических процессов электротехнологий необходимо достаточно точно определить математическую модель, описывающую форму вытянутой частицы. Это необходимо для более точного рассмотрения математической модели поведения частицы на рабочих органах электросепараторов. Нами предложена математическая модель формы вытянутых частиц, определяемая разновытянутым эллипсоидом вращения. Он состоит из двух половин эллипсоидов вращения с общей шириной b и имеющих длину наименьшего эллипсоида a_2 , а наибольшего – a_1 . Полученный разновытянутый эллипсоид имеет длину a_n ширину b и разные радиусы закругления концов.

При определении математической модели, описывающей форму вытянутой частицы, сравниваются поверхности трехосного эллипсоида, эллипсоида вращения и приведенного эллипсоида вращения. При одних и тех же размерах частиц разница между площадью поверхности, определенной для 3-осного эллипсоида (с осями a , b , c) и эллипсоида вращения (с осями a и b), составляет 15%. Разница же, определенная между площадью поверхности трехосного эллипсоида и приведенного эллипсоида вращения, составляет 10%. Действительная площадь трехосного эллипсоида определяется по выражению

$$S = 2\pi c^2 + \frac{2\pi b}{\sqrt{a^2 - c^2}} [c^2 F(\varphi, \alpha) + (a^2 - c^2) E(\varphi, \alpha)],$$

где $F(\varphi, \alpha)$ – неполный эллиптический интеграл первого рода; $E(\varphi, \alpha)$ – неполный эллиптический интеграл второго рода.

Разновытянутый эллипсоид вращения описывает форму вытянутых частиц с погрешностью от 5 до 20%, в отличие от трехосного эллипсоида, который при этом имеет погрешность от 8 до 30% [1].

Площадь разновытянутого эллипсоида вращения будет определяться выражению

$$S_{p3} = \frac{\pi a_1^2 k_{1n}}{4} \left(k_{1n} + \frac{\arcsin \sqrt{1 - k_{1n}^2}}{\sqrt{1 - k_{1n}^2}} \right) + \frac{\pi a_2^2 k_{2n}}{4} \left(k_{2n} + \frac{\arcsin \sqrt{1 - k_{2n}^2}}{\sqrt{1 - k_{2n}^2}} \right),$$

где k_{1n} и k_{2n} приведенные коэффициенты сферичности.

При определении площади поверхности разновытянутого эллипсоида вращения получается, что трехосный эллипсоид имеет по отношению к разнотяннутому эллипсоиду вращения ошибку 10%, определенные по реальным частицам. Это еще раз доказывает, что форма вытянутых частиц должна математически описываться разновытянутым эллипсоидом вращения.

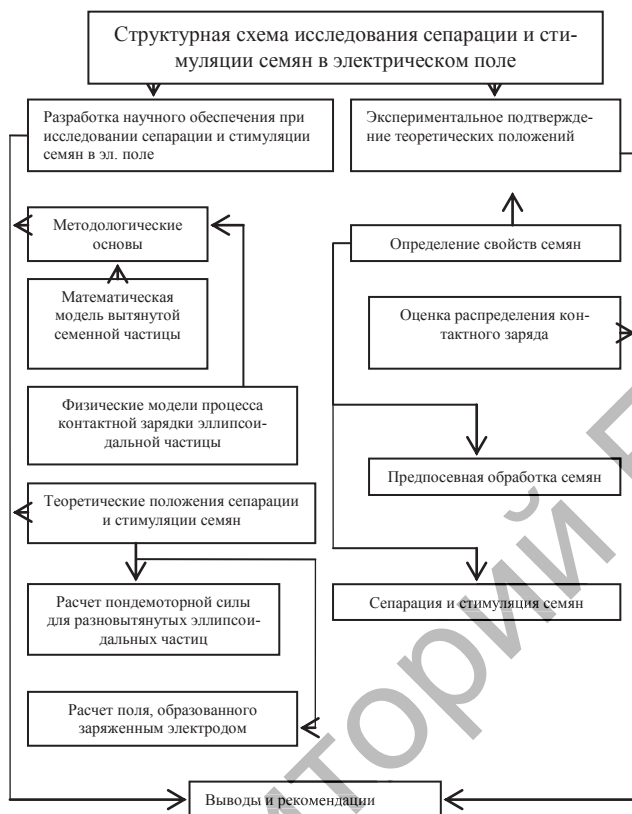


Рис. 1 – Структурно-логическая схема исследования сепарации и стимуляции семян разновытянутой эллипсоидальной формы в электрическом поле

Литература

1. Шмигель, В.В. Поведение заряженных эллипсоидальных частиц в электростатическом поле [Текст] / В.В. Шмигель // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1996. – №5. – С.12-13.

УДК 697.7

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ОТОПИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ В ЗДАНИЯХ ПРОМЫШЛЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ

Минчукова М.Е., инженер,

*УО «Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь*

В настоящее время, в связи с истощением запасов невозобновляемых энергоресурсов, ростом цен и ограничением лимитов на энергоносители использование систем экономичного отопления для обогрева помещений становится все более актуальной задачей. В последние годы в мире все больший спрос приобретают новые отопительные приборы – инфракрасные излучатели.

Целью данной работы является:

- сравнительный анализ работы современных электрических отопительных устройств;
- исследование теплового поля помещения, оборудованного инфракрасным излучателем.

Принцип работы инфракрасных обогревателей основан на испускании инфракрасных лучей – электромагнитного излучения, имеющего меньшую частоту, чем красная область видимого света. Тепловые лучи обогревателя нагревают пол и предметы, от которых в свою очередь нагревается воздух. Это является главным отличием от традиционных отопительных устройств, передача тепла от которых осуществляется преимущественно конвективным способом.

В табл. 1 приведен сравнительный анализ работы наиболее распространенных в настоящее время электрических отопительных устройств.

Характер распределения температурного режима в помещении, оборудованном инфракрасным излучателем, экспериментально исследован в помещении площадью $S=60 \text{ м}^2$ при высоте потолка $h=4,5 \text{ м}$. Мощность ИК-излучателя $W=2,4 \text{ кВт}$. Высота подвески прибора от уровня пола – $2,5 \text{ м}$.

Таблица 1

Сравнительный анализ электрических отопительных устройств

Виды электрических отопительных устройств	Способ передачи тепла	Преимущества	Недостатки
Отопительный радиатор	конвективный, лучевой	- бесшумная работа; - длительное время поддержания стабильной температуры; - мобильность установки	- сложность терморегулирования; - повышенная пожароопасность.
Тепловой вентилятор	конвективный	- быстрый нагрев помещения; - высокая производительность.	- шумная работа; - неэкологичен.
Конвектор	конвективный	- бесшумная работа; - возможность автоматического регулирования отопления; - компактность прибора; - надежность в эксплуатации.	- неравномерный прогрев помещений; - неэкологичен.
Инфракрасный обогреватель	лучевой	- высокий КПД; - бесшумная работа; - быстрый нагрев; - низкая инерционность; - экологичен; - экономичен; - пожаробезопасен.	- более высокая стоимость по сравнению с традиционными электрическими отопительными приборами.

С момента включения прибора в течение 1 часа измерялась температура в 4-х точках на поверхности предметов, расположенных по горизонтали на расстоянии от источника излучения $l_1 = 153$ см, $l_2 = 213$ см, $l_3 = 321$ см, $l_4 = 550$ см. Измерение температуры выполнялось с помощью пирометра Raynger. Фиксирование температуры осуществлялось с интервалом времени в 10 мин.

Результаты эксперимента представлены на рис. 1.

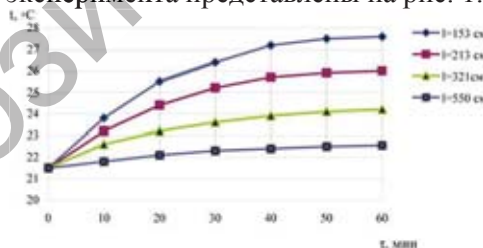


Рис. 1 График зависимости температуры t на поверхности предметов от времени τ облучения и расстояния l от источника излучения

Исследования показали, что разность температур между крайними точками измерения в среднем составляет 20%. Стабилизация

температуры в помещении происходит в течение одного часа. С увеличением расстояния от излучателя температура стабилизации снижается и процесс нагревания идет медленнее, чем вблизи от прибора. Было установлено, что тепловой поток энергии воспринимается предметами сильнее в пределах прямой видимости. Таким образом, существует возможность точечного или зонального обогрева, т.е. оптимального прогрева зоны пребывания в помещении людей.

Литература

1. Богословский, В. Н. Отопление: учебник для вузов / В.Н.Богословский, А.Н. Сканави – М.: Стройиздат, 1991. – 735 с.

УДК 663.421

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ НА ЭКСТРАКТИВНОСТЬ СОЛОДА

Пашинский В.А., к.т.н., доцент УО «Международный государственный экологический университет имени А.Д. Сахарова», Н.Ф. Бондарь, к.х.н., О.В. Бондарчук, аспирант, УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

Показатели качества перерабатываемого солода во многом определяют качество готового пива. Одним из основных показателей качества солода является экстрактивность. Поэтому совершенствование технологий получения солода с высокой экстрактивностью является целью многих исследований.

В настоящее время существуют различные химические и биологические способы воздействия на зерно для повышения экстрактивности солода: перезамачивание зерна; использование активаторов роста зерна и ингибиторов; добавление в замочную воду щелочных растворов, введение отдельных ферментов или их комплексов в замочную воду.

Представляет интерес воздействие на ячмень переменного неоднородного электрического поля высокой напряженности [1].

Целью проведенного эксперимента является оценка эффективности факторов, влияющих на увеличение экстрактивности солода путем обработки пивоваренного ячменя переменным неоднородным электрическим полем высокой напряженности в повторно-кратковременном режиме.

Наши исследования показали, что при обработке ячменя переменным неоднородным электрическим полем напряженностью 1,3 МВ/м [2] происходит увеличение экстрактивности солода на 24% и сокращение сроков солодоращения на 2 суток.

Экстрактивность солода выражается суммой экстрактивных веществ, которые при затирании стандартным настольным способом [3] переходят в раствор. Для хороших солодов массовая доля экстракта составляет 79-82% от сухого вещества солода.

Массовую долю экстракта в воздушно-сухом веществе солода (E_1) в процентах рассчитывают по формуле [6]:

$$E_1 = \frac{e \cdot (800 + W)}{100 - e}, \quad (1)$$

где e - массовая доля действительного экстракта в сусле, %;

W - массовая доля влаги в солоде, %;

800, 100- постоянные расчетные величины.

Массовую долю экстракта в сухом веществе солода (E_2) в процентах рассчитывают по формуле:

$$E_2 = \frac{E_1 \cdot 100}{100 - W}, \quad (2)$$

где 100-коэффициент перевода величины в проценты.

По показаниям пикнометров, получили значения относительной плотности сусла [4]. Средние данные по исследованию представлены в табл.1

Таблица 1

Среднее значение массовой доли экстракта

Образ-цы	Относительная плотность сусла, d	Массовая доля действительного экстракта e , %	Массовая доля экстракта в воздушно-сухом веществе солода, % E_1	Массовая доля экстракта в сухом веществе солода, % E_2
№1	1,0300	7,561	66,13	71,33
№2	1,0268	6,693	58,55	63,03
№3	1,03335	8,385	73,88	79,61
№4	1,0267	6,731	62,79	62,79
№5	1,026	6,572	56,59	60,43

Достоверность различия результатов исследования параметра массовой доли экстракта, при данном числе наблюдений на контрольном образце и образце зерна №3, обработанного в повторно-кратковременном режиме определяли, применив разностный метод обработки результатов [3].

Из полученных результатов сделали вывод, что применение неоднородного переменного электрического поля высокой напряженности для обработки ячменя в повторно-кратковременном режиме, достоверно ($P < 0,01$) увеличивает экстрактивность солода (возможность того, что вывод неверен, меньше 1%, что является достаточным для биологического исследования).

Обработка ячменя в повторно-кратковременном режиме переменным неоднородным электрическим полем высокой напряженности оказывает влияние на экстрактивность солода и повышает массовую долю экстракта в сухом веществе солода в среднем на 24% и позволяет сократить сроки солодоращения на 2 суток. Таким образом, требуемой экстрактивности солода удалось достичь на четвертые сутки по сравнению с технологическим процессом, который занимает 6 суток.

Список литературы

1. Электротехнология/ В.А. Карасенко, Е.М. Заяц, А.Н. Баран, В.С. Корко. – М.: Колос, 1992. – 304с.: ил. – (Учебники и учебные пособия для высших учебных заведений).
2. В.А. Пашинский. Стимулирование прорастания пивоваренного ячменя. / В.А. Пашинский, О.В. Бондарчук // Агропанорама, №6, 2008. – С. 26-29.
3. Косминский Г.И. Технология солода, пива и безалкогольных напитков. Лабораторный практикум по техническому контролю производства. – Мн.: Дизайн ПРО, 1998, - 352 с.
4. ГОСТ 29294-92 «Солод пивоваренный ячменный». Издательство стандартов, М. 1992. Дата введения 01.06.93.

УДК 631.363.21

СНИЖЕНИЕ УДЕЛЬНЫХ ЭНЕРГОЗАТРАТ ВАЛЬЦОВОЙ ПЛЮЩИЛКИ ЗЕРНА

Прищепова Е.М, ассистент,

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

Одним из важнейших условий высокоэффективного производства животноводческой продукции является обеспечение животных полноценными, сбалансированными по питательным веществам в соответствии с зоотехническими требованиями кормами.

В последние годы широкое распространение получила технология плющения влажного зерна с последующим внесением в него консерванта и закладкой в хранилище с предварительной герметизацией, препятствующей деятельности вредных микроорганизмов. Основное преимущество такой технологии в том, что уборка начинается на 2-3 недели раньше сроков созревания в стадии восковой спелости зерна при влажности 30-40%, не требуется сушка зерна, повышается питательная ценность заготавливаемого корма, снижается зависимость от негативного влияния погодных условий, что в итоге уменьшает материальные, трудовые и финансовые затраты. Такая технология применима для всех видов зерновых, зернобобовых культур и кукурузы [1,2]. В этой связи весьма актуальным является вопрос снижения удельных энергозатрат в процессе плющения.

Полученное в работе [3] выражение удельных затрат q на плющение без учета энергозатрат на потери в опорных подшипниках и в приводе

$$q = \frac{f}{b_3 \cos \alpha_1} \left(\frac{\pi(mg + F)nD}{60v_3 L} + \frac{E}{2} \frac{\sqrt{(d_n \cdot \cos \alpha_1 - b_3)^4 + D^4 (\alpha_1 - \sin \alpha_1 \cos \alpha_1)^2}}{d_n} \right), \quad (1)$$

показывает, что энергозатраты на трение скольжение и деформацию, несмотря на упрощения, имеют весьма сложную зависимость прямопропорциональную коэффициенту трения f , частоте вращения валцов n , дополнительной внешней силе давления F , действующей на зерновку, модулю упругости зерновки E , массе зерновки m ускорению свободного падения g и обратнопропорциональную скорости зернового потока v_3 , длине валцов L .

При этом влияние синусов и косинусов угла деформации зерновки α_1 , соответственно:

$$\sin \alpha_1 = \sqrt{1 - \left(\frac{D + b_3}{D + d_n} \right)^2}; \quad (2)$$

$$\cos \alpha_1 = \frac{D + b_3}{D + d_n}, \quad (3)$$

определить однозначно затруднительно, так как они будут определяться соотношением диаметров валцов D , зерновки d_n и межвальцового зазора b_3 .

Для проверки адекватности полученного выражения, а также соотношением влияния диаметров валцов, зерновки и межвальцо-

вого зазора была проведена их экспериментальная проверка на установке с гладкими вальцами.

Подача зерна в межвальцовое пространство осуществлялась не традиционно используемым способом, т.е. самотеком из сужающегося к межвальцовому пространству бункера, а через симметрично установленную относительно межвальцового зазора вертикальную с прямоугольным поперечным сечением загрузочную шахту. Один из размеров выше указанного сечения загрузочной шахты равен длине вальцов, а второй – диаметру вальца. При этом поперечное сечение в нижней части шахты симметрично уменьшалось в направлении перпендикулярном осям вальцов от краев шахты к межвальцовому зазору. Шахта оборудована также сверху поршнем, обеспечивающим заданное давление на зерно, а снизу клапаном, принудительно открываемым для выгрузки зерна из шахты при эксперименте. Для электропривода плющилки использовался асинхронный двигатель с преобразователем частоты питающего напряжения. Эксперимент проводился в следующей последовательности. В загрузочную шахту под поршень загружалось определенная порция зерна, преобразователем частоты устанавливалась необходимая частота вращения вальцов. Затем открывался клапан для подачи зерна в межвальцовое пространство, при этом измерялась мощность, затрачиваемая на плющение и время с момента открытия клапана до окончания процесса плющения. При эксперименте изменялась частота вращения вальцов n , межвальцовый зазор b_z , сила давления на поршень, соответственно, и на зерно F , а также ширина $b_{ш}$ в нижней части шахты в направлении перпендикулярном осям вальцов.

В результате полученных экспериментальных данных сделаны следующие выводы:

- удельная производительность плющилки независимо от частоты вращения возрастает при увеличении силы давления на зерно F , а удельная энергоемкость процесса плющения при этом уменьшается.

- с уменьшением зазора между вальцами b_z удельная производительность плющилки падает и удельная энергоемкость процесса плющения возрастает.

- с увеличением ширины b_z загрузочной шахты удельная производительность плющилки увеличивается до определенного зна-

чения, а затем остается практически постоянной, при этом удельная энергоемкость процесса плющения уменьшается до определенного значения, а потом возрастает.

– удельная производительность вальцовой плющилки зерна имеет максимальную производительность при определенной частоте и практически при этой же частоте. минимальную энергоемкость процесса плющения.

1. Попков Н.А., Самосюк В.Г., Привалов Ф.И. Уборка зерна повышенной влажности на кормовые цели и его плющение// Белорусское сельское хозяйство, №2, 2007 - С.7-14.

2. Организационно – технологические нормы возделывания сельскохозяйственных культур: сборник отраслевых регламентов – Мн.: Белорусская наука, 2005. – С. 151-157

3. Дайнеко, В.А. К вопросу повышения производительности и снижения удельных энергозатрат вальцовой плющилки зерна/ В.А. Дайнеко, Е.М. Прищепова// Агропанорама. – 2013. – №2. – С.24-27.

УДК 621.3.072.8

АЛГОРИТМ И ПРОГРАММА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ЗАМЕНЫ МАЛОНАГРУЖЕННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Радкевич В.Н., к.т.н., доцент, Воробей В.В., магистрант;
*УО «Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь*

Нехватка энергоресурсов вызывает непрерывный рост тарифов на электроэнергию, что, в свою очередь, приводит к необходимости повышения эффективности ее использования.

Для обеспечения рационального электропотребления следует наладить эффективную эксплуатацию электродвигателей производственных механизмов, электротехнологических и осветительных установок. Кроме того, ощутимую экономию электроэнергии можно получить за счет сокращения ее потерь [1].

Снижения расхода электроэнергии на нерегулируемый электропривод можно достичь путем замены малонагруженных асинхронных двигателей (АД), поскольку КПД электродвигателя существенно зависит от нагрузки на его валу [2]:

где $P_{ном}$ – номинальная мощность электродвигателя;
 k_3 – коэффициент загрузки двигателя;
 $\Delta P_{пост}$ – постоянные потери мощности в двигателе;
 $\Delta P_{пер}$ – переменные потери мощности в двигателе.

[illegible]

Рис. 1 – Упрощенный алгоритм программы для определения целесообразности замены малонагруженных электродвигателей

274

теля (номинальное напряжение $U_{ном}$, мощность $P_{ном}$, частота тока $f_{ном}$, частота вращения ротора $n_{ном}$, КПД $\eta_{ном}$, коэффициент мощности $\cos\varphi_{ном}$, перегрузочная способность λ), его коэффициент загрузки и каталожные параметры нового электродвигателя.

С помощью программы можно выделить постоянные и переменные потери мощности из состава суммарных потерь, что дает возможность построения зависимостей переменных и суммарных потерь мощности в электродвигателе от коэффициента его загрузки.

При определении постоянных и переменных потерь мощности программой учитываются фактические значения напряжения и частоты тока питающей сети. Таким образом, разработанная программа может быть использована также и для оценки влияния отклонений напряжения и частоты от номинальных значений на величину потерь мощности в электродвигателе.

В заключение отметим, что использование электродвигателей завышенной мощности приводит к снижению технико-экономических показателей их работы, излишним капиталовложениям и эксплуатационным расходам. Следовательно, необходимо проводить тщательный анализ режимов работы АД и определять целесообразность замены малонагруженных двигателей электродвигателями меньшей мощности, для чего может применяться разработанная программа.

Литература

1. Романюк, В.Н. Основы эффективного энергоиспользования на производственных предприятиях дорожной отрасли / В.Н. Романюк, В.Н. Радкевич, Я.Н. Ковалев; под ред. Я.Н. Ковалева. – Мн.: УП «Технопринт», 2001. – 292 с.
2. Вольдек, А.И. Электрические машины: учеб. для студентов высш. техн. учебн. заведений. – 3-е изд, перераб. – Л.: Энергия, 1978. – 832 с.

УДК 633.854.54

ПРОБЛЕМЫ ПОЛУЧЕНИЯ ДЛИННОГО ЛЬНЯНОГО ВОЛОКНА НА ЛИНИЯХ ПЕРВИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ЛЬНЯНОЙ ТРЕСТЫ И ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ ИХ РЕШЕНИЙ

Равинский Н.А., ст. преподаватель, м.т.н.

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

На сегодняшний день Республика Беларусь испытывает дефицит отечественного высококачественного длинного льняного волокна. Получение низкого процента выхода длинного волокна в общей массе переработанного льносырья обусловлено рядом причин. В первую очередь, таковой причиной является низкое качество тресты, поступающей на льноперерабатывающие заводы.

Качество тресты в основном зависит от почв, на которых высеваются семена льна, от качества самих семян, от их подготовки к посеву, от ухода за посевами. Кроме того, переход от сноповой технологии уборки льна к рулонной заметно ухудшил ситуацию обработки льнотресты на мяльно-трепальном агрегате. Ранее, при сноповой технологии, стебли были сгруппированы по своим качественным характеристикам, что позволяло в результате обработки льнотресты получить льноволотно высокого качества. Рулонная технология уборки льна с использованием уборочных комбайнов привела к тому, что в рулонах содержится треста, сильно различающаяся по своим свойствам и параметрам. Причем дополнительное воздействие органов комбайнов на стебли льна при его уборке также приводят к повреждению волокнистой части стеблей. Высокая варьированность влажности, отделяемости, дезориентации стеблей в слое, длины стеблей в слое и т.д. оказывает значительное влияние на уровень выхода длинного волокна.

Основная проблема получения высокого уровня выхода длинного волокна заключается в том, что существующие машины первичной переработки льна, установленные на многих льнозаводах Республики, не предназначены для обработки тресты в потоке с высокой варьированностью ее параметров.

Одним из способов решения проблемы является внедрение зарубежных линий по первичной переработке льна, таких как «Van Dommele» (Бельгия). Линии такого типа имеют некоторые преимуще-

ства, такие как применение полной автоматизации и компьютеризации процесса обработки тресты, фиксация тресты зажимным транспортером до ее мятья (это способствует снижению забивок и намотов на рабочие органы машин), снижение оборотов трепальных барабанов, что способствует увеличению удельного выхода длинного трепаного льноволокна, достаточно высокая производительность линии [1]. Однако, данным линиям также присущи и недостатки. В первую очередь, внедрение данных линий требует значительных капитальных вложений, фактически полного переоборудования помещения. Кроме того, зачастую автоматические приборы таких технологических линий работают нестабильно и дают частые сбои. Однако серьезным недостатком, отмеченным в [1], является недостаточная приспособленность новых линий к переработке низкономерного сырья, которое выращивается в наших льносеющих организациях, и отсутствие регулировочных возможностей для решения этой проблемы. Анализируя достоинства и недостатки зарубежных линий, можно сделать вывод, что их внедрение полностью не решит проблемы первичной обработки льна, тем более, что их внедрение будет затруднено вследствие их высокой стоимости.

Другим возможным способом решения проблемы низкого выхода длинного волокна является совершенствование существующих линий по первичной переработке льна. При этом необходима разработка систем автоматического контроля и оптимального управления процессом получения длинного волокна.

Наиболее приемлемой схемой является контроль параметров тресты (возмущающих воздействий), оказывающих влияние на выход длинного волокна, автоматический подбор оптимальных параметров режима работы рабочих органов машин технологической линии и регулирование этих параметров.

Простыми и доступными параметрами, поддающимися регулированию в потоке, с точки зрения автоматизации, являются скорость зажимного транспортера трепальной секции мяльно-трепального агрегата, влияющая на количество воздействий, воспринимаемых материалом, и частота вращения трепальных барабанов [2]. Такая система оптимального управления процессом получения длинного волокна требует замены нерегулируемых электроприводов зажимного транспортера и трепальных барабанов регулируемым. Количество воздействий K , воспринимаемых материалом, определяется по формуле [1]:

$$K = i_1 \cdot i_2 \cdot n_6 \cdot L_6 / V_{mp} \quad (1)$$

где i_1 – число трепальных барабанов;

i_2 – число бил на барабане;

n_6 – частота вращения трепальных барабанов, об/мин;

L_6 – длина барабанов рассматриваемой секции, м;

V_{mp} – скорость движения зажимного транспортера, м/мин.

Из формулы (1) видно: чтобы получить материалу оптимальное количество воздействий потребуется увязка оптимальной частоты вращения трепальных барабанов с оптимальной скоростью зажимного транспортера. Следовательно, электропривод в такой системе должен быть регулируемым и взаимосвязанным.

Что касается возмущающих воздействий, влияющих на ход технологического процесса, анализ показал, что изменяя скоростные параметры рабочих органов трепальной машины, можно компенсировать лишь вариацию влажности и отделяемости тресты [2]. Именно эти характеристики состояния тресты на входе в мяльно-трепальный агрегат необходимо измерять автоматически.

Литература

1. Голуб А.И. Льноводство Беларуси / А. И. Голуб, А. З. Чернушок. – Борисов: Борисовская укрупненная типография, 2009. - 243 с.
2. Петров С.С., Дроздов В.Г. Оптимизация режимов технологического процесса первичной обработки льнотресты за счет применения комплекса автоматического контроля технологических параметров льнотресты // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. - 2006. - №4. - с. 18 - 21.

УДК 628.9.041.9

ПРИМЕНЕНИЕ СВЕТОДИОДНОГО ОСВЕЩЕНИЯ ДЛЯ МИКРОКЛОНАЛЬНОГО РАЗМНОЖЕНИЯ РАСТЕНИЙ

Самарин Г.Н., д.т.н., доцент; Александров А.И., аспирант;

Кидыко Ю.И., аспирант; Белехов И.Н, аспирант

ФГБОУ ВПО "Великолукская государственная сельскохозяйственная академия", г. Великие Луки, Российская Федерация

На базе ФГБОУ ВПО «Великолукской ГСХА» располагается лаборатория микрোকлонального размножения растений. С помощью микрোকлонального размножения (другое название метода – меристемное размно-

жение) выращивают декоративные и плодово-ягодные растения, комнатные и срезочные цветы, картофель и прочие овощи. Приоритетными направлениями работы лаборатории является разработка методов и технологий ускоренного размножения и производства высококачественного семенного материала картофеля. Также в последние годы специалисты лаборатории занимались получением оздоровленного материала и других культур. Исследования проводятся на землянике, малине, ежевике, яблоне, вишне, смородине.

Среди преимуществ меристемного метода размножения растений можно отметить более высокую урожайность саженцев (например, с обычного кустика клубники можно собрать 200...300 г ягод, а с меристемного – до 1 кг), такие растения более здоровы, и они не поражаются вирусами. Также микроклональное размножение дает возможность получения огромного количества однородных растений за время, при котором не даст того же результата ни один другой метод (около 10 тысяч саженцев в год от одного маточного растения) [1].

Для успешного роста микросаженцев требуется строго поддерживать определенные параметры микроклимата в лаборатории. В данной лаборатории досвечивание происходит на стеллажах (фитотронах) с помощью люминесцентных ламп OSRAM L65W/765. Температурный режим поддерживается кондиционерами. Данная система микроклимата имеет ряд недостатков. Во-первых, высокие энергозатраты, обусловленные низким КПД физиологически активной радиации (ФАР) люминесцентных ламп, а также необходимостью охлаждать воздух, сильно нагревающийся от люминесцентных ламп. Во-вторых, невозможность регулировать интенсивность и спектр излучения ламп. И в третьих, низкий срок службы люминесцентных ламп [3].

Приведенные результаты указывают на возможность применения светодиодных светильников для освещения растений. Современные светодиоды покрывают весь видимый диапазон оптического спектра: от красного до фиолетового цвета. Диапазон длин волн излучения светодиодов в красной области спектра составляет 620...780 нм, в оранжевой – 600...620 нм, в желтой – 585...595 нм, в зеленой – 500...570 нм, в голубой – 465...490 нм и в синей – 430...465 нм [2]. Таким образом, составляя комбинации из светодиодов разных цветовых групп, можно получить источник света с практически любым спектральным составом в видимом диапазоне. Интенсивность излучения светодиода зависит от протекающего через кристалл тока. Это позволяет управлять интенсивностью излучения свето-

диодного светильника, причем относительно легко – путем изменения тока. Если использовать в светильнике светодиоды с разными значениями длины волны излучения, то, изменяя ток для разных светодиодов, можно получать различные по составу и интенсивности спектры излучения и таким образом подбирать спектр светильника в зависимости от конкретного этапа развития растения. У натриевой лампы основная часть спектра лежит в оранжево-красной области и явно недостает синего света; из-за этого растения тянутся вверх, становятся более хрупкими и плохо переносят транспортировку. У натриевой лампы лишь треть затраченной энергии преобразуется в излучение, эффективное для фотосинтеза, поэтому при практически идентичных светотехнических характеристиках один светодиодный светильник потребляет в три раза меньше электроэнергии по сравнению с натриевой лампой. Кроме того, стоит учитывать, что излучение светодиодов направленное, а это позволяет эффективнее использовать полупроводниковые источники света. Также надо принимать во внимание, что время жизни светодиодов превышает время жизни, например, люминесцентных ламп минимум в несколько раз и составляет около 50000ч. Особо следует отметить экологическую чистоту светодиодных светильников и отсутствие проблем с их утилизацией. Данные особенности связаны с тем, что в составе светодиодов нет вредных веществ. Помимо этого, при эксплуатации они не нагреваются так сильно, как лампы, что позволяет располагать светильники ближе к рассаде и облегчает поддержание требуемых климатических условий при выращивании растений [3].

К недостаткам светодиодных светильников можно отнести их относительно большие размеры, что продиктовано стремлением добиться высокой интенсивности излучения за счет большего количества светодиодов, и сравнительно высокую стоимость светильников на первоначальном этапе. Высокая первоначальная стоимость светильников компенсируется относительно небольшим сроком окупаемости и достаточно большим сроком эксплуатации после этого, уже в условиях полностью возмещенных затрат на приобретение и нарастающей экономии за счет низкого энергопотребления.

Список литературы

1. Шуберт Ф. Светодиоды. – М.: Физматлит, 2008. – 496 С.
2. Тихомиров А.А., Шарупич В.П., Лисовский Г.М. Светокультура растений в теплицах. новосибирск. Издательство СО РАН. 2000.
3. Бахарев И., Прокофьев А., Туркин А., Яковлев А. Применение светодиодных светильников для освещения теплиц: реальность и перспективы // СТА. 2010. №2.

**ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ СИСТЕМА МИКРОКЛИМАТА
ФЕРМ ДЛЯ САНИТАРНОЙ ОБРАБОТКИ ВОЗДУХА**

Самарин Г.Н., д.т.н., доц., Евентьева Е.А., ст. препод.,

Яковлев Е.И., аспирант

ФГБОУ ВПО "Великолукская государственная сельскохозяйственная академия", г. Великие Луки, Российская Федерация

В мировой технике отопления и вентиляции наивысшей ступенью развития этих систем - являются системы кондиционирования воздуха, которые прошли многолетнюю проверку и апробацию на животноводческих фермах России.

На базе систем кондиционирования воздуха разработана энергосберегающая система формирования нормативного микроклимата в помещениях с молодняком животных и птицы. Она внедрена в животноводческих помещениях Московской и Псковской областях. В отличие от типовых систем при данной технологии осуществляется 75 - 80% рециркуляция внутреннего воздуха посредством его очистки в оросительной камере кондиционера от аммиака, углекислого газа и пыли, вследствие чего экономится 47 % энергии при одновременном формировании нормативного микроклимата в станках с животными.

Авторским коллективом предложено новое направление - аэрогидродинамическое кондиционирование воздуха в животноводческих и птицеводческих помещениях, в котором используется новый кондиционер, работающий на принципе барботации.

Анализ теории и практики систем кондиционирования воздуха позволил разработать математическую модель аэрогидродинамического кондиционера, принципиальная схема которого представлена на рисунке 1. Устройство работает следующим образом. Из животноводческого помещения загрязненный воздух аммиаком, углекислым газом, пылью и вредными микроорганизмами поступает во всасывающий воздуховод и посредством приточного вентилятора 1 подается под давлением через шланги 9, закрепленные на штанге, в воду поддона камеры барботации 2. При прохождении воздуха через воду, происходит его очистка от аммиака, углекислого газа и пыли. Затем воздух в камере барботации 2 проходит через мелкую-

чеистую сетку 3 и обрабатывается излучением ультрафиолетового облучателя 4. При этом под воздействием ультрафиолетового излучения и сетки, покрытой наноструктурным материалом, уничтожаются вредные микроорганизмы. После чего воздух удаляется из камеры барботации 3 вытяжным вентилятором 7 и подается обратно в животноводческое помещение.

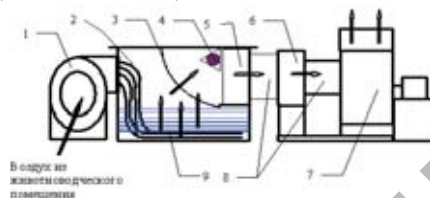


Рис. 1 – Принципиальная схема аэрогидродинамического кондиционера:

1, 7 - вентиляторы; 2 – камера барботации; 3 – фотокаталитический фильтр; 4 – ультрафиолетовый облучатель; 5 – сепаратор; 6 – воздушонагреватель; 8 – соединительная вставка; 9 – перфорированные шланги.

➡ - загрязненный воздух из животноводческого помещения;
 ➡ - очищенный воздух.

При работе системы аэрогидродинамического кондиционирования воздуха можно выделить следующие технологические режимы: нагрев воздуха осуществляется воздушонагревателем; охлаждение воздуха в летний период года производится в камере барботации кондиционера - водоиспарительное охлаждение; увлажнение воздуха осуществляется в камере барботации кондиционера водой или водным раствором; осушение воздуха в зимний период года – воздушонагревателем; очистка воздуха - поток загрязненного воздуха вентилятором кондиционера через перфорированные шланги подается в воду или водно-химический раствор, где увлажняется и очищается от аммиака, углекислого газа, пыли и микроорганизмов. Однако в случаях массового заражения животных и птицы этого не достаточно. Также имеются ряд вирусов требующих более серьезной обработки воздуха.

Этап очистки воздуха от вредных микроорганизмов: Устройство 8 (рисунок 1) повышает эффективность обеззараживания воздуха за счет использования наноструктурных материалов. Наноразмерные частицы серебра, железа, оксида титана TiO_2 могут очищать воздух от различных загрязнителей, включая опасные органические соединения, клетки, вирусы и ядовитые химикаты.

Устройство работает следующим образом. Из животноводческого помещения загрязненный воздух аммиаком, углекислым газом, пылью и вредными микроорганизмами поступает во всасывающий воздуховод и посредством приточного вентилятора 1 подается под давлением через шланги в воду или водный раствор камеры барботации 2. При прохождении воздуха через воду, происходит его очистка от аммиака, углекислого газа, сероводорода, пыли и микробных тел. Затем воздух в камере барботации 2 проходит через фотокаталитический фильтр 3, который представляет собой сетку покрытую наноструктурным материалом, и обрабатывается излучением ультрафиолетового облучателя 4. При этом под воздействием ультрафиолетового излучения и фотокатализатора с оксидом титана уничтожаются вредные микроорганизмы. После чего воздух удаляется из камеры барботации 2 вытяжным вентилятором 7 и подается обратно в животноводческое помещение.

Технологический процесс обеспечивает - очистку внутреннего воздуха от аммиака - 75 - 85 %, углекислого газа - 70 - 80 %, пыли - 100 % и снижает бактериальную загрязненность воздуха.

Таким образом, применение энергосберегающей системы аэро-гидродинамического кондиционирования воздуха в животноводческих и птицеводческих помещениях с очисткой воздуха от вредных газов, пыли и микроорганизмов позволит снизить расход энергии на создание и поддержание микроклимата внутри ферм, улучшить экологическую обстановку вокруг ферм и комплексов.

На данное устройство получен патент на полезную модель.

УДК 361.371.621.311:636.51

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРООЗОНИРОВАНИЯ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ НА СОХРАННОСТЬ КАРТОФЕЛЯ В КАРТОФЕЛЕХРАНИЛИЩАХ ПСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Самарин Г.Н., д.т.н, доц., А.Н. Павлов, к.т.н., доц.,
В.А. Румянцев, аспирант,
ФГБОУ ВПО "Великолукская государственная сельскохозяйственная академия", г. Великие Луки, Российская Федерация

Известно, что из заложенного в хранилище картофеля часть «законно» списывается как потери. Отходы кажутся неизбежными из-за гниения в первую очередь травмированных картофелин, которые

заражают и соседей. Получить после хранения больше здоровых клубней, чем поступило в хранилище, казалось бы, невозможно, так же как увеличить число после вычитания.

Во Всероссийском научно-исследовательском и экспериментально-конструкторском институте продовольственного машиностроения применили эксперименты с озонатором, прибором вырабатывающим озон из кислорода содержащегося в атмосферном воздухе. Эти эксперименты привели к такому именно парадоксальному результату. Продували через решетчатый пол бурты картофеля раз в месяц воздухом, обогащенном озоном. При гниении же клубней выделяется углекислый газ, присутствие которого в атмосфере хранилища оценивалось газоанализаторами, информировавшими о необходимости увеличить приток озона [1].

Специалисты надеялись таким путем просто снизить процент порчи картофеля, а получилось так, что не только не стало больше гнилых клубней, но «излечились» те, которые были заложены в плохом состоянии. А почему? Озон является одним из самых сильных антимикробных средств. А технологии его применения – экологически чистые. Озонирование клубней картофеля позволяет не только сохранить его пищевую ценность, но и предотвратить порчу продукта. Для предотвращения развития фитофтороза достаточно 6–10-часовой обработки клубней. При этом в них не происходят глубокие необратимые изменения, а вот уровень микробной обсеменённости картофеля снижается более чем в 200 раз при сохранении качества [1].

Озонирование резко снижает обсемененность картофеля гнилостной микрофлорой, замедляет метаболические процессы и препятствует прорастанию, устраняет основные причины порчи картофеля, что в значительной степени влияет на экономическую эффективность. Озон предотвращает формирование различных плесневых колоний на стенах хранилища. Применение озона при хранении картофеля и его корнеплодов позволяет также избежать такого опасного его заболевания, как фитофтороз [2].

Озонирование способствует заживлению ран на клубнях, чем повышает их сопротивляемость новым инфекциям [2].

Как же устроен этот чудо-прибор?

Озонатор (рисунок 1) состоит из повышающего трансформатора, на первичную обмотку которого от сети подаётся напряжение 220

В. Повышенное напряжение 10 кВ со вторичной обмотки трансформатора подаётся на электроды воздушного конденсатора, между которыми находятся диэлектрики. При прохождении электрического разряда между пластинами воздушного конденсатора образуется озono-воздушная смесь, которая продувается вентилятором или компрессором [3].

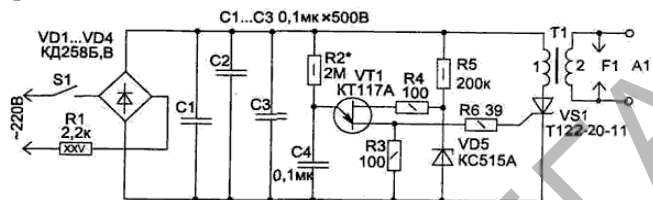


Рис. 1 – Принципиальная электрическая схема озонатора

Важнейшей задачей сельхозпредприятий является уменьшение потерь сельхозпродуктов при зимнем хранении. Собирается по Псковской области 134,5 тыс.тонн картофеля, а потери при хранении составляют 2,5 тыс.тонн, т.е. 3,4% [4].

Основная обработка озонозовоздушной смесью при концентрации 15-20 мг/м³ в течение 4 часов уничтожает микробы и бактерии сельхозпродуктов и в воздухе хранилищ на 80-90 %. Продукты, обработанные озоном, не снижают своих вкусовых и биохимических показателей и являются безвредными для человека [3].

Так же на сохранность картофеля может повлиять воздействие на клубни электрическим полем. Внешнее электрическое поле может оказать заметное воздействие на темпы роста растительных организмов, так и на прекращение их роста [5].

Например: при хранении картофеля в картофелехранилище, кроме электроозонирования, можно применить воздействие на клубни картофеля электрического поля. А именно, нужно поместить картофель между металлическими сетками. При этом, верхняя сетка должна иметь положительный потенциал, а нижняя- отрицательный.

А почему именно так?

А потому, что земля имеет отрицательный заряд, а ионосфера – положительный, и влияние электрического поля, которое образуется между сетками должно препятствовать прорастанию клубней картофеля.

Но, результаты будут получены опытным путем, при проведении эксперимента в картофелехранилище навалного типа.

На основании собственных и чужих научных исследований установка может найти применение в картофелехранилищах, но нужно провести дополнительные исследования с учётом региональных особенностей хранения картофеля.

Целью моей диссертационной работы является применение озоноздушной обработки картофеля и электрического поля в картофелехранилище для снижения потерь при длительном хранении картофеля, уменьшении затрат ручного труда, увеличений сроков реализации продукции при минимальных затратах энергии.

Место проведения экспериментов: СПК-колхоз «Красное Знамя» Новосокольнического района Псковской области, в 30 км от районного центра г. Новосокольники.

Список литературы

1. Федоренко Е.А. Электроозонные технологии в сельскохозяйственном производстве [Текст] / Федоренко Е.А., Д.А. Нормов, А.А.Шевченко, Д.А.Овсянников // Материалы 4-й Международной научно-практической конференции «Аграрная наука – сельскому хозяйству». ФГОУ ВПО «Алтайский ГАУ» - Барнаул 2009, с 137-139. (0,5/0,24).

2. Гукалина Т.В., Коваленко Т.В., Бурова Т.Е. Влияние периодического действия озона на некоторые компоненты химического состава клубней картофеля // Совершенствование методов холодильного консервирования пищевых продуктов. - Л.: ЛТИХП, 1983. - С. 36-41.

3. Павлов В.А., Никитин С.И. Получение озона в электротехнологических установках и его применение. Труды академии электротехнических наук Чувашской Республики. Выпуск № 3. Чебоксары, 1999, стр. 46-52.

4. Федеральная служба государственной статистики
<http://www.gks.ru/>
http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/enterprise/economy/#.

5. Гордеев А.М., Шешнёв В.Б. Электричество в жизни растений. - М.: Наука, 1991. – 160с.

УДК 361.371.621.311:636.51

СТИМУЛЯЦИЯ РОСТА РАСТЕНИЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ

Самарин Г.Н., д.т.н., доц., А.В. Смирнов, аспирант,
А.В. Скаблов аспирант

ФГБОУ ВПО "Великолукская государственная сельскохозяйственная академия", г. Великие Луки, Российская Федерация

Увеличение количества и качества продукции растениеводства является главной задачей в развитии современного сельского хозяйства. Ученые, специалисты, постоянно применяют новые радионализаторские предложения и соответствующие приемы и технические средства для стимуляции растений и семян с целью улучшить всхожесть, скорость роста, урожайность растений и другие качества, необходимые для успешного развития агропромышленного комплекса. Одним из направлений таких симуляций, являются воздействия электрическим током, электрическим полем и другими электрофизическими методами.

Как узнать оказывает ли воздействие электрический ток на развитие растений? Как проверить, оказывает и ток воздействие на растительный организм?

Для того чтобы ответить на эти и другие вопросы, нами собран и проанализирован материал, основные выдержки которого представлены в таблице 1. Как видно из экспериментов и исследований советских и зарубежных ученых (таблица 1), среди которых следует отметить работы Боголюбова Н.С., Глазкова О.В., Ткачёва В.К., Мичурина В.И., Бередина И.Ф., установлено, что электрический ток и электрофизические применения и методы в целом способны воздействовать на растительные организмы. В большинстве случаев такие воздействия дают хорошие качественные и количественные результаты, не достижимые с помощью других методов.

В заключении делаем вывод, что необходимо продолжить изучение метода электростимуляции растений и семян, так как это может стать одним из основных приемов возделывания сельскохозяйственных культур.

**К ВОПРОСУ ПРИМЕНЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ
ТЕХНОЛОГИЙ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ АПК**

Селицкая О. Ю., старший преподаватель,
*УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет», г. Минск, Республика Беларусь*

Сельскохозяйственное производство республики было и остается наиболее топливно-энергоемким потребителем при производстве продуктов питания населению. Вопросы, касающиеся обеспечения собственными продуктами питания население республики с учетом снижения энергоемкости производства на фоне прогрессивного роста цен на топливно-энергетические ресурсы (далее ТЭР), являются одними из первоочередных для решения на сегодняшний день.

Существующие предприятия, входящие в агропромышленный комплекс республики (далее АПК), могут специализироваться на каком-то одном выборочном направлении по выращиванию, переработке, хранению продукции растительного или животного происхождения или представлять собой комплексное производство. В зависимости от направления производства потребность в потреблении ТЭР у сельскохозяйственных предприятий характеризуется различным уровнем.

Однако перед всеми предприятиями агропромышленного комплекса стоит одна общая задача – обеспечение рентабельности производства по выпуску сельскохозяйственной продукции высокого качества, обладающая конкурентоспособностью на внутреннем и внешнем рынке с минимизацией затрат на использование ТЭР на ее выпуск, то есть производство должно носить энергосберегающий характер.

В отличие от других отраслей народного хозяйства сельское хозяйство имеет специфическую особенность: здесь основную роль играют биологические факторы производства, которые в комплексе с техногенными средствами и предметами труда образуют уникальную агроэнергетическую систему, не только потребляющую, но и перерабатывающую энергоносители, но и производящую энергию.

Так, с одной стороны происходит биологическая утилизация энергии путем ассимиляции, фотосинтеза, биоконверсии. С другой

стороны, имеет место потребление энергоресурсов техногенного происхождения, использование средств производства и предметов труда, на создание которых затрачена техногенная энергия [1].

То есть имеет место тесная взаимосвязь биологического и физического аспектов энергетики. На производство сельскохозяйственной продукции затрачиваются главным образом естественные природные ресурсы (солнечная энергия, осадки, почвенное плодородие и др.), а также ресурсы промышленного происхождения (энергоносители, машины, минеральные удобрения и др.).

Таким образом, углубление интенсификации сельского хозяйства способствует усилению связи между биологическими и физическими аспектами энергетики.

Одним из условий энергосбережения в сельскохозяйственном производстве является нормирование расхода ТЭР на производство единицы продукции, а также широкое применение энергосберегающих технологий.

Как указывает Водяников В.Т.: « В структуре себестоимости сельскохозяйственной продукции затраты на ТЭР составляют от 10 до 30 %, а их удельный вес в структуре материальных затрат на производство продукции сельского хозяйства имеет тенденции к росту...» [1].

Рассматривая основные направления энергосбережения в сельском хозяйстве, выделяют следующие: организационно-экономическое направление, технологическое и техническое направления.

Сутью организационно-экономического направления является оптимизация структур хозяйствующих субъектов с учетом потенциальных возможностей природно-климатических зон, нормирование расхода топлива, тепловой и электрической энергии, учет, контроль и стимулирование экономики энергоресурсов, организацию грамотной эксплуатации энергетического оборудования.

Кроме этого необходимо предусмотреть следующие организационные шаги, которые предусматривают: концентрацию усилий ведущих специалистов предприятий и научно-исследовательских организаций на решение первоочередных задач и разработке наиболее перспективных и эффективных направлений энергосбережения; централизацию функций оперативного управления процессом формирования программы энергосбережения на региональном уровне; оказание финансовой помощи администрацией или

руководства в реализации энергосберегающих мероприятий; приведение энергохозяйства сельскохозяйственных потребителей в соответствие с требованиями правил техники безопасности и эксплуатации электроустановок [2].

Для технологичного направления характерно привлечение современных, менее энергоемких технологий в растениеводстве и животноводстве. К наиболее эффективным мерам этого направления можно отнести: замену энергоемких операций, уменьшение числа и совмещение операций, производство обезвоженных пресованных кормов из трав и соломы на базе вторичных энергоресурсов и высушивание сельскохозяйственных продуктов с применением альтернативных жидкому топливу видов энергии; снижение энергозатрат на вентиляцию и, прежде всего, на нагрев приточного воздуха; улучшение теплозащитных свойств ограждающих конструкций. Значительно сэкономить топливо (особенно для тех операций, где используются в качестве энергоресурсов нефтепродукты) позволяет оптимизация транспортных операций.

Самое важное в этом направлении – это разработка оптимальной системы машин, оборудования и технологий, так как только в этом случае наглядно проявляются энергетическая экономичность, многофункциональность, металлоемкость и другие характеристики.

В основе третьего направления лежит существенное снижение удельных расходов топлива, тепловой и электрической энергии с применением принципиально новых машин и механизмов или коренной модернизации существующих. В случае совершенствования существующего оборудования необходимо стремиться к обеспечению более высокого энергетического КПД, если этого невозможно достигнуть, то следует средства, предполагаемые на проведение модернизации, выделить на приобретение более совершенных технических средств. Важное значение необходимо придавать автоматизации тепловентиляционного оборудования, а также оптимизации законов регулирования тепловой мощности и подачи воздуха.

Также в рамках данного направления следует предусматривать замещение дефицитных энергоресурсов более дешевыми и доступными видами, например (если позволяют климатические условия) использовать энергию солнца, ветра, теплоту геотермальных вод, энергию приливов и отливов, отходов сельскохозяйственной продукции.

В заключении можно отметить, что при рассмотрении вопроса применения энергосберегающих технологий на предприятиях АПК изначально необходимо в каждом сельскохозяйственном районе предпринять ряд последовательных мер системного характера, которые должны определять основу программ инженерно-технологической поддержки стабилизации работы АПК.

Эти программы должны содержать мероприятия, направленные на решение следующих задач:

- остановка убыли сельскохозяйственной техники;
- разработка перспективных зональных технологий и адаптивных комплексов машин, позволяющих обеспечить значительное сокращение энергопотребления;
- развитие регионального сельхозмашиностроения как основы обеспечения сельских товаропроизводителей зональными сбалансированными технологическими комплексами;
- техническое перевооружение АПК на основе новейших наукоемких процессов производства и переработки сельскохозяйственной продукции.

Также в основу энергосбережения в сельскохозяйственном производстве нужно заложить наведение элементарного порядка на сельхозпредприятиях, реализация комплекса малозатратных мероприятий, внедрение прогрессивных энергосберегающих технологий, оборудования и систем учета энергоресурсов [3].

Литература

1. Водяников, В.Т. Экономическая оценка проектных решений в энергетике АПК: учебное пособие / В.Т. Водяников – М.: КолоС, 2008. – 263 с.
2. Афонин, А.М. Энергосберегающие технологии в промышленности: учеб. пособие / А.М. Афонин, Ю.Н. Царегородцев, А.М. Петрова, С.А. Петрова. – М.: ФОРУМ, 2011. – 272 с.
- 3 Афонин, А. Анализ энергопотерь и пути снижения потребления энергоресурсов в сельскохозяйственном производстве // Энергосбережение. РФ. - 1998 - №3. - С. 24-28

УДК 621.31.004

**ОПТИМИЗАЦИЯ ВЫБОРА ИЗОЛЯЦИОННЫХ
МАТЕРИАЛОВ ПРИ РЕМОНТЕ АСИНХРОННЫХ
ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ (АД)**

Селюк Ю.Н. старший преподаватель,

Довнар И.В. старший преподаватель,

*УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет», г. Минск, Республика Беларусь*

Асинхронные электродвигатели, используемые на предприятиях АПК, как правило, относятся к машинам малой и средней мощности. В силу ряда причин (низкое качество эксплуатации и ремонта, неверный выбор конструктивного исполнения, несоблюдение требуемых режимов работы, отсутствие либо некорректная работа устройств защиты) надёжность указанных АД является невысокой. Перечисленные факторы значительно повышают интенсивность отказов электродвигателей, а следовательно, вызывают необходимость проведения ремонтных работ. Увеличение количества требуемых ремонтов приводит к росту затрат на эксплуатацию электроприводов и снижению экономической эффективности производственных процессов.

Одним из путей улучшения показателей надёжности АД, используемых в сельскохозяйственном производстве, является повышение качества ремонтных работ. В процессе капитального ремонта электродвигателей малой и средней мощности производится в том числе ремонт обмотки статора путём удаления вышедшей из строя обмотки (что в основном и является причиной капитального ремонта) и изготовления новой обмотки. При этом актуальным является вопрос замены электроизоляционных материалов с учётом возможностей электроремонтного предприятия (цеха). Рациональный выбор электроизоляционных материалов для изготовления статорных обмоток позволяет повысить качество ремонтных работ и, следовательно, уровень надёжности АД при последующей эксплуатации.

Для ремонта АД современных конструкций наиболее целесообразно применение плёночных электроизоляционных материалов органической либо неорганической природы. В частности, возможно использование таких материалов, как плёнокстеклоткань, изофлекс, имидофлекс, синтофлекс и пр. [1].

Указанные электроизоляционные материалы значительно отличаются по характеристикам и параметрам, и их рациональный выбор является достаточно сложной задачей. Для этой цели предлагается использование одного из методов оптимизации на основании так называемой обобщённой функции желательности D [2]. Для построения обобщённой функции желательности следует выполнить преобразование значений основных параметров электроизоляционных материалов в частные функции желательности d . Указанное преобразование является субъективным, учитывающим важность отдельных параметров.

Для электроизоляционных материалов, используемых при ремонте АД, возможно рассмотрение следующих параметров: x_1 – толщина; x_2 – электрическая прочность; x_3 – класс нагревостойкости; x_4 – предел прочности при изгибе; x_5 – удельная теплопроводность; x_6 – стоимость.

Параметры x_1 , x_5 характеризуются двухсторонним ограничением; x_2 , x_4 , x_6 – можно представить имеющими одностороннее ограничение. Параметр x_3 носит дискретный характер. Каждый из изложенных параметров может быть преобразован в соответствующую частную функцию желательности, после чего вычисляется величина [2]:

$$D = \sqrt[n]{d_1 \cdot \dots \cdot d_n} \quad (1)$$

Полученное значение обобщённой функции желательности позволяет сравнивать различные электроизоляционные материалы по комплексу основных параметров, а также может использоваться в качестве критерия оптимизации при выборе указанных материалов.

Литература

1. Кисаримов, Р. А. Ремонт электрооборудования: справочник / Р. А. Кисаримов. Изд. 2-е, испр. [Текст]. – Москва : РадиоСофт, 2010. – 540 с.
2. Технология полимерных материалов : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности "Химическая технология высокомолекулярных соединений" / А. Ф. Николаев [и др.] ; под общ. ред. В. К. Крыжановского [Текст]. – Санкт-Петербург : Профессия, 2008. – 533 с.

УДК 621.311

СПЕКТР ИЗЛУЧЕНИЯ ИСТОЧНИКОВ И ЕГО СООТВЕТСТВИЕ ТРЕБОВАНИЯМ ИСКУССТВЕННОГО ОБЛУЧЕНИЯ РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ЗАЩИЩЕННОГО ГРУНТА

Степанцов В.П., к.т.н., доцент,

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

Обеспечение весьма высоких уровней облученности (до 35 клк или 150 Вт/м² ФАР) [1], необходимых при искусственном облучении растений, выращиваемых в условиях защищенного грунта, требует создания специальных энергоемких (до 150...200 кВт/ч на 1 кг продукции) облучательных установок (ОУ) и одновременного решения задач энергосбережения, обоснования и разработки светотехнических и электротехнических средств интенсификации процесса, способствующих снижению энергетических затрат и удельной мощности до минимально возможных уровней (50...150 Вт/м²) [2].

Существующие ОУ и светотехническое оборудование, их обеспечивающие, не дают научно обоснованного ответа по эффективности использования энергии оптического излучения (ОИ), что является одной из причин высокой энергоемкости процесса. Анализ параметров существующих ОУ и светотехнического оборудования, в первую очередь источников ОИ, указывает на настоятельную необходимость обеспечения тепличных предприятий новыми энергоэффективными источниками.

Среди общедоступных источников, применяемых для искусственного облучения растений, наибольшей эффективностью преобразования электрической энергии в энергию ОИ считаются натриевые и металлогалогенные лампы высокого давления, отличающиеся высокими значениями световой отдачи (до 160 и 140 лм/Вт, соответственно), КПД в области ФАР (25...36 и 24...30 %), сроков службы (до 20 и 10 тыс. часов); широким диапазоном мощностей (70...1000 и 125...3500 Вт); наиболее благоприятным спектром излучения. Достаточно высокие световые и эксплуатационные характеристики отмеченных источников ОИ обеспечивают им на нынешнем этапе повсеместного энергосбережения расширяющиеся масштабы использования в ОУ защищенного грунта, несмотря на то, что для растениеводства они первоначально не предназначались.

Тем не менее следует отметить, что характеристики этих классов источников ОИ постоянно совершенствуются. Например, натриевые лампы высокого давления изготавливают с зеркальным покрытием на внутренней поверхности колбы (ДНаЗ/Reflux), что повысило эффективность оптической системы (>95%) и стабильность свойств зеркального отражающего покрытия, практически не изменяющаяся с наработкой ламп (исключена необходимость в периодической замене и чистки внешнего отражателя), обеспечило более равномерное светораспределение, обеспечивающее эффективное объемное облучений растений. Спектр излучения этих источников изменен за счет увеличения паров натрия в колбе, что увеличило интенсивность излучения в синем (голубом) и красном диапазоне, а, следовательно, и интенсивность фотосинтеза.

Для приведения в соответствие со спектральной характеристикой фотосинтеза совершенствуется и спектр излучения металлогалогенных ламп высокого давления путем изменения в газоразрядной трубке соотношения добавляемых к ртути иодидов металлов (натрия, скандия, таллия, индия), излучающих в процессе электрического разряда ОИ всех частей спектра ФАР – желто-оранжевой (натрий); синей и красной (скандий); синей, зеленой и желтой (ртуть); и др.

Продуктивность растений определяется их реакцией на ОИ излучение различных длин волн. Логично предположить, что эффективность их развития будет максимальной, если спектральная интенсивность потока излучения источника, используемого в ОУ, будет приближена к спектральной чувствительности процесса фотосинтеза. В этом случае повышается эффективность использования энергии ОИ и снижается энергоемкость технологического процесса выращивания растений. Следовательно, выбор источников для ОУ только по их энергетическим показателям, светотехническим и эксплуатационным характеристикам, без учета распределения их потока излучения по спектру, не позволит решить задачу энергосбережения. Необходимы детальные исследования спектральных характеристик выпускаемых промышленностью источников и определение путей их совершенствования с точки зрения повышения эффективности использования для технологических процессов сельскохозяйственного производства, в частности при искусственном облучении растений.

Нами проведен анализ соответствия спектра излучения источников спектральной чувствительности процесса фотосинтеза. На первом этапе

при анализе определялось среднеарифметическое значение спектрального распределения плотности ОИ источников в трех общепринятых [3, 4] и значимых для растений диапазонах ФАР – "синем" (400...500 нм), "зеленом" (500...600 нм) и "красном" (600...700 нм). Обобщенные результаты анализа представлены на рис. 1.

Анализ показывает, что отношение спектра излучения, исследуемых и преимущественно применяемых в ОУ защищенного грунта ламп, в указанных диапазонах ФАР лежит в пределах (8...32):(47...66):(17...26) %, а именно для ламп (ДНаЗ/Reflux) – 8:66:26 % и для ламп ДРИ с иодидами Na, Sc – 32:47:17 %. Как видим, эти отношения несколько отличаются от полученных ранее расчетных значений 32:17:51 % [5]. В спектре излучения ламп типа ДРИ ощущается переизбыток излучения в "зеленом" диапазоне спектра и недостаток в особенно значимом для процесса фотосинтеза – "красном". Подобная картина и с лампами типа ДНаЗ/Reflux, у которых две трети мощности ОИ приходится на являющийся превалирующим для обеспечения фотосинтеза растений "зеленый" диапазон при явном недостатке в "синем" и "красном" диапазонах.

Как следствие, можно сделать вывод о том, что существующие на сегодняшний день натриевые и металлогалогенные газоразрядные лампы высокого давления, отличающиеся от других относительно высокими значениями световой отдачи и КПД в области ФАР, не в полной мере удовлетворяют требованию процесса фотосинтеза растений из-за существенных отличий их спектральных интенсивностей потоков излучений и спектральной чувствительности листа растений. Для повышения эффективности использования энергии ОИ растениями необходимо дальнейшее совершенствование источников ОИ в направлении корректировки спектра их излучения.

Из других, выпускаемых промышленностью источников ОИ, для целей облучения растений практический интерес представляют светодиодные облучатели. Светодиоды отличаются довольно высокой световой отдачей (до 100...110 лм/Вт); большим сроком службы (до 50...100 тыс. час); сравнительно низкой температурой нагрева (что позволяет их приблизить к поверхности без какого-либо перегрева растений); разнообразным спектром излучения (от длинноволнового ультрафиолетового, всех цветов видимого излучения и до коротковолнового инфракрасного), в зависимости от полупроводникового материала, из которого они изготавливаются. И самое главное, модульная конструкция облучателей, когда в од-

ном облучателе устанавливаются десятки или сотни светодиодов (в зависимости от мощности облучателя), позволяет варьированием их типа и количества подбирать практически любой необходимый спектр излучения в диапазоне от 300 до 1200 нм.

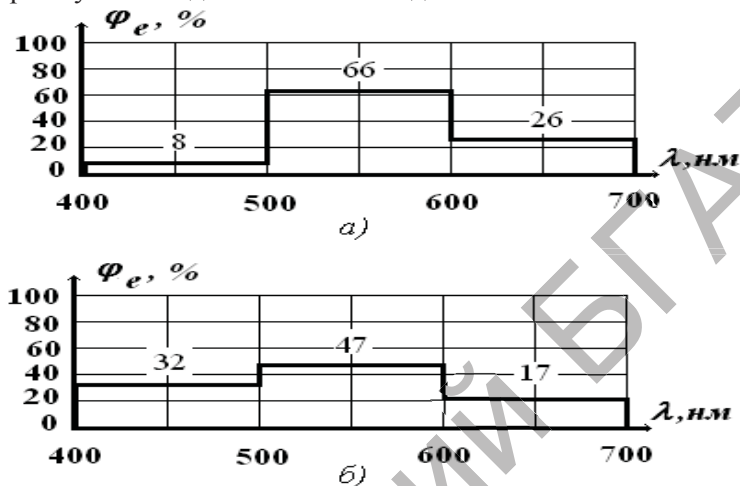


Рис. 1. Условное представление усредненного спектрального распределения плотности ОИ: а) натриевых (ДНаЗ/Reflux) и б) металлогалогенных (ДРИ с иодидами Na, Sc) газоразрядных ламп высокого давления

Литература

1. СП 13330.2011 Теплицы и тепличные комбинаты: актуализированная редакция СНиП 2.10.04-85, Москва:, 2011. – 135 с.
2. Энергоэффективность аграрного производства, под. редакцией В.Г. Гусакова, Л.С. Герасимовича, Минск, Беларуская наука, 2011, 776 с.
3. В.Н. Карпов, С.А. Ракутько. Энергосбережение в оптических электро-технологиях АПК. Прикладная теория и частные методики. – СПб.: СПбГАУ, 2009. – 100 с.
4. Кунгс Я.А., Цугленок Н.В. Энергосбережение и энергоаудит в осветительных и облучательных установках: учебное пособие. Красноярск, 2003
5. В.П. Степанцов. Требования к спектральному составу источников оптического излучения, применяемых для искусственного облучения растений в условиях защищенного грунта (см. настоящий сборник).

УДК 621.311

ТРЕБОВАНИЯ К СПЕКТРАЛЬНОМУ СОСТАВУ ИСТОЧНИКОВ ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ ИСКУССТВЕННОГО ОБЛУЧЕНИЯ РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ЗАЩИЩЕННОГО ГРУНТА

Степанцов В.П., к.т.н., доцент,

*УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет», г. Минск, Республика Беларусь*

На продуктивность растений, выращиваемых в условиях защищенного грунта, существенное влияние оказывают многие факторы, среди которых особо следует выделить параметры микроклимата, такие как состав, влажность и температура окружающей среды, в которых обитают растения, интенсивность и спектральный состав оптического излучения (ОИ), необходимого для обеспечения реакции фотосинтеза, соотношения периодов освещения и отсутствия света (дня и ночи)¹. Указанные факторы взаимосвязаны, дополняют друг друга, строго нормируемы и имеют оптимальные значения, определяющие качество и количество продукции. Для получения максимального качества и количества продукции нежелательно изменять оптимальные параметры и их сочетания, например, уменьшать значения температуры или влажности окружающей среды за счет увеличения интенсивности ОИ, периода освещения или изменения его спектрального состава, и наоборот.

Световой режим является основополагающим при создании микроклимата сооружений защищенного грунта, определяет процесс фотосинтеза образования органических соединений и никаким другим агротехническим приемом не может быть заменен. Он определяется не только количеством энергии ОИ, упавшим на приемник – лист растения, но и спектральным составом, а также параметрами фотопериодизма, во многом зависит от вида, сорта и фазы вегетационного развития растения, которое подвергается облучению.

Каждому участку спектра ОИ предназначена своя роль в жизне-

деятельности растений (рис. 1). Для растений физиологически активное излучение, при котором происходит фотосинтез, биоценоз пигмента, фотоморфогенез и другие процессы, расположено в интервале 280...750 нм [1, 2]. Внутри этих границ выделены спектральные диапазоны со следующими физиологическими характеристиками:

- Ультрафиолетовые (УФ) лучи диапазона 280...380 нм оказывают незначительное влияние на жизнедеятельность растений, например, на процесс синтеза хлорофилла они практически не действуют, однако их присутствие в общем потоке спектра источников целесообразно в небольших количествах (несколько процентов суммарного потока). УФ лучи поддиапазона 280...315 нм способствуют процессу закаливания растений, повышая их холодостойкость. Длинноволновые УФ лучи (315...380 нм) необходимы для обмена веществ и роста растений. Они задерживают вытягивание стеблей, повышают содержание витамина С и других, играя регуляторную роль в развитии.

- В спектре поглощения фотосинтетической активной реакции (400...700 нм) принято выделять три физиологически значимые для растений участка, условно названные: "синим" (400...500 нм), "зеленым" (500...600 нм) и "красным" (600...700 нм):

- "Синий" участок фотосинтетически активной реакции (ФАР) состоит из фиолетовых (380...450 нм) и синих (450...480 нм) лучей видимой части спектра. Эти лучи обладают как субстратным, так и регуляторным действием и должны входить в состав спектра источников, применяемых для облучения растений. Сине-фиолетовые лучи тормозят рост стеблей, корней и листьев, формируют компактные растения и более толстые листья, позволяющие лучше поглощать и использовать ОИ в целом. Они стимулируют образование белков и органосинтез растений, хорошо поглощаются хлорофиллом, что создаёт условия для максимальной интенсивности фотосинтеза.

- "Зеленый" участок ФАР включает ОИ голубого (480...510 нм), зеленого (510...555 нм) и желтого (555...585 нм) цвета. Это излучение не является превалирующим для обеспечения фотосинтеза растений (продуктивность фотосинтеза относительно низкая), но, обладая высокой проникающей способностью, полезно для обеспечения фотосинтеза оптически плотных листьев и густых посевов растений.

"Зелёные" лучи практически проходят через листовые пластинки, не поглощаясь ими. Листья под их действием становятся тонкими, осевые органы растений формируются вытянутыми с меньшим числом клеток и хлоропластов. Регуляторная деятельность "зеленых" лучей близка к регуляторной деятельности красного света.

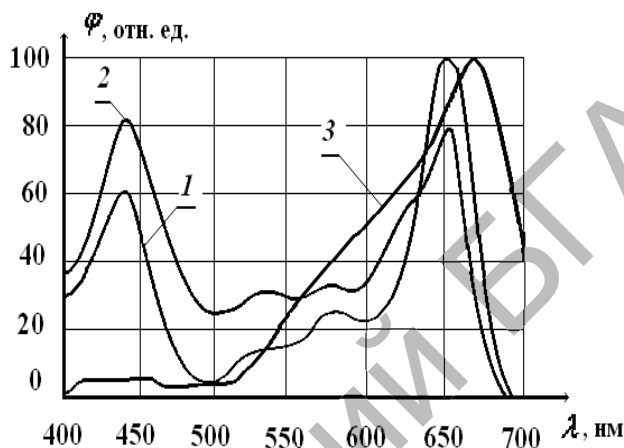


Рис. 1. Относительная спектральная чувствительность реакции растений на ОИ различных длин волн: 1 – фотосинтез; 2 – синтез хлорофилла; 3 – фотоморфогенез.

"Красный" участок ФАР включает излучение оранжевого (585...620 нм) и ближнего красного (620...780 нм) цвета имеет решающее значение для всех физиологических процессов в растениях. Он способствует интенсивному росту листьев и осевых органов и представляют собой основной вид энергии для процесса фотосинтеза. Обладает ярко выраженным субстратным и регуляторным воздействием и обязательно должен входить в состав общего излучения для обеспечения высокого уровня фотосинтеза. Отсутствие или низкая интенсивность излучения в "красном" участке спектра источников определяет формирование неполноценных растений с низкой продуктивностью. В тоже время монохроматический "красный" свет может приводить к аномальному росту и развитию некоторых видов растений, а в ряде случаев и к их гибели.

Важной для растений является область 625...680 нм. Лучи этой области наиболее полно поглощаются хлорофиллом и увеличивают

образование углеводов при фотосинтезе.

Лучи длинноволнового красного цвета (700...750 нм) обладают ярко выраженным регуляторным действием и в небольших количествах (несколько процентов суммарного потока) должны входить в состав общего излучения источников, применяемых для искусственного облучения растений.

ОИ инфракрасной (ИК) области спектра (780 и более нм) различно воздействуют на растения и оказывают в основном только тепловое воздействие. Ближнее ИК излучение (780...1100 нм) действует на растяжение подсемядольного колена, стеблей и побегов. При низких температурах частично поглощается хлорофиллом и не перегревает лист, что является полезным для процесса фотосинтеза. Более длинные лучи приводят к повышению температуры листьев и, по мере возрастания их длины, листья начинают завядать с конечным результатом гибели, а с ними и всего растения. Следует отметить, что степень воздействия ИК лучей на развитие растений определяется видом растений, например, на ближнее излучение слабо реагируют томаты и довольно сильно огурцы.

Анализ действия спектрального состава ОИ на фотосинтез, рост и продуктивность растений позволяет определить требования к спектру излучения источников, применяемых для их искусственного облучения в условиях защищенного грунта. При определении требований к спектру излучения источников введем некоторые ограничения:

1. Оценку произведем по показателю ФАР, который является на сегодняшний день общепринятой мерой оценки пригодности источника света к процессу фотосинтеза.

2. В соответствии с общепринятыми и действующими в отрасли методиками ФАР разделим на три условные спектральные поддиапазона: "синий" (400...500 нм), "зеленый" (500...600 нм) и "красный" (600...700 нм) с детализацией их в пределах 50 нм.

3. Среднее значение интенсивности ОИ в указанных поддиапазонах определим с точностью $\pm 0,5$ % методом численного интегрирования значений относительной спектральной чувствительности реакции растений на ОИ (рис. 1).

Результаты расчетов представлены в таблице 1. Они указывают на то, что при облучении растений наиболее эффективными являются источники ОИ, у которых: 32,0 % излучаемого потока нахо-

дится в диапазоне "синего" цвета (400...500 нм), из них $\approx 22,5$ % в первой половине диапазона (400...450 нм), 16,8 % – в диапазоне "зеленого" цвета (500...600 нм), из них 11,5 % во второй половине диапазона (550...600 нм), и 51,2 % – в диапазоне "красного" цвета (600...700 нм), из них примерно поровну в двух половинах диапазона (600...650 и 650...700 нм). Как отмечалось выше, в спектре излучения источников должно присутствовать 2...4 % УФ излучения (280...380 нм) и до 50 % ИК излучения с длиной волны 700...1100 нм. Последнее должно учитываться в тепловом балансе сооружения защищенного грунта.

Таблица 1

Требования к спектру излучения источников, применяемых для искусственного облучения в условиях защищенного грунта, по условию их пригодности к процессу фотосинтеза (в процентном отношении к общему потоку источника)

Детализированные поддиапазоны фотосинтетически активного излучения, нм					
400...450	450...500	500...550	550...600	600...650	650...700
22,6	9,4	5,3	11,5	25,7	25,5
Поддиапазоны фотосинтетически активного излучения, нм					
"синий" (400...500)		"зеленый" (500...600)		"красный" (600...700)	
32,0		16,8		51,2	

Как видим, расчеты указывают на оптимальное отношение в области ФАР "синего", "зеленого" и "красного" излучения – примерно 32:17:51 %. Это отношение несколько отличаются от известных ранее – (15...20):(35...45):(40...45) % при выращивании огурцов и (10...20):(15...20):(60...75) % при выращивании томатов [3, 4]. Различия, по-видимому, связаны с тем, что спектральная чувствительность процесса фотосинтеза на ОИ различных длин волн не является одинаковой для всех растений и зависит от их вида, сорта и стадии развития. Кроме того на процесс фотосинтеза существенное влияние оказывают и параметры микроклимата, например, температура и влажность окружающей среды, фотопериодизма. Следовательно, несмотря на многочисленность проведенных исследований, остается до конца не выясненным вопрос о влиянии взаимоувязанных факторов микроклимата на эффективность процесса развития растений и требует дальнейших исследований [5].

Литература

1. Анализ влияния спектрального состава излучения и кинетических характеристик фотосинтеза на эффективность производства

продукции в закрытом грунте: отчет о НИР / ГИВЦ РАСХН; рук. Харитонов Ю.Н.-№ г.р.01.960.009950.-инв.№ 02.9.70001896.- Тверь: ГИВЦ, 1996.-47 с.

2. П. П. Говоров, І. А. Велит, В. В. Щиренко, Р. В. Пилипчук. Джерела світла для вирощування овочів в умовах закритого ґрунту. – Тернопіль: Джура, 2011. – 156 с.

3. В.Н. Карпов, С.А. Ракутько. Энергосбережение в оптических электротехнологиях АПК. Прикладная теория и частные методики. – СПб.: СПбГАУ, 2009. – 100 с.

4. Я.Г. Митягина Повышение эффективности использования оптического излучения в светокультуре огурца. автореф диссертации канд. техн. наук. М.: МГАУ, 2008. – 18с.

5. Л.Б. Прикупец. Оптимизация спектра излучения при выращивании овощей в условиях интенсивной светокультуры / Л.Б.Прикупец, А.А.Тихомиров // Светотехника. – 1992. – № 3. – с. 5 – 7.

УДК 621.374

ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ КОКОНОВ ТУТОВОГО ШЕЛКОПРЯДА

Черенков А.Д. д.т.н., профессор; Косулина Н.Г. д.т.н., проф.,
Хандола О.Ю.

Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени Петра Василенка, г. Харьков, Украина

Слабые электромагнитные поля земли, космических объектов являются одним из важнейших видов информации, получаемой биообъектами и системами внешней среды, и в соответствии с получаемой информацией реализуются те или иные процессы жизнедеятельности. При этом в высокоорганизованных биосистемах это воздействие носит информационный характер и отрабатывается кибернетическими системами организма. В биологических системах более низкого иерархического уровня (клетки, молекулы) электромагнитные поля могут изменять ориентационные связи – электростатическое взаимодействие между диполями, ионные связи и ионно-дипольные взаимодействия в той или иной мере влияют на индукционные и дисперсионные связи. Считается установленным,

что электромагнитное поле (ЭМП) может ориентировать атомные группы и молекулы, изменять процессы диффузии, в частности, через клеточную мембрану, индуцировать дополнительные комбинационные переходы между электронными состояниями с разной спиновой мультиплетностью, изменять вероятность этих переходов и таким образом влиять на вероятность реакции, и в конечном итоге проявляться в виде макроэффектов на клеточном или организменном уровне [1 – 3].

В ряде фундаментальных работ обсуждены механизмы воздействия ЭМП на биологические объекты. Так предложен механизм воздействия слабого, нетеплового электромагнитного излучения (ЭМИ) на живые организмы, основанный на предположении об электромеханических автоколебаниях клеточных структур, как естественном состоянии живых клеток. Как следует из литературы, между ядром клетки и клеточной оболочкой, заряженных разнополярно, находятся микроскопические магнетики – вибраторы, которые способны к резонансному приему и индукции ЭМП. Электромагнитные поля отдельных молекул могут складываться и образовывать общее ЭМП данного вида молекул также под воздействием внешнего электромагнитного поля, частота которого будет совпадать с частотой вибратора, определяющего вид гена. Эти резонансные частоты, как показывают расчеты, лежат в миллиметровом диапазоне длин волн.

Там же показано, что синхронизация излучения ведет к появлению внутренних информационных сигналов, воздействующих на регуляторные системы организма. При синхронизации внешнее ЭМП меняет спектральные характеристики этих осцилляторов. Синхронизация может сопровождаться фазировкой колебаний автогенераторов совпадают с фазой внешнего поля в данном объеме биологического объекта. Синфазные колебания способны вызвать конформационные перестройки клеточных структур, влиять на проницаемость мембран и служить информационным сигналом для регуляторных систем всего биообъекта. Это связано с тем, что из-за влияния ЭМП молекулярные взаимодействия не могут быть абсолютно надежными. В течение действия ЭМП происходят даже энергетически невыгодные реакции. Аналогичным образом специфичность фермента в отношении субстрата не может быть абсолютной, так как способность отличить одну молекулу от другой

нарушается. Эти ошибки играют важную роль при синтезе ДНК, так как в последовательности оснований ДНК заключена генетическая информация живой клетки. Способность азотистых оснований молекул различных нуклеиновых кислот «узнавать» друг друга путем нековалентного взаимодействия лежит в основе механизмов наследственности и мутации.

В ряде работ указано на резонансный характер воздействия ЭМП. То есть биологический эффект наблюдается в узких частотных интервалах, причем воздействия ЭМП на живые организмы носит не энергетический, а информационный характер, при этом первичное воздействие ЭМП реализуется на клеточном уровне и связано с биоструктурами, общими для различных организмов. Для гены тутового шелкопряда резонансные явления следует ожидать в диапазоне 300...350 ГГц. Новейшие исследования подтверждают концепцию волновой передачи генной информации. Исходная посылка состоит в отождествлении живой клетки с фотонной вычислительной моделью объемного типа [5]. Механизм переключения генной активности в процессе жизнедеятельности биологических объектов является важнейшим при решении проблем патогенеза, управления развитием зародышей в эмбриогенезе. Анализ этих процессов убедительно свидетельствует о механизме этой передачи, как имеющем волновую природу – сигналах ЭМП, управляющих генной активностью.

Величина плотности потока мощности ЭМП для реальных микроробъектов животноводства зависит от конкретных механизмов воздействия внешнего поля с клеточными осцилляторами, биотропных параметров ЭМП, уровня шумов в биологических объектах должна повышать уровень слабых нековалентных связей в биообъекте: ионных взаимодействий, водородных связей и вандерваальсовых взаимодействий. С помощью этих связей реализуется информация, заключенная в последовательности макромолекулярных цепей. Практические уровни энергии для воздействия на гены тутового шелкопряда должны составлять десятки мкВт/см².

Несмотря на определенный прогресс, достигнутый в исследованиях по воздействию низкоэнергетического ЭМП на биологические объекты, многие первичные молекулярные механизмы этих воздействий теоретически и экспериментально не вскрыты. Знание же первичных, физически обоснованных механизмов воздействия низ-

коэнергетического ЭМП на биологические системы, а также закономерностей взаимосвязи молекулярного и системного уровней, позволит объяснить фазонаправленность биоэлектромагнитных эффектов и даст возможность прогнозировать их возникновение, что особенно важно для повышения производительности коконов тутового шелкопряда.

Литература

1. Нефедов Е.Н. Концепция единого информационного поля ноосферы Земли / Е.Н. Нефедов, А.А. Яшин // Журнал русской физической мысли, 1995. – Т.67. - №1. – С. 190 – 198.
2. Герловин Н.Л. Основы единой теории взаимодействия в веществе / Н.Л. Герловин. – Л.: Энфюатомиздат, 1990. – 432.
3. Казначеев В.П. Энерго-информационные взаимодействия в биосфере: Опыт теоретических и экспериментальных исследований / В.П. Казначеев, А.В. Трофимов // Русская мысль, 1992. - №1. – С. 22 – 27.

УДК 666.223

ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛИКРИСТАЛЛОВ КНБ, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ ПИРОЛИТИЧЕСКОГО НИТРИДА БОРА

Занкевич В.А., к.ф.-м.н., доцент

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

Игнатенко О.В., к.ф.-м.н., Ракицкая Л.И., инженер

НПЦ по материаловедению НАНБ, г. Минск, Республика Беларусь

В кратком сообщении приводятся результаты исследования теплофизических свойств беспримесного поликристаллического кубического нитрида бора (КНБ) торгового знака «Светланіт» [1]. Известно, что при прямом фазовом переходе графитоподобного нитрида бора (ГНБ) в плотные модификации вюрцитной (ВНБ или BN_B) и сфалеритной фаз (КНБ или BN_{cf}) на свойства синтезируемых поликристаллов существенно влияют не только режимы синтеза по давлению и температуре, но и чистота, зернистость исходного ГНБ. Варьируя параметрами синтеза и примесями, можно ме-

нять физические свойства, микроструктуру поликристаллов КНБ. Интерес к данным материалам вызван не только широким применением данных поликристаллических сверхтвердых материалов (ПСТМ) в качестве лезвийного и абразивного инструмента, но и в других областях техники [1, 2].

Сырьем для получения ПСТМ данной марки являлся монолитный, высокочистый пиролитический нитрид бора (ПНБ) двух составов: а) содержащий 100 % гексагональной фазы BN_z^{II} ; б) содержащий 60 % ромбоэдрической фазы и 40 % гексагональной (ГРПНБ [1]). Синтез образцов проводили на аппаратах высокого давления типа «наковальня с лункой» в области давлений 7,0-10,0 ГПа и температур 2500-2900 К по технологии, описанной в [1]. При оптимальном режиме синтеза образцы имели блестящие сколы, мелкозернистой структуры, а полированные шлифы глубокий черный цвет [1], который со временем не меняется. Синтез поликристаллов BN_{cf}^{II} данной марки из BN_z^{II} и ГРПНБ носит кристаллоориентированный характер, и степень текстурирования зависит от их режимов, в частности, от давления, температуры и скорости нагрева [1]. Кристаллоориентированный характер синтеза связан с анизотропией тепловых и упругих свойств исходного пиролитического нитрида бора, которые обусловлены сильным взаимодействием борнитридных гексагонов в плоскости газового осаждения и их слабым взаимодействием между слоями. В [1] установлено, что поликристаллы КНБ данной марки обладают высокой микротвердостью и относятся к анизотропным материалам по электрофизическим, упругим, тепловым свойствам. На данных поликристаллах наблюдали прямой пьезоэлектрический эффект. Механизмы фазовых превращений BN_z^{II} - BN_{cf}^{II} , ГРПНБ - BN_{cf}^{II} подробно исследованы в [3-4].

Измерение теплопроводности проводили стационарным методом при температуре 310-315 К. Значения коэффициента теплопроводности исходного сырья BN_z^{II} вдоль плоскости осаждения $\lambda_{\parallel} = (60 \div 65) \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$, в перпендикулярном направлении $\lambda_{\perp} \approx (1,2 \div 1,5) \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$, и соответственно образцов ГРПНБ – $\lambda_{\parallel} = (50 \div 55) \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$, $\lambda_{\perp} \approx (1,7 \div 2,0) \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$.

Теплопроводность (измерения проводились в 1986 г.) поликристаллов BN_{cf}^{II} данной марки, полученных из BN_{ϵ}^{II} , ГРПНБ при оптимальных режимах синтеза имели значения $\lambda_{II} = (150 \div 220)$ Вт/м·К, $\lambda_{\perp} = (240-300)$ Вт/м·К. При повторных измерениях теплопроводности (2010 г.) на тех же образцах значения λ_{II} и $\lambda_{\perp}$ практически совпадали, т.е. эффект старения в поликристаллах КНБ отсутствует.

Известно, что присутствие в порошке BN_{ϵ} оксида бора, воды, адсорбированных газов негативно влияет на свойства синтезируемых поликристаллов КНБ. В [1] приводится технология удаления данных загрязнений из заготовок и показано, что режимы синтеза с мелкозернистой структурой поликристаллов BN_{cf} , получаемых из ПНБ и высокочистых порошков BN_{ϵ} отличаются. Теплопроводность поликристаллов BN_{cf} , получаемых из очищенных порошков BN_{ϵ} с танталовым экраном приближается к теплопроводности BN_{cf} , получаемых из ПНБ. Теплопроводность образцов КНБ, получаемых из неочищенных порошков BN_{ϵ}^{mex} при оптимальных режимах синтеза $\lambda = (40 \div 50)$ Вт/м·К, а образцов КНБ, получаемых из очищенного BN_{ϵ} $\lambda = (120 \div 180)$ Вт/м·К. В области собирательной рекристаллизации (температура синтеза 2800 К) сколы поликристаллов теряют блеск, шлифы становятся темно-серыми, твердость падает и наблюдается рост зерен. В [2] установлено, что поликристаллы BN_{cf} , полученные из BN_{ϵ}^{II} с размером зерен больше 1 мкм имеют теплопроводность $\lambda \approx 450$ Вт/м·К.

Методом термогравиметрии ранее показано (Отчет по НИР кафедры физики БИМСХ, 1990 г.), что термостойкость поликристаллов BN_{cf} , полученных из BN_{ϵ}^{II} нарушается при температурах выше 1173 К, а в интервале температур 1173-1423 К наблюдаются потери массы ПСТМ (порядка 0,3% до 1173 К, а в интервале 1173-1423 К порядка 1,8 % от общей массы). Проведенные нами исследования данных ПСТМ масс-спектрометрическим методом при температуре 1273 К

показали, что в спектрах появляется азот, т.е. при данной температуре происходит процесс диффузии азота из ПСТМ.

В заключении следует отметить, что высокая стоимость пиролитического нитрида бора и большая трудоемкость изготовления заготовок из данного сырья сдерживает его применение для массового получения поликристаллов КНБ.

Литература

1. Мазуренко А.М., Ракицкий Э.Б., Ракицкая Л.И., Занкевич В.А., Добрянский В.М., Серафимович А.Л. // Особенности образования КНБ из пиролитического нитрида бора и его свойства // Техника и технологии высоких давлений / Сб. научных докладов. – Минск, Ураджай. – 1990. – с. 189-196.

2. Новиков Н.В., Шульженко А.А., Петруша И.А. Поликристаллический сфалеритоподобный нитрид бора высокой теплопроводности. // Сверхтвердые материалы. - № 6. – 1987. – с. 3-8.

3. Шипило В.Б., Дуб С.Н., Ракицкая Л.И., Косарев О.И. Особенности прямого фазового превращения пиролитического нитрида бора в кубическую модификацию и исследование ее свойств // Весці НАНБ, серыя фізіка-тэхнічных навук / - № 1. – 2004. – с. 8-13.

4. Бритун В.Ф., Курдюмов А.В., Танигучи Н., Петруша И.А., Зелявский В.Б., Андреев А.В. Превращение высокоупорядоченных графитоподобных фаз в пиролитическом нитриде бора при высоких давлениях статистического сжатия // Сверхтвердые материалы / № 2. – 2003. – с. 14-25.

УДК 664.7.087

МИКРОВОЛНОВЫЕ МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ЗЕРНОВОГО СЫРЬЯ В КОМБИКОРМОВОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Кухтов В.И., аспирант, Лисовский В.В., к.т.н., доц.

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

Интенсивные технологии выращивания животных и птицы в обязательном порядке предусматривают предварительную обработку зерновых кормов и комбинированных смесей. На протяжении ряда лет проводятся исследования по специальной обработке зерновых компонентов и комбикормов для улучшений их питательно-

сти, вкусовых качеств, снижения расхода корма на единицу производимой продукции. При этом до и после воздействия определяются физические, технологические и химические показатели зерна. Критериями оценки каждого способа служат изменение свойств крахмала и белка, инаktivация антипитательных факторов, а также величины прироста живой массы животных и затраты корма.

Одним из прогрессивных способов является микроволновая обработка зернового сырья. Главными достоинствами микроволновой обработки является значительная экономия времени, так как процесс обработки происходит очень быстро. Кроме того, данная технология позволяет сберечь в сырье все питательные вещества, витамины и минералы, что при другой обработке добиться сложно. Нагрев зерна происходит за счёт поглощения продуктом энергии волн сверхвысокой частоты.

Принцип работы такого метода заключается в следующих этапах: исходный материал, при помощи транспортной ленты с определённой скоростью подаётся в рабочую камеру, где при помощи питателя-дозатора устанавливается определённая толщина слоя зернового сырья. Внутри камеры находится СВЧ-установка, которая воздействует на движущийся в камере продукт. Высвобожденная влага в виде пара выводится встроенным вытяжным вентилятором. Скорость движения транспортной ленты выбирается в зависимости от структуры сырья и его влажности.

При медленном движении ленты под воздействием тепловой энергии сырьё может возгораться, но увеличивается влагоотдача. При более высокой скорости движения транспортной ленты, сырьё находится в рабочей камере меньшее количество времени, что приводит к малой влагоотдаче, однако возгорание не наблюдается. Скорость регулируется опытным путём, что позволяет добиться более качественной обработки.

При «взрыве» зерна в результате скоростного нагрева помимо изменения биохимических и микробиологических показателей происходит и изменение его объёмной массы и прочности. С прочностью связаны такие показатели работы комбикормовых заводов, как расход энергии, режимы кондиционирования, измельчение и разрушение зерна. Так при дроблении «взорванного» зерна энергозатраты значительно уменьшаются за счёт снижения прочностных характеристик зерна.

Микроволновая обработка позволяет удовлетворить главные требования к зерновому сырью, используемому в комбикормовом производстве.

Так как устойчивость комбикормов при хранении и продолжительность их хранения без заметного ухудшения кормовой ценности зависит именно от исходного состояния зернового сырья, недопустимо использование при производстве комбикормов зернового сырья, заражённого амбарными вредителями. Единственным фактором, воздействующим на центральную часть зерновки, а значит и на скрытую форму заражённости, является воздействие электромагнитного поля сверхвысокой частоты. Эффект объёмного нагрева при тепловой обработке зерновой массы переменным электромагнитным полем достигается в результате проникновения его в продукт на значительную глубину.

Проведенный теоретический анализ данных позволяет сделать вывод о том, что применяя СВЧ энергию, можно направленно управлять и регулировать качественные характеристики зернопродуктов в комбикормовом производстве. Для этого достаточно знать их диэлектрические свойства, основные характеристики СВЧ-нагрева, закономерность тепло- и массопереноса при этом нагреве.

Литература:

1. Рогов И.А. Электрофизические методы обработки пищевых продуктов. – Москва: Росагропромиздат, 1998.
2. Сыроватко В.И. Производства комбикормов в хозяйствах. – Москва: Росагропромиздат, 2001.
3. Пресман А.С. Исследование биологического действия микроволн. – Зарубежная электроника, 1984.

УДК 631.56

ИЗМЕРЕНИЕ ВЛАЖНОСТИ МАТЕРИАЛОВ ПЕРЕМЕННОЙ ПЛОТНОСТИ СВЧ-АКУСТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Лисовский В.В., к.т.н., доц., Булко М.И., ст. преподаватель,
УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

Как правило в СВЧ-влажнометрии сельскохозяйственных материалов используют одно- и двухпараметровые методы измерения,

ввиду их относительной простоты. Эти методы основаны на использовании одной или двух величин, характеризующих определенные параметры электромагнитного поля СВЧ, функционально связанные с влажностью материала

В [1] было показано, что влажность W , коэффициент заполнения Φ , температура T и концентрация солей C оказывают наиболее сильное влияние на диэлектрические характеристики влажосодержащих материалов. Тогда для нахождения влажности с учетом указанных параметров система уравнений запишется:

$$x_1 = F_1(W, \Phi, T, C), x_2 = F_2(W, \Phi, T, C), x_3 = F_3(W, \Phi, T, C), x_4 = F_4(W, \Phi, T, C) \quad (1)$$

В таком виде эта система не имеет решения, т.к. нам известно только два невзаимных параметра преобразования – коэффициент затухания α (или ϵ'') и фазовая постоянная β (или ϵ'). В (1) можно убрать один параметр – концентрацию солей C , снизив его влияние на x до величин второго порядка малости соответствующим выбором частоты. Для крупнодисперсных влажных материалов закон изменения α , β , ϵ'' и ϵ' от температуры известен. Анализ работ по СВЧ-влажнометрии, сделанный в [1] показывает, что коэффициент заполнения Φ является наиболее значимым параметром, который относят к "мешающим факторам". Поэтому произведем комплексирование параметров α и β с целью получения параметра преобразования, независимого от Φ . Сократив систему (1) до двух уравнений и подставив значения α и β из [1], получим

$$\alpha = \Phi \frac{\rho_0 W}{\rho_H (1-W)} \times \alpha_H; \quad \beta = \Phi \left[\frac{\rho_0}{\rho_H} \frac{W}{1-W} (\beta_H - \beta_0) + (\beta_C - \beta_0) \right] \quad (2)$$

Эта система решается относительно W с исключением Φ

$$W = \left\{ 1 - \frac{\rho_0}{\rho_H} \left[\frac{\beta_H - \beta_0}{\beta_C - \beta_0} - \frac{\alpha_H}{\alpha} \left(\frac{\beta - \beta_0}{\beta_C - \beta_0} \right) \right] \right\}^{-1} \quad (3)$$

Второй способ состоит в исключении Φ из этих двух уравнений без выделения в явной форме W .

Поделив уравнение α на β в (8) приходим к A -параметру [2], независимому от коэффициента заполнения

$$A(W) = \frac{\alpha}{\beta - \beta_0} = \frac{\alpha_H(W)}{[\beta_H(W) - \beta_0] + \frac{\rho_H}{\rho_0} (\beta_C - \beta_0) \left(\frac{1}{W} - 1 \right)} \quad (4)$$

Зависимости $\alpha_n(W)$ и $\beta_n(W)$ отражают тот факт, что по мере увлажнения материала меняется количественное соотношение между различными формами влаги в материале

В [1] показано, что с учетом связи между комплексной диэлектрической проницаемостью влагосодержащего материала и коэффициентами α и β можно получить другую полезную для практических целей форму записи A – параметра:

$$A(W) = 0.5K\varepsilon''/\varepsilon' - 1, \quad (5)$$

Так как ε'' и ε' являются функциями температуры, то и $A(W)$ также зависит от температуры.

Если теперь поставить задачу комплексирования трех параметров, чтобы устранить влияние температуры, то на наш взгляд, решить эту задачу аналитически не представляется возможным, т.к. температура входит в выражения для ε^* влажного материала в сложном виде.

Решение этой задачи состоит в минимизации степени влияния температуры на A -параметр, путем оптимизации частоты. На рис.1 приведены результаты расчета зависимости A -параметра от влажности для кварцевого песка различной

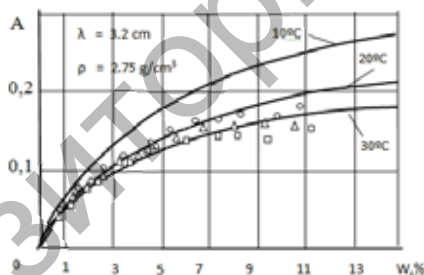


Рис. 1 Зависимость A -параметра для кварцевого песка от влажности и температуры на длине волны $\lambda = 3,2$ см.

Результаты эксперимента: $\circ$ - $\rho_0 = 2,75 \text{ g/cm}^3$; Δ - $\rho_0 = 2,47 \text{ g/cm}^3$; $\square$ - $\rho_0 = 2,28 \text{ g/cm}^3$

Аналогичные зависимости получены авторами для чая и резаного табака, причем плотность (коэффициент заполнения) изменялась в 2,5-3 раза. Во всех трех случаях до определенной критической влажности наблюдалось отсутствие влияния плотности на результат измерения влажности по A -параметру. В то же время при влажности

больше некоторой критической наблюдалось резкое снижение чувствительности и неоднозначность в определении содержания влаги. Теоретическое объяснение этому факту дано в работе [2].

Как уже указывалось выше на параметр преобразования в СВЧ-методах в первую очередь оказывает влияние влажность и лишь затем плотность (коэффициент заполнения) и температура. Если влияние температуры можно уменьшить до допустимых классов точности прибора пределов, например, введением автоматической температурной коррекции, либо, как в случае с A -параметром выбором рабочей частоты, то влиянием переменной плотности, особенно при поточных измерениях, пренебречь невозможно. Частично эта задача решается в двухпараметровых СВЧ-методах, а также при измерении A -, B - и C -параметров, теоретически зависящих только от влажности (при автоматической температурной коррекции) [1]. Однако, в ряде случаев наблюдается неоднозначность в определении влажности материалов переменной плотности по A -параметру, особенно в области высоких влагосодержаний [1-3]. Попытки применения комбинированных амплитудно-фазового метода, а также других СВЧ-методов на основе измерения B -и C -параметров также не всегда позволяют существенно повысить точность измерений влажности материала в потоке при значительных колебаниях его плотности. Например, в случаях поточных измерений влажности табака, чая, хлопка и подобных материалов.

В то же время результаты исследования ультразвукового метода измерения влажности твердых сыпучих материалов [4], что стало возможным с разработкой при участии авторов пьезокерамических приемников-излучателей для газовой среды, показали возможность создания акустических влагомеров. Причем в отличие от СВЧ-методов чувствительность к изменению плотности у акустических методов оказалась на порядок выше чем чувствительность к влажности. Это обстоятельство подсказало идею создания комбинированного СВЧ-акустического метода измерения влажности материалов переменной плотности.

Сущность предлагаемого способа заключается в измерении влажности табака на основе резонаторного двухпараметрового метода с коррекцией по плотности, путем введения коэффициентов k_1 и k_2 , получаемых на основе измерения амплитуды ΔU и фазы Δt акустической волны, прошедшей через данный материал.

Т.е. фактически мы должны решить систему как минимум трех уравнений с тремя неизвестными: $\Delta N = \varphi_1(W, \Phi, t)$, $\Delta f = \varphi_2(W, \Phi, t)$, $\Delta U = \varphi_3(W, \Phi, t)$, а также $\Delta \tau = \varphi_4(W, \Phi, t)$.

Последнее выражение вносит структурную избыточность, что позволяет дополнительно повысить достоверность измерений. В [1] приведено выражение, связывающее четыре измеряемых параметра с влажностью материала W . Оно позволяет избавиться от необходимости решения системы уравнений со структурной избыточностью:

$$W = F \left[\frac{\exp\left(\frac{\Delta N \ln U_0 / U_1 k_1}{8,686}\right) - 1}{\Delta f} \tau_0 / \tau_1 k_2 \right], \quad (6)$$

где F —обратная функция от измеряемых параметров, связанных с влажностью;

ΔN — переходное ослабление резонатора, дБ;

U_0 —амплитуда напряжения зондирующего импульса пьезоприемника в отсутствие материала, мВ;

U_1 —амплитуда напряжения зондирующего импульса пьезоприемника прошедшего через материал, мВ;

τ_0 —время прохождения зондирующего импульса в отсутствие материала, мс;

τ_1 —время прохождения зондирующего импульса с материалом в резонаторе, мс;

Δf — смещение частоты резонатора, ГГц;

k_1 и k_2 —коэффициенты, являющиеся константами для данного материала.

Реализован данный способ измерения в резонаторном СВЧ-влажномере табака, основанном на измерении A -параметра [1]. При этом в диапазоне влажности табака 8...12% коррекция на изменение плотности от 0,2г/см³ до 0,5г/см³ не требуется. При больших влажностях вносится дополнительная коррекция на изменение плотности путем измерения параметров акустической волны прошедшей через материал. Абсолютная погрешность измерения влажности при этом не превышала 0,5%.

Выводы

Комбинированные СВЧ-акустические методы позволяют существенно повысить точность измерения влажности материалов переменной плотности.

Литература

1. Лисовский В.В. «Теория и практика сверхвысокочастотного контроля влажности сельскохозяйственных материалов» – Минск: БГАТУ, 2005.–292с.
2. Igor Renhart, Boris Tsentsiper, Dielectric Properties of Bulk Materials and Restrictions to the Application of Two-Parameter Microwave Aquametry. 6Th International Conference on «Elektromagnetic Wave Interaction with Water and Moist Substances». –Weimar, Germany, 2005.– pp. 481–488.
3. Lisovsky, V. The Automatic Control of Moisture in Agricultural Products by Methods of Microwave Aquametry / V. Lisovsky // Measurement Science and Technology.– 18 (2007).– pp. 1016–1021.

УДК 631.56

ЗАРУБЕЖНЫЕ МИКРОВОЛНОВЫЕ ВЛАГОМЕРЫ

Лисовский В.В., к.т.н., доц., Булко М.И., ст. преподаватель,
УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

Наметившаяся в предыдущем десятилетии тенденция разработки двух и более параметрических измерительных преобразователей контроля влажности на основе микроволновых методов продолжается и в настоящее время, что подтверждается материалами недавно прошедшей в Веймаре 10-й международной конференции «Взаимодействие микроволнового электромагнитного поля с влагосодержащими субстанциями» [1]. Это относительное усложнение и удорожание конструкции приборов контроля влажности позволяет существенно повысить их метрологические характеристики за счет учета влияния плотности и температуры, а также некоторых других «мешающих факторов», влияющих на точность измерений. В связи с этим следует отметить, что данные устройства можно рекомендовать в тех случаях, когда экономический эффект от их использования значительно превосходит стоимость приборов. Соотношение

«цена-качество» по-прежнему является определяющим критерием. Подтверждением тому является широкий ассортимент микроволновых однопараметровых влагомеров предлагаемых на рынке ведущими мировыми производителями.

Большое развитие за последнее время получили методы и приборы временной диэлектрической спектроскопии (ВДС). Если раньше их применяли практически только в научных исследованиях, то сейчас появилось большое число сообщений о разработанных влагомерах на основе этих методов. Данное обстоятельство говорит о большом прогрессе в этой области [1] т.к. до недавнего времени стоимость ВДС-спектрометров составляла несколько десятков тысяч долларов.

На последней 10-ой конференции методам и приборам временной диэлектрической спектроскопии была полностью посвящена работа секции 2.2. Перспективность этого направления очевидна. При воздействии короткого (пикосекундного) импульса на влагосодержащий материал и измерении параметров прошедшего сигнала можно получить информацию не только о влажности, плотности, температуре, но и о многих других параметрах (например для зерна: содержание белка, протеина, аминокислот и пр.). Это стало возможным потому что современные микропроцессорные системы достаточно просто позволяют сделать Фурье-анализ функции диэлектрического отклика, т.е. фактически позволяют реализовать многочастотный метод на новой элементной базе.

Ниже рассмотрим основные конструкции и технические характеристики современных микроволновых влагомеров ведущих зарубежных фирм-производителей [1].

Влагомеры фирмы GreCon (США) в измерительной системе MWF 5000 используют резонансный принцип контроля, основанный на измерении ухода резонансной частоты и изменении переходного ослабления в зависимости от содержания воды и плотности материала, что позволяет производить их отдельную оценку с помощью электронного блока на основе микропроцессора. В зависимости от типа датчика глубина проникновения электромагнитного поля в контролируемый материал составляет от 1,5 до 4 дюймов. Датчик в виде открытого резонатора имеет плоскую контактную поверхность.

Влагомеры фирмы MoistScan, входящую в Realtime Group(США) предназначены для точного измерения влажности в широком диапазоне (до 100%) на основе микроволновых технологий сельскохозяйственных продуктов, биотоплива, продуктов питания, строительных материалов, объектов горнорудной промышленности и др.

Влагомеры MoistScan имеют несколько основных модификаций, предназначенных поточных измерений. Они имеют универсальный блок обработки информации и типовой измерительный модуль для конвейерной ленты. Влагомеры серии MoistScan MA 500 стандарт идеально подходят для контроля движущихся по конвейерной ленте непроводящих материалов средней и низкой влажности при относительно небольшой толщине слоя, например, на горнообогатительных фабриках (влагомеры угля, оксида алюминия). Обычно микроволновый передатчик устанавливают под стандартным ленточным конвейером, а детектор располагают над движущимся материалом. Анализаторы MA 500 могут оснащаться различными вариантами связи для передачи и приема данных, имеют функцию удаленного доступа для диагностических целей и периодической проверки калибровки.

Влагомеры серии MoistScan MA 500 HD как правило, применяются для контроля металлосодержащих минералов и тяжелых органических материалов с высоким содержанием влаги и большой глубиной слоя, например, оксид алюминия, бокситы, никель, цинк, свинец и медь в руде и концентрате, сахарный жом и т.п. В остальном имеют схожие характеристики с базовой моделью.

Влагомеры серии MoistScan MA 500 HDi - анализаторы влажности специально разработанные для железорудной промышленности. Они подходят для контроля железной руды и концентратов железных руд, железорудных окатышей и агломерата смесей.

Влагомеры MoistScan имеют и другие модификации датчиков, например, со шнековым питателем, для установки на трубе или бункере, датчик в виде хоппер-желоба др.

TEWS Elektronik - немецкая приборостроительная компания, производитель лабораторных, портативных и промышленных микроволновых приборов для измерения влажности (микроволновые влагомеры) для быстрого (измерение влажности выполняется за секунду), неразрушающего, точного и селективного определения содержания воды в пищевых продуктах, кондитерских изделиях,

фармацевтической продукции, табачных изделиях, другой промышленной продукции и сельскохозяйственной продукции. Микроволновые анализаторы влажности надёжны, компактны и поставляются как в лабораторном, так и в промышленном исполнении, для установки непосредственно на технологической линии.

Компания производит широкий спектр микроволновых анализаторов влажности от портативных (ручной микроволновой анализатор влажности) до лабораторных поточных []. Портативный микроволновой анализатор влажности удобен для измерения влажности древесины, целлюлозы или бумаги, измерения влажности кормов для животных или другой продукции сельского хозяйства. Выпускаются также специализированные микроволновые анализаторы влажности для табачной, пищевой и целлюлозно-бумажной промышленности. Компания TEWS Elektronik производит специальный влагомер для измерения влажности сигар.

Выпускаются микроволновые анализаторы для измерения содержания как поверхностной влаги, так и внутри контролируемого объекта. Микроволновые влагомеры не чувствительны к изменениям окружающих условий. Цвет, консистенция, характер поверхности объекта не влияют на точность измерения влажности с помощью микроволнового излучения. Приборы имеют либо встроенный дисплей, либо выход на компьютер. Программное обеспечение для измерения влажности поставляется вместе с приборами в зависимости от требований заказчика.

Рассмотрим основную номенклатуру продукции TEWS Elektronik: MW 1000- мобильный СВЧ прибор измерения влажности предназначен для использования в лабораториях и на производстве для быстрого определения влажности материалов в области сельскохозяйственного производства (в т. ч. производство кормов для животных), пищевой, химической, деревообрабатывающей, бумажной промышленности и фармацевтике (рис.9). Прибор MW 1000 находит применение также в производстве строительных материалов и на строительстве (например для быстрого определения влажности покрытия полов). Запатентованный метод измерения прибором MW 1000 дает возможность провести быстрое и точное измерение влажности простым наложением планарного датчика на материал. При этом прибор MW 1000 определяет общую влажность независимо от цвета и плотности материала.

Его особенностью является асимметричное расположение измерительной ячейки в измерительном поле. Тем самым можно проводить измерение также и сигар с высокой степенью влажности посредством изменения позиции аппликатора.

Данные влагомеры обеспечивают точное измерение влажности благодаря обеспечению постоянного давления на материал в период измерений, они имеют высокую воспроизводимость выборки благодаря достаточному количеству пробы. Их отличительная особенность - неразрушающий метод контроля, кратчайшее время измерений (ок. 5 сек.), гибкая возможность использования на различных этапах производственного цикла, простота применения и быстрая очистка датчика, автоматический выбор кривых с неограниченным количеством градуировок, архив с предварительно откалиброванными зависимостями, простая установка Software на компьютере и применение EXCEL-данных для удаленного компьютера. Системные предпосылки: рабочая система: WINDOWS -2000, XP SP2, -VISTA 3.

Кроме описанных выше компания TEWS предлагает компактный микроволновой прибор для измерения влажности MW 3150 сконструированный для мобильного применения в лаборатории и на производстве. Запатентованный микроволновой метод измерения дает возможность точного измерения влажности независимо от плотности, структуры поверхности и цвета измеряемых материалов. Приборы серии MW 3000 предназначены для измерения влажности материалов в химической, кондитерской, строительной, пищевой промышленности и в фармацевтике. Близкими характеристиками обладают и другие микроволновые влагомеры этой серии.

Влагомеры MW 4420 и другие этой же серии в основном предназначены для работы в табачном производстве, с их помощью измеряют как среднюю влажность и плотность сигарет и сигар, так и распределение этих параметров по объему контролируемой продукции.

Еще одной разновидностью микроволновых влагомеров фирмы TEWS, являются приборы и системы контроля движущихся материалов (тюков, коробок и пр.) серии MW-T. В отличие от описанных выше влагомеров этой фирмы, имеющих односторонний планарный датчик, данная система предполагает наличие двух передающего и приемного СВЧ-блоков, расположенных оппозиционно

либо под углом к объекту контроля. Система работает со скоростью примерно 30 измерений в секунду, что позволяет получать как среднюю влажность и плотность, так и их профили по объему.

Кроме дальнейшего развития и совершенствования, ставших уже традиционными, микроволновых методов, ряд зарубежных компаний освоили серийный выпуск влагомеров на основе метода временной диэлектрической спектроскопии, так американская фирма Spectrum Technology Inc. в течение последних лет широко представлена влагомерами почв TDR 100 и TDR 200. Последняя ее разработка полевой влагомер TDR 300 (рис. 1) позволяющий с высокой точностью (относительная погрешность не хуже 3%) измерять влажность различных типов почв. Прибор снабжен системой GPS, что позволяет составлять карты увлажненности конкретной местности. Приборы данной серии могут найти широкое применение в тепличном производстве.



Рис. 1 Влагомер почв TDR-300

Литература

1. Proc. of the 10th Int. Conf. on Electromagnetic Wave Interaction with Water and Moist Substances. Weimar/Germany, October, 2013. Ed. by K.Kupfer. Weimar, MFPA, 2013, 570 pp.

СЕКЦИЯ 4
АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
АПК

УДК 631.171 + [621.37 / 39:631.145]

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ НА ОСНОВЕ
ЭТОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

Башилов А.М. д.т.н., профессор, Легеза В.Н. к.с.-х.н, доцент,
Московский государственный агроинженерный университет имени
В.П. Горячкина, г. Москва, Российская Федерация

Применение новых технологий и машин позволяет минимизировать участие человека в технологическом процессе [1-3]. Изучение поведения и психологии животных является одним из важнейших способов решения данной задачи. Всё поведение домашних животных условно можно разделить на пользовательные и сигнальные действия. Пользовательные действия направлены на сохранение собственной жизнедеятельности (еда, жвачка, сон, лежание, стояние, комфортные движения, уход за своим телом). Наблюдения за звуковыми сигнальными действиями позволяют заметить проблемы одного животного или группы животных. Аудио-видеонаблюдение является ключевым фактором, позволяющим предотвратить болезни и улучшить здоровье животного и общее физиологическое состояние.

Основным методом в изучении поведения животных является непосредственное наблюдение за каждой особью стада, т.е. аудио-видеонаблюдение. Современные средства технического зрения позволяют кроме прямого наблюдения за животным, через мониторинг осуществлять автоматическое распознавание поведенческих актов животных. Чтобы иметь объективное представление о динамике характерных поведенческих реакций организма необходимо длительное непрерывное наблюдение за животными.

Важным моментом в процессе целенаправленного аудио-видеонаблюдения на агроферме является заблаговременное формирование виртуальной модели поведения животных.

Начнём с самой целостной этологической модели поведения животных, которую можно отобразить как известные в зооинженерной науке стереотипы и шаблоны поведения.

$$\mathcal{E}_M = \text{ВПР} + \text{ВР} + \text{ПР}, \quad (1)$$

$\mathcal{E}_M$ - этологическая модель поведения животного;

ВПР - видовые поведенческие реакции (коров, свиней, птицы);

ВР - врождённые рефлексы (инстинкты, индивидуальные реакции);

ПР - приобретённые рефлексы (научение, тренировка).

Этологическая модель формирует систему достоверных биологических знаний, закономерностей и механизмов поведенческих реакций животных.

Видовые поведенческие реакции - это характерные приспособительные действия, которые при различных способах существования животных имеют устойчивый стереотип поведения для достижения определённых целей.

Врождённое рефлективное поведение характеризуется индивидуальными формами двигательных актов при: адаптации к среде, питании, сне, игре, обороне, половой охоте, подражании, обследовании предметов, поддержании тела в чистоте, дефекации, мочеиспускании и т.д.

Приобретённые рефлексы - это результат тренировки и обучения животного, который заключается в закреплении условных рефлексов или в динамическом изменении стереотипов поведения.

Знание видовых этологических особенностей животных, наблюдение и фиксация инстинктивных поведенческих актов и целенаправленная перестройка сценариев поведения животных - в этом заключается подготовительная, программируемая, опережающая управленческая функции зооинженерии, которая обеспечит более совершенную форму (технологию) содержания животных. Создание такой инновационной технологии позволит: ускорить рост и развитие животного, сократить потери энергии от ослабления эмоциональной реактивности и стрессов, повысить воспроизводительную способность, обеспечить непрерывную возрастную коррекцию поведения, проводить своевременные профилактики заболеваний, сократить затраты труда и повысить продуктивность.

Таким образом, этологическая модель поведения животного - есть сумма комплексов функциональных действий:

$$\mathcal{E}_M = \sum_i^I \text{КФД}_i, \quad (2)$$

КФД_i - i - й комплекс функциональных действий,

I – число наблюдаемых поведенческих комплексов.

$$\text{КФД}_i = \sum_j^J \text{ЦПА}_j, \quad (3)$$

ЦПА_j – j й целенаправленный поведенческий акт,

J – число наблюдаемых целенаправленных поведенческих актов.

Каждый целенаправленный поведенческий акт характеризуется позами (стоя, лёжа, в движении), жестами (повороты головы, положение хвоста и ушей), мимикой (моргание глаз, открытие рта, движение губ).

$$\text{ЦПА}_j = \sum_{\mu}^M \text{ПЖМ}_{\mu}, \quad (4)$$

ПЖМ_μ – элементы внешнего проявления поведенческих актов в виде поз (П), жестов (Ж), мимики (М).

M – число характерных элементов наблюдаемых в целенаправленном поведенческом акте.

Чтобы иметь объективное представление о динамике характерных функциональных действий животного необходимо выборочное, длительное или непрерывное (с заданной частотой кадров) наблюдение поведенческих актов и их элементов во времени и в пространстве местообитания.

Применение видеонаблюдения на животноводческих фермах позволяет существенно изменить взаимоотношения человека с животными, создав эффект дополнительного контакта человека с животным (эффект присутствия специалиста на ферме или эффект дистанционного наблюдения за животным), создав возможность более пристального внимания, постоянного и полного контроля поведения животных.

Общий мультипликативный и синергетический эффект в сельскохозяйственном производстве при внедрении средств видеонаблюдения в области точного животноводства достигается благодаря сокращению материальных и энергетических затрат на производство единицы продукции, успешной реализации мероприятий по ресурсосбережению, при росте производительности труда.

Выводы

1. Для эффективного управления стадом животных необходимо учитывать их этологические характеристики, регистрация которых позволит более рационально осуществлять перераспределение животных по группам и предотвращение негативных последствий стадного содержания.

2. Аудио-видеонаблюдение наиболее перспективный способ регистрации этологических характеристик животных, обеспечивающий непрерывный дистанционный контроль и получение полной информации о поведении животных.

3. Система аудио-видеонаблюдения повышает эффект присутствия специалиста в зонах размещения животных, обеспечивает более пристальное внимание к состоянию животных и позволяет осуществлять постоянный контроль за поведением животных, а следовательно осуществлять более эффективное дистанционное управление стадом

Литература

1. Башилов А.М., Легеза В.Н. Дистанционное видеонаблюдение за поведением животных в стаде. Техника и оборудование для села. 2011. № 12. С. 24-26.

2. Башилов, Королев В.А. Видеонаблюдение и навигация в системах точного земледелия // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ им. Горькина». – М.: МГАУ, 3(34), 2009, С. 7-11

3. Башилов А.М. Проект управления аграрным производством на основе систем видеомониторинга. Техника и оборудование для села. 2010. № 10. С. 46-48.

УДК 664.7.087

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ВЛАЖНОСТЬЮ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОТОКАХ МУКОМОЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Белячиц А.Ч., к.т.н.; Курило Н.И. к.т.н.; Пуровский М.О., к.т.н.;
Сметанко А.Л., к.т.н.; Титовицкий И.А., ООО «Аквар-Систем»,
г. Минск, Республика Беларусь

На современном мукомольном заводе одним из важнейших этапов технологического процесса, значительно влияющих на подготовку зерна к помолу и стабилизацию выходов готовой продукции, является этап увлажнения зерна.

В результате многолетних исследований специалистами НИИ ПФП им. А. Н. Севченко БГУ и ООО «Аквар-Систем» была создана высокoeffективная автоматизированная система увлажнения зерна в потоке «А 3150», превосходящая по своим характеристикам все аналогичные системы, имеющиеся в странах СНГ, и не уступающая разработкам лучших фирм мира.

Основой «А 3150» является не имеющий аналогов многопараметрический микроволновой измеритель влажности зерна в потоке резонаторного типа, обеспечивающий высокую точность измерения вне зависимости от плотности, сорта, качества, температуры зерна и ряда других возмущающих факторов.

Автоматизированная система увлажнения зерна в потоке предназначена для использования на мукомольном заводе для автоматической стабилизации увлажнения зерна в шнековых увлажнительных аппаратах. Стабилизация достигается за счет автоматического управления подачей воды в зависимости от расхода и влажности зерна, расхода и давления воды в водопроводе и заданной конечной влажности.

Определение влажности зерна происходит в измерительной головке резонаторного типа путем многопараметрических измерений. Датчик влажности крепится в специальной шахте, которая монтируется в трубопроводе зерна. Модуль микропроцессорного контроллера программно управляет всеми режимами работы влагомера и вычисляет с высокой точностью значение влажности зерна в потоке, которое отображается локально на панели оператора (ЧМИ) и в системе визуализации на рабочей станции.

Принцип действия датчика расхода зерна основан на измерении давления потока зерна на лопатку с помощью тензометрического преобразователя. Сила этого давления пропорциональна количеству зерна, проходящего через датчик. Функционально измеритель потока состоит из измерительной шахты, с установленными в ней рабочей и направляющей лопатками, и электронного блока.

Количество воды, подаваемое на секцию увлажнения, рассчитывается программируемым логическим контроллером в зависимости от исходной влажности зерна, измеряемой в потоке, расхода зерна, автоматически контролируемого при подаче его на увлажнение, и конечной влажности, задаваемой обслуживающим персоналом.

Дозирование воды осуществляется электрически управляемым регулирующим клапаном. За счет постоянного контроля расхода воды процедура увлажнения не зависит от возможных перепадов давления в водопроводной сети.

При необходимости дозирование воды можно переключить на ручной режим работы.

Предлагаемая система является одноуровневой системой открытого типа и может работать как в автономном режиме, так и являться составной частью комплексных автоматизированных систем управления технологическими процессами на мукомольных заводах. Для этого она оснащена интерфейсами RS-232, RS-485, Ethernet.

Состав системы представлен на рисунке 1:



Рис. 1 – Структурная схема А 3150

Блок измерения потока и влажности зерна содержит: датчик расхода зерна (“А 352”) и измеритель влажности зерна в потоке (ИВЗП “А 315).

Блок контроля и управления расходом воды включает: расходомер воды, автоматический регулирующий клапан подачи воды и управляющий контроллер.

Составной частью системы увлажнения зерна "А 3150" является информационный комплекс, позволяющий управлять процессом увлажнения зерна и вести накопление и обработку текущих параметров процесса по линиям увлажнения. В состав комплекса также входит персональный компьютер, интерфейсная плата и программное обеспечение, реализующее верхний уровень для системы увлажнения зерна.

Программный пакет в стандартном варианте состоит из двух программ:

1. Программа сбора информации и управления;
2. Программа для работы с базой данных.

Программа сбора информации и управления обеспечивает:

- Отображение текущего состояния и режимов работы всех подключенных подсистем;

- Сбор, визуализация, протоколирование параметров (входной влажности, температуры зерна, потока зерна, расхода воды) для каждой из подсистем. (Визуализация изменения параметров может осуществляться в цифровом, текстовом и графическом (тренды) виде);

- Ввод заданий (заданной влажности), поправочных коэффициентов (для датчиков расхода зерна) и т.п., обеспечивающих нормальное функционирование подсистем (контроллеров и измерительного оборудования);

- Протоколирование действий персонала по работе с программой;

- Телетайп (вывод сообщений о текущих событиях, возникающих в системе);

- Индикация аварийных ситуаций;

- Работа с различными технологическими параметрами, например: данные по сменам (для обеспечения возможности контроля и формирования отчетов о работе каждой смены) и т.д.

Программа для работы с базой данных обеспечивает:

- Управление информационными архивами (выбор, удаление, копирование и т.п.);

- Просмотр выбранного архива в табличном виде;

- Осуществление выборок по времени, а также по любому событию или списку событий системы;

- Построение графиков (трендов) по любому событию за указанный промежуток времени, при необходимости с общим масштабом по оси значений и временной (или индексной). На одном графе можно отобразить до восьми трендов, что позволяет произвести более подробный анализ;

- Составление отчетов согласованных с заказчиком программного пакета (например, формирование отчета о работе смены, о работе за период, о работе за технологический цикл и т.д.);

- Печать всей просматриваемой информации.

Обе программы просты в освоении и имеют описание и инструкции по работе с ними, а также встроенные OnLine системы помощи.

Интерфейс пользователя программы верхнего уровня показан на рис. 2.

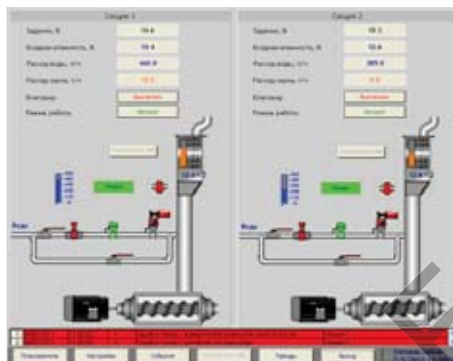


Рис. 2 – Интерфейс пользователя

Преимущества системы:

- Влажность зерна измеряется непрерывно высокоточным влагомером проходного типа (без ответвления от основного технологического потока).

- Точность измерения влажности предельно высокая (выше, чем у всех аналогичных систем), не зависит от плотности, сорта, качества, температуры зерна и других возмущающих факторов.

- Имеется специальный режим работы измерителя влажности-зерна, при котором периодически компенсируются аппаратные составляющие погрешности измерений.

- Постоянно контролируется и индицируется расход зерна.

- Дозирование воды осуществляется электрически управляемым регулирующим клапаном. За счет постоянного контроля расхода воды, дозирование не зависит от возможных перепадов давления в водопроводной сети.

- При прерывании потока зерна при помощи отсечного клапана мгновенно прекращается подача воды в систему увлажнения.

- В связи с высокими точностными параметрами измерения исходной влажности зерна и его расхода обеспечивается оптимизация процесса увлажнения и, как следствие, минимизация разброса значений влажности зерна перед помолом.

-Управление режимами работы системы осуществляется с панели оператора либо с рабочей станции с предустановленным программным обеспечением верхнего уровня, что обеспечивает высокую гибкость и оперативность управления.

-Быстрый монтаж системы.

-Высокая окупаемость.

-Предлагаемая система является системой открытого типа и может работать как в автономном режиме, так и являться составной частью комплексных автоматизированных систем управления технологическими процессами на мукомольных заводах.

УДК 004.2/3

АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА НОРМАЛИЗАЦИИ МОЛОКА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЙОГУРТА

Волкова Е.С., ст. преподаватель,
*УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет», г. Минск, Республика Беларусь*

При производстве йогурта важной стадией технологического процесса является процесс нормализации молока по жиру. Существуют два основных способа нормализации: в резервуаре и в потоке.

Второй способ является наиболее эффективным. Однако процесс нормализации в потоке требует высокой степени автоматизации, обеспечивающей оптимальное регулирование всех значимых технологических параметров.

Разработка системы автоматизации процесса нормализации в потоке требует: исследования процесса как объекта автоматизации, выявления требований к качеству регулирования, разработки алгоритма функционирования оборудования, реализации его в структуре управления и перевода в программу управления для программируемого логического контроллера и принципиальную электрическую схему.

Принцип работы установки заключается в сепарировании цельного молока, а затем смешивании полученных сливок и сепарированного молока до требуемой жирности. Как объект автоматизации,

данная установка может быть представлена аperiодическим звеном второго порядка с запаздыванием, т. е. является сложным объектом. Управляемым параметром является жирность молока для производства йогурта, управляющим – расход сливок, поступающих от сепаратора, возмущающим параметром – жирность сливок.

Рациональный алгоритм работы оборудования заключается в следующем. Молоко посредством насоса поступает в сепаратор-сливкоотделитель. Сепаратор разделяет молоко на сливки и обезжиренное молоко. Давление сепарированного молока поддерживается на постоянном уровне клапаном постоянного давления. Жирность сливок, поступающих из сепаратора, должна измеряться датчиком плотности и пересчитываться системой управления в процентное содержание жира. Параметры потока могут измеряться с помощью расходомеров. Управление потоком сливок может производиться с помощью клапана с плавной регулировкой. Система управления должна контролировать положение клапана с плавной регулировкой по результатам расчетов параметров жирности, на основании баланса жира в молоке до разделения и молоке и сливках – после разделения, и параметров скорости потока. Количество смешанных сливок определяется по показаниям расходомера. При длительном отсутствии сливок в трубопроводе (определяется по показаниям расходомеров) система должна автоматически отключаться с включением аварийной сигнализации.

Данный алгоритм управления реализован на лабораторном стенде для лабораторной работы №17 «Автоматизация процесса нормализации молока при приготовлении йогурта».

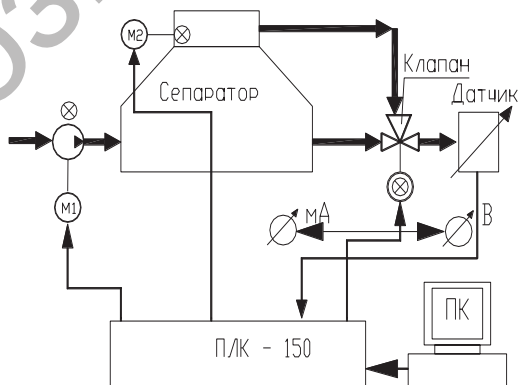


Рис. 1. Схема лабораторного стенда

Реализовать данный алгоритм функционирования позволяет микропроцессорное устройство управления. По функционально-экономическим параметрам целесообразным является использование в качестве устройства управления контроллера Mitsubishi ALPHA AL2-14MR-D, который с помощью модуля расширения AL2-2DA позволяет реализовать плавное управление клапанами, обеспечив контроль входных параметров и необходимый пересчет. Программа управления процессом нормализации молока для данного контроллера представлена на рис. 2.

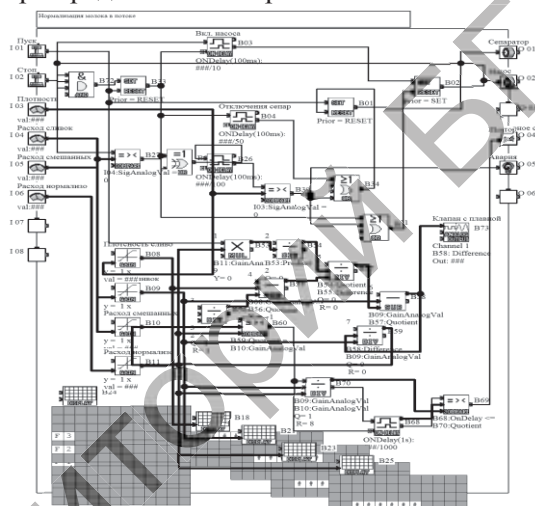


Рис. 2. Реализация алгоритма управления нормализацией молока в потоке

Таким образом, особенности процесса нормализации молока в потоке обуславливают специфические требования к системе автоматического управления процессом: точное поддержание массовой доли жира нормализованного молока от заданного значения (не более 0,05 %); необходимость уменьшения расхода цельного молока на единицу выпускаемой продукции; снижение энергопотребления; сокращение времени технологического цикла; обеспечение точного контроля расхода сырья.

Литература:

1. Бородин, И.Ф., Судник, Ю.А. Автоматизация технологических процессов. -М.: Колос, 2003. – 344 с.

2. Левин, Б.К. Регулирование парокотельных установок пищевых предприятий. – М.: Агропромиздат, 1987. – 241 с.

3. Автоматизация теплоэнергетических процессов: Якубовская, Е.С., Волкова Е.С. Автоматизация теплоэнергетических процессов: методические указания к лабораторным работам для студентов специальности 1-74 06 05-02 «Энергетическое обеспечение сельскохозяйственного производства (теплоэнергетика)» / БГАТУ, Кафедра автоматизированных систем управления производством; сост.: Е.С. Волкова, Е.С. Якубовская. - Минск, 2009. —206с.

УДК 658

РОЛЬ MES СИСТЕМ В УПРАВЛЕНИИ ПРОИЗВОДСТВОМ

Гагаков Ю.В. инженер по АСУП

ООО «Алютех Инкорпорейтед», г. Минск, Республика Беларусь

На сегодняшний день одним из ключевых элементов в обеспечении эффективности работы промышленного предприятия является оптимизация материальных потоков в производственных подразделениях. Действительно, ведь источник прибавочной стоимости, а, следовательно, и прибыли предприятия – это хорошо организованное производство именно на цеховом уровне, эффективное использование рабочей силы, максимизация фондоотдачи станочного парка.

Любое производство состоит из множества процессов, каждый из которых служит для решения общей задачи выпуска конкурентноспособной продукции. Даже если большинство технологических процессов автоматизировано на основе систем типа ERP(Enterprise Resource Planning), APS(Advanced Planning & Scheduling Systems) и т.п. (рис.1), то данных любой из них оказывается недостаточно для решения задач управления производством. В результате мы имеем дело не с единым информационным пространством, а с так называемыми «островками автоматизации», системами, автоматизирующими отдельные участки производства, обладающими собственной логикой работы и оперирующими собственным набором данных.

Данные из островков автоматизации передаются в систему более высокого уровня. Возникает вопрос, что это за система? MES

(Manufacturing Execution System) – систем исполнения производства в реальном масштабе времени (рис.2).



Рис. 1. Функциональная схема систем ERP, APS, MES



Рис. 2 Место MES систем в комплексной автоматизации производства.

Не затрагивая вопросы автоматизации на аппаратном уровне, т.е. на уровне так называемых SCADA систем (управление счетчиками, датчиками и прочими приборами и оборудованием), MES концентрируют свои усилия на поддержке плановой и организационной составляющих самого производственного процесса (рис.3,4). А именно ключевыми процессами для них являются следующие:

1. На базе внешней потребности в производстве продукции (полученной на основе заказов клиентов, планов продаж и т.д.), а также предыдущих производственных программ с учетом многообразных нюансов и специфики производства на конкретном предприятии автоматически формируется детальное оптимизированное производственное расписание работ, операций для станков, оборудования, персонала. Разумеется, с автоформированием всей необходимой для осуществления работ документацией – производственных программ, нарядов, лимитно-заборных карт, таблиц и диаграмм загрузки оборудования и др.

2. В непосредственной реализации производственных программ осуществляется полное **диспетчирование** всех операций и их результатов (как положительных, так и отрицательных - брака,

задержек и др.), потока изготавливаемых деталей по операциям, заказам, партиям, сериям, работоспособности оборудования и др.

3. При выявлении отклонений от запланированных программ в силу объективно сложившейся ситуации на производстве, при появлении новой внешней потребности (заказов и др.) производится оперативное перепланирование с коррекцией всех составляющих [1,2].



Рис. 3. Производственное расписание до оптимизации

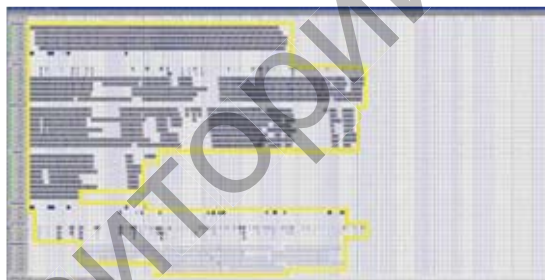


Рис. 4. Производственное расписание после оптимизации в MES

Таким образом, MES-система может накапливать и использовать ваши эффективные методики управления, культивировать их для дальнейшего автоматизированного использования. Нам следует задуматься, прежде всего, о том, как развивать свои эффективные организационные решения – MES-системы их всегда поддержат.

Список литературы

1. И. Гордиенко. MES. Старые мечты, новые реалии. //CIO, №7, 2003 год.
2. Н. Куцевич. От SCADA-систем к SCADA-продуктами MES-компонентам. //Мир компьютерной автоматизации, №4, 2003 год.

**ПРОГРАММИРОВАНИЕ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

Гируцкий И.И., д.т.н., доцент

*УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет», г. Минск, Республика Беларусь*

В современной автоматизации доминирующее положение занимает программное обеспечение. Надежность и качество общесистемного и прикладного программного обеспечения определяют эффективность функционирования информационно-управляющих систем различного назначения. За последние 40 лет пройден значительный путь в развитии и стандартизации систем и языков программирования для промышленных контроллеров.

Сложность создания систем автоматизации, будь это или новое производство, или модернизация устаревших систем управления действующими технологическими процессами и установками связана с отсутствием четкой постановки задачи, появлением новых условий и требований в процессе разработки и внедрения. Эти особенности привели к необходимости создать управляющее устройство, алгоритм работы которого можно было бы менять, не переделывая монтажную схему и аппарата управления. В результате возникла логичная идея заменить системы управления с «жесткой» логикой работы (совокупность реле, регуляторов, таймеров, счетчиков и т.п.) на автоматы с программно заданной логикой работы. Так родились программируемые логические контроллеры (ПЛК) – специализированные микроЭВМ, предназначенные для построения систем управления технологическими процессами и установками. Впервые ПЛК были применены в США для автоматизации конвейерного сборочного производства в автомобильной промышленности (1969 г.).

Схожесть аппаратных решений для входных и выходных модулей с стандартными наборами дискретных и аналоговых сигналов значительно упростило для разработчика задачу технического обеспечения будущей системы управления. Поэтому основная тяжесть разработки переносится в синтез программного обеспечения.

Разработка программ в любой автоматизированной системе, в том числе, а может быть, и в особенности для микропроцессорных

систем управления технологическими процессами является базисом, определяющим эффективность и трудоемкость всей разработки. Статистика отечественных и зарубежных разработок показывает, что стоимость разработки программ составляет 40...60% всей разработки, включая стоимость технических средств. А эффективность функционирования информационно управляющей системы зависит от качества программного обеспечения на 70...80%. Столь высокие показатели постоянно привлекают внимание исследователей к проблемам программирования. Здесь можно выделить два направления решения этой задачи.

Это развитие языков программирования, включающее переход от машинных команд к ассемблерам, алгоритмическим и объектно-ориентированным языкам программирования высокого уровня. Другим направлением в этой области является автоматический синтез программ.

С точки зрения функций, реализуемых программным комплексом, весь программный комплекс целесообразно разделить на операционную систему (ОС), систему программирования и прикладные программы.

Особенностью требований к ОС, используемым в контроллерах, является необходимость работы в масштабе реального времени и повышенная надежность. В последнее время, многие фирмы, производители так называемых РС-совместимых контроллеров, используют модифицированные компьютерные ОС, такие как MS-DOS, Linux или Windows.

Основное назначение системы программирования – предоставление разработчику наилучших возможностей для создания и отладки прикладных программ. Роль системы программирования, как элемента определяющего, прежде всего, трудоемкость создания прикладных программ постоянно возрастает. Существует два класса систем программирования – это универсальные типа CodeSys или IsaGraf и аппаратно-ориентированные, в качестве примера можно привести Step7 (Simens) или Automation Studia (Bernecker & Rainer). Несмотря на значительное разнообразие систем программирования, стандарт МЭК 61131-3 определяет основные требования к языкам программирования контроллеров (табл.).

Прикладная программа это то, что в конечном случае учитывает и алгоритм управления, и используемые аппаратные средства и в

полной мере реализует возможности микропроцессорных систем управления. Необходимость интеграции знаний технолога, программиста и электроника предопределяет перспективность использования для разработки прикладных программ языков высокого уровня. В конечном итоге именно прикладная программа является коммерческим продуктом даже с учетом того факта, что при непосредственном управлении технологическим оборудованием она является, несомненно, аппаратно ориентированной.

Таблица

Базовые языки программирования промышленных контроллеров

Английский		Немецкий		Русский	
Аббр.	Обозначение	Аббр.	Обозначение	Аббр.	Обозначение
IL	<u>Instruction List</u>	AWL	Anweisungsliste	IL	Список инструкций
LD	<u>Ladder Diagram</u>	KOP	Kontaktplan	PKC	Релейно-Контактные Схемы
FBD	<u>Function Block Diagram</u>	FBS	Funktionsbaustein-Sprache	FBD	Функциональные блок-диаграммы
SFC	<u>Sequential Function Chart</u>	AS	Ablaufsprache	SFC	Последовательные функциональные диаграммы
ST	<u>Structured Text</u>	ST	Strukturierter Text	ST	Структурированный текст
					Описание
					Текстовый язык. ассемблероподобный язык.
					Графический язык. программная реализация релейно-контактных схем
					Графический язык. Каждый ФБ имеет входы (слева) и выходы (справа).
					Графический высокоуровневый язык. Создан на базе математического аппарата сетей Петри.
					Текстовый Паскалеподобный язык программирования

При этом существенным является выбор языков программирования. Графические языки типа языка релейно-контактной символики (LD) или язык функциональных блоков (FBK) обладают наглядностью схем и соответствуют опыту аппаратного построения алгоритмов управления. Но применение текстовых алгоритмических языков типа Automation Basic, имеет очевидные преимущества за счет математического описания алгоритма управления близкого к естественному языку и упрощения обмена информацией с системами верхнего уровня, использующими подобные алгоритмические языки [1,2].

В качестве примера в докладе приведены несколько разработок, осуществленных на базе панель-контроллеров общепромышленного применения австрийской фирмы B&R с аппаратно-ориентированной системой программирования Automation Studio и SCADA/HMI DataRate, НПФ «Круг» (г. Пенза).

Программируемость алгоритмов современных систем автоматизации и управления обеспечивает их чрезвычайную гибкость, а интегральное исполнение промышленных контроллеров делает их высоконадежными. Эти два компонента особенно важны для построения систем управления биотехническими объектами сельскохозяйственного производства [3].

Литература

1. Петров, И.В. Программируемые контроллеры. Стандартные языки и приемы прикладного проектирования /И.В. Петров, Изд: СОЛОН-Пресс, Москва, 2004.

2. Зюбин, В.Е. ЗЮБИН Программирование ПЛК: языки МЭК 61131-3 и возможные альтернативы [Текст]/ Промышленные АСУ и контроллеры. – №11. – 2005.– с.31-35.

3. Гируцкий, И.И. Поточно-механизированные линии с микропроцессорным управлением для откорма свиней. [Текст]/ Автореферат дисс. на соиск. уч. степени д.т.н., Москва, ФГОУ ВПО МГАУ им. В.П. Горячкина, 2008.-36 с.

УДК 621.18:681.5

РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ ДЛЯ ПАРОВОДОГРЕЙНЫХ КОТЛОВ

Гируцкий И.И., д.т.н., доцент, *УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»*, Мочальский Е.Г., *УП ЭНТАС, г. Минск, Республика Беларусь*

Многие предприятия производственного и коммунального назначения, включая сельскохозяйственные, осуществляют модернизацию на базе микропроцессорной техники систем управления котлами типа ДЕ, ДКВР, КВГМ, ПТВМ. Эксплуатационный КПД котлов, используемых в сельскохозяйственном производстве, не-

редко составляет всего 50..55%, несмотря на то, что их паспортный КПД достигает 90% [1,2]. Котлы работают в паровых и водогрейных режимах, а эффективность их использования может быть значительно повышена при переходе на микропроцессорное управление. Однако при этом важно использовать не только новую технику, но и новые принципы управления. Однако использование принципиально новых алгоритмов управления требует их серьезного обоснования путем математического и физического моделирования.

При этом необходимо учитывать особенности эксплуатации пароводогрейных котлов, обеспечивающих технологические потребности предприятий производящих и перерабатывающих сельскохозяйственную продукцию. К главным особенностям следует отнести нестационарный характер нагрузки, обусловленный спецификой биотехнического объекта управления.

Разработанная информационно-управляющая система предназначена для организации процесса эффективного сжигания и экономии топлива при производстве тепловой энергии и пара для технологических нужд, теплоснабжения и обеспечения производства горячей водой. Система выполнена в соответствии с правилами устройства безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов (ПУБЭ М 0.00.1.08-96); методикой выполнения автоматического контроля герметичности запорных устройств перед горелками с единичной паспортной мощностью более 100кВт, устанавливаемых на котлах и промышленных газоиспользующих установках (ВМ 44-04); СНиП II-35-76. Внедрение системы управления повышает эффективность функционирования котла, в том числе: снижает потребление энергоресурсов, улучшает экологические условия эксплуатации котельной, повышает производительность оборудования, снижает влияние человеческого фактора в производственном процессе, повышает надежность, повышает оперативность управления технологическим процессом, повышает культуру производства.

Система управления котлом разбита на 11 подсистем: подсистема подачи газа; подсистема подачи мазута; подсистема розжига и контроля горения; подсистема подачи воздуха; подсистема регулирования разрежения; подсистема регулирования уровня воды в барабане; подсистема контроля параметров пара; подсистема безопасности; подси-

стема учета; подсистема проверки герметичности запорной арматуры; подсистема визуализации и интерфейса с пользователем.

Регулирование питания котельных агрегатов и регулирование давления в барабане котла главным образом сводится к поддержанию материального баланса между отводом пара и подачей воды.

Параметром, характеризующим баланс, является уровень воды в барабане котла. Надежность работы котельного агрегата во многом определяется качеством регулирования уровня. При повышении давления, снижение уровня ниже допустимых пределов, может привести к нарушению циркуляции в экранных трубах, в результате чего произойдет повышение температуры стенок обогреваемых труб, и их пережог.

Реализация алгоритма управления осуществлена с использованием компьютеризированного панель-контроллера общепромышленного применения РР-45. Моноблочное соединение панели оператора и собственно контроллера упрощает процесс программирования, как управляющих, так и информационных функций микропроцессорной системы. Прикладная программа разработана на алгоритмическом языке Automation Basic в системе программирования Automation Studio.

Необходимо обеспечить равномерное питание котла водой, так как частые и глубокие изменения расхода питательной воды могут вызвать значительные температурные напряжения в металле экономайзера.

Барабанам котла с естественной циркуляцией присуща значительная аккумулирующая способность, которая проявляется в переходных режимах. Если в стационарном режиме положение уровня воды в барабане котла определяется состоянием материального баланса, то в переходных режимах на положение уровня влияет большое количество возмущений. Основными из них являются: изменение расхода питательной воды, изменение паросъема котла при изменении нагрузки потребителя, изменение паропроизводительности при изменении при изменении нагрузки топки, изменение температуры питательной воды.

Регулирование соотношения газ-воздух необходимо как чисто физически, так и экономически. Известно, что одним из важнейших процессов, происходящих в котельной установке, является процесс горения топлива. Химическая сторона горения топлива

представляет собой реакцию окисления горючих элементов молекулами кислорода.

Предусматривается регулирование подачи воздуха по режимной карте и по СО и О₂. Режимная карта формируется при наладке котла – производится измерение давления в контрольных точках при различной тепловой нагрузке котла, при этом используют, как правило, переносной прибор для замеров СО и О₂.

При регулировании подачи воздуха в котлах, работающих на жидком и газообразном топливе, значительную эффективность могут дать методы адаптивного управления. При этом в качестве критерия эффективности может быть использован максимум к.п.д., который для водогрейного режима работы котла может быть записан в следующем виде [2]

$$\eta = K_B R_B \frac{T_{YB} - T_{PB}}{R_T} \%, \text{ где } K_B = \frac{4,2 \cdot 10^8}{Q_p};$$

Q_p - располагаемая теплота на 1 кг жидкого или м³ газообразного топлива, кДж/кг или кДж/м³; R_B - производительность водогрейного котла, кг/сек; R_T - расход топлива, кг/сек или м³/сек; T_{YB}, T_{PB} - температура воды на выходе и входе водогрейного котла, °С.

Регулирование разрежения в топке котла может осуществляться с изменением частоты вращения ЭД дымососа с применением частотного преобразователя. Наиболее качественное регулирование, а также экономичный расход электроэнергии на питание дымососа достигается с применением частотного преобразователя.

Каждый регулятор имеет возможность изменения значений параметров ПИД-регулятора, также значений параметров для исполнительного механизма. При вводе значений параметров осуществляется контроль ошибок. Имеется возможность вывода переходных процессов в виде графика в реальном режиме времени происходящих при регулировании, что удобно при настройке регуляторов под конкретные исполнительные механизмы и датчики[3].

Для обеспечения связи с ПЭВМ верхнего уровня и удаленного контроля и управления на базе сети Интернет использована технология VNC.

Результаты промышленной эксплуатации разработанной системы для котла ДЕ-6,5-14ГМ, который предназначен для выработки пара для технологических нужд производства предприятия

ОАО «Климовичский комбинат хлебопродуктов» показали ее высокую экономическую эффективность и надежность.

Литература

1. Бородин И.Ф., Судник Ю.А. Автоматизация технологических процессов. – М.: Колос, 2003. – с.281-314.

2. Солдатов В.В. Автоматическое управление энергоемкими и электротехнологическими процессами АПК. Автореферат докт. дисс. М., РГАЗУ, 2001.-38 с.

3. Мочальский Е.Г., Гируцкий И.И. Модернизация паровых и водогрейных котлов на базе микропроцессорного управления. / Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве. Труды 5-ой Международной научно-технической конференции 16-17 мая 2006 г., ч.35 Москва, ГНУ ВИЭСХ.

УДК 631.31

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОБЕСПЕЧЕНИЯ МИКРОКЛИМАТА В КАРТОФЕЛЕХРАНИЛИЩЕ

Гируцкий И.И., д.т.н., Шлевыда И.И., м.т.н.,
УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет», г. Минск, Республика Беларусь

Картофель находится на четвертом месте в списке наиважнейших продовольственных культур после зерновых — кукурузы, риса и пшеницы. Республика Беларусь традиционно является крупным производителем картофеля, а эффективность отрасли связана с модернизацией старых и строительством новых хранилищ [1].

Типичный вариант хранения навалом с напольными воздухораспределительными каналами включает напорные вентиляторы, воздушные клапана и микропроцессорную систему управления режимами хранения картофеля (рис.1).

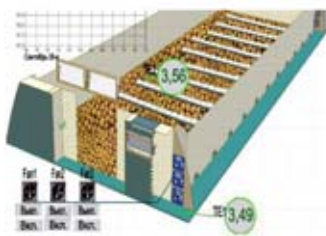


Рис.1. Общий вид картофелехранилища с системой обеспечения микроклимата

Хранение картофеля – сложный и многогранный процесс. Выход стандартной продукции определяется не только естественной убылью, а и отходами, прорастанием и т.п. Все эти параметры для картофеля зависят от интенсивности воздухообмена и температурно-влажностных режимов его хранения. Увеличение воздухообмена сопряжено с увеличением затрат на устройство систем вентиляции и уменьшением потерь хранимого картофеля. Выбор параметров вентиляционного оборудования определяется конструктивными особенностями конкретного картофелехранилища[2]. Поэтому актуальной задачей является разработка моделей, обеспечивающих параметры оборудования, минимизирующих затраты электроэнергии и потери продукции при хранении.

Приточная вентиляционная система состоит из приточной шахты, вентилятора, магистрального и воздухораспределительного канала.

Общее сопротивление приточной вентиляционной сети H_c , Па, выражается формулой:

$$H_c = 1,1 (H_{п.ш} + H_{м.к} + H_{в.к} + H_n) \quad (1)$$

где $H_{п.ш}$ - сопротивление приточной шахты, Па; $H_{м.к}$ - сопротивление магистрального канала, Па; $H_{в.к}$ - сопротивление воздухораспределительного канала, Па; H_n - сопротивление насыпи продукции, Па.

Методом множественной регрессии получены уравнения, с достаточной для практики точностью определяющие потери напора.

Так, величина потерь давления на входных воздушных клапанах

$$H_{п.ш.} = e^{-5,5} \cdot \alpha^{-0,01} \cdot f^{-2,04} \cdot \sigma^2, \quad (2)$$

где α – угол открытия клапана, f – площадь поперечного сечения клапана, м, σ – удельный воздухообмен, $m^3/(ч \cdot т)$.

На сопротивление магистрального канала существенное влияние оказывают удельный воздухообмен и расстояние между соседними воздухораспределительными каналами.

$$H_{м.к.} = e^{-4,9} \cdot \sigma^2 \cdot b^{-0,64}, \quad (3)$$

где b – расстояние между соседними воздухораспределительными клапанами, м.

Гидравлическое сопротивление насыпи изменяется согласно:

$$H_n = e^{-4,84} \cdot h^{1,23} \cdot q^{1,49}, \quad (4)$$

где h - высота насыпи картофеля, м; q - интенсивность вентилирования, $m^3/(m^2 \cdot ч)$.

Анализ зависимости сопротивления насыпи картофеля (рис.2) показывает на сильную зависимость потерь напора при увеличении высоты насыпи и, особенно, интенсивности вентилирования.

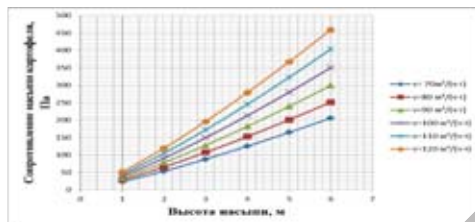


Рис. 2. Влияние высоты насыпи картофеля и интенсивности вентилирования на сопротивление насыпи картофеля

Результаты моделирования показывают, что многие образцы импортного оборудования не обеспечивают требуемые характеристики для условий Республики Беларусь.

1. Государственная комплексная программа развития картофелеводства, овощеводства и плодоводства в 2011 – 2015 годах. Утверждена Постановлением Совета Министров Республики Беларусь 31.12. 2010, №1926.

2. ТКП 45-3.02-143-2009. Здания и помещения для хранения и переработки сельскохозяйственной продукции.

УДК 631.36321

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЗЕРНОСУШИЛКОЙ

Дайнеко В.А., к.т.н., доцент, Шаукат И.Н., старший преподаватель,
УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет», г. Минск, Республика Беларусь

В большинстве выпускаемых в РФ и РБ зерносушилок установлены только системы поддержания температуры теплоносителя, а системы регулирования по параметрам материала или теплоносителя, прошедшего через слой зерна, отсутствуют.

Полная автоматизация процесса сушки (без участия оператора) в принципе возможна, но требует больших затрат, поэтому полностью наиболее рациональным решением проблемы представляется

применение системы управления процессом сушки, используя которую оператор выводит процесс на оптимальный режим и контролирует процесс по приборам, а поддержание этих режимов осуществляется простыми локальными системами. Например, производительность агрегата и экспозицию сушки регулируют выгрузным устройством, изменяющим скорость движения зерна через сушилку. Контролируемыми параметрами при автоматическом регулировании процесса сушки зерна в шахтных и колонковых зерносушилках могут быть температура и влажность зерна, а также параметры сушильного агента.

Наибольшее применение получили системы автоматического контроля и регулирования по параметрам сушимого материала. В таких системах регулируемой величиной является температура или влажность зерна. Наиболее совершенны системы, в которых регулируемой величиной является влажность зерна. Такие системы требуют применения поточных влагомеров зерна. В более простых системах регулирование может осуществляться по температуре отработанного (выходного) теплоносителя, проходящего через зерно. При постоянстве температуры и скорости входного теплоносителя между выходной влажностью и температурой отработанного теплоносителя существует корреляционная связь, которая неодинакова для различных культур.

В большинстве зерносушилок на выгрузных устройствах устанавливают нерегулируемый электропривод с асинхронным электродвигателем.

Регулирование производительности зерносушилки можно осуществить применением частотно-регулируемого электропривода, позволяющего плавно изменять скорость электродвигателя. В этом случае можно получить высокое качество регулирования процесса сушки, так как современные преобразователи частоты содержат встроенные ПИД-регуляторы и имеют цифровые и аналоговые входы, воспринимающие нормализованные сигналы 0-20,4-20 МА; 0-10 В, а также сигналы от цифровых датчиков.

На кафедре ЭСХП БГАТУ разработана и внедрена в производство система регулирования производительности зерносушилки по параметрам температуры и влажности зерна, которая может использоваться на колонковых и шахтных зерносушилках СЗК-8, СЗК-10, М-819 и других.

В разомкнутом режиме работой выгрузного устройства управляет оператор сушилки, контролируя температуру зерна по показаниям цифрового регулятора температуры зерна в зоне сушки (входит в комплект оборудования зерносушилки). Асинхронный электродвигатель привода выгрузного устройства подключен на выход преобразователя частоты.

Управление частотой вращения электродвигателя М1, и следовательно, производительностью выгрузного устройства можно осуществлять с пульта управления преобразователя, а также от внешних устройств. В автоматическом режиме активизируется функция ПИД-регулятора преобразователя частоты.

В этом режиме, когда в цепи отрицательной обратной связи системы автоматического управления электроприводом выгрузного устройства включен измерительный преобразователь температуры, при повышении температуры зерна ПИД-регулятор увеличивает частоту выходного напряжения преобразователя, в результате чего зерно движется через шахту зерносушилки быстрее; при снижении температуры скорость движения зерна замедляется.



Рис. 1. Установка первичного преобразователя влажности на выходе из зерносушилки

Таким образом, в автоматическом режиме обеспечивается поддержание заданной температуры зерна, которая задается оператором с пульта управления ПЧ. При правильной настройке ПИД-регулятора преобразователя частоты исключается опасность перегрева зерна в процессе сушки. При исходной влажности 18..20% можно высушить зерно за один проход через шахту сушилки, не направляя его на рециркуляцию, что повышает производительность процесса и позволяет экономить топливо.

Влажность зерна непрерывно контролируется СВЧ-влажномером, первичный измерительный преобразователь которого установлен в потоке зерна на выходе из зерносушилки.

Разработанное устройство эксплуатируется на зернокомплексе СПК «Нарочанские зори» Вилейского района.

Литература

1. Малин Н.И. Справочник по сушке зерна. – М.: Агропромиздат, 1986.
2. Жидко В.И., Резчиков В.А., Уколов В.С. Зерносушение и зерносушилки. – М.: Колос, 1982.
3. Сакун В.А. Сушка и активное вентилирование зерна и зеленых кормов. – М.: Колос, 1974.
4. <http://microradar.narod.ru/all/physics>
5. Моик И.Б. Термо- и влагометрия пищевых продуктов.- Москва: Агропромиздат.-1988.

УДК 004.94:681.5

АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ ПРОИЗВОДСТВА КОМБИКОРМОВ

Диордиев В. Т., д.т.н., профессор; Кашкарёв А. А.

*Таврический государственный агротехнологический университет,
г. Мелитополь, Украина*

Для эффективного животноводства необходимо обеспечить хозяйства не только качественным племенным фондом и технологическими комплексами (ТК) для производства комбикормов (ПК), но и надежной, функционально насыщенной автоматической системой управления (АСУ) технологическим процессом (ТП). Следовательно, организация АСУ, обоснование, разработка функционального обеспечения и их внедрение является актуальной задачей [5, 7].

Новыми научными результатами методов обоснования структуры математических моделей, законов управления и регулирования являются модели и законы математического принятия решений в области синтеза параметров адаптивной АСУ координатами ТК. Для решения задачи поиска условного экстремума, принимается

методология синтеза закона управления на основе оптимальной эталонной модели экстремальной АСУ на базе микропроцессорных средств автоматизации [2, 3].

Информация, полученная в системах проектирования, подготовки производства и планирование позволяет организовать непосредственное управление производственной системой. На данном этапе используются разрозненные алгоритмы технического и экономического управления этапами ТП. Поэтому выбор и обоснование единого математического аппарата моделирования позволит унифицировать процедуру проектирования и внедрения результатов [4, 5, 7].

Представить результаты исследований в направлении унификации проектирования ТК производства комбикормов и повышения надежности их работы за счет использования математического аппарата сетей Петри.

Существует много способов описания систем с помощью моделей. Конкретный выбор зависит от известной информации, возможностей сбора данных о ходе процесса по мере его выполнения и цели моделирования. Современные средства автоматизации и методы построения АСУ ТП позволяют реализовать информационные функции направленные на автоматизацию отчетности текущего состояния технологического процесса, регистрацию временных диаграмм работы оборудования, индикацию и сигнализацию событий - далеко не полный перечень возможностей АСУ ТП выполненной на современной элементной базе с учетом внедрения алгоритмического обеспечения АСК [5, 7].

Основными алгоритмами предварительной обработки являются локальные арифметико-логические процедуры, которые могут быть представлены в следующей форме [2]

$$U_{n,m} = \begin{cases} U_1, & \text{яко} \quad Y_1 < \text{con } X_{n,m} \leq Y_2; \\ U_2, & \text{яко} \quad Y_2 < \text{con } X_{n,m} \leq Y_3; \\ \dots, & \dots \\ U_L, & \text{яко} \quad Y_{L-1} < \text{con } X_{n,m} \leq Y_L; \end{cases} \quad (1)$$

или в виде

$$U_{n,m} = \text{con} X_{n,m}, \quad (2)$$

где X – матрица внутренних переменных состояния;

Y – матрица результатов измерений;

U – матрица управляющих воздействий (переменных).

Такое представление ТП ВК требует четкой определенности технологической схемы и выпуска одного вида рецепта, что в условиях АПК Украины не является эффективным, поскольку, как правило, в хозяйствах отсутствует узкая специализация. ПК можно представить как динамическую нелинейную систему, которую можно аппроксимировать разностными уравнениями вида [3]

$$X[(k+1) \cdot h] \approx X(k \cdot h) + h \cdot f(X, U), \quad (3)$$

где h – интервал дискретизации;

k – порядковый номер h .

Решение задачи оптимального управления, в основном дискретными линейными объектами, производится с помощью применения методов математического программирования [2].

Но представленные методы моделирования ТП и описания АСУ им в основном имеют место в задачах научного характера. В условиях хозяйств АПК задача синтеза АСУ ТК ПК заключается в том, чтобы по полученным входными данными о технологической схеме (ТС) комплекса ПК синтезировать имитационную модель ТК, и согласовать ее со средствами управления, что обеспечит повышение качества комбикормов за счет управляемости комплекса и расширения функций управления и сервиса АСК [5].

На основе теоретических и практических исследований [2, 6, 7], для решения поставленных задач нами предложено использовать сети Петри (СП) [1, 4]. Предложение основывается на определении технологических операций ПК в ТП с помощью СП: переход - исполнительный механизм; узел – датчик; дуга - линия связи.

Таким образом, задача синтеза АСУ ТК ПК формулируется следующим образом: на основе анализа ТС, ТП как объекта автоматизации и параметров, подлежащих контролю, управлению и регистрации составить имитационную модель ТП на основе СП [1,5].

Моделирование ТП производства комбикорма показали простоту использования, гибкость и универсальность предложенной методики (рис. 1) [1, 5]. При составлении СП определяются узлы генерации маркеров программно и по ходу ТП. Последние осуществляют текущее управление ТП и информируют о его текущем этапе. Узлы с программной генерацией маркеров нужны для синхронизации параллельных процессов или разрешения на выполнение соответствующего этапа технологического процесса (P_2 , рис. 1, б).

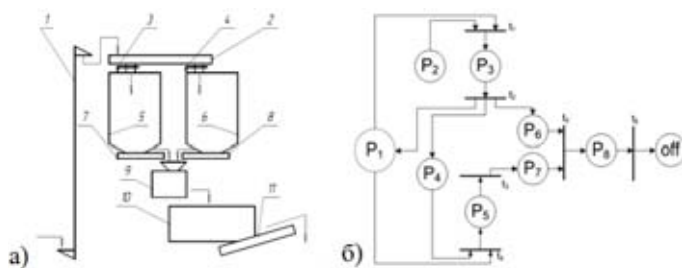


Рис. 1. Моделирование ТП производства комбикорма: технологическая схема (а) комплекса периодического действия (1 - нория, 2 - распределительный шнек; 3-4 - задвижка; 5-6 - бункер компонента; 7-8 - дозатор, 9 - дробилка, 10 - смеситель; 11 - выгрузчик); модель 1-го (б) уровня.

Многоуровневая структурированная СП соответствует ТС моделируемого ТК и состоит из двух уровней. Первый уровень определяет последовательность технологических операций, содержащий составлены переходы, раскрыта множество которых представляет второй уровень - уровень операций. Топологией первого уровня определяется последовательность технологических операций, в которых комбикорм или компонент комбикорма транспортируется на длительное или временное хранение или проходит определенные этапы изменения физико-химических свойств. Топологией второго уровня определяется последовательность операций, пуск исполнительных механизмов и контроль состояния измерительных устройств [Пат. Украина № 54511].

Использование матриц инцидентности позволяет реализовать ряд сервисных функций контроля состояния ТП и элементов ТК на основе контроля продолжительности работы исполнительных механизмов (транспортеров, задвижек) и времени срабатываний датчиков (уровень, положение задвижек) - тайминг [1, 5].

Анализ матриц инцидентности базируется на методах исключения грубых ошибок или ложных данных [5], значение которых превышает погрешности, обусловленные условиями производства и состоянием элементов ТК. В контексте, тайминга грубые погрешности принимают несколько другое значение, которое позволяет акцентировать внимание оператора или идентифицировать аварийное состояние на определенном участке ТК ВК.

Для обобщения методики оценки, учитывая практическое применения, целесообразно данные о тайминг представлять в относи-

тельных единицах - нормированных ($x_{ni} = x_i / \bar{X}$) относительно среднего арифметического. Это позволяет обобщить исследования при различных законах распределения с контролируемыми параметрами $\bar{X}_n = \text{const}$, $S_n = \text{var}$.

В свою очередь, формальным критерием аномальности результата наблюдения (времени срабатывания), а соответственно и заключения о принадлежности данных к эталонной группе измерений, является неравенство [3, 6]

$$|x_n^* - 1| \geq t \cdot S_n, \quad (4)$$

где x_n^* – условно ошибочное наблюдение;

t – коэффициент, зависящий от вида и закона распределения, объема выборки и уровня значимости;

S_n – нормированное стандартное отклонение.

Такое неравенство имеет критическую ситуацию, которая свойственна эталонным данным ($S_n=0$ или $S_n \approx 0$) – чувствительность критерия возрастает, что делает невозможным предоставление объективных и достоверных выводов о технико-технологическую значимость отклонений [5]. Учитывая независимый характер данных можно принять значения t таким, которое отвечаю критерия Стьюдента (при доверительной вероятности 0,05 $t=1,96$).

В результате выполнения теоретических исследований по таймингу работы исполнительных механизмов и датчиков ТК, можно отметить возможность использования площади амплитудной характеристики (АХ), полученной на основе обработки входных данных математическим аппаратом гармонического анализа - дискретным преобразованием Фурье (ДПФ).

В результате обработки экспериментальных данных, объемом 4 и 8 значений, необходимо отметить, что в случае сравнения возможных ошибочных данных, которые соответствуют нормальному закону распределения, с помощью критерия Стьюдента с $S_{\text{АХн}}$ коэффициент корреляции между этими показателями составляет менее 0,3 и 0,7 соответственно в различных вариантах повторов. Такое значение обусловлено учетом динамики контролируемых значений. В то же время увеличение объема выборки до 16 значений позволило получить коэффициент корреляции более 0,9 по разным повторам.

На основе полученных результатов разработано программное обеспечение (ПО) [1], которое обеспечивает работу сетевых моделей ТП ПК и текущее управление работой технологического оборудования, получение экспертом (оператором, пользователем) экспериментальных входных данных для анализа [6].

Особенностью ПО является расширение полномочий эксперта или оператора ТП, который может выполнять корректировки последовательности управляющих команд и настроек АСК без участия программиста. На основе данного ПО осуществлено отработки алгоритмов оценки функций тайминга исполнительных механизмов, датчиков отдельно и в целом комплекса.

Производственные испытания показали, что внедрение АСУ ТП ВК способствует уменьшению простоя и повышению скорости реагирования на неисправность, а также качества комбикормов за счет расширения функций управления и сервиса. Экономический и технологический эффект достигается за счет предупреждения аварийных ситуаций и своевременной идентификации изменения режима работы элементов ТК.

По результатам обработки экспериментальных данных рекомендуется на этапе начальной эксплуатации АСУ на основе СП использовать критерий Стюдента (при объеме выборки от 4), для исключения возможных аварийных ситуаций и формирования базы Эталон значений сетевой модели ТП. А при 16 значений и более - использовать предложенную методику на основе ДПФ.

Результаты исследований могут лечь в основу отечественной SCADA -системы с интегрированными функциями проектирования ТК, управление производством комбикормов в условиях хозяйств АПК на автоматизированных ТК.

Литература

1. А.с. 36841 України. Комп'ютерна програма "MiniAPCSCombi" / В.Т. Дюрдєв, А.О. Кашкарьов / Заявник та власник ТДАТУ. - № 37087; заявл. 08.12.2010; опубл. 08.02.2011.
2. Бесекерский В.А. Теория систем автоматического управления / В.А. Бесекерский, Е.П. Попов. – Изд. 4-е, перераб. и доп. – СПб, Изд-во "Профессия", 2003. – 752 с.
3. Густав Олссон. Цифровые системы автоматизации и управления/ Олссон Густав, Пиани Джангуидо. – СПб.: Невский Диалект, 2001. – 557 с.

4. Діордієв В.Т. Використання мереж Петрі для моделювання технологічного процесу приготування комбікормів / В.Т. Діордієв, А.О. Кашкарьов // Вісник ЛНАУ: Агроінженерні дослідження. – Львів: Львів. нац. аграр. ун-т, 2008. – №12., Т2. – С. 55 – 61.

5. Діордієв В. Т. Функціональність АСК технологічним комплексом виробництва комбікормів [Електронний ресурс] / В. Т. Діордієв, А. О. Кашкарьов // Науковий вісник ТДАТУ. – Мелітополь: ТДАТУ, 2011. – Вип. 1, Т. 2. – Режим доступу: http://www.nbu.gov.ua/e-journals/nvtdu/2011_2.

6. Зайцев Д.А. Математичні моделі дискретних систем: Навч. посібник / Д.А. Зайцев. – Одеса: ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2004. – 40 с.

7. Слепцов А. И. Автоматизация проектирования управляющих систем гибких производств [Текст]/ [А. И. Слепцов, А. А. Юрасов]; Под ред. Б.Н. Малиновского. – К.: Техніка, 1986. – 110 с.

УДК 631.171: 636.4.084

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭНЕРГОЗАТРАТ ПРИ РАЗДАЧЕ ЖИДКИХ КОРМОВ СВИНЬЯМ

Жур А.А, ст. преподаватель,

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

Компьютеризация и роботизация оборудования для приготовления и раздачи жидких кормов свиньям придало этой технологии принципиально новые качества. Целенаправленные разработки в повышении точности дозирования, многократности кормления, выполнении требований гигиены и наличие высокой гибкости применения делают системы жидкого кормления на современных свиноводческих комплексах востребованными и высокоэффективными. Так повышение точности дозирования при приготовлении и раздаче жидких кормов позволяет полностью исключить остатки скоропортящегося жидкого корма, а, практически, безлюдная технология многократного кормления свиней по датчикам наличия корма в кормушках позволила многократно снизить металлоемкость и производительность оборудования, улучшить выполнение требований гигиены [1]. Дальнейшее улучшение гигиены и материалоемкости оборудования достигается при уменьшении диаметров трубопрово-

да, но при этом необходимы более детальные исследования по обоснованию рационального значения влажности кормосмеси с целью снижения энергозатрат на транспортировку жидкого корма.

Объем корма, подлежащий транспортировке при раздаче определяется по формуле

$$V_{\text{мек}} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k D_{ik} \leq V_{\text{max}}, \quad (1)$$

где D_{ik} – дозы корма в k -ой групповой или индивидуальной кормушке i -го производственного здания. Мощность на транспортировку жидкого корма определяется по формуле

$$N = \frac{Q \rho g H}{\eta}, \quad (2)$$

где Q – текущий расход жидкого кома, м³/с, ρ – плотность жидкого корма, кг/м³; H – развиваемый напор, м; g – ускорение свободного падения, м/с; η – КПД электродвигателя насоса.

В тоже время мощность является сложной функцией влажности жидкого корма и параметров кормоповода (l , d длина, диаметр кормопровода) и режима раздачи

$$N = \frac{1}{\eta} * \frac{l \rho}{d} * \frac{Q V^2}{2} * \lambda, \quad (3)$$

где коэффициент вязкости λ определен методом множественной линейной регрессии на основании литературных [2] и экспериментальных данных и равен:

$$\lambda = 0,03 + \frac{0,086}{VD} * EXP(-0,45(W - 81)) \quad (4)$$

Суммарные энергозатраты на выдачу дозы жидкого корма

$$E = N * \Delta t, \quad (5)$$

где Δt – время выдачи дозы

$$\Delta t = \frac{m_c}{\rho * Q \left(1 - \frac{W}{100}\right)} \quad (6)$$

Тогда

$$E = \frac{m_c * l}{\eta d} \left[0,03 + \frac{0,086}{Vd} * e^{-0,45 * (W - 81)} \right] * \frac{V^2}{1 - \frac{W}{100}} \quad (7)$$

где m_c – масса сухого вещества, W влажность жидкого корма

Для проведения эксперимента использовалось стандартное технологическое оборудование для приготовления и раздачи жидкого корма на свиноводческом комплексе. На основании данного исследования получены зависимости энергозатрат от влажности жидкого корма при разной частоте работы насоса, представлены на рисунке.

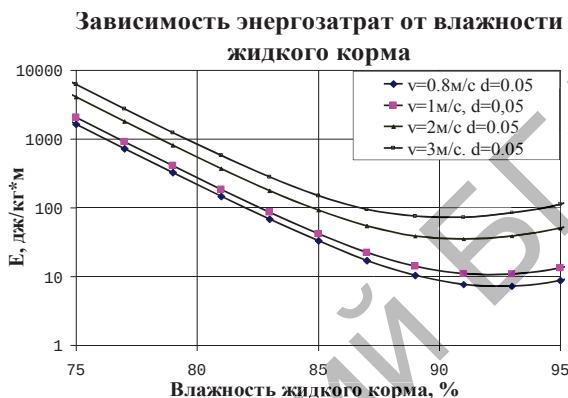


Рис. Зависимость удельных энергозатрат на транспортировку от влажности жидкого корма при различных режимах работы насоса

Минимум энергозатрат на транспортировку жидкого корма достигается при его влажности около 90% и сдвигается в сторону более низких значений влажности жидкого корма при увеличении скорости движения по кормопроводу. При практическом выборе влажности жидкого корма необходимо учитывать зоотехнические требования.

Литература

1. Мусин А. М. Эффективность биотехнических систем животноводства. М. ГНУ ВИЭСК, 2010 – 88 с.
2. Грек Ф. 3., Захаревич В. С. Расчет сопротивления движению гидросмесей по трубопроводу // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1987.-№2.С. 43-44.

УДК 631.171

РЕАЛИЗАЦИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМАМИ СУШКИ ЗЕРНА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЕГО ВИДА И СВОЙСТВ НА ВХОДЕ В СУШИЛКУ

Якубовская Е.С., ст. преподаватель, Кахоцкий М.И.,
*УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет», г. Минск, Республика Беларусь*

Зерновые и семенные смеси (ворох) в процессе послеуборочной обработки на пунктах, агрегатах и комплексах должны быть доведены до требуемой кондиции [1, с. 180]. Для получения продовольственного и семенного зерна высокого качества, параметры процесса сушки необходимо выбирать с учетом ряда факторов: как биофизических свойств зерна (вида и типа зерновой культуры, начальной его влажности и температуры), так и технологических показателей процесса сушки (начальной и конечной температуры и влажности теплоносителя, загрузки и экспозиции сушки зерна в сушилке и др.)

Для обеспечения качественного процесса сушки семенного, продовольственного, фуражного зерна температура его нагрева не должна превышать заданных значений [2, с. 21]. Работа, проведенная лабораторией сушки по определению семенных качеств зерна при тепловой сушке, показала, что при правильной сушке и правильном выборе высоких температур не только не снижается качество семенного зерна, а наоборот, повышается его энергия прорастания, всхожесть, а при посеве в поле – полевая всхожесть и урожай. При неправильном выборе высоких температур сушильного агента, тормозится биологическая активность зерна: уменьшается энергия прорастания, а при больших нагревах зерна происходит частичная или полная потеря всхожести.

Согласно требованиям Госстандарта на продовольствие и семенное зерно, его влажность при хранении и транспортировке должна быть не более 14%, для однолетних бобовых трав 16%, однолетних злаковых трав 15% [3, с.15]. Отклонение температуры теплоносителя от установленного режима должно быть не более $\pm 5\%$. Съем влаги за один проход через зерносушилку не должен превышать 6% для зерновых и 3...4% для бобовых культур, а также для кукурузы, риса, проса и гречихи. Температура зерна, вы-

шедшего из охладительных колонок, не должна превышать температуру наружного воздуха более чем на 10...15%.

Поток зернового материала должен подаваться в сушильные шахты. В сушильных шахтах для обеспечения рационального режима работы должен поддерживаться необходимый уровень зерна. Разгрузочное устройство шахт непрерывного действия может вступать в работу при достижении максимального уровня материала в шахтах и должно отключаться при достижении минимального уровня. Согласно аготребованиям, необходимо поддерживать требуемый температурный режим в шахте. Это можно осуществить регулированием скорости прохождения материала через шахту, либо температурой теплоносителя. В данном случае применяем второй из указанных способов. Таким образом, не допустить перегрева материала можно, фиксируя температуру нагрева и скорость выгрузки из шахты. В процессе сушки необходимо обеспечить требуемую влажность материала. Поэтому в зависимости от конечной влажности необходимо подавать материал на повторную сушку (через промежуточный бункер), либо на дальнейшую очистку.

Таким образом, измеряемыми величинами являются уровень материала в шахтах и охладительных колонках; температура нагрева материала в топках наибольшего нагрева шахт; температура теплоносителя; конечная влажность материала.

Регулирование температуры нагрева производится изменением температуры теплоносителя, согласно ПИ-закона регулирования. Регулирование температуры теплоносителя можно осуществить через контроллер с помощью исполнительного механизма, регулирующего подачу топлива. При этом заданное значение температуры определяется в контроллере в зависимости от выбранного вида зернового материала. Также необходимо контролировать влажность материала для разделения его потока посредством перекидного клапана, который требуется установить после промежуточной норий (на досушку либо на последующую очистку). Программа управления для контроллера AL2-14MR-D, реализующая данный алгоритм, приведена на рис. 1.

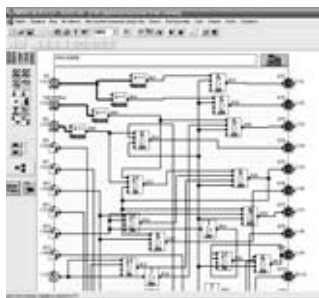


Рис. 1 Программа управления оборудованием сушилки на базе контроллера AL2-14MR-D

Литература

1. Бородин, И.Ф., Судник, Ю.А. Автоматизация технологических процессов. -М.: Колос, 2003. – 344 с.
2. Малин, Н.И. Справочник по сушке зерна. – М.: Агропромиздат, 1991. – 381 с.
3. Гуляев, Г.А. Автоматизация процессов послеуборочной обработки и хранения зерна. – М.: Агропромиздат, 1990. – 355 с.

УДК 631.171:004.3

УДАЛЕННЫЙ КОНТРОЛЬ И УПРАВЛЕНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

Кислый Ю.А., Кислый О.А., Лабкович А.И.,
РУП «НПЦ механизации сельского хозяйства», г. Минск,
Республика Беларусь

Развитие технологий и микропроцессорной техники позволило решить большую часть проблем, связанных с производительностью, точностью, эффективностью работы оборудования. Современные объекты автоматизации становятся все более сложными и дорогостоящими, что, в свою очередь, требует качественного и своевременного контроля их состояния. Зачастую, наличие большого количества обслуживаемых систем, их удаленность друг от друга не всегда позволяет в полной мере оценить реальную ситуацию на объектах. Особенно это характерно для сельскохозяйственного производства, характеризующегося значительной удаленностью объектов и значительной ценой отказа оборудования.

Информационные возможности существующих технических средств в сочетании с возможностями современных средств связи, позволяют, при наличии соответствующего пакета программ создать информационную систему удаленного контроля и управления технологическими процессами. Данный вид контроля приобретает все большую популярность, так как позволяет быстро реагировать на изменяющуюся ситуацию, вовремя диагностировать и устранять проблемы на объекте.

Технология VNC(Virtual Network Computing) позволяет с помощью локальной или Интернет сети отображать панель оператора системы автоматизации на удаленном компьютере, при этом доступ осуществляется VNC-клиентом (рис.1).

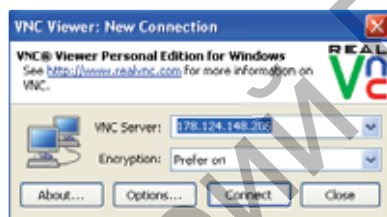


Рис. 1 –Окно программы VNC-клиента

С помощью данной технология возможно [1]:

- осуществление непрерывного контроля состояния оборудования, установленного на объекте;
- удаленное управление обслуживаемым оборудованием с диспетчерского пульта;
- предоставление собранной информации на диспетчерском пульте в удобном пользователю виде;
- отображение журнала событий по аварийной и предупредительной сигнализации, а также действиям обслуживающего персонала (диспетчера);
- выдача отчетов на основании собранных данных.

В качестве примера на рисунке 2 представлено окно визуализации режимов хранения картофеля в картофелехранилище.

Данная система, реализованная на базе панель контроллера PP-45 австрийской фирмы B&R, внедрена в ОАО «Сошненское-Агро» Брестской области, СПК «Кухчицы» Минской и д.р.



Рис. 2 – Окно визуализации технологического процесса

Применение системы микроклимата сокращает расходы топлива на $150 \cdot 10^3$ МДж и $300 \cdot 10^3$ МДж для картофелехранилищ соответственно на 1000 тонн и на 2000 тонн. Сокращение потерь обменной энергии составит $1190 \cdot 10^3$ МДж и $2380 \cdot 10^3$ МДж соответственно. Коэффициент энергетической эффективности примерно равен 7,87. [2]. Поддержание заданных режимов хранения осуществляется в автоматическом режиме, без необходимого присутствия оператора. Использование удаленного контроля и управления позволяет оперативно реагировать и устранять возможные отказы оборудования.

Литература

1. <http://www.realvnc.com>
2. Крылов, С.В. Оценка энергоэффективности применяемой в Республике Беларусь системы микроклимата в картофелехранилищах вместимостью от 1000 до 2000 тонн / С.В. Крылов, И.И. Гируцкий, А.А. Жур, Ю.А. Кислый // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы Междунар. науч.-техн. конф.: в 3 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2012. – Т. 3. – С. 142–144.

УДК 631.171

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ КОМПЛЕКС АНАЛИЗА СОСТОЯНИЯ ВОЗДЕЛЫВАЕМЫХ УГОДИЙ

*Королев В.А., к.т.н., доц., Кожемякин С.А., Можжев К.О. ,
С.А. Воротников, к.т.н., В.А. Польский к.т.н., ГНУ ВИЭСХ, МГТУ
им. Н.Э. Баумана, г. Москва, Российская Федерация*

Рассмотрено применение квадрокоптера в агротехнологиях точного земледелия для анализа состояния растений и почв. Летающая

платформа (ЛП) – квадрокоптер (рис. 1) в автоматическом режиме облетает точки с заданными координатами, забирает пробы грунта или фрагменты растений, доставляет их на стационарную часть (рис. 2) – модуль отбора проб грунта (МОПГ) для анализа и исследования, передает телеметрическую и видео информацию, команды управления наземным роботам и в систему управления (СУ) верхнего уровня. МОПГ обеспечивает точно отцентрированную посадку ЛП, осуществляет смену лопатки с образчиком почвы на пустую, складирование лопаток с образчиками на поворотном столе, подачу лопатки с поворотного стола для её дальнейшего захвата ЛП, передачу текущих данных на СУ, определяет наличие либо отсутствие ЛП на посадочном месте.

Система управления обеспечивает полёт ЛП в автоматическом и ручном режимах, оперативное изменение полётного задания, автоматический забор грунта и возвращение на базу, регистрацию полётной информации, автоматическую смену на МОПГ пробника почвы ЛП, накопление пробников почвы на поворотном столе МОПГ и присвоение им индивидуальных атрибутов. Управление полетом ЛП осуществляется по положению, при этом отрабатываются три координаты: высота подъёма над землёй, угол крена и угол тангажа.



Рис. 1 Конструкция ЛП с устройством забора проб грунта

1,2 – несущие пластины, 3 – балка винта, 4 – аккумулятор, 5 – сервопривод устройства забора проб грунта, 6 – тяговый двигатель, 7 – винт, 8 – направляющая лопатки забора проб, 9 – крышка, 10 – шестерня, 11 – рейка, 12 – лопатка забора проб, 13,14,15,16 – элементы опоры

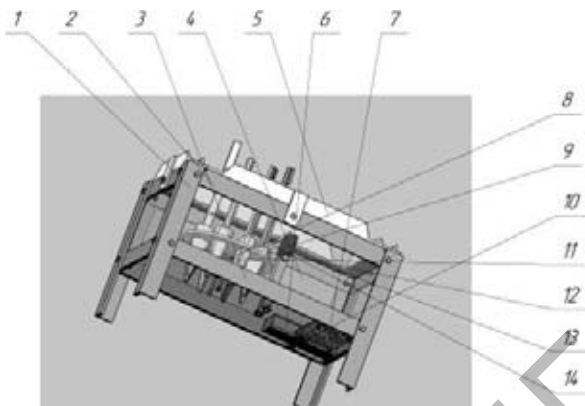


Рис. 2 Конструкция МОПГ (днище и крышка показаны прозрачными)

1,3,2,4 – конструктив несущей рамы, 5 – посадочное место, 6 – аккумуляторная батарея, 7 – площадка для управляющей электроники, 8 – сервопривод поворотного стола, 9 – сервопривод подъёмного механизма, 10 – фиксатор аккумуляторной батареи, 11 – вал сервопривода, 12 – поворотный стол, 13 – сервопривод подъёмного механизма, 14 – плечо подачи лопатки.

Модель СУ комплекса состоит из трёх конечных автоматов (КА), заданных графами [1]. Два управляемых КА моделируют управления среднего уровня – ЛП и МОПГ и один управляющий КА с несколькими входами и выходами – структуру элемент верхнего уровня (СУ). Например, структура КА МОПГ представлена автоматом Мура с шестью дискретными состояниями.

Для исследования режимов работы, формирования алгоритмов управления исполнительных приводов и устройств комплекса в среде математического моделирования MATLAB®/SIMULINK® разработаны соответствующие модели, после проведения исследований построены графики: реакция на ступенчатое воздействие, корневой годограф, диаграммы Найквиста и Боде, проанализирована устойчивость контуров и др.

Анализ переходных процессов в элементах комплекса показал:

- максимальное перерегулирование при контроле высоты составляет $\sigma=8\%$ (при взлёте – не более 25%), для контроля крена и тангажа – $\sigma=10\%$;
- степень затухания переходного процесса при контроле высоты равна $a=5$, для контроля крена и тангажа – $a=2$;
- время переходного процесса $t_{\text{пн}}=1\text{с}$ при контроле высоты и

для контроля углов. При взлёте наблюдается более длительное время переходного процесса для контроля высоты (2 с) из-за низкой мощности двигателей, что также допустимо, поскольку задач скоростного взлёта не ставилось, значительно более важна скорость системы для контроля угла, так как при недостаточной скорости отработки угла возможны падения ЛП;

– установившаяся ошибка для контроля высоты и угла $e \leq 1\%$.

По результатам исследований на моделях изготовлен экспериментальный образец ЛП.

Литература

1. Майника Э. Оптимизация на сетях и графах. – М.: Мир, 1981. 323 с.

УДК 621.18:681.5

НЕЧЕТКИЕ МОДЕЛИ ИДЕНТИФИКАЦИИ СОСТОЯНИЯ ЭНЕРГОУСТАНОВКИ

Крохин Г.Д., д.т.н., Мухин В.С., к.т.н., Судник Ю.А. д.т.н.,
профессор, *ФГОУ ВПО МГАУ имени В.П. Горячкина, г. Москва,*
Российская Федерация

Оперативное оценивание технического состояния сложных теплоэнергетических установок производится в условиях реального времени (on-line), в резкопеременных режимах, т.е. при малой выборке исходных данных. Это не позволяет применять классические математические модели, хорошо описывающие базовые режимы. В нестационарных режимах необходимы другие методы оценивания состояния из-за отсутствия информации о законах распределения и возникающей нечеткости исходной информации. Поэтому исследователь вынужден отказаться от точечных оценок и должен обращаться к интервальным и экспертным оценкам. При этом уже появляется возможность использования эвристических знаний о работе объектов, т.е. размытых знаний. Для решения задачи использования четких и размытых информации и знаний, получаемых при функциональной диагностике на ТЭС разработана методология анализа и извлечения из нечеткой информации размытых знаний с применением их при идентификации состояния и параметров энергоустановок.

Допустим, что заданы пространства входов (U, P) и выходов (Y, d) функционирующего агрегата с соответствующими элементами $u \in U, y \in Y$ и метриками $\rho(x_1, x_2)$ и $d(y_1, y_2)$. Предполагается, что модель «вход-выход» управляемой системы описывается отображением $y = f(u)$ из U в Y (рис.1). Реальная модель управляемой системы содержит множество неопределенностей в определении параметров структуры, неточностей измерений выходного процесса y и т. п. Предполагается учитывать подобного рода НЕ-факторы путем введения нечеткого отношения $\mu_\varepsilon(y, z)$ для выходных сигналов $y, z \in Y$, которое может интерпретироваться как степень принадлежности пары сигналов (y, z) отношению $d(y, z) < \varepsilon$ для неотрицательного действительного числа ε .

В результате неравенство $d(y, z) < \varepsilon$ охарактеризует влияние неучтенных факторов в модели на отклонение выходных сигналов с заданной функцией принадлежности $\mu_\varepsilon(y, z)$.

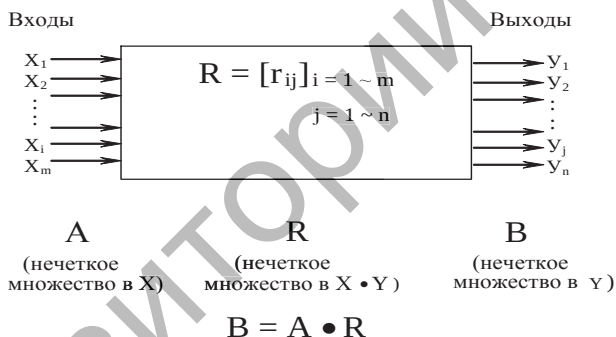


Рис. 1. Моделирование агрегата энергоустановки с помощью нечетких множеств.

На функцию $\mu_\varepsilon(y, z)$ наложим следующие условия, которые будут отражать физические требования к динамике управляемой системы:

Функция μ_ε есть отношение, поэтому она рассматривается как отображение $Y \times Y$ в интервале $[0, 1]$;

если $\varepsilon = 0$, т. е. требуется совпадение сигналов y и z , а сами сигналы произвольны в Y , то естественно принять $\mu_0(y, z) = 0$;

$$\mu_\varepsilon(y, z) = \mu_\varepsilon(z, y); \quad (1)$$

если $y = z \forall \varepsilon$, то $\mu_\varepsilon(y, z) = 1$;

если $\varepsilon \leq \eta$, то $\mu_\varepsilon(\mathbf{y}, \mathbf{z}) \leq \mu_\eta(\mathbf{y}, \mathbf{z})$ (т. е. требования на точность выше $\forall \varepsilon$, чем $\forall \eta$);

если асимптотически увеличивать $\varepsilon \rightarrow \infty$, т. е. снижать требования на точность, то

$$\lim_{\varepsilon \rightarrow \infty} \mu_\varepsilon(\mathbf{y}, \mathbf{z}) = 1. \quad (2)$$

Для случая с двумя критериями точности ε и η с соответствующими $\mu_\varepsilon(\mathbf{x}, \mathbf{y})$ и $\mu_\eta(\mathbf{y}, \mathbf{z})$ имеет место естественное условие:

$$\mu_{\varepsilon+\eta}(\mathbf{x}, \mathbf{z}) \geq \min(\mu_\varepsilon(\mathbf{x}, \mathbf{y}), \mu_\eta(\mathbf{y}, \mathbf{z})), \quad (3)$$

для любых сигналов $\mathbf{x}, \mathbf{y}, \mathbf{z}$ из пространства выходов.

Таким образом, приведенное описание модели оперирует пространством (Y, μ) , но уже не в терминах расстояния $d(\mathbf{y}, \mathbf{z})$, а в терминах нечеткого отношения $\mu_\varepsilon(\mathbf{y}, \mathbf{z})$, включающего в себя неучтенные факторы неопределенности в модели $\mathbf{y} = f(u)$, которые влияют на отклонение выходного сигнала $\mathbf{y}$. В результате этого топологию пространства (Y, μ) можно ввести с помощью понятия t — окрестности выхода системы в виде:

$$N_y(t) = \{\mathbf{z} : \mu_t(\mathbf{y}, \mathbf{z}) > 1 - t\}, \quad (4)$$

а окрестность выходных сигналов в пространстве Y — как объединение

$$\bigcup_{y \in Y} \{N_y(t) | t > 0\}. \quad (5)$$

Принятие решения, как правило, основывается на какой-то информации о динамике производства электроэнергии, о будущих условиях функционирования ТЭС и надежности ее элементов, описании подлежащих выполнению ремонтно-восстановительных работ и т.д. Такой подход может применяться при проектировании нечетких адаптивных регуляторов нечетких систем управления, т. е. систем требующих проведения управления и измерения текущих параметров в режиме on-line. К подобным системам относятся теплоэнергетические установки ТЭС.

Литература

1. Беллман Р., Заде Л. Принятие решений в расплывчатых условиях. // Вопросы анализа и процедуры принятия решений. М.: Мир, 1976.- с. 172-215

2. Крохин Г.Д. Использование нечеткой информации для математических моделей диагностики функционирующих энергоустановок тепловых электростанций.1. Формализмы. // Вестник ИГТУ, № 3 . — Иркутск, 2004. – С. 110-114.

УДК 004.31

МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ AVR: ПРАКТИКА ИЗУЧЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Матвеев И.П., к. т. н., доцент, Куль С.В.,
*УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет», г. Минск, Республика Беларусь*

В последние годы микроконтроллеры AVR приобрели большую популярность, привлекая разработчиков удобными режимами программирования, доступностью программно-аппаратных средств поддержки и широкой линейкой выпускаемых типов. Микроконтроллеры AVR представляют удобный инструмент для создания современных высокопроизводительных и экономичных встраиваемых контроллеров многоцелевого назначения. В частности, они используются в автомобильной электронике, бытовой технике, сетевых картах и материнских платах компьютеров, мобильных телефонах и т.д. [1].

Однако изучение реальных контроллеров оказывается затратной задачей, так как недостаточно только написать программу в определенной среде, необходимо с помощью программатора «прошить» процессор, т.е. записать в него разработанную программу, подключить к выходу контроллера исполнительные устройства и только тогда наглядно увидеть результат своей работы. А если что-то пошло не так, следует все повторить заново, но количество «прошивок» ограничено.

Поэтому изучение контроллеров удобнее и дешевле проводить виртуально, без паяльника или макетной платы, достаточно использовать программу Proteus v7.7.

Чтобы начать писать программы, нужно установить интегрированную среду разработки AVR Studio 6.

AVR Studio 6 предоставляет возможность осуществлять разработку и отладку программ для микроконтроллеров AVR фирмы ATMEL, поддерживает большое количество средств программирования и отладки.

Программы пишутся на языке ассемблер (Assembler), поддерживается также язык программирования Си.

Ассемблер – это инструмент, с помощью которого создается программа для микроконтроллера. Ассемблер транслирует ассемблируемый исходный код программы в объектный код, который может использоваться в симуляторах или эмуляторах AVR. Также ассемблер генерирует код, который может быть непосредственно введен в программную память микроконтроллера.

При работе с ассемблером нет необходимости в непосредственном соединении с микроконтроллером.

Итак, сначала создается проект в AVR Studio 6. Выбрав тип микроконтроллера (например, ATmega128) [2], пишется программа.

Для этого необходимо знать постановку задачи, т.е. что мы хотим получить на выходе микроконтроллера. Нам нужно чтобы микроконтроллер принял информацию, обработал по заданному алгоритму и выдал результат в понятной для нас форме. В простейшем случае, чтобы увидеть результат работы микроконтроллера, к его выходным портам подключают светодиоды, которые должны загораться в соответствии с алгоритмом [3].

В разработанной программе через порты В и D контроллера ATmega128 устанавливается набор заданных сигналов (11001100), т.е. производится попарное включение соответствующих диодов.

После того, как создана и откомпилирована программа, переходим к программе Proteus v7.7.

Proteus (by Labcenter Electronics) - симулятор принципиальных электронных схем. С помощью него можно проверить работу спроектированной электрической схемы. Proteus содержит большую библиотеку электронных компонентов [4].

Собирается виртуальная электронная схема, которая в данном проекте включает: микроконтроллер ATmega128, восемь светодиодов, с помощью которых можно увидеть результат работы микроконтроллера, восемь токоограничивающих резисторов, восемь кно-

пок, с помощью которых имеется возможность управлять вручную горением светодиодов (рис.1).

В Proteus наряду с редактором электронных схем (ISIS) включен графический редактор печатных плат (ARES), т.е. при необходимости возможно развести печатную плату в соответствии с разработанной электронной схемой и создать реальное устройство.

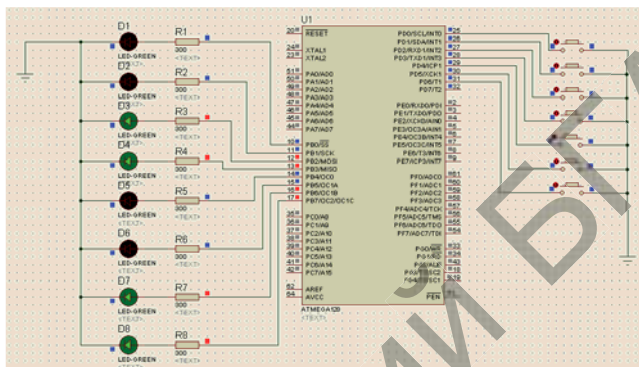


Рис. 1 Работающий макет проекта

Таким образом, используя интегрированную среду AVR Studio 6 и программу Proteus v7.7., появляется возможность достаточно легко, с наименьшими материальными и временными затратами, изучать микроконтроллеры AVR фирмы ATMEL и применять их при разработке различных устройств управления.

Литература

1. Джон Мортон. Микроконтроллеры AVR. Вводный курс. – М.: Издательский дом Додэка-XXI, 2006. – 272 с.
2. Евстифеев А.В. Микроконтроллеры AVR семейства Mega. Руководство пользователя. – М.: Издательский дом «Додэка-XXI», 2007. – 592 с.
3. Баранов В.Н. Применение микроконтроллеров AVR: схемы, алгоритмы, программы. – М.: Издательский дом «Додэка-XXI», 2004. – 288с.
4. Программирование в AVR Studio 5 с самого начала: <http://datagor.ru/microcontrollers/1787-programirovanie-v-avrstudio-5-s-nulya.html>.

УДК 378.14

ПРОЕКТИРОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ ПРАКТИЧЕСКИХ СХЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММЫ СХЕМОТЕХНИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ MICRO-CAP

Матвеев И.П., к.т.н., доцент, Куль С.В., Синяк М.В.,
*УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет», г. Минск, Республика Беларусь*

В настоящее время большое значение приобрели методы математического моделирования и исследования электронных устройств на компьютере. К наиболее распространенным в настоящее время в отечественной практике системам и программам схемотехнического проектирования в электронике относятся системы Micro-Cap, Electronic WorkBench, MathLab.

Программа Micro-Cap является интегрированным редактором электрических схем, который позволяет пользователю выполнить графический ввод исследуемой схемы и провести анализ ряда её основных характеристик.

Программа схемотехнического моделирования Micro-Cap имеет следующие основные характеристики [1]: большая библиотека элементов; мощный графический редактор электронных схем; возможность проведения различных типов анализа схемы; возможность оптимизации электронных схем путем изменения параметров элементов; возможность задания функциональной зависимости параметров.

В процессе работы с программой Micro-Cap вначале создается принципиальная электрическая схема электронного устройства, в которую включаются электронные элементы (активные и пассивные аналоговые или цифровые), их соединения, условные обозначения и параметры или типы.

При создании принципиальной схемы используются модели компонентов, имеющиеся в библиотеке программы, которые могут быть простыми и сложными. К простым моделям можно отнести модели резисторов и конденсаторов, а к сложным - модели транзисторов, операционных усилителей и некоторых других элементов.

В данной работе были спроектированы некоторые практические схемы: прибор для контроля влажности почвы (рис.1), определитель замыкания в кабеле (рис.2), датчик уровня на основе графического индикатора.

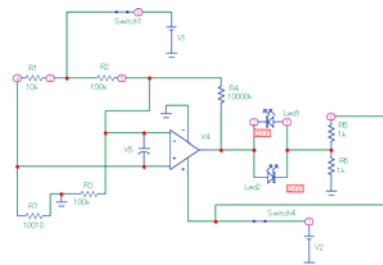


Рис. 1 Схема прибора для контроля влажности почвы

Светодиоды Led1 и Led2 играют роль индикатора баланса. Светодиод Led2 включен (ON), когда сопротивление почвы выше установленной нормы, а когда ниже данного значения, то включен светодиод Led1 (ON). Если оба светодиода гаснут (OFF), схема находится в состоянии баланса. Щупы для измерения влажности почвы моделируются сопротивлением R7.

Схему детектора замыканий в кабеле можно использовать для проверки наличия замыканий между любыми из жил (с числом жил от двух до пяти) длинных отрезков кабеля. Наличие замыкания будет показывать красный светодиод, отсутствие замыкания – жёлтый.

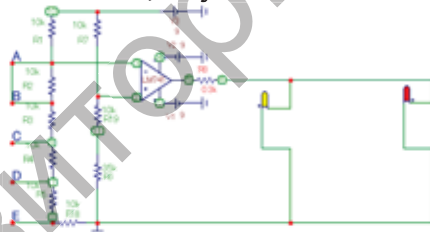


Рис. 2 Схема определителя замыкания в кабеле

После того, как схема смоделирована и проверена на правильность выполнения функций, имеется возможность виртуально разместить элементы схемы на плате и провести её трассировку. Затем можно приступить к созданию реального устройства в «железе».

Таким образом, программа Micro-Cap позволяет достаточно легко проектировать различные электронные схемы, подбирать и изменять типы и номиналы элементов для задания различных режимов работы схемы; просмотреть входные, выходные и промежуточные сигналы с целью корректировки схемы и получения необходимых выходных параметров.

Литература

1. Разевиг В.Д. Система схемотехнического проектирования Micro-CAP V.-М.: “СОЛОН”, 1997. – 273 с.
2. Амелина М.А., Амелин С.А. Программа схемотехнического моделирования Micro-Cap 8 // Горячая линия – Телеком – 2007 –с. 464.
3. Матвеев И.П. Методика применения программы схемотехнического моделирования Micro-Cap в учебном процессе // Информатизация образования, №1, с.44-54, 2012г.

УДК 631.171

РЕАЛИЗАЦИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ПРИГОТОВЛЕНИЯ КОЛБАСНОГО ФАРША

Якубовская Е.С., ст. преподаватель, Майко С.А.,
*УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет», г. Минск, Республика Беларусь*

В мясной промышленности широкое распространение получили системы автоматического регулирования процессов размораживания мяса, приготовления фарша, термической обработки колбасных изделий, сушки сырокопченых колбас и прочее. Наивысший уровень автоматизации, достигнут в системах автоматического регулирования холодильных установок и холодильного технологического оборудования. На современном этапе требуется осуществлять переход от частичной к комплексной автоматизации, когда автоматизируются как основные, так и вспомогательные производства. Автоматизацию технологических процессов целесообразно осуществлять в целом для предприятия, начиная с момента поступления сырья и до отгрузки готовой продукции.

Важную роль в мясоперерабатывающей отрасли приобретают безотходные, малоотходные и энергосберегающие технологические процессы и автоматизация как отдельных аппаратов и агрегатов, так и в целом технологических производства. Особенности автоматизации производств мясной промышленности являются: сложность физико-химических и биохимических процессов при изготовлении продукции; переработка биологически ценного сырья, требующая соблюдения санитарно-гигиенических требований, точности при составлении рецептур мясных продуктов, обуславливающая вы-

сокие требования к качеству регулирования; оптимальное управление технологическими процессами в целях получения высококачественной продукции с сохранением ее пищевой ценности.

Одним из основных процессов мясоперерабатывающей отрасли является процесс приготовления колбас [1]. Наиболее сложной операцией в производстве колбас является операция приготовления колбасного фарша.

Процесс приготовления фарша — циклический. Система автоматического управления должна выполнять следующие требования: осуществлять подачу говядины и свинины насосами в бункер для взвешивания, поочередную выгрузку в фаршемешалку заданного количества говядины, свинины, молока и воды, их перемешивание в течение заданного времени и подачу звукового сигнала по окончании процесса приготовления фарша.

При подаче сигнала «Начало цикла» подается сигнал на первый насос, который выключается, когда в бункер поступит заданная масса говядины.

По сигналу весового устройства срабатывает исполнительный механизм левой створки бункера, и взвешенная говядина поступает в фаршемешалку. После фиксации весами выгрузки говядины включается второй насос, и осуществляется подача свинины в бункер для взвешивания, который выключается, когда в бункер поступит заданная масса свинины. Далее срабатывает исполнительный механизм правой створки бункера, и взвешенная свинина также подается в фаршемешалку.

Одновременно с началом дозирования говядины и свинины начинается поочередное заполнение емкости молоком и водой через соответствующие вентили, которые открываются клапанами. После выгрузки всех компонентов в фаршемешалку шнек перемешивает фарш в течение заданного времени, а за 15 с до окончания вымешивания фарша должен подаваться звуковой сигнал.

Реализовать данный алгоритм автоматического управления процессом приготовления фарша можно на базе программного логического контроллера. Это приведет к повышению качества конечного продукта.

Литература

1. Митин, В.В. Автоматика и автоматизация производственных процессов мясной и молочной промышленности / В.В. Митин, В.И. Усков, Н.Н. Смирнов. — М.: ВО «Агропромиздат», 1987. — 240 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ МОДЕЛИРОВАНИЯ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ ДЛЯ АНАЛИЗА РАБОТЫ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Мякинник Е.Е., ст. преподаватель,
*УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет», г. Минск, Республика Беларусь*

Технические средства и системы автоматики сельскохозяйственного назначения предназначены для работы в сложных производственных условиях. При их разработке необходимо учитывать следующее:

- объектом управления являются биологический объект (растение, животные, птицы и т.д.) или совокупность биологического и технологического объектов (теплицы с растениями, фермы с животными, птичники с птицами и т.д.). Поэтому, с одной стороны, необходимо иметь специфические измерительные преобразователи (датчики), воспринимающие физические параметры биологических объектов и не влияющие на них, а с другой – регулирующие органы, не повреждающие нежные и хрупкие биологические объекты управления (плоды, фрукты, яйца и т.д.);

- сельскохозяйственные объекты управления рассредоточены по большим площадям, их управляемые параметры распределены как в пространстве, так и во времени. Поэтому необходимо иметь не один датчик и регулирующий орган, а оптимальное их количество для получения достоверной информации об изменении управляемых параметров и обеспечения оптимальных условий для всех биологических объектов в зоне управления.

С учетом особенностей сельскохозяйственного производства к разрабатываемым системам автоматического управления контроля предъявляют такие требования, как простота в обращении, надежность и долговечность.

При анализе работы системы ее устройства целесообразно различать по динамическим свойствам. Это позволяет сразу рассматривать структурную схему системы, состоящую из несколько элементарных звеньев, соответствующим образом соединенных между собой.

Изучение динамики САУ обычно начинают из составления ее структурной схемы, которая отображает динамические свойства системы, и, по сути, является графическим условным изображением ее дифференциальных уравнений, записанных в различных формах.

Чтобы получить динамические характеристики всей системы, структурную схему преобразовывают. При этом характеристики динамических звеньев представляют передаточными функциями.

При исследовании динамических процессах в системах автоматического управления применяют математическое моделирование и дифференциальные уравнения, описывающие динамику САУ. Математические модели позволяют быстро и просто получить наглядное решение, проанализировать влияние параметров системы на качество процессов.

Методы составления программы для исследования динамических процессов на компьютерах, зависят от формы представления математического описания системы автоматического управления. Если система описана обыкновенными дифференциальными уравнениями, то удобно применять стандартные программы численного интегрирования. В большинстве стандартных программ использованы методы Рунге – Кутты, представляющий собой развитие известного численного метода Эйлера.

Для решения задачи построение кривой переходного процесса в САУ можно использовать готовые программы: например, программу Mathcad, которая содержит широкий набор функций для решения дифференциальных уравнений, что позволяет обеспечить точность решения и построить график по результатам решения.

Качество САУ исследуют по структурной схеме, изображенной на рисунке 3, при двух законах регулирования: пропорциональном и пропорционально-интегральном с передаточной функцией объекта:

$$W_0(p) = \frac{1}{p(Tp + 1)}$$

Собирают схему модели исследуемой САУ с ПИ-регулятором рисунок 2. Исследуют САУ с ПИ-регулятором при заданных преподавателем значениях $K_{\text{рег}}$, определяя время регулирования, перерегулирования и ошибку в установившемся режиме при соответствующих задающем $g(t)$ и возмущающем $f(T)$ воздействиях.

САР с П-регулятором, достаточно отсоединить сопротивление R от суммирующей точки усилителя (рисунок 1).

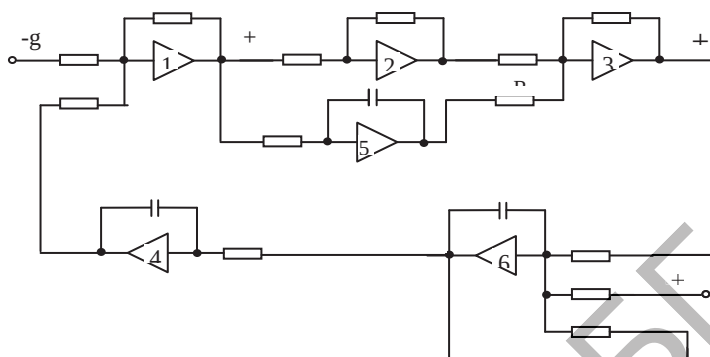


Рис. 1. Принципиальная схема САР с П-регулятором

Литература

1. Сидоренко, Ю.А. Теория автоматического управления/ Ю.А. Сидоренко. – Минск: БГАТУ, 2007.
2. Анхимюк, В.Л. Теория автоматического управления/ В.Л. Анхимюк, О.Ф. Олейко, Н.Н. Михеев. – Минск: Дизайн ПРО, 2000.

УДК 681.511

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЛЕЙ КОРНЕВЫХ ТРАЕКТОРИЙ КРУГОВОГО ОБРАЗА ДЛЯ РАСЧЕТА ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ПЕРЕМЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ

Несенчук А.А., к.т.н., доцент,

*Объединенный институт проблем информатики НАН Беларуси,
г. Минск, Республика Беларусь*

Рассматриваются системы автоматического управления техническими устройствами, параметры которых точно не определены. Наличие существенных неопределенностей значительно осложняет задачу проектирования, поскольку в этом случае использование традиционных методов, рассчитанных на постоянные параметры, неизбежно приводит к отклонению режимов работы устройств от установленных техническими требованиями.

В силу своей физической природы корневой подход наиболее пригоден для анализа и синтеза семейств систем, т.к. наглядно отражает изменения их динамических свойств при изменении параметров, причем характер неопределенности (интервальная, функциональная и др.) не имеет значения. Данный подход позволяет не только, исходя из определенных требований, на основе некоторых аналитических зависимостей получить желаемый результат, но также дает возможность проследить реакцию системы в ответ на параметрические вариации.

Данный подход основан на использовании математической модели системы в форме корневого портрета, который позволяет описать семейство систем семейством полей корневых траекторий определенного типа. Здесь особый интерес представляют поля корневых траекторий кругового образа, т.к. они позволяют формировать и определенным образом ориентировать в плоскости собственных частот замкнутые многолистные области, ограничивающие некоторые динамические свойства систем.

Динамические свойства системы автоматического управления с параметрической неопределенностью описываются семейством характеристических уравнений вида

$$s^n + a_1 s^{n-1} + \dots + a_{n-1} s + a_n = 0, \quad (1)$$

где $a_1, a_2, \dots, a_{n-1}, a_n$ – коэффициенты, которые линейно зависят от некоторого неопределенного параметра k , и могут быть как действительными, так и комплексными числами.

Для выделения неопределенного параметра k преобразуем уравнение (1) и перепишем его в форме

$$\phi(s) + k\psi(s) = 0, \quad (2)$$

где $\phi(s)$ и $\psi(s)$ – некоторые полиномы от комплексного переменного s ; k – неопределенный параметр системы.

Используя формулу (2) получим выражение для k в виде

$$k = f(s) = -\frac{\phi(s)}{\psi(s)} = u(\sigma, \omega) + iv(\sigma, \omega) = 0, \quad (3)$$

где $u(\sigma, \omega)$, $v(\sigma, \omega)$ – гармонические функции двух независимых действительных переменных σ и ω .

Поле корневых траекторий системы автоматического управления назовем полем, комплексный потенциал которого

$$\varphi(s) = u(\sigma, \omega) + i v(\sigma, \omega)$$

определяется во всех точках расширенной комплексной плоскости свободного параметра посредством задания существования *образа корневого годографа* во всей плоскости [1].

С целью формирования поля КГКО, которое также называется круговым полем, в плоскости свободного параметра зададим окружность-образ с центром в произвольной точке с координатами (a, b) и радиусом ρ , который является параметром образа.

Решив уравнение окружности относительно v и, подставив полученный результат в (3), получим уравнение корневого годографа произвольной окружности [2]. На базе этого уравнения, реализующего отображение окружностей, задаваемых в комплексной плоскости свободного параметра на плоскость s комплексного переменного, определим функцию кругового поля корневых траекторий:

$$f^* = f^*(\sigma, \omega, a, b). \quad (4)$$

Функция (4) каждой точке комплексной плоскости s ставит в соответствие вполне определенный образ радиуса ρ на плоскости свободного параметра. Следовательно, определение этой функции равносильно заданию в плоскости комплексного переменного скалярного поля корневого годографа произвольной окружности.

Уравнение линий уровня поля выведем в отношении квадрата радиуса окружности-образа

$$f^*(\sigma, \omega, a, b) = \rho^2.$$

Поле корневых траекторий кругового образа (3) для системы порядка $n=6$ изображено на рис. 1 в виде 8-ми линий уровня (4), обозначенных цифрами от 1 до 8.

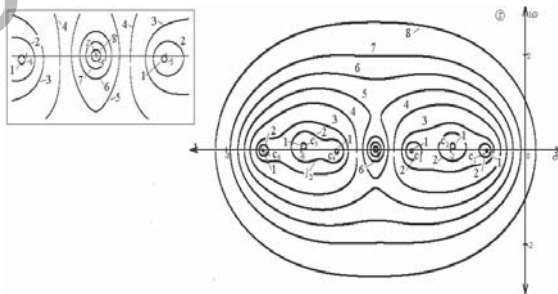


Рис. 1. Круговое поле корневых траекторий системы класса [6;1]

Центральная часть рисунка показана укрупнено в левом верхнем углу рисунка. Нули z_i функции (2): $z_1 = -1$, $z_2 = -2$, $z_3 = -3$, $z_4 = -5$, $z_5 = -6$, $z_6 = -7$; полюс $p = -4$; центры локализации поля – в точках c_1 , c_2 , c_3 , c_4 , c_5 , c_6 . Центр образа поля, вокруг которого локализуются линии уровня, расположен в плоскости k в точке с координатами (2,2). Радиус образа $\rho_i \in R$, $R = (2, 10, 20, 50, 90, 150, 250, 550)$, $i = 1, 2, \dots$. При $\rho_i = 2$ 6-листная область Q_1 корней системы ограничена локальными линиями уровня 1. С увеличением ρ_i локальные линии уровня, расширяясь, переходят в глобальные, например, в линии l_2 (ограничивает 2-листную область), 3 – 4 (ограничивают 2-листные области), 5 (ограничивает однолистную область). Начиная с линии 5, наблюдается образование двух вогнутых участков по центру. Дальнейшее увеличение радиуса (линии 6 – 8) приводит к формированию вокруг полюса (особой точки) функции (2) внутри каждой глобальной линии новой замкнутой линии-границы области корней, ограниченной одной из линий 6 – 8, т.е. формированию многосвязных областей. Внутри области, ограниченной глобальной линией, фактически образуется область, не принадлежащая полю, размер которой уменьшается с увеличением ρ_i .

Корневой портрет системы характеризует графическую картину происходящих в системе движений, которая обладает большой наглядностью и значительно облегчает понимание динамики системы. Аналитические уравнения корневых траекторий, определяющие поля корневых траекторий в плоскости собственных частот семейства, позволяют с помощью комплексной функции отображать любые аналитически заданные области комплексных плоскостей переменных параметров на плоскость комплексного переменного.

ЛИТЕРАТУРА

1. Римский, Г.В. Автоматизация исследований динамических систем / Г.В. Римский, В.В. Таборовец. – Мн.: Наука и техника, 1978. – 334 с.
2. Несенчук, А.А. Анализ и синтез робастных динамических систем на основе корневого подхода / А.А. Несенчук. – Мн.: ОИПИ НАН Беларуси, 2005. – 234 с.

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЕ УПРАВЛЕНИЕ ВЕНТИЛЯЦИЕЙ В ЖИВОТНОВОДЧЕСКОМ ПОМЕЩЕНИИ

Павловский В.А., ст. преподаватель,
УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет», г. Минск, Республика Беларусь

Рассмотрим возможные варианты реализации системы автоматического регулирования температуры изменением воздухообмена в животноводческом помещении.

1) Вентиляторы включаются позиционно.

Достоинства: дешевизна системы.

Недостатки: низкая точность поддержания необходимого воздухообмена (дискретность шага составляет производительность одного вентилятора).

2) Вентиляторы включаются позиционно, плавное регулирование осуществляется шиберными заслонками.

Достоинства: можно обеспечить высокую точность, при небольших капитальных вложениях.

Недостаток: перерасход электроэнергии (излишняя мощность рассеивается на заслонках).

3) На каждый вентилятор устанавливается собственный частотный привод.

Достоинства: высокая точность поддержания регулируемой величины.

Недостатки: дороговизна частотного привода, потери электроэнергии при работе двигателя на малых оборотах (при работе на малых оборотах КПД вентилятора существенно снижается по сравнению с работой в режиме близком к номинальному).

4) устанавливается один частотный преобразователь на группу вентиляторов.

Достоинства: система дешевле по сравнению с установкой собственного частотного привода на каждый вентилятор.

Недостатки: ниже точность поддержания регулируемой величины по сравнению с индивидуальным регулированием вентилятора и те же потери электроэнергии при работе двигателя вентилятора на малых оборотах.

5) Система, состоящая из нескольких вентиляторов включаемых позиционно и одного с частотным приводом.

Достоинства: сочетание позиционного и непрерывного регулирования позволяют поддерживать высокую точность за счет непрерывного регулирования и высокий КПД за счет работы вентиляторов в номинальном режиме при позиционном управлении.

Рассмотрим варианты реализации системы состоящей из нескольких вентиляторов включаемых позиционно и одного с частотным приводом:

При самом простом варианте с одинаковой производительностью всех вентиляторов количество возможных комбинаций включения равно количеству вентиляторов. При n вентиляторах с различной производительностью, теоретическое количество возможных комбинаций будет равно 2^{n-1} , поскольку регулируемая ступень включена постоянно. Если производительность каждой последующей ступени будет превышать предыдущую на половину производительности плавно регулируемой ступени, то регулируемая ступень будет находится в экономически приемлемом режиме загрузки.

Исходя из принятых допущений, в случае системы из трех вентиляторов количество комбинаций их включения составит:

$$K = 2^{n-1} = 2^{3-1} = 2^2 = 4, \quad (1)$$

Если производительность регулируемой ступени принять равной 1, то производительность первой постоянной ступени, при принятых допущениях составит 0,5, Второй постоянной ступени 1.

Сложив производительности всех ступеней получим в относительных единицах суммарную производительность вентиляционной системы:

$$L_{\text{сум}} = \sum_1^n L_i = 1 + 0,5 + 1 = 2,5 \text{ о.е.}, \quad (2)$$

Разделив суммарную производительность вентиляционной системы на принятый шаг наращивания производительности 0,5 получим число уровней дискретного переключения:

$$U = L_{\text{сум}} / 0,5 = 2,5 / 0,5 = 5 \text{ уровней.} \quad (3)$$

Реально используемых уровней будет на единицу меньше, поскольку нижняя постоянная ступень самостоятельно не используется обеспечиваясь регулируемой.

Производительность первой постоянной ступени составит:

$$L_{S1} = (1/U) \cdot 100 = 1/5 = 20,00 \%. \quad (4)$$

Производительность регулируемой ступени в процентах от максимальной производительности вентиляционной системы составит:

$$L_P = 2 \cdot L_{S1} = 2 \cdot 20,00 = 40,00 \%, \quad (5)$$

Производительность второй постоянной ступени составит:

$$L_{Si} = i \cdot L_{S1} = 2 \cdot 20,00 = 40,00 \%, \quad (6)$$

где i – номер нерегулируемой ступени.

Реализуется управление программируемым логическим контроллером (ПЛК), поддерживающим заданную температуру плавно увеличивая воздухообмен с ростом температуры используя преобразователь частоты. При недостаточности воздухообмена и максимальной частоте на выходе привода ПЛК дополнительно позиционно включает вентиляторы.

Литература

1. Функция автоматической оптимизации энергопотребления в преобразователях частоты Danfoss [Электронный ресурс] / ЮГОВ-ПРОЕКТ - Электрон. дан. – Обухов, 2013. – Режим доступа: <http://ugov.com.ua/news/>, свободный. – Загл. с экрана.

УДК 004.588:621.436

АВТОМАТИЗАЦИЯ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ ОБСЛУЖИВАНИЮ ДВС С ПРИМЕНЕНИЕМ ВИРТУАЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРИИ

Савченко О.Ф., к.т.н., с.н.с., Ольшевский С.Н., к.т.н.,

Добролюбов И.П., д.т.н., проф.

*ГНУ Сибирский физико-технический институт аграрных проблем
(СибФТИ) Россельхозакадемии, г. Новосибирск,
Российская Федерация*

При подготовке специалистов для системы технического обслуживания сельскохозяйственной техники, а особенно двигателя внутреннего сгорания (ДВС) – основного энергетического средства и наиболее сложного ее элемента – необходимо обеспечить целенаправленное получение ими профессиональных знаний. Это позволит им понимать конструкцию и принципы работы ДВС, уметь

сделать достоверный анализ (диагностирование) технического состояния двигателя, а также приобрести практические навыки по ремонтно-обслуживающим работам.

Среди новых методологических подходов, направленных на решение этих задач, весьма перспективно применение в учебном процессе современных информационных технологий, особенно компьютерных обучающих программ, разрабатываемых на основе создаваемых в ГНУ СибФТИ на протяжении многих лет информационных измерительных и экспертных систем для оценки технического состояния ДВС [1–4].

Данная работа посвящена вопросам создания компьютерной программы для автоматизации учебного процесса при изучении работы двигателя.

Как известно, при изучении конструкции и принципов работы ДВС используют разнообразные методы натурных испытаний с измерением и регистрацией физических рабочих процессов, протекающих в двигателе и характеризующих его работу. Испытания проводятся на различных режимах, при разных значениях регулировочных параметров механизмов и систем двигателя. Результаты проведенных экспериментов, а особенно определение диагностических параметров и анализ характеристик двигателя, дают наиболее полное представление о рабочих процессах ДВС и о его техническом состоянии. Например, по учебной программе для специальностей технического обслуживания и ремонта сельскохозяйственной техники требуется проведение испытаний ДВС с определением следующих параметров: положение верхней мертвой точки; средние и экстремальные значения параметров индцированных физических процессов; момент, период и фаза рабочих процессов; номинальные и максимальные значения мощности, крутящего момента, часового и удельного расходов топлива; параметры системы автоматического регулирования двигателем (время регулирования, заброс регулятора, коэффициент корректирования, коэффициент нечувствительности и др.).

К сожалению, эти работы не всегда выполняются, т.к. отсутствует необходимое оборудование, а анализ характеристик ДВС осуществляется ограниченно, из-за сложности и трудоемкости выполнения регулировок механизмов и систем двигателя, требующих частичной разборки ДВС (например, снятие, регулировка и установка топливного насоса).

С целью снижения затрат при изучении работы двигателя, в том числе быстропеременных физических процессов, протекающих в нем (давления газов, угловые и линейные перемещения) путем замены натурных испытаний компьютерным виртуальным экспериментом была создана компьютерная обучающая программа по испытаниям ДВС, далее виртуальная лаборатория, структурная схема которой приведена на рисунке 1.

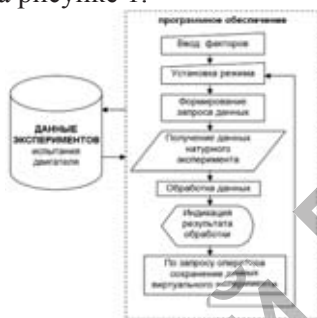


Рис. 1 – Структурная схема виртуальной лаборатории

В основе проведения эксперимента в условиях виртуальной лаборатории лежат данные, накопленные в ходе натурных экспериментов с различным сочетанием факторов (угол опережения подачи топлива, нагрузка) и их уровней, характеризующих техническое состояние ДВС.

Натурные эксперименты проводились на испытательном экспериментальном оборудовании ГНУ СибФТИ, включающем ДВС 4Ч10,5/12 (Д-144), электрическую обкаточно-тормозную установку DS-932-4/N и усовершенствованную информационную измерительную систему. Модернизация проведена с использованием многофункциональной многоканальной встраиваемой в компьютер платы сбора данных. В состав входит также комплект датчиков ДВС (давления в цилиндре и топливопроводе высокого давления, хода иглы форсунки, угла поворота коленчатого вала и др.) [5–7]. Особенностью программного обеспечения системы является гибкость в настройке каналов измерения физических процессов и формировании плана эксперимента, что обеспечивает желаемую выборку данных физического процесса. Накопление данных, учитывая их большой объем, производилось по специальной методике автоматизации процесса записи и хранения с последующим извле-

чением данных и их обработкой. Суть методики заключается в построении иерархической структуры файлов зарегистрированных данных в зависимости от плана эксперимента на основе универсальной структуры имени файла.

Программа регистрации быстропеременных физических процессов в ДВС реализована в виде виртуального прибора. Она позволяет выполнять регистрацию от 1 до 4 физических процессов по аналоговым каналам с синхронизацией по времени или по углу поворота коленчатого вала. Обеспечивается управление планом эксперимента (задание количества выборок, частоты синхронизации, количества каналов, запись и хранение данных, визуализацию и масштабирование данных. Таким образом, в состав виртуальной лаборатории входят база экспериментальных данных, полученных при натурных испытаниях двигателя и программное обеспечение обработки данных, извлекаемых из базы при виртуальном эксперименте, также с различным сочетанием факторов и их уровней. Компьютерное окно интерфейса пользователя показано на рисунке 2 и выполнено в виде панели управления для установки режимов и регулировок ДВС, которые служат входными терминалами для программы выбора значений из уже наполненной базы экспериментальных данных.

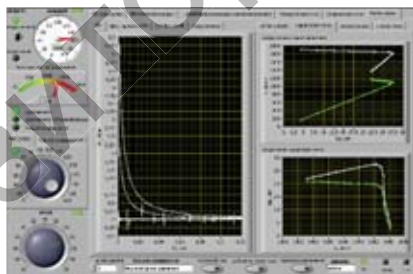


Рис. 2 – Окно интерфейса пользователя программы «Виртуальная лаборатория»

По установленным пользователем значениям параметров формируется запрос и выбор данных точки, соответствующей натурному эксперименту, или (при несоответствии натурному эксперименту) ближайших точек (предыдущей и следующей) сохраненных в базе экспериментальных данных. При несоответствии выполняются расчеты для определения данных виртуального эксперимента

на участке значений между точками натурного эксперимента. Следовательно, проведение виртуальных экспериментов является повторением натурного эксперимента в соответствующих точках, сохраненных в базе экспериментальных данных и расчетным экспериментом (виртуальным) – в других точках. В результате пользователю предоставляется возможность изучить и анализировать физические процессы, отображаемые в удобном виде на экране компьютера, в функции угла поворота коленчатого вала или времени, а также в зависимости от перемещения поршня. Достоверность расчетных данных в ходе проведения виртуального эксперимента определяется за счет использования базы экспериментальных данных результатов натурных испытаний. Эффективность усвоения материала достигается путем реализации аналитических оценок в различном сочетании исследуемых параметров ДВС, например, наблюдение характера изменения параметров ДВС в зависимости от варьируемых факторов, устанавливаемых пользователем в режиме «реального времени», т.е. получение итоговых результатов испытаний двигателя при различном сочетании его регулировок.

Таким образом, использование в компьютерной программе изучения работы ДВС базы экспериментальных данных результатов натурных испытаний двигателя обеспечивает достоверность «виртуальных испытаний», а возможность их быстрого многократного повторения (в отличие от натурных испытаний) повышает результативность обучения.

Это позволяет снизить трудовые и материальные затраты на проведение учебных экспериментальных испытаний, повысить уровень подготовки специалистов, и, следовательно, качество проводимого ими технического обслуживания ДВС.

Литература

1. Добролюбов И.П. Применение компьютерных обучающих систем в учебных курсах НГАУ / Добролюбов И.П., Савченко О.Ф. // Проблемы современного высшего аграр. образования : мат. науч.-метод. конф./ НГАУ.- Новосибирск, 2000. - С. 43.
2. Савченко О.Ф. Интеллектуальная обучающая система по техническому обслуживанию тракторных двигателей /Савченко О.Ф. // Науч. сессия МИФИ : сб. науч. тр. / МИФИ.– М., 2001.– Т. 3.– С. 132-133.

3. Ольшевский С.Н. Разработка компьютерной обучающей программы по рабочим процессам ДВС /Ольшевский С.Н., Савченко О.Ф., Добролюбов И.П., Рихтер В.А. // Информационные технологии системы и приборы в АПК (АГРОИНФО-2009): мат. 4-ой междунаучн.-практ. конф. / РАСХН. Сиб. отд-ние. СибФТИ. – Новосибирск, 2009. – Ч. 2. – С. 204–207.

4. Савченко О.Ф. Компьютерные обучающие программы по техническому обслуживанию автотракторных двигателей /Савченко О.Ф., Ольшевский С. Н., Добролюбов И.П. // Вестник НГАУ.– 2013.–№ 2.– С. 144 –150.

5. Савченко О.Ф. Автоматизированный технологический комплекс экспертизы ДВС на базе CALS - технологий /Савченко О.Ф. // Достижения науки и техники АПК. – 2006. – № 11. – С. 20-22.

6. Савченко О.Ф. Автоматизация экспериментальных исследований двигателей внутреннего сгорания /Савченко О.Ф., Ольшевский С.Н., Рихтер В.А.// Сибирский вестник сельскохозяйственной науки / Новосибирск, 2008. – № 9. – С. 82-91.

7. Альт В.В. Техническое обеспечение измерительных экспертных систем машин и механизмов в АПК / Альт В.В., Добролюбов И.П., Савченко О.Ф., Ольшевский С.Н. // Россельхозакадемия, Сиб. отд-ние – ГНУ СибФТИ.- Новосибирск, 2013. – 523 с.

УДК 631.15: 004.9

АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЕТА РАЦИОНА КОРМЛЕНИЯ КРС

Сеньков А.Г., к.т.н., Галушко Е.В., к.т.н., доцент,
УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

Качественное кормление молочных коров является одним из условий их высокой продуктивности. Задачу составления сбалансированного по питательности рациона кормления специалистам-зоотехникам в хозяйствах приходится решать по несколько раз в месяц. Традиционный подход к решению этой задачи основывается на использовании симплекс-метода линейного программирования [1].

Как показывает опыт разработки компьютерных программ автоматизации расчета рационов, при составлении рациона специалист-зоотехник должен иметь возможность предварительного задания

процентной структуры планируемого рациона по обменной энергии либо сухому веществу. Поэтому в данном докладе предлагается следующая математическая постановка задачи составления рациона:

$$\begin{cases} X_{\min i} \leq x_i \leq X_{\max i}, & i=1, \dots, N; \\ P_{\min i} \leq p_i \leq P_{\max i}, & i=1, \dots, N; \\ \sum_{i=1}^N a_{iCB} \cdot x_i \geq D_{CB}; \end{cases}$$

$$z = B_{CB} \cdot \frac{\left(D_{CB} - \sum_{i=1}^N a_{iCB} \cdot x_i \right)}{D_{CB}} + \sum_{j=2}^M B_j \cdot \frac{\left| \sum_{i=1}^N a_{ij} \cdot x_i - D_j \right|}{D_j} \rightarrow \min,$$

где N – число включенных в рацион кормов из имеющихся в хозяйстве;
 $x_i, i = 1, \dots, N$ – искомые значения массы i -го корма в суточном рационе коровы;

$X_{\min i}, X_{\max i}$ – начальные ограничения на максимальное и минимальное значение массы i -го корма в суточном рационе;

$$p_i = \frac{a_{iCB} \cdot x_i}{\sum_{i=1}^N a_{iCB} \cdot x_i} \quad \text{либо} \quad p_i = \frac{a_{iOЭ} \cdot x_i}{\sum_{i=1}^N a_{iOЭ} \cdot x_i} - \text{процент от сухого веще-}$$

ства либо обменной энергии всего рациона, обеспечиваемый i -м кормом (структура рациона);

$P_{\min i}, P_{\max i}$ – начальные ограничения на допустимые значения p_i ;

M – число компонентов питательности (сухое вещество, обменная энергия, сырой протеин и т.д.), по которым производится балансирование;

D_j – суточная потребность коровы в j -м питательном компоненте;

a_{ij} – содержание j -го питательного компонента в 1 кг i -го корма;

B_j – весовые коэффициенты, характеризующие степень значимости отклонения от нормы по j -му питательному компоненту;

индексы «CB», «OЭ» – обозначают, соответственно, «сухое вещество» и «обменная энергия».

Целевая функция z по смыслу представляет собой взвешенную сумму модулей относительных отклонений содержания в суточном рационе основных питательных компонентов от требуемых суточных норм потребления. Таким образом, минимизация целевой функции z приводит минимально возможным отклонениям питательности рациона от норм по основным компонентам, что можно понимать как максимальную сбалансированность рациона.

Данная задача может быть решена симплекс-методом.

Преимуществом предлагаемого подхода для составляющего рацион специалиста являются более широкие возможности предварительно планирования желаемой структуры рациона, а также желаемого массового содержания в рационе отдельных кормов.

Литература

1. Банди Б. Основы линейного программирования: Пер. с англ. — М.: Радио и связь, 1989. — 176 с.: ил.

УДК 631.352

ОСОБЕННОСТИ СИНТЕЗА КВАЗИОПТИМАЛЬНЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПУТЕМ МОДЕЛИРОВАНИЯ НА ЭВМ

Сидоренко Ю.А., к.т.н., доцент,

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

Современные сельскохозяйственные агрегаты являются сложными динамическими системами. Большинство этих агрегатов в условиях нормальной эксплуатации работают при случайных возмущающих воздействиях. Примерами таких воздействий являются изменение урожайности на гоне, рельефа местности, физико-механических свойств перерабатываемого материала и т.д. В тоже время имеют место мощные детерминированные воздействия, например при входе агрегата в гон, после аварийной остановки, изменении уставок регулятора и т.д. В таких условиях синтез строго оптимальных систем, удовлетворяющих всем требованиям практически невозможен.

Общий порядок синтеза систем с применением моделирования на ЭВМ в рамках экспериментально-теоретического системного подхода изложен в работе [1]. Основной методической трудностью синтеза с применением моделирования на ЭВМ является необходимость обеспечить выбор общего вида оптимального закона управления и его оптимальных параметров. Предложено на основании анализа требований и системе строить ранжированный ряд гипотез о законах управления и проверять каждую гипотезу путем

параметрической оптимизации закона управления по каждой гипотезе. При параметрической оптимизации применяют поисковые экспериментальные методы [2].

Для систем, где основной экономический эффект может быть получен при оптимизации параметров при случайных воздействиях и, в тоже время, динамические процессы при детерминированных воздействиях существенно влияют на качество работы системы, в том числе могут привести к порче части продукта и аварийным ситуациям, предлагается следующий порядок проверки гипотез.

Параметрический синтез проводится при случайном характере воздействий.

Далее проверяется качество переходных процессов с найденными оптимальными параметрами, с учетом выполнения всех ограничений.

В случае, если качество переходных процессов оказывается неудовлетворительным, параметрический синтез осуществляется при детерминированных воздействиях. Если положительный результат не найден. Например, не удалось добиться выполнения всех ограничений, то необходимо сразу перейти к проверке следующей гипотезы.

Если положительный результат получен, то необходимо проверить работу системы при случайном характере воздействий с найденными оптимальными параметрами при детерминированном воздействии и принять решение о приемлимости закона управления по проверяемой гипотезе. Такой порядок позволяет оценить преимущества и потери при каждом подходе к синтезу.

В случае, если результаты по проверенной гипотезе окончательно оказались неудовлетворительные, переходят к проверке последующей гипотезы в ранжированном ряду в вышеописанном порядке.

Такой подход позволяет синтезировать квазиоптимальную систему с наилучшими показателями работы с учетом оценки возможных потерь и преимуществ.

Литература

1. Сидоренко, Ю.А. Моделирование на ЭВМ как системный экспериментально-теоретический метод анализа и синтеза систем автоматического управления / Ю.А. Сидоренко // Агропанарама, 2007. - №2 – с. 13-14.
2. Красовский, Г.И. Планирование эксперимента / Г.И. Красовский, Г.Ф. Филаретов. – Минск: Изд-во БГУ, 1982. – 302с.

НОВЫЕ ЗАКОНЫ УПРАВЛЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫМИ ОБЪЕКТАМИ

Солдатов В.В., д.т.н., профессор, *Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского*,
Судник Ю.А., д.т.н., профессор, *Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина*; Лазаренко М.Л., аспирант, *Московский государственный университет природообустройства, г. Москва, Российская Федерация*.

Одной из главных проблем при создании автоматических систем является все возрастающая сложность управляемых технологических процессов, обусловленная разнообразием взаимодействий между материальными и энергетическими потоками объектов и окружающей их среды. Это приводит к появлению различных неопределенностей, вследствие неполноты информации об указанных взаимодействиях.

Необходимо отметить, что немало математически изящных теорий в области технических систем автоматического управления не получили практического применения, т.к. нуждались в весьма детальной и труднодоступной информации о статистических характеристиках возмущений, действующих на управляемые объекты.

Осознание причины неудач привело к созданию методов робастного управления технологическими процессами, доказавшими на практике свою высокую эффективность в условиях информационной неопределенности, т.е. при неполноте или отсутствии информации об указанных статистических характеристиках.

Эффективность робастных систем обеспечивается их настройкой на высокое быстродействие, что позволяет им успешно парировать возмущения с различными статистическими характеристиками.

Необходимо отметить, что повышению быстродействия систем управления способствует использование в законах (алгоритмах) управления производных по времени, т.к. с их помощью можно прогнозировать будущие изменения управляемых величин.

Поэтому применение ПИД регулятора позволяет добиться более высокого быстродействия, чем при использовании для того же объекта, например, ПИ регулятора.

Однако введению в закон управления производных по времени выше первого порядка препятствует наличие в сигналах обратной связи паразитной высокочастотной составляющей, обусловленной шумами датчиков и наводками в электрических линиях связи, т.к. при многократном дифференцировании по времени даже сравнительно небольшие по амплитуде паразитные сигналы весьма усилятся ввиду их высокой частоты.

Поэтому возникает проблема синтеза законов управления с производными по времени не выше первого порядка, но способных обеспечить более высокое быстродействие сравнительно с классическим ПИД регулятором.

Решение поставленной проблемы может быть получено при использовании в законе управления наряду с производными по времени первого порядка, также и дробных производных более низких порядков, что обеспечивает повышение быстродействия, но позволяет избежать нежелательного роста влияния паразитной составляющей в сигналах обратной связи.

Рассмотрим, как при этом изменится передаточная функция ПИД регулятора $W_{\text{ПИД}}(s)$, имеющая следующий вид:

$$W_{\text{ПИД}}(s) = K_p T_d s + K_p + \frac{K_p}{T_I s}, \quad (1)$$

где s – комплексная переменная; K_p – коэффициент передачи регулятора; T_d и T_I – постоянные времени дифференцирования и интегрирования по времени соответственно.

Поскольку в формуле (1) первой производной по времени $\frac{d(\dots)}{dt}$ отвечает комплексная переменная s , то дробным производным по времени ниже первого порядка будут отвечать комплексные переменные вида $\sqrt[n]{s^m}$, n и m – целые положительные числа, причем $m < n$.

С учетом сделанных замечаний передаточную функцию регулятора с дробными производными по времени представим в виде

$$W_{\text{Рез}}(s) = K_p T_d s + \sum_{h=1}^N \left(Q_h \sqrt[2h+1]{s} + G_h \sqrt[2h+1]{s^{2h}} \right) + K_p + \frac{K_p}{T_I s}, \quad (2)$$

N – целое положительное число, причем $N \geq 1$; Q_h и G_h – параметры настройки, принимающие вещественные значения.

Как видно из формулы (2), введение дробных производных по времени ниже первого порядка позволяет использовать дополнительные параметры настройки Q_h и G_h для повышения быстродействия, т.к. благодаря их наличию улучшается управляемость системы и при подходящем выборе их значений можно добиться значительного повышения запаса устойчивости системы.

Выполненные расчеты показали, что качество управления системы при замене ПИД регулятора на регулятор вида

$$W_{pez}(s) = K_p T_d s + Q_1 \sqrt[3]{s} + G_1 \sqrt[3]{s^2} + K_p + \frac{K_p}{T_i s},$$

повышается примерно в той же мере, как при замене ПИ регулятора на ПИД регулятор.

Таким образом, в условиях жесткой конкуренции на рынках сельхозпродукции применение разработанных законов управления позволит обеспечить использующим их производителям существенные преимущества, т.к. не требует заметных финансовых затрат для внедрения, но при этом позволяет существенно повысить качество управления.

УДК 658.631.3

ЗАДАЧИ, МЕТОДЫ И МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ КОНФИГУРАЦИЕЙ И РИСКОМ, В ИНТЕГРИРОВАННЫХ ПРОЕКТАХ МОЛОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Тригуба А.М. к.т.н., доцент, Михалюк Н.А. к.т.н., доцент,

Кригуль Р.Е. к.т.н., ст. преподаватель

Львовский национальный аграрный университет

г. Дубляны, Украина

На данное время молокоперерабатывающие предприятия (МПП) Украины вынуждены решать ряд задач формирования эффективно-го парка оборудования и техники для заготовки, транспортировки и переработки молока. Для их решения следует разрабатывать и реализовывать соответствующие интегрированные проекты. Неотъем-

лемой составляющей интегрированных проектов является управление конфигурацией и риском, которые влияют на эффективность этих проектов. Конфигурация проектов заготовки молока влияет на конфигурацию проектов его транспортировки и их следует согласовывать между собой. Кроме того, обоснование эффективной конфигурации интегрированных проектов возможно при условии учета производственно-технологического риска, который существует как во время идентификации их продуктов, так и во время формирования конфигурационных баз. Анализ действующих методов обоснования конфигурации систем свидетельствует об их несовершенстве [1]. К сожалению, они не учитывают явлений и факторов вероятной природы [2,3]. В частности, не учитывается, что производству молока присущая сезонность и то, что объемы заготовки молока в отдельных населенных пунктах являются величинами вероятными. Им не учтено, что длительность заготовки молока зависит от параметров объектов конфигурации системы заготовки молока.

Целью исследования является обоснование содержания главных методов и моделей, которые бы дали возможность управлять конфигурацией интегрированных проектов молочного производства с учетом производственно-технологического риска.

Управление конфигурацией интегрированных проектов молочного производства происходит на протяжении его жизненного цикла и предусматривает идентификацию конфигурации, контроль, за конфигурацией, представление отчета о статусе конфигурации и ее проверку [4]. На доинвестиционной фазе интегрированных проектов молочного производства следует идентифицировать конфигурацию их продуктов. Конечным продуктом интегрированных проектов молочного производства является заготовительно-транспортная инфраструктура (ЗТИ) МПП, которая обеспечивает заготовку и доставку молока-сырья к МПП с минимальными расходами ресурсов и средств. Идентификация конфигурации – деятельность, которая включает у себя определение структуры продукции, выбор объектов конфигурации, документирования физических и функциональных характеристик объектов конфигурации, а также присвоение букв и цифр, объектам конфигурации и документам на них [4].

Структуризация продукта интегрированных проектов молочного производства предусматривает укрупненное разделение его на компоненты с определенными признаками. К таким признакам

принадлежат: 1) назначение компоненты; 2) очередность взаимодействия компоненты с молоком-сырьем и тому подобное. Приведенные признаки можно использовать в качестве критерии для структуризации продукта проекта СЦЗМ.

Каждый из компонентов вмещает в себе объекты конфигурации со своими физическими и функциональными характеристиками. Объекты конфигурации выбираются по следующим признакам: 1) заводом изготовителем; 2) производительностью (емкостью); 3) удельными расходами энергии; 4) рыночной стоимостью; 5) надежностью и тому подобное. Системную эффективность объектов конфигурации можно обосновать на основании создания и исследования моделей виртуальных систем продукта интегрированных проектов молочного производства.

Структура продукта конфигурацией интегрированных проектов молочного производства включает компоненты, которые содержат объекты конфигурации. Между ними существуют взаимосвязи. Системные взаимосвязи между составляющими продукта проекта можно записать следующим образом:

$$K1 = f \{ O_{1n}^1 \}, K2 = f \{ O_{2n}^2 \}, \dots, Km = f \{ O_{mn}^m \} \quad (1)$$

$$K1 \Leftrightarrow (K2, \dots, Km); \quad (2)$$

$$K2 \Leftrightarrow (K1, \dots, Km);$$

$$Km \Leftrightarrow (K1, K2, \dots, Km).$$

где $K1, K2, Km$ – соответственно 1, 2 и m -а компонента продукта проекта; $O1K1, O1K2, O_{1n}^1$ – соответственно 1, 2 и n -й объект конфигурации 1-й компоненты продукта проекта.

Для раскрытия приведенных взаимосвязей имеется ряд задач. Чтобы сформулировать эти задачи воспользуемся методологией системотехники, которая предусматривает такие этапы: 1) выделение задач; 2) описание задач; 3) установление критериев; 4) принятие идеализаций; 5) декомпозиция задач; 6) композиция задач; 7) решение задач [1].

Декомпозиция задач идентификации и контроля конфигурации интегрированных проектов молочного производства делает возможным обоснование их законченного множественного числа, а также обоснования соответствующего множественного числа методов и моделей, для их решения. Решение этих задач возможно на основе имитационного моделирования виртуальных систем молочного производства. Моделирование виртуальных систем осуществ-

ляется с целью установления зависимости характеристик объектов конфигурации (Y_{mk}) от внешних влияний $\{X_{mn}\}$, параметров объектов конфигурации $\{Z_{mi}\}$ и модельного времени T_m [5]:

$$Y_{mk} = f(\{X_{mn}\}, \{Z_{mi}\}, T_m) \quad (3)$$

где k, n, i – соответственно k – а характеристика объекта конфигурации, n – и внешнее влияние, и i -й ее параметр.

Эта зависимость является базовой для декомпозиции и композиции задач идентификации и контроля конфигурации интегрированных проектов молочного производства. Также в декомпозиции рассматривается зависимость этих же характеристик от входных влияний при условии, что параметры конфигурации системы являются :

$$Y_{mk} = f'(\{Z_{mi}\}, T_m) \quad (4)$$

$$Y_{mk} = f''(\{X_{mn}\}, T_m) \quad (5)$$

Композиция заключается в определении рациональной конфигурации виртуальной СЦЗМ:

$$Z_{mi}^{opt} = f'''(\{X_{mn}\}, T_m) \quad (6)$$

Решение обратной зависимости (6) происходит на основе итерационного решения зависимости (3), а потому к множественному числу декомпозиционных задач относятся задачи, которые описывают содержание внешних влияний, параметров объектов конфигурации и их характеристик.

Все множественное число декомпозиционных задач можно условно разбить на три уровня их решения: детализированный; частичный и обобщенный.

Детализированный уровень предусматривает решение задач относительно идентификации и контроля конфигурации интегрированных проектов молочного производства, а именно: 1) выбору объектов конфигурации интегрированных проектов молочного производства; 2) обоснование физических и функциональных характеристик первичных и вторичных транспортных средств и оборудования для охлаждения молока в пунктах заготовки; 3) определение удельной длительности загрузки первичных транспортных средств молоком в хозяйствах, которые его производят и вторичных транспортных средств в пунктах заготовки; 4) определение скорости движения первичных и вторичных транспортных средств с грузом и без груза; 5) обоснование удельной длительности раз-

грузки первичных транспортных средств на пунктах заготовки и вторичных транспортных средств на МПП; 6) определение характеристик дорожной сетки, на которой осуществляется заготовка молока; 7) обоснование предметных характеристик молока сырья.

На частичном уровне следующие задачи: 1) установление закономерностей производства молока в зоне его заготовки на протяжении года; 2) обоснование множественного числа вариантов конфигурации интегрированных проектов молочного производства М; 3) определение системных функциональных характеристик продукта интегрированных проектов молочного производства для каждого из вариантов ее конфигурации.

Обобщенный уровень предусматривает решение следующих задач: 1) обоснование рациональной конечной конфигурации интегрированных проектов молочного производства; 2) обоснование возможных изменений внешней среды интегрированных проектов молочного производства, которые будут влиять на его конфигурацию, и последствий от них; 3) обоснование реакций на изменения внешней среды интегрированных проектов молочного производства.

Между отмеченными задачами существуют определены причинно-следственные связи. Для их решения создается система методов и моделей, которые делают возможным выполнение упомянутых процессов идентификации и контроля конфигурации интегрированных проектов молочного производства.

Каждый из обоснованных вариантов возможной конфигурации интегрированных проектов молочного производства нуждается в разработки соответствующей имитационной модели. По мере изменения внешней среды интегрированных проектов молочного производства следует уточнять конфигурацию каждого из проектов. Имитационное моделирование выполняется поэтапно: 1) разрабатывается блок-схема и алгоритм имитационного моделирования, а также программное обеспечение, для реализации его на ПЕОМ; 2) исследуются начальные данные; 3) выполняется предыдущее моделирование и осуществлялась проверка адекватности модели реальному процессу заготовки молока для условий МПП; 4) обосновывается нужное количество реализаций процесса; 5) выполняются компьютерные эксперименты (моделирование) для каждого из вариантов проекта СЦЗМ; 6) статистически прорабатываются результаты моделирования и обосновываются системные функциональные характеристики продукта интегрирован-

ных проектов молочного производства для каждого из вариантов ее конфигурации; 7) анализируются отмеченные характеристики и обосновывается эффективная конфигурация.

Конфигурация проекта может быть двух типов: 1) со сбором молока в каждом из хозяйств населенного пункта; 2) хозяйства-производители молока-сырья собственными силами доставляют его к заготовительно-транспортным средствам, которые рассредоточены на территории населенного пункта. Разный тип конфигурации проекта, который входит в состав интегрированных проектов молочного производства требует разработки своей модели. Каждый из отмеченных типов конфигурации интегрированных проектов молочного производства имеет законченное множественное число возможных ее вариантов, которые предопределяются разновидностями объектов конфигурации. На основании сравнения системных функциональных характеристик для разных типов и вариантов конфигурации проекта обосновывается эффективная конфигурация интегрированных проектов молочного производства.

Выводы: 1. Изменение систем заготовки молока из децентрализованной на централизованную требует реализации соответствующих интегрированных проектов, управления конфигурацией, и рисками которых является одной из главных предпосылок его эффективности. 2. Анализ действующих методов и моделей обоснования конфигурации систем свидетельствует о невозможности их использования для управления конфигурацией систем заготовки молока, так как они не учитывают многих явлений и факторов вероятной природы. 3. Для эффективного управления конфигурацией интегрированных проектов молочного производства следует разработать соответствующие методы и модели, которые бы учитывали особенности функционирования системы заготовки молока. 4. Количество методов, которые следует разработать для эффективного управления конфигурацией интегрированных проектов молочного производства зависит от количества декомпозиционных задач, которые следует решать на трех иерархических уровнях, – детализированному, частичному и обобщенному. 5. Управление конфигурацией интегрированных проектов молочного производства требует разработки системы моделей данного проекта для двух характерных типов его конфигурации.

Литература

1. Сидорчук О. Інженерія машинних систем: Монографія. – К: ННЦ „ІМЕСГ” УААН, 2007. – 263с.
2. Боярчук В., Тригуба А.М. Стохастичні явища молочного производства/ Вісник Львів. ДАУ: Агроінже-нерні досліджен-ня. - №7. – Львів: Львів ДАУ, 2003. – С.22-27.
3. Лифшиц А.Л., Мальц Э.А. Статистическое моделирование систем массового обслуживания. – М.: Сов. радио, 1978.–248с.
4. ИСО 1007. Административное управление качеством. Руководящие указания по управлению конфигурацией. Международный стандарт. 1995. – 14с.
5. Дружинин В.В., Конторов. Д.С. Системотехника. – М.: Радио и связь, 1985. – 200с.

УДК 621.3:631.145

ТЕПЛОВИЗИОННИЙ КОНТРОЛЬ ЕЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ АПК

Шатковский А.И., к.т.н., доцент, Харитончик Е.А., аспирант,
*УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет», г. Минск, Республика Беларусь*

С ростом энерговооружённости и модернизацией сельскохозяйственных предприятий, установкой нового, сложного и дорогого электрооборудования остро стоит задача о необходимости обеспечения его безаварийной и квалифицированной эксплуатацией. На балансе с\х предприятий находится значительное количество электрооборудования отработавшего свой нормативный срок службы. Средств на поддержание такого оборудования в рабочем состоянии и проведении необходимого регламентного технического обслуживания постоянно не хватает. Хроническая нехватка квалифицированных кадров и постоянный их отток, остро ставят вопрос в сложившейся ситуации о поисках новых организационных и технических решений, способных обеспечить безаварийную эксплуатацию имеющегося электрооборудования.

Основной задачей эксплуатационников является оперативная оценка состояния электрооборудования и прогнозирование по результатам этого обследования остаточного ресурса. Существующая система плановых осмотров и предупредительных ремонтов оборудования

весьма трудоёмка, затратна и не гарантирует надёжное обнаружение и устранение неисправности, дефектных узлов и деталей.

Большинство производимого современного оборудования имеет встроенные элементы диагностики, позволяющие при проведении обслуживания выявить растущие дефекты оборудования и тем самым исключить его катастрофические отказы, заблаговременно известив об этом обслуживающий персонал. Но в оборудовании, находящимся в настоящее время в эксплуатации сельскохозяйственных предприятий, в ряде случаев отсутствуют не только элементы диагностики, но и элементы защиты, что приводит к существенным материальным потерям, как оборудования, так и с/х продукта.

Среди ряда методов позволяющих контролировать состояние оборудования в процессе эксплуатации особо следует отметить метод тепловизионного контроля [1]. Он позволяет обнаруживать дефекты на ранней стадии их развития проявляющихся в виде избыточного тепла и температурных изменений в контактных соединениях, участках перегрузки кабелей, коммутационной аппаратуре. Метод позволяет проводить оценку теплового состояния трансформаторов и электродвигателей, различного назначения, разрядников, реакторов и других видов электро и теплоэнергетического оборудования, а так же оценивать качество электрической и тепловой изоляции. Использование тепловизионного контроля позволяет существенно поднять производительность труда эксплуатационников за счёт снижения времени на обнаружение неисправности.

Тепловизионные обследования являются стимулирующим фактором для перехода к системе поддержания эксплуатационной готовности оборудования путем организации мониторинга технического состояния электрооборудования и проведения упреждающего обслуживания или ремонта по результатам этого мониторинга.

Преимуществами тепловизионной диагностики электрооборудования по сравнению с другими методами контроля являются:

- возможность обследования объектов в процессе эксплуатации без снятия напряжения;
- дистанционная регистрация дефектов объекта без необходимости нахождения в опасной или рабочей зоне;
- возможность оперативной классификации дефектов по степени их опасности;

- возможность объективного, оперативного документирования обнаруженных дефектов.

К недостатку метода, сдерживающего его широкое применение следует отнести сравнительно высокую стоимость тепловизионной аппаратуры. Но этот недостаток очень быстро теряет свою сдерживающую роль в связи интенсивным продвижением новых, дешёвых электронных компонентов. Следует также отметить, что несмотря на то, что к тепловизионной аппаратуре прилагается довольно мощное программное обеспечение, грамотная расшифровка тепловизионного изображения доступна только подготовленному специалисту.

Опыт работы с тепловизорами IRTIS-200, IRTIS-2000 позволил обобщить и сформулировать ряд рекомендаций и выводов применительно к электрооборудованию с/х предприятий.

Список литературы

Бажанов С.А., ИК-диагностика электрооборудования распределительных устройств. Библиотечка электротехника, вып. 4(16), - М., 2000, 76с.

УДК 631.171

РЕАЛИЗАЦИЯ АВТОМАТИКИ БЕЗОПАСНОСТИ МОДУЛЬНОЙ КОТЕЛЬНОЙ НА БАЗЕ СОВРЕМЕННЫХ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ УСТРОЙСТВ УПРАВЛЕНИЯ

Якубовская Е.С., Шидловский Е.Э.,

УО «Белорусский государственный аграрно-технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

В соответствии с нормами проектирования для котлов на газообразном и жидком топливе обязательно предусматривается система автоматики безопасности, которая должна отвечать требованиям надежности, прекращать контролируемый производственный процесс при возникновении аварийных режимов либо автоматически устранять ненормальные режимы. Принцип действия динамической системы автоматической защиты заключается в преобразовании выходной величины объекта защиты в сигнал, сравнении с предельно допустимым и, в случае превышения прекращение подачи

энергии к объекту [1]. Однако в данном случае важным является и обеспечение сигнализации о параметре, который вызвал аварийный или ненормальный режим.

Для водогрейного котла модульной котельной параметрами, подлежащими контролю, являются: повышение давления пара в барабане котла (на рис. 1 позиция 1); понижение давления воздуха (на рис. 1 позиция 2); понижение давления газа (на рис. 1 позиция 3) уменьшение разряжения в топке (на рис. 1 позиция 4) повышение или понижение уровня в барабане котла (на рис. 1 позиция 5) погасание факела в топке (на рис. 1 позиция 6). Пуск котла осуществляется переключателем (на рис. 1 обозначен а), при обеспечении предварительного залива в котел воды и нормальных показаний давлений воздуха, пара, разряжения в топке. При этом подается сигнал на открытие клапанов запальников и включение запального устройства. При благополучном загорании пламени, что требуется просигнализировать, должна быть открыта подача газа (вручную), которая удерживается электромагнитным клапаном-отсекателем, и с выдержкой времени отключаются клапаны запальников и запальное устройство. Если по каким-то причинам загорания пламени не произошло в течение определенного времени, следует включить аварийную сигнализацию и обесточить устройства зажигания. При нарушении таких параметров, как давление пара, воздуха и газа, подача топлива должна прекращаться. При нарушении остальных параметров должна обеспечиваться сигнализация и лишь с выдержкой времени прекращаться подача топлива, если не произошло восстановление параметра.

Реализовать световую, звуковую сигнализацию и сообщение о нарушении при достаточной надежности по сравнению с традиционными схемами [2] позволит использование микропроцессорного устройства управления, хотя и потребует специфических датчиков контроля параметров. Наиболее простыми в программировании, надежными и недорогими по сравнению с другими являются контроллеры Mitsubishi α -серии. Это ряд контроллеров, разработанный как компактное, универсальное изделие для решения несложных задач управления: везде, где необходимо гибко решать задачи по автоматизации. Любой модуль α -серии позволяет контролировать состояние датчиков, своевременно реагировать на изменение ситуации и информировать о состоянии контроллера на жидкокри-

сталлическом дисплее, что позволяет полностью контролировать технологический процесс. Кроме того, особенностями α -серии выступают: наличие встроенной клавиатуры и дисплея для программирования и управления; выходы с высокой нагрузочной способностью; компактность; широкий набор базовых функций; EEPROM; часы Реального Времени.

Выбранный AL2-14MR-D, на входы которого подаются сигналы от датчиков технологических параметров, а к выходу подключены исполнительные механизмы, с успехом позволяет реализовать задачи автоматики безопасности котла. На рисунке 1 приведена программа автоматики безопасности на языке функциональных блок-диаграмм. Помимо управления исполнительными механизмами в программе обеспечивается выдача на жидкокристаллический дисплей информации о нарушении параметров с выделением аварийного и ненормального режима работы.

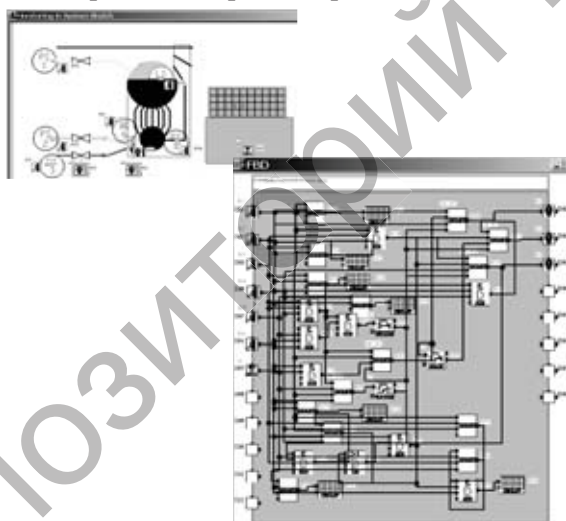


Рис. 1 – реализация системы автоматики безопасности на базе контроллера AL2-14MR-D

Реализация системы автоматики безопасности котла модульной котельной на базе контроллера AL2-14MR-D позволяет обеспечить более удобное отображение информации о ходе технологического процесса и надежность работы установки при достаточной простоте программирования.

Литература

1. Бородин, И.Ф., Судник, Ю.А. Автоматизация технологических процессов. -М.: Колос, 2003. – 344 с.
2. Левин, Б.К. Регулирование парокотельных установок пищевых предприятий. – М.: Агропромиздат, 1987. – 241 с.

УДК 631.171

АЛГОРИТМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ СКВАШИВАНИЯ МОЛОКА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ КЕФИРА

Якубовская Е.С., Якубова О.Д.,

*УО «Белорусский государственный аграрно-технический
университет», г. Минск, Республика Беларусь*

Наиболее распространенным способом изготовления кефира является резервуарный. При этом последовательность технологических операций следующая [1]: приемка и подготовка сырья; нормализация смеси; очистка и гомогенизация смеси; пастеризация и охлаждение смеси до температуры заквашивания; заквашивание смеси; сквашивание смеси; перемешивание, созревание и охлаждение молочного сгустка; розлив, упаковка и маркировка; охлаждение.

Наиболее сложными процессами с точки зрения автоматического управления являются операции заквашивания и сквашивания смеси цельного и обезжиренного молока. Смесь после охлаждения заквашивают закваской на кефирных грибах. Температура смеси при заквашивании должна быть в пределах 18-24 °С – летом и 22-25 °С – зимой. Закваску вносят в поток с помощью насоса-дозатора одновременно с нормализованной смесью при подаче ее в резервуар для сквашивания или непосредственно в резервуар перед заполнением его смесью.

После перемешивания смеси с закваской ее оставляют в покое для сквашивания при температуре 18-25 °С в течение 8-12 часов.

При сквашивании необходимо точное поддержание температуры смеси. При изготовлении продукта в зимний период рекомендуется температура сквашивания 25 °С для повышения вязкости и получения продукта с однородным сгустком. Окончание сквашивания определяют по образованию прочного молочного сгустка и кислот-

ности. Для чего берут пробу продукта и проводят анализ его в лаборатории.

После окончания сквашивания молочный сгусток перемешивают и охлаждают до температуры 14 ± 2 °C в следующей последовательности:

1) Молочный сгусток охлаждают путем подачи ледяной воды с температурой 2 ± 1 °C в межстенное пространство резервуара.

2) Через 30-60 мин после окончания подачи воды включают в работу мешалку. Молочный сгусток перемешивают в течение 10-30 мин для получения однородной консистенции.

3) При достижении однородной консистенции мешалку оставляют на время 60-90 мин. Дальнейшее перемешивание ведут периодически, включая мешалку на 2-10 мин через каждый час, пока температура сгустка не достигнет 14 ± 2 оС.

4) Перемешанный и охлажденный до 14 ± 2 оС, молочный сгусток оставляют в покое для созревания в течение 9-13 часов, предварительно включив подачу воды в межстенное пространство резервуара.

5) В случае, когда невозможно обеспечить интенсивное охлаждение молочного сгустка до 14 ± 2 оС при двух, трехкратном перемешивании в течение 20 мин с последующим созреванием и доохлаждением в холодильной камере 4 ± 2 оС при условии получения продукта, соответствующего требованиям СТБ 970. При этом общая продолжительность сквашивания и созревания молочного сгустка должна составлять не менее 24 часов.

Таким образом, процесс приготовления кефира является процессом весьма сложным, требующим контроля и поддержания основных технологических параметров: строгая дозировка молока и закваски; точный контроль температур при пастеризации и сквашивании продукта; контроль давления на стадии гомогенизации; поддержание уровня во всех технологических емкостях; программное управление мешалкой в танке.

Требуется обеспечить точный контроль температур на стадии пастеризации и сквашивания, контроль давления на стадии гомогенизации, экономию энергоносителей. Реализовать выполнение этих требований можно на базе логического контроллера. Это приведет к повышению качества конечного продукта.

Литература

Технологическая инструкция №32 по производству кефира. - Минск: ОАО «Гормолзавод № 2», 2008. – 12 с.

Пленарное заседание

1. **ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ АПК**
 Русан В.И. д.т.н., профессор, *УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь ..* 3
2. **РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОЕКТОВ ВНЕДРЕНИЯ БИОГАЗОВЫХ КОМПЛЕКСОВ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЯХ**
 Полещук Л.Л., начальник управления энергетического обеспечения и транспорта Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, *г. Минск, Республика Беларусь* 10
3. **КОНЦЕПТУАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ СИСТЕМ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ АГРОГОРДКОВ** Герасимович Л.С., д.т.н., профессор, академик НАНБ, *УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», Синенький А.И., институт энергетики НАНБ, г. Минск, Республика Беларусь* 15
4. **ОПТИМАЛЬНОЕ АГРЕГАТИРОВАНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ В ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЕ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ**
 Добролюбов И.П., д.т.н., профессор, Савченко О.Ф., к.т.н., с.н.с., Ольшевский С.Н., к.т.н. *ГНУ Сибирский физико-технический институт аграрных проблем (СибФТИ) Россельхозакадемии, г. Новосибирск, Российская Федерация* 19
5. **ЭНЕРГЕТИКА СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ** Маньшин Г.Г., д.т.н., профессор, член-корр. НАНБ, *ГНУ «Объединенный институт машиностроения НАНБ», Агаев Н.Н., генеральный директор ОАО «Агаев электрик», г. Минск, Республика Беларусь* 25
6. **ПУТИ РЕАЛЬНОГО ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ**
 Степук Л.Я., д.т.н., профессор РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», Прищепов М.А., д.т.н., профессор, Шупилов А.А., к.т.н. *УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь* 31
7. **ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ВЕТРОУСТАНОВОК МАЛОЙ МОЩНОСТИ НА БАЗЕ ВИРТУАЛЬНОЙ МОДЕЛИ**
 Боярчук В.М., к.т.н., професор, Сиротюк В.Н., к.т.н., професор, Сиротюк С.В., к.т.н., доцент, Гальчак В.П., к.ф.-м.н., доцент, *Львовский национальный аграрный университет, Львов, Украина* 41

8. **ПРЕИМУЩЕСТВА ПРИМЕНЕНИЯ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН НА ОСНОВЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**
Косулина Н. Г., д.т.н., профессор, Чёрная М. А., *Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени Петра Василенко, г. Харьков, Украина* 47

Секция 1

Энергообеспечение АПК

1. **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОПУСТИМЫХ СИСТЕМАТИЧЕСКИХ НОРМАЛЬНЫХ НАГРУЗОК МАСЛЯНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ**
Анищенко В.А., д.т.н., проф., *УО "Белорусский национальный технический университет"*, Иванов В.В., м.т.н., вед. инж. *РУП "Минскэнерго", г. Минск, Республика Беларусь* 50
2. **МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ДОСТОВЕРНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ**
Анищенко В.А., д.т.н., проф., Немкович А.С., асп.
УО «Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Республика Беларусь 52
3. **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОДНОГО ПРОГРЕВА БЕТОНА ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ АПК**
Василевский Ю.Л., Василевский Л.В., *УО «Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Республика Беларусь* 56
4. **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ЭЛЕКТРОННЫХ СЧЕТЧИКОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ СИММЕТРИРОВАНИЯ НАГРУЗОК В ТРЕХФАЗНОЙ СЕТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ** Забелло Е. П., д.т.н., Булах В. Г., аспирант, *УО «Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Республика Беларусь* 58
5. **ПРИБОР КОНТРОЛЯ ТЕМПЕРАТУР СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА И СИЛОВОГО КАБЕЛЯ**
Зализный Д.И., к.т.н., доцент *УО «Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого», г. Гомель, Республика Беларусь* 62
6. **ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА НАПРЯЖЕНИЯ**
Збродыга В.М., к.т.н., доцент, Зеленькевич А.И., ст. преподаватель *УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь* 64

7. ОБ ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ ТРАНСФОРМАТОРА	
Збродыга В.М., к.т.н., доцент, Янукович Г.И., к.т.н., профессор, Косяк М.П., ассистент, УО «Белорусский государственный аграр- ный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь ...	67
8. ПРОЕКТИРОВАНИЕ РАБОЧИХ ОРГАНОВ МАШИН ПО УХОДУ ЗА МЕЛИОРАТИВНЫМИ КАНАЛАМИ: ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ	
Кротюк Ю.М., к.т.н., доц., Басаревский А.Н., к.т.н., Гривачевский А.Г., к.т.н., доц., ОИПИ НАН Беларуси, РУП «НПЦ механизации сельского хозяйства» г. Минск, Республика Беларусь	70
9. ИССЛЕДОВАНИЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МИКРОПРОЦЕ- СОРНОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ТРАНСФОРМАТО- РА ПРИ ВНЕШНИХ ПОВРЕЖДЕНИЯХ Ломан М.С., м.т.н. УО «Белорусский национальный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь	73
10. ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ПОВРЕЖДЕНИЙ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЛИНИЯХ 6 - 10 КВ	
Мирошник А. В. к.т.н., доц., Коробка В. А. Харьковский нацио- нальный технический университет сельского хозяйства имени Петра Василенко, г. Харьков, Украина	75
11. АНАЛИЗ ОТКАЗОВ В СЕЛЬСКИХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ (на примере витебских электрических сетей)	
Протосовицкий И.В., к.т.н., доцент, Зеленькевич А.И., ст. преподава- тель, Кулаковский Д.А., аспирант, УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь	78
12. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ Ракутько С.А., д.т.н., доцент ГНУ СЗНИИМЭСХ Россельхо- закадемии, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация	81
13. ЭНЕРГОАУДИТ: МЕТОДОЛОГИЯ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРЕДПРИЯТИЙ	
Русан В.И., д.т.н., профессор УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», Ходыко С.С., к.т.н., с.н.с. ведущий инженер ЧПУП «Энергия-ТЭР»	84
14. ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВЕННОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕ- НИЯ ПОСРЕДСТВОМ РАЗРАБОТКИ УСТРОЙСТВА СИММЕТРИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЙ	
Самарин Г.Н., д.т.н., доц., Сукиасян С.М., к.т.н., проф., Егоров М.Ю., ассистент ФГБОУ ВПО "Великолукская государственная сельскохо- зяйственная академия", г. Великие Луки, Российская Федерация	90

15. К ВОПРОСУ О МЕТОДАХ РЕСУРСО- И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ	
Смоляк С. Г., к. ф. н., доцент, УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь	93
16. ОСОБЕННОСТИ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ	
Счастный В.П., к.т.н., директор ЧУП «СВП-энерго», Жуковский А.И., к.т.н., директор ЧУП «КРМ Инжиниринг», Зеленёвский А.И., ст. преподаватель УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь	96
17. ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ	
Тукжанов С. Х., Западно-Казахстанский аграрно-технический университет им. Жангир хана, г. Уральск, Республика Казахстан	100
18. ПРИМЕНЕНИЕ УТОЧНЕННЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ РАСЧЕТА И АНАЛИЗА РЕЖИМОВ РАБОТЫ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ 6-20 кВ	
Фурсанов М.И., профессор, д.т.н., Гапанюк С.Г., ассистент УО «Белорусский национальный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь	103
19. АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ СЕТЯМИ 35 кВ И ВЫШЕ	
Фурсанов М.И., профессор, д.т.н., Золотой А.А., доцент, к.т.н., Макаревич В.В., ст. преподаватель УО «Белорусский национальный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь	106
20. ОПЫТ РАСЧЁТОВ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ 0,38-10 кВ РУП "ГОМЕЛЬЭНЕРГО"	
Фурсанов М.И., профессор, д.т.н., Золотой А.А., доцент, к.т.н., Макаревич В.В., ст. преподаватель УО «Белорусский национальный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь	109
21. МЕТОД СОВМЕСТНОГО ОПЕРАТИВНОГО РАСЧЁТА ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ 0,38-10 кВ ОЭС БЕЛАРУСИ	
Фурсанов М.И., профессор, д.т.н., Золотой А.А., доцент, к.т.н., Макаревич В.В., ст. преподаватель УО «Белорусский национальный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь	111
22. ПРОГРАММНО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ARRES ДЛЯ РАСЧЕТА И АНАЛИЗА РЕЖИМОВ И ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ 0,38-10 кВ (для выполнения оперативных расчетов)	
Фурсанов М.И., профессор, д.т.н., Макаревич В.В., ст. преподаватель, Мышкова Е.М., ассистент УО «Белорусский национальный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь	113

23. МЕТОДИКА ПОЭТАПНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ЗАМЕНЫ ТРАНСФОРМАТОРОВ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ 6-10КВ НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ	
Фурсанов М.И., д.т.н., проф., Петрашевич Н.С., аспирант <i>УО «Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Республика Беларусь</i>	116
24. ПРАКТИЧЕСКИЕ СОВЕТЫ ПО ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЮ НА ОСНОВЕ ПРОВЕДЕННЫХ ЭНЕРГОАУДИТОВ	
Ходыко С.С., ведущий инженер, Чернущик В.В., зам. директора, Чернущик В.И., директор ЧПУП «Энергия-ТЭР»	119
25. АЛГОРИТМ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ СИТУАЦИЙ И ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЯ ПРИ ХРАНЕНИИ ЗЕРНА	
Шевчик Н.Е., к.т.н., доцент, Солдатенко А.А., главный инженер проекта, <i>УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь</i>	124
26. К ВОПРОСУ РАСЧЕТА ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В СЕЛЬСКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ	
Шевчик Н.Е., к.т.н., доцент, Протосовицкий И.В. к.т.н., доцент, <i>УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь</i>	127
27. К ВОПРОСУ ИССЛЕДОВАНИЯ КАЧЕСТВА НАПРЯЖЕНИЯ В СЕЛЬСКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ	
Янукович Г.И. к.т.н., профессор, Туник А.Ю. ассистент, <i>УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь</i>	131
28. АВТОМАТИЧЕСКОЕ СЕКЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ 6-10 КВ ПРИ НАЛИЧИИ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ЭНЕРГОУЧЕТА	
Забелло Е.П., д.т.н. проф., <i>УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», Тополев В.А., аспирант РУП «БЕЛТЭИ», г. Минск, Республика Беларусь</i>	134
29. ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ ПРОГРАММ ПО АНАЛИЗУ РЕЖИМОВ И ПОТЕРЬ ЭЛЕК- ТРОЭНЕРГИИ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ	
Соловей А.В., ст. преподаватель, <i>УО «Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Республика Беларусь</i>	137

Секция 2

Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии

1. **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В КАЗАХСТАНЕ**
Алдияров М.С., магистрант *Западно-Казахстанский аграрно-технический университет им. Жангир хана, г. Уральск, Республика Казахстан* 140
2. **СНИЖЕНИЕ ЭНЕРГОЗАТРАТ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ТВЕРДОГО ТОПЛИВА В ВИДЕ БРИКЕТОВ ИЗ БИОМАС-СЫ** Вороновский И.Б., к.т.н., доцент *Таврический государственный агротехнологический университет, г. Мелитополь, Украина* 146
3. **СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГОУСТАНОВКА НА ОСНОВЕ ТЕРМО-ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ** Диордиев В. Т., д.т.н., профессор; Кашкарёв А. А. *Таврический государственный агротехнологический университет, г. Мелитополь, Украина* 149
4. **ВЕТРОТЕПЛОНАСОСНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ДЛЯ ПРИУСАДЕБНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ ВЕТРА**
Жарков В.Я. к.т.н., доцент *Таврический государственный агротехнологический университет, Мелитополь, Украина* 155
5. **МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ПЕРЕМЕШИВАНИЯ БИОМАССЫ В МЕТАН-ТЕНКЕ БИОГАЗОВОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ**
Капустин Н.Ф., к.т.н., Снежко Э.К., к.т.н., РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», г. Минск, Республика Беларусь 157
6. **РЕАЛИЗАЦИЯ БИОГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ** Капустин Н.Ф., к.т.н., Шаманович Е.И., м.н.с., РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», г. Минск, Республика Беларусь 162
7. **К ВОПРОСУ РАЗВИТИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИКИ В БЕЛАРУСИ**
Константинова С. В., к.т.н., УО «Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Республика Беларусь 164
8. **ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЗИМНИХ ТЕПЛИЦ** Коротинский В.А., к.т.н., доцент, Гаркуша К.Э., к.т.н., доцент УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь 167
9. **ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛАБОРАТОРИИ БИОГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ МГЭУ ИМ. А.Д. САХАРОВА В РАЗВИТИИ БИОГАЗОВОЙ ЭНЕРГЕТИКИ**
Кучур С.С., к.т.н., доцент *Международный государственный экологический университет им. А.Д. Сахарова, г. Минск, Республика Беларусь* 170

- 10. О ВОЗМОЖНОСТЯХ ЛОКАЛЬНОЙ ГЕНЕРАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ**
 Милаш Е.А., старший преподаватель УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
 г. Минск, Республика Беларусь 173
- 11. ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА НОРМАТИВНЫЕ КЛИМАТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ВОЗДУХА ХОЛОДНОГО ПЕРИОДА ГОДА Г. МИНСКА**
 Молокович Е.М., преподаватель-стажер, Бутько А.А., ст. преподаватель, Пашинский В.А., к.т.н., доцент, *Международный государственный экологический университет имени А.Д. Сахарова*; Петровская В.В., ГУ «Республиканский гидрометеорологический центр»
 г. Минск, Республика Беларусь, г. Минск, Республика Беларусь 176
- 12. УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИНТЕГРИРОВАННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ**
 Омаров Р.А. д.т.н. Райымбеков А.Е. с.н.с. Байболов А.Е. в.н.с. Омар Д.Р. м.н.с. *Казахский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства, Алматы, Казахстан* 177
- 13. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕРМОРЕНОВАЦИИ ЗДАНИЙ**
 Пашинский В.А. к.т.н., доцент, Бутько А.А., инженер *Международный государственный экологический университет им. А.Д. Сахарова, г. Минск, Республика Беларусь* 179
- 14. ГИБРИДНАЯ СИСТЕМА ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ**
 Сиротюк С.В., к.т.н., доцент, *Львовский национальный аграрный университет, Львов, Украина* 183
- 15. О ПРОБЛЕМАХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ НА НЫНЕШНЕМ ЭТАПЕ РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА**
 Степук Л.Я., д.т.н., профессор, РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» Прищепов М.А., д.т.н., профессор, Шупилов А.А., к.т.н. УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь 187
- 16. ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ СИСТЕМА ОТОПЛЕНИЯ РАССРЕДОТОЧЕННЫХ ОБЪЕКТОВ НА БАЗЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ В КАЗАХСТАНЕ**
 Сыдыков Ш.К., к.т.н., Умбеткулов Е.К., к.т.н., доцент, *Казахский национальный аграрный университет, г. Алматы, Казахстан* 192

- 17. УСТРОЙСТВО ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ
ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПЛЕНОК ДЛЯ
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ**
Сычик В. А. д.т.н., Русан В. И. д.т.н., инженеры Волков Н.Н.,
Адамович В. Ю., Пасеко И. В., УО «Белорусский национальный
технический университет, г. Минск, Республика Беларусь 197
- 18. ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ НАГРЕВА
ПОДЛОЖЕК** Сычик В. А. д. т. н., Русан В. И. д. т. н., инженеры
Волков Н.Н., Адамович В. Ю., Пасеко И. В.,
УО «Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь 199
- 19. ПРИМЕНЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ В СИСТЕМАХ
ВЕНТИЛЯЦИИ ПТИЧНИКОВ** Трошев Д.С. УО «Гомельский
государственный технический университет имени П.О. Сухого»,
г. Гомель, Республика Беларусь 201
- 20. ТЕПЛОВЫЕ НАСОСЫ В СИСТЕМАХ ОХЛАЖДЕНИЯ
МОЛОКА** Цубанов И. А. УО «Белорусский государственный
аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь 207
- 21. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ АБСОРБЦИОННО-
ГО ТИПА С СОЛНЕЧНЫМИ КОЛЛЕКТОРАМИ В СИСТЕМАХ
КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА** Черевко Г.В., д.э.н., профессор,
Сиротюк В.Н., к.т.н., профессор, Сиротюк А.В., к.э.н., доцент, Е. Савченко
Львовский национальный аграрный университет, Львов, Украина 209
- 22. ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ПРИ РАБОТЕ ВОДОКОЛЬЦЕВОГО
ВАКУУМНОГО НАСОСА**
Шилин В.А., к.т.н., профессор, О.А. Герасимова к.т.н., ст. препода-
ватель Великолукская ГСХА, г. Великие Луки, Российская Федерация 213
- 23. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЛОМЫ В КАЧЕСТВЕ
БИОЛОГИЧЕСКОГО ТОПЛИВА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ
ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ**
Климкович А.Н. магистрант, УО «Белорусский государственный
аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь 216
- 24. МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОЙ
КОНФИГУРАЦИИ АВТОНОМНЫХ КОМБИНИРОВАННЫХ
ЭНЕРГОУСТАНОВОК С ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ И
ВЕТРОГЕНЕРАТОРАМИ**
Азизов П.М., аспирант, Лисовский В.В., к.т.н., доцент,
УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет», г. Минск, Республика Беларусь 219

Секция 3
Электротехнология и электрооборудование АПК

1. **ИНФРАКРАСНЫЕ ОБОГРЕВАТЕЛИ ДЛЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА**
Баранов В.В., д.т.н., профессор, Сеньков А.Г., к.т.н., М.Х-М. Тхостов, Н.К. Фоменко, *УО БГУИР, УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь* 224
2. **ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ**
Барков В.И. д.т.н., Токмолдаев А.Б. к.т.н., *Казахский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства, Алматы, Республика Казахстан* 227
3. **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-СТАТИСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА СВЕТОКУЛЬТУРЫ В ТЕПЛИЧНОМ КОМБИНАТЕ** Герасимович Л.С., академик НАНБ, д.т.н., профессор, Михайлов В.В., аспирант, *УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь* 229
4. **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВОЗДУШНЫХ КЛАПАНОВ ДЛЯ СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ МИКРОКЛИМАТА В КАРТОФЕЛЕ-ХРАНИЛИЩАХ** Гируцкий И.И., д.т.н., доцент, *УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», Яровский Д.М., аспирант, РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», г. Минск, Республика Беларусь* 232
5. **ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ СЕМЯН КАК СРЕДСТВО ОТКАЗА ОТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЕСТИЦИДОВ**
Дубодел И.Б., к.т.н., доцент, Городецкая Е.А., к.т.н., доцент Кардашов П.В., к.т.н., доцент, *УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь* 235
6. **ПРИМЕНЕНИЕ ИНДУКЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА В ОСВЕЩЕНИИ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА (АПК)**
Евминов Л.И., к.т.н., доцент, Кизева В.С., магистрант *УО «Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого», г. Гомель, Республика Беларусь* 238
7. **ФИЗИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ЭЛЕКТРОТЕРМОХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ОРГАНИЧЕСКИХ ДИСПЕРСНЫХ ГИДРОСИСТЕМ**
Заяц Е.М. д.т.н., профессор, Чорный А.Д., инженер, *УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь* 241

8. **ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОАКТИВИРОВАННЫХ РАСТВОРОВ ПРИ КОНСЕРВИРОВАНИИ ВЛАЖНЫХ КОРМОВ**
Кардашов П.В., к.т.н., доцент, Дубодел И.Б., к.т.н., доцент,
Кардашов М.В., аспирант, УО «Белорусский государственный
аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь 244
9. **ПРЕДПОСЕВНАЯ ОБРАБОТКА СЕМЯН ЗЕЛЕННЫХ КУЛЬТУР ЭЛЕКТРОАКТИВИРОВАННЫМИ РАСТВОРАМИ** Кардашов П.В., к.т.н., доцент, Корко В.С., к.т.н., доцент,
Дубодел И.Б., к.т.н., доцент, Козар С.А., аспирант
УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет», г. Минск, Республика Беларусь 246
10. **МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ СРЕДЫ ХРАНЕНИЯ ПЛОДООВОЩНОЙ ПРОДУКЦИИ**
Ковалев В.А., к.т.н., доцент, Дворник Г.М., к.п.н., доцент,
Скочек И.И., ст. преподаватель, УО «Белорусский государственный
аграрный технический университет», Кулаков А.Т., к.т.н., доцент,
УО «Белорусский национальный технический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь 248
11. **ВЛИЯНИЕ УФ ОБЛУЧЕНИЯ НА ВСХОЖЕСТЬ И УРОЖАЙНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР**
Козлов Д.Г., к.т.н., ст. преподаватель, Козлов В.Г., к.т.н., доцент,
ФГБОУ ВПО Воронежский государственный аграрный университет
имени императора Петра I, г. Воронеж, Российская Федерация 250
12. **ТЕХНОЛОГИЯ ВЫДЕЛЕНИЯ БЕЛКОВ ИЗ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ** Кривовязенко Д.И., ст. преподаватель
УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет», г. Минск, Республика Беларусь 255
13. **ДООЧИСТКА СТОКОВ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОФЛОТО-КОАГУЛЯЦИИ** Крутов А.В.,
к.т.н., доцент, Нефедов С.С., аспирант, Янко М.В. УО «Белорусский
государственный аграрный технический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь 258
14. **РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КОНТАКТНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЗАРЯДА ПО ПОВЕРХНОСТИ РАЗНОВЫТЯНУТОГО ЭЛЛИПСОИДА ВРАЩЕНИЯ**
Лагутин А.Е., к.т.н., Кебец Д.Г., магистрант УО «Белорусский
государственный аграрный технический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь 260

15. **ОБОСНОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ СЕПАРАЦИИ И СТИМУЛЯЦИИ СЕМЯН РАЗНОВЫТЯНУТОЙ ЭЛЛИПСОИДАЛЬНОЙ ФОРМЫ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ** Лагутин А.Е., к.т.н., Кебец Д.Г., магистрант *УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь* 263
16. **ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ОТОПИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ В ЗДАНИЯХ ПРОМЫШЛЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ** Минчукова М.Е., инженер, *УО «Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Республика Беларусь* 266
17. **ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ НА ЭКСТРАКТИВНОСТЬ СОЛОДА** Пашинский В.А., к.т.н., доцент *УО «Международный государственный экологический университет имени А.Д. Сахарова, Н.Ф. Бондарь, к.х.н., О.В. Бондарчук, аспирант, УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь* 268
18. **СНИЖЕНИЕ УДЕЛЬНЫХ ЭНЕРГОЗАТРАТ ВАЛЬЦОВОЙ ПЛЮЩИЛКИ ЗЕРНА** Прищепова Е.М, ассистент, *УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь* 270
19. **АЛГОРИТМ И ПРОГРАММА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ЗАМЕНЫ МАЛОНАГРУЖЕННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ** Радкевич В.Н., к.т.н., доцент, Воробей В.В., магистрант; *УО «Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Республика Беларусь* 273
20. **ПРОБЛЕМЫ ПОЛУЧЕНИЯ ДЛИННОГО ЛЬНЯНОГО ВОЛОКНА НА ЛИНИЯХ ПЕРВИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ЛЬНЯНОЙ ТРЕСТЫ И ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ ИХ РЕШЕНИЙ** Равинский Н.А., ст. преподаватель, м.т.н. *УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь* 276
21. **ПРИМЕНЕНИЕ СВЕТОДИОДНОГО ОСВЕЩЕНИЯ ДЛЯ МИКРОКЛОНАЛЬНОГО РАЗМНОЖЕНИЯ РАСТЕНИЙ** Самарин Г.Н., д.т.н., доцент; Александров А.И., аспирант; Кидыко Ю.И., аспирант; Белехов И.Н, аспирант *ФГБОУ ВПО "Великолукская государственная сельскохозяйственная академия", г. Великие Луки, Российская Федерация* 278
22. **ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ СИСТЕМА МИКРОКЛИМАТА ФЕРМ ДЛЯ САНИТАРНОЙ ОБРАБОТКИ ВОЗДУХА** Самарин Г.Н., д.т.н., доц., Евентьева Е.А., ст. препод., Яковлев Е.И., аспирант *ФГБОУ ВПО "Великолукская государственная сельскохозяйственная академия", г. Великие Луки, Российская Федерация* 281

23. **ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРООЗОНИРОВАНИЯ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ НА СОХРАННОСТЬ КАРТОФЕЛЯ В КАРТОФЕЛЕХРАНИЛИЩАХ ПСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ**
Самарин Г.Н., д.т.н, доц., А.Н. Павлов, к.т.н., доц., В.А. Румянцев, аспирант, *ФГБОУ ВПО "Великолукская государственная сельскохозяйственная академия"*, г. Великие Луки, Российская Федерация 283
24. **СТИМУЛЯЦИЯ РОСТА РАСТЕНИЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ**
Самарин Г.Н., д.т.н., доц., А.В. Смирнов, аспирант, А.В. Скаблов аспирант *ФГБОУ ВПО "Великолукская государственная сельскохозяйственная академия"*, г. Великие Луки, Российская Федерация 287
25. **К ВОПРОСУ ПРИМЕНЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ АПК**
Селицкая О. Ю., старший преподаватель, *УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»*, г. Минск, Республика Беларусь 288
26. **ОПТИМИЗАЦИЯ ВЫБОРА ИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ РЕМОНТЕ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ (АД)**
Селюк Ю.Н. старший преподаватель, Довнар И.В. старший преподаватель, *УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»*, г. Минск, Республика Беларусь 292
27. **СПЕКТР ИЗЛУЧЕНИЯ ИСТОЧНИКОВ И ЕГО СООТВЕТСТВИЕ ТРЕБОВАНИЯМ ИСКУССТВЕННОГО ОБЛУЧЕНИЯ РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ЗАЩИЩЕННОГО ГРУНТА**
Степанцов В.П., к.т.н., доцент, *УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»*, г. Минск, Республика Беларусь 294
28. **ТРЕБОВАНИЯ К СПЕКТРАЛЬНОМУ СОСТАВУ ИСТОЧНИКОВ ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ ИСКУССТВЕННОГО ОБЛУЧЕНИЯ РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ЗАЩИЩЕННОГО ГРУНТА** Степанцов В.П., к.т.н., доцент, *УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»*, г. Минск, Республика Беларусь 298
29. **ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ КОКОНОВ ТУТОВОГО ШЕЛКОПРЯДА** Черенков А.Д. д.т.н., профессор; Косулина Н.Г. д.т.н., проф., Хандола О.Ю. *Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени Петра Василенка*, г. Харьков, Украина 303

30. **ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛИКРИСТАЛЛОВ КНБ, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ ПИРОЛИТИЧЕСКОГО НИТРИДА БОРА**
Занкевич В.А., к.ф.-м.н., доцент, УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», Игнатенко О.В., к.ф.-м.н., Ракицкая Л.И., инженер, НПП по материаловедению НАНБ, г. Минск, Республика Беларусь 306
31. **МИКРОВОЛНОВЫЕ МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ЗЕРНОВОГО СЫРЬЯ В КОМБИКОРМОВОМ ПРОИЗВОДСТВЕ**
Кухтов В.И., аспирант, Лисовский В.В., к.т.н., доц., УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь 309
32. **ИЗМЕРЕНИЕ ВЛАЖНОСТИ МАТЕРИАЛОВ ПЕРЕМЕННОЙ ПЛОТНОСТИ СВЧ-АКУСТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ**
Лисовский В.В., к.т.н., доц., Булко М.И., ст. преподаватель, УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь 311
33. **ЗАРУБЕЖНЫЕ МИКРОВОЛНОВЫЕ ВЛАГОМЕРЫ**
Лисовский В.В., к.т.н., доц., Булко М.И., ст. преподаватель, УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь 316

Секция 4

Автоматизация технологических процессов АПК

1. **ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ НА ОСНОВЕ ЭТОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ**
Башилов А.М. д.т.н., профессор, Легеза В.Н. к.с.-х.н, доцент, Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина, г. Москва, Российская Федерация 322
2. **АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ВЛАЖНОСТЬЮ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОТОКАХ МУКОМОННЫХ ПРОИЗВОДСТВ**
Беляниц А.Ч., к.т.н.; Курило Н.И. к.т.н.; Пуровский М.О., к.т.н.; Сметанко А.Л., к.т.н.; Титовицкий И.А., ООО «Аквар-Систем», г. Минск, Республика Беларусь 325
3. **АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА НОРМАЛИЗАЦИИ МОЛОКА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЙОГУРТА**
Волкова Е.С., ст. преподаватель, УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь 330
4. **РОЛЬ MES СИСТЕМ В УПРАВЛЕНИИ ПРОИЗВОДСТВОМ**
Гагаков Ю.В. инженер по АСУП ООО «Алютех Инкorporейтед», г. Минск, Республика Беларусь 333

5. **ПРОГРАММИРОВАНИЕ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ** Гируцкий И.И., д.т.н., доцент *УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь* 336
6. **РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ ДЛЯ ПАРОВОДОГРЕЙНЫХ КОТЛОВ** Гируцкий И.И., д.т.н., доцент, *УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», Мочальский Е.Г., УП ЭНТАС, г. Минск, Республика Беларусь* 339
7. **МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОБЕСПЕЧЕНИЯ МИКРОКЛИМАТА В КАРТОФЕЛЕХРАНИЛИЩЕ** Гируцкий И.И., д.т.н., Шлевяда И.И., м.т.н., *УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь* 343
8. **АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЗЕРНОСУШИЛКОЙ** Дайнеко В.А., к.т.н., доцент, Шаукат И.Н., старший преподаватель, *УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь* 345
9. **АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ ПРОИЗВОДСТВА КОМБИКОРМОВ** Диордиев В. Т., д.т.н., профессор; Кашкарёв А. А. *Таврический государственный агротехнологический университет, г. Мелитополь, Украина* ... 348
10. **МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭНЕРГОЗАТРАТ ПРИ РАЗДАЧЕ ЖИДКИХ КОРМОВ СВИНЬЯМ** Жур А.А., ст. преподаватель, *УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь* 354
11. **РЕАЛИЗАЦИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМАМИ СУШКИ ЗЕРНА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЕГО ВИДА И СВОЙСТВ НА ВХОДЕ В СУШИЛКУ** Якубовская Е.С., ст. преподаватель, Кахоцкий М.И., *УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь* 357
12. **УДАЛЕННЫЙ КОНТРОЛЬ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ** Кислый Ю.А., Кислый О.А., Лабкович А.И., *РУП «НПЦ механизации сельского хозяйства», г. Минск, Республика Беларусь* 359
13. **АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ КОМПЛЕКС АНАЛИЗА СОСТОЯНИЯ ВОЗДЕЛЫВАЕМЫХ УГОДИЙ** Королев В.А., к.т.н., доц., Кожемякин С.А., Можаяев К.О., С.А. Воротников¹, к.т.н., В.А. Польский¹ к.т.н., *ГНУ ВИЭСХ,¹ МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва, Российская Федерация* 361

14. НЕЧЕТКИЕ МОДЕЛИ ИДЕНТИФИКАЦИИ СОСТОЯНИЯ ЭНЕРГОУСТАНОВКИ	
Крохин Г.Д., д.т.н., Мухин В.С., к.т.н., Судник Ю.А. д.т.н., профессор, <i>ФГОУ ВПО МГАУ имени В.П. Горячкина, г. Москва, Российская Федерация</i>	364
15. МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ AVR: ПРАКТИКА ИЗУЧЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ	
Матвеенко И.П., к. т. н., доцент, Куль С.В., <i>УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь</i>	367
16. ПРОЕКТИРОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ ПРАКТИЧЕСКИХ СХЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММЫ СХЕМОТЕХНИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ MICRO-CAP	
Матвеенко И.П., к.т.н., доцент, Куль С.В., Синяк М.В., <i>УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь</i>	370
17. РЕАЛИЗАЦИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ПРИГОТОВЛЕНИЯ КОЛБАСНОГО ФАРША	
Якубовская Е.С., ст. преподаватель, Майко С.А., <i>УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь</i>	372
18. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ МОДЕЛИРОВАНИЯ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ ДЛЯ АНАЛИЗА РАБОТЫ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ	
Мякинник Е.Е., ст. преподаватель, <i>УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь</i>	374
19. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЛЕЙ КОРНЕВЫХ ТРАЕКТОРИЙ КРУГОВОГО ОБРАЗА ДЛЯ РАСЧЕТА ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ПЕРЕМЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ	
Несенчук А.А., к.т.н., доцент, <i>Объединенный институт проблем информатики НАН Беларуси, г. Минск, Республика Беларусь</i>	376
20. ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЕ УПРАВЛЕНИЕ ВЕНТИЛЯЦИЕЙ В ЖИВОТНОВОДЧЕСКОМ ПОМЕЩЕНИИ	
Павловский В.А., ст. преподаватель, <i>УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь</i>	380
21. АВТОМАТИЗАЦИЯ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ ОБСЛУЖИВАНИЮ ДВС С ПРИМЕНЕНИЕМ ВИРТУАЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРИИ	
Савченко О.Ф., к.т.н., с.н.с., Ольшевский С.Н., к.т.н., Добролюбов И.П., д.т.н., проф. <i>ГНУ Сибирский физико-технический институт аграрных проблем (СибФТИ) Россельхозакадемии, г. Новосибирск, Российская Федерация</i>	382

22. АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЕТА РАЦИОНА КОРМЛЕНИЯ КРС Сеньков А.Г., к.т.н., Галушко Е.В., к.т.н., доцент, <i>УО «Белорусский государственный аграрный технический</i> <i>университет», г. Минск, Республика Беларусь</i>	387
23. ОСОБЕННОСТИ СИНТЕЗА КВАЗИОПТИМАЛЬНЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПУТЕМ МОДЕЛИРОВАНИЯ НА ЭВМ Сидоренко Ю.А., к.т.н., доцент, <i>УО «Белорусский государственный аграрный технический</i> <i>университет», г. Минск, Республика Беларусь</i>	389
24. НОВЫЕ ЗАКОНЫ УПРАВЛЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫМИ ОБЪЕКТАМИ Солдатов В.В., д.т.н., проф., МГУТУ им. К.Г. Разумовского, Судник Ю.А., д.т.н., проф., МГАУ им. В.П. Горячкина; Лазаренко М.Л., аспирант, <i>Московский государственный университет</i> <i>природообустройства, г. Москва, Российская Федерация</i>	391
25. ЗАДАЧИ, МЕТОДЫ И МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ КОНФИГУРАЦИЕЙ И РИСКОМ, В ИНТЕГРИРОВАННЫХ ПРОЕКТАХ МОЛОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА Тригуба А.М. к.т.н., доцент, Михалюк Н.А. к.т.н., доцент, Кригуль Р.Е. к.т.н., ст. преподаватель <i>Львовский национальный</i> <i>аграрный университет г. Дубляны, Украина</i>	393
26. ТЕПЛОВИЗИОННЫЙ КОНТРОЛЬ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ АПК Шатковский А.И., к.т.н., доцент, Харитончик Е.А., аспирант, <i>УО «Белорусский государственный аграрный технический</i> <i>университет», г. Минск, Республика Беларусь</i>	399
27. РЕАЛИЗАЦИЯ АВТОМАТИКИ БЕЗОПАСНОСТИ МОДУЛЬНОЙ КОТЕЛЬНОЙ НА БАЗЕ СОВРЕМЕННЫХ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ УСТРОЙСТВ УПРАВЛЕНИЯ Якубовская Е.С., Шидловский Е.Э., <i>УО «Белорусский</i> <i>государственный аграрно-технический университет», г. Минск,</i> <i>Республика Беларусь</i>	401
28. АЛГОРИТМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ СКВАШИВАНИЯ МОЛОКА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ КЕФИРА Якубовская Е.С., ст. преподаватель, Якубова О.Д., <i>УО «Белорусский государственный аграрный</i> <i>технический университет», г. Минск, Республика Беларусь</i>	404

Научное издание

**ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ – ВАЖНЕЙШЕЕ УСЛОВИЕ
ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ АПК**

**Материалы Международной научно-технической
конференции**

(Минск, 21-22 ноября 2013 г.)

Ответственный за выпуск *И. В. Протосовицкий*
Технический редактор *А. И. Зеленькевич*
Компьютерная верстка *Д. О. Сенькевич*

Подписано в печать 15.11.2013. Формат 60×84¹/₁₆.

Бумага офсетная. Ризография.

Усл. печ. л. 24,6. Уч.- изд. л. 19,31. Тираж 100 экз. Заказ 871.

Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования
«Белорусский государственный аграрный технический университет».

ЛИ № 02330/0552984 от 14.04.2010.

ЛП № 02330/0552743 от 02.02.2010.

Пр. Независимости, 99–2, 220023, Минск.